

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 550 480**

51 Int. Cl.:

B21C 3/16 (2006.01)

B21C 1/24 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **31.07.2008 E 08792003 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.09.2015 EP 2177281**

54 Título: **Tapón para estirar en frío y procedimiento de producción de un tubo metálico**

30 Prioridad:

10.08.2007 JP 2007208908

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

10.11.2015

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**OKUI, TATSUYA;
KURODA, KOUICHI y
KAWAKAMI, TADASHI**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 550 480 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

Tapón para estirar en frío y procedimiento de producción de un tubo metálico

Campo técnico

5 La presente invención se refiere a un tapón y a un procedimiento para la fabricación de tubos de metal, y más particularmente, se refiere a un tapón para su uso en estirado en frío, y a un procedimiento para la fabricación de tubos de metal utilizando la misma.

Antecedentes de la técnica

10 Los tubos del metal a veces son sometidos a estirado en frío con el fin de mejorar la precisión dimensional de los mismos o alisar las superficies interior y exterior de los mismos. Para estirado en frío se utilizan generalmente una matriz y un tapón. La matriz reduce el diámetro de un tubo de metal para ajustar el diámetro exterior del tubo de metal, la pieza de trabajo, (en adelante, llamada una pieza inicial hueca). Por otro lado, el tapón ajusta la dimensión del diámetro interior del tubo de metal, y alisa la superficie interior del tubo de metal.

15 En los últimos años, para el tapón para su uso en estirado en frío, se han propuesto varios tipos de geometrías de acuerdo con los propósitos. Por ejemplo, los documentos JP2006-167763A y JP11-300411A divulgan tapones de anillos salientes que están diseñadas para eliminar los defectos de arrugas en la superficie interior de un tubo de metal, la pieza de trabajo, (en adelante, llamada una pieza inicial hueca). Con los tapones de anillo salientes divulgados en estos documentos de patente, se forma una proyección en forma de anillo en la porción trasera del tapón, proporcionando la proyección una altura de escalón sobre la superficie del tapón. Mediante el uso de esta altura del escalón, la superficie interna de la pieza inicial hueca se somete a planchado. De este modo, se elimina el defecto de arrugas en la superficie interior de la pieza inicial hueca y se mejora la rugosidad de la superficie.

20 En estirado en frío, la superficie exterior del tubo de metal después de que se estire tiene a menudo esfuerzos residuales de tracción en la dirección circunferencial. Si la superficie exterior del tubo de metal tiene un defecto de abolladura, la acción mutua entre el defecto de abolladura y el esfuerzo residual de tracción puede causar que se produzca una grieta en la superficie exterior del tubo de metal en el momento del tratamiento térmico que se realiza después del trabajo en frío. Por lo tanto, es preferible que el esfuerzo residual de tracción en la superficie exterior del tubo de metal después del estirado en frío sea la más pequeña posible.

25 El documento JP2-197313A divulga un procedimiento para la fabricación de tubos de metal que reduce la presión residual y mejora las características de fatiga de la presión interna del tubo de metal. El procedimiento de este documento de patente adopta un tapón de una construcción de dos etapas, en la que la porción media trasera del tapón tiene un diámetro exterior mayor que el de la parte media frontal del tapón. Usando este tapón, la pieza inicial hueca cuyo diámetro ha sido reducido por la matriz se expande en una relación de expansión del 0,1 al 1,5%. De este modo, el esfuerzo residual en el tubo de metal después del estirado en frío se cambia, mejorando las características internas de fatiga de presión.

30 Sin embargo, si la relación de expansión sólo se define como del 0,1 al 1,5% como se divulga en el documento JP2-197313A, el esfuerzo residual de tracción en la superficie exterior del tubo de metal puede no ser capaz de reducirse, a pesar de que el esfuerzo residual en el tubo de metal cambie.

Divulgación de la invención

Es un objeto de la presente invención proporcionar un tapón para estirado en frío que es capaz de reducir el esfuerzo residual de tracción en la superficie exterior de un tubo de metal después del estirado en frío.

35 40 Los presentes inventores han pensado en adoptar un tapón que incluya una primera porción de columna 20 que tiene un diámetro exterior D1, una segunda porción de columna 40 que tiene un diámetro exterior D2 mayor que el diámetro exterior D1, y una porción ahusada 30 formada entre la primera porción de columna 20 y la segunda porción de columna 40, como se muestra en la Figura 1, para expandir la pieza inicial hueca con la porción ahusada 30 durante el estirado en frío, reduciendo así el esfuerzo residual de tracción en la superficie exterior de un tubo de metal después del estirado en frío.

45 Y los presentes inventores han supuesto el principio en el que el tapón que tiene una geometría que se muestra en la Figura 1 puede reducir el esfuerzo residual de tracción, de la siguiente manera. Cuando la pieza inicial hueca se expande por la porción ahusada 30, el esfuerzo de compresión en la dirección circunferencial debido a la recuperación elástica del tubo de metal después de la retirada del tapón es mayor en el lado de la superficie interior del tubo de metal que en el lado de la superficie exterior de la misma. Por lo tanto, hace hincapié en la dirección de la compresión que actúa en el lado de la superficie exterior del tubo de metal. Como resultado de esto, se reduce el esfuerzo residual de tracción en la dirección circunferencial en la superficie exterior del tubo de metal.

Los presentes inventores han pensado que, cuando el esfuerzo residual de tracción se reduce sobre este principio, no sólo la relación de expansión, sino también la longitud en la dirección axial L de la porción ahusada 30 está

relacionada con la reducción de los esfuerzos residuales de tracción. Esta consideración se basa en la presunción de que, si la longitud en la dirección axial L varía para una relación de expansión dada, la pieza inicial hueca se deforma por la porción ahusada 30 también de una manera variable. Por lo tanto, la magnitud del esfuerzo en la dirección de compresión que reduce la presión residual a la tracción también se varía.

5 Sobre la presunción anterior, los presentes inventores utilizaron el procedimiento de elementos finitos para simular el estirado en frío con una pluralidad de tapones que son diferentes en la relación de expansión del tubo ρ (%) definida por la expresión siguiente (A) y el valor de L/D2:

$$\rho = (D2 - D1)/D1 \times 100 \dots\dots\dots (A).$$

10 Y determinaron el esfuerzo residual de tracción en la superficie exterior de un tubo de metal después del estirado en frío.

La Figura 2 muestra los resultados de la investigación. En el diagrama, el eje de abscisas representa la relación de expansión ρ (%), y el eje de ordenadas representa el valor de L/D2. En el diagrama, una figura particular del trazado indica un valor específico de medio-ángulo de conicidad θ de un tapón utilizado en la simulación. El valor del medio ángulo de conicidad θ correspondiente a una figura particular se proporciona en la leyenda en la Figura 2. En el diagrama, el valor numérico dado en el lado de un trazado particular expresa el valor de la relación del esfuerzo residual de tracción σ en la dirección circunferencial en la superficie exterior de un tubo de metal después del estirado en frío al límite elástico YS de la pieza inicial hueca antes del estirado en frío, es decir, el valor de σ/YS .

Haciendo referencia a la Figura 2, los presentes inventores han encontrado que, cuando la relación de expansión ρ y el valor de L/D2 están dentro de la región AR en la Figura 2, en otras palabras, los diámetros exteriores D1 y D2, y la longitud en la dirección axial L satisfacen las siguientes expresiones (1) a (4), el valor de σ/YS se reduce a menos de 0,5 y el esfuerzo residual de tracción se reduce de manera efectiva:

$$0,25 \leq \rho \leq 2,00 \dots\dots\dots (1),$$

$$0,06 \leq L/D2 \leq 0,8 \dots\dots\dots (2),$$

$$L/D2 \leq 0,3 \times \rho + 0,575 \dots\dots\dots (3),$$

25 y

$$L/D2 \geq 0,1 \times \rho \dots\dots\dots (4).$$

Sobre la base del hallazgo descrito anteriormente, los presentes inventores han realizado la siguiente invención.

Un tapón de acuerdo con la presente invención se usa para el estirado en frío de tubos de metal. El tapón de acuerdo con la presente invención incluye una primera porción de columna, una segunda porción de columna, y una porción ahusada. La primera porción de columna tiene un diámetro exterior D1. La segunda porción de columna está formada coaxialmente con la primera porción de columna. La segunda porción de columna tiene un diámetro exterior D2 que es más grande que el diámetro exterior D1. La porción ahusada está formada entre la primera porción de columna y la segunda porción de columna. La porción ahusada tiene una superficie ahusada provista de un diámetro exterior que se incrementa gradualmente desde la primera porción de columna a la segunda porción de columna, y una longitud en la dirección axial L. Los diámetros exteriores D1 y D2, y la longitud en la dirección axial L cumplen con los siguientes expresiones (1) a (4):

$$0,25 \leq \rho \leq 2,00 \dots\dots\dots (1),$$

$$0,06 \leq L/D2 \leq 0,8 \dots\dots\dots (2),$$

$$L/D2 \leq 0,3 \times \rho + 0,575 \dots\dots\dots (3),$$

40 y

$$L/D2 \geq 0,1 \times \rho \dots\dots\dots (4)$$

donde

$$\rho = (D2 - D1)/D1 \times 100.$$

Preferiblemente, una porción de conexión de la superficie ahusada que está conectada al borde de extremo de la primera porción de columna se curva suavemente en una forma cóncava.

En este caso, la posibilidad de que el tapón se dañe si se impone una carga excesiva en la porción de conexión entre la primera porción de columna y la porción ahusada puede minimizarse.

Un procedimiento para la fabricación de un tubo de metal según la presente invención incluye las etapas de insertar un extremo de una pieza inicial hueca en la matriz; insertar el tapón de estirado en frío en la pieza inicial hueca de la segunda porción de columna hacia la dirección de estirado; y estirar en frío la pieza inicial hueca mientras se mantiene el tapón para el estirado en frío en una posición predeterminada.

- 5 En este caso, se reduce el esfuerzo residual de tracción en la dirección circunferencial en la superficie exterior de un tubo de metal fabricado.

Breve descripción de los dibujos

La Figura 1 es una vista lateral de un tapón de trabajo en frío de acuerdo con una realización de la presente invención;

- 10 La Figura 2 es un diagrama que ilustra la relación entre la relación de expansión, la longitud de la porción ahusada del tapón, y el esfuerzo residual de tracción después del estirado en frío cuando un tubo de metal es estirado en frío mediante el tapón para trabajo en frío que se muestra en la Figura 1;

La Figura 3 es una vista lateral de un tapón para trabajo en frío de acuerdo con la presente realización que tiene una geometría diferente de la mostrada en la Figura 1;

- 15 La Figura 4 es una vista lateral de un tapón para trabajo en frío de acuerdo con la presente realización que tiene una geometría diferente de la mostrada en las Figuras 1 y 3;

La Figura 5 es un dibujo que ilustra la primera etapa de las etapas para la fabricación de un tubo de metal de acuerdo con la presente realización;

- 20 La Figura 6 es un dibujo que ilustra la segunda etapa de las etapas para la fabricación de un tubo de metal de acuerdo con la presente realización; y

La Figura 7 es un dibujo que ilustra la tercera etapa de las etapas para la fabricación de un tubo de metal de acuerdo con la presente realización;

Mejor modo de llevar a cabo la invención

- 25 A continuación, una realización de la presente invención se describirá a continuación con referencia a los dibujos. Las mismas porciones o correspondientes en los dibujos se proporcionan con los mismos números de referencia, y la descripción de los mismos no se repetirá.

Tapón para estirado en frío

- 30 Un tapón para el estirado en frío de acuerdo con la realización de la presente invención (en lo sucesivo denominado simplemente como tapón) se utiliza para el estirado en frío de un tubo de metal. A continuación, una pieza de trabajo antes del estirado en frío y que durante el estirado en frío se refiere simplemente como una «pieza inicial hueca». Una pieza de trabajo después del estirado en frío se denominará simplemente como un "tubo de metal".

Refiriéndose a la Figura 1, un tapón 1 incluye una primera porción de columna 20, una porción ahusada 30, una segunda porción de columna 40, y una parte rebajada 50. Estas están formadas coaxialmente y de manera continua.

- 35 La primera porción de columna 20 tiene un diámetro exterior D1 (mm). El extremo delantero de la primera porción de columna 20 está conectado al extremo de un tapón 10 mediante un procedimiento bien conocido (por ejemplo, sujeción). Durante el estirado en frío, la varilla 10 soporta el tapón 1 y sujeta el tapón 1 en una posición predeterminada. En el momento de estirado en frío, la primera porción de columna 20 se pone en contacto con la superficie interior de una pieza inicial hueca, que se ha reducido en diámetro con una matriz (no mostrada), para hacer el diámetro interior de la pieza inicial hueca fijo.

- 40 La porción ahusada 30 está formada entre la primera porción de columna y la segunda porción de columna 40. La porción ahusada 30 tiene una superficie ahusada 31. La superficie ahusada 31 está formada entre el borde de extremo trasero 21 de la primera porción de columna 20 y el borde de extremo delantero 41 de la segunda porción de columna. La superficie ahusada 31 tiene la forma de un cono truncado y tiene un diámetro exterior que se incrementa gradualmente desde la primera porción de columna 20 a la segunda porción de columna 40. La porción ahusada 30 tiene una longitud en la dirección axial L (mm).

La porción ahusada 30 expande una pieza inicial hueca que se ha reducido en diámetro mediante la matriz. Por lo tanto, el esfuerzo residual de tracción en la superficie exterior del tubo de metal después del estirado en frío se reduce.

- 50 La segunda porción de columna 40 está formada coaxialmente con la primera porción de columna 20. La segunda porción de columna 40 tiene un diámetro exterior D2 (mm) más grande que el diámetro exterior D1. La segunda

porción de columna 40 se pone en contacto con la superficie interna de la pieza inicial hueca, que se ha expandido mediante la porción ahusada 30, para hacer fijo el diámetro interior del tubo de metal después del estirado en frío.

5 La parte rebajada 50 está formada en el extremo trasero de la segunda porción de columna. La parte rebajada 50 tiene una superficie ahusada inversa 51. La superficie ahusada inversa 51 es en forma de un cono truncado, y su diámetro exterior se reduce gradualmente hacia el extremo trasero del tapón 1. La parte rebajada 50 minimiza la posibilidad de que se produzca un fallo en la superficie interna de la pieza inicial hueca debido a la parte trasera del tapón 1, cuando la pieza inicial hueca se hace pasar a través del tapón 1. El tapón 1 puede no tener la parte rebajada 50.

Además, el tapón 1 cumple con las siguientes expresiones (1) a (4):

10 $0,25 \leq \rho \leq 2,00$ (1),
 $0,06 \leq L/D2 \leq 0,8$ (2),
 $L/D2 \leq 0,3 \times \rho + 0,575$ (3),

y

$L/D2 > 0,1 \times \rho$ (4)

15 donde ρ es la relación de expansión (%) que se determina por la expresión siguiente (A):

$\rho = (D2 - D1)/D1 \times 100$ (A).

20 Si el tapón 1 satisface las expresiones (1) a (4), el esfuerzo residual de tracción se reduce de manera efectiva. Más específicamente, el valor de la relación del esfuerzo residual de tracción σ_t en el tubo de metal y el límite elástico YS (MPa) de la pieza inicial hueca (es decir, el valor de σ_t/YS) se puede mantener menor que 0,5. A continuación, se describirán en detalle las expresiones (1) a (4).

Acerca de la expresión (1)

25 La expresión (1) define el rango de la relación de expansión ρ . En otras palabras, la relación de expansión ρ representa la magnitud de la altura del escalón h entre la primera porción de columna 20 y la segunda porción de columna 40. Cuanto menor sea la relación de expansión ρ , menor es la altura del escalón h , y por lo tanto, menor es el esfuerzo que se da en la pieza inicial hueca por la porción ahusada 30 cuando se expande la pieza inicial hueca. Si la tracción que viene dada por la porción ahusada 30 es pequeña, el esfuerzo que actúa en la dirección de compresión del tubo de metal en el lado de la superficie exterior de la misma también será pequeño. Por lo tanto, el esfuerzo residual de tracción en la superficie exterior del tubo de metal después del estirado en frío será difícil de reducir.

30 Por otro lado, si la relación de expansión ρ es alta, la altura del escalón h será grande. Cuanto mayor sea la altura del escalón h , mayor es el esfuerzo que viene dada por la porción ahusada 30 a la pieza inicial hueca. Por lo tanto, el esfuerzo residual de tracción será fácil de reducir. Sin embargo, si la altura del escalón h es demasiado grande, la carga que se impone al tapón 1 en el momento de estirado en frío será demasiado grande.

35 Si la relación de expansión ρ cumple la expresión (1), se puede evitar que una carga excesiva se imponga al tapón 1, mientras que el esfuerzo residual de tracción en el tubo de metal se puede reducir efectivamente. El valor límite inferior de la relación de expansión preferible es del 0,30%, y el valor límite superior de la relación de expansión preferible es del 1,00%.

Acerca de la expresión (2)

40 La expresión (2) define el rango del valor de la relación de la longitud en la dirección axial L de la porción ahusada 30 con el diámetro exterior $D2$ de la segunda porción de columna 40, es decir, $L/D2$. Si el valor de $L/D2$ es demasiado pequeño, específicamente, si el valor de $L/D2$ es menor que 0,06, el esfuerzo residual de tracción será difícil de reducir. Aunque la razón exacta no es tan clara, el siguiente motivo puede presumirse. Esto es: si el valor de $L/D2$ es pequeño, la longitud en la dirección axial L es corta con respecto al diámetro exterior $D2$. En este caso, la porción ahusada 30 deforma localmente solamente la porción de la capa superficial de la superficie interna de la
 45 pieza inicial hueca. Esta deformación local no tendrá ningún efecto sobre la superficie exterior de la pieza inicial hueca. Por lo tanto, incluso si la pieza inicial hueca se expande por la porción ahusada 30, se presume que es difícil que se produzcan esfuerzos en la dirección de compresión que reducen el esfuerzo residual de tracción en el tubo de metal después del estirado en frío.

50 Por otro lado, si el valor de $L/D2$ es demasiado grande, específicamente, si el valor de $L/D2$ es mayor que 0,8, el esfuerzo residual de tracción es también difícil de reducir. Si el valor de $L/D2$ es grande, la longitud en la dirección axial L es larga con respecto al diámetro exterior $D2$. Cuanto más larga sea la longitud en la dirección axial L , más uniformemente se deformará la porción ahusada 30 de toda la cáscara hueca. En otras palabras, la pieza inicial

5 hueca se deforma uniformemente en el lado de la superficie interior y en el lado de la superficie exterior. Si no se produce ninguna diferencia en el grado de deformación entre el lado exterior de la superficie y el lado de la superficie interna de la pieza inicial hueca, la aparición de esfuerzos que actúan en la dirección de compresión del tubo de metal en el lado de la superficie exterior de la misma es presuntamente difícil, lo que resulta en que el esfuerzo residual de tracción es difícil de reducir.

10 Si el valor de $L/D2$ cumple la expresión (2), el esfuerzo residual de tracción puede reducirse. Si el valor de $L/D2$ cumple la expresión (2), la pieza inicial hueca se deforma en un cierto grado de profundidad desde la superficie interior hacia la superficie exterior, no deformándose mucho la porción en la proximidad de la superficie exterior de la pieza inicial hueca. Por lo tanto, surge una diferencia en el grado de deformación entre el lado de la superficie interior y el lado de la superficie exterior de la pieza inicial hueca. Esta diferencia de deformación presumiblemente provoca esfuerzos en la dirección de compresión en el lado de la superficie exterior del tubo de metal, resultando en la reducción del esfuerzo residual de tracción. El valor límite inferior preferible de $L/D2$ es de 0,1, y el valor límite superior preferible de $L/D2$ es de 0,3.

Acerca de las expresiones (3) y (4)

15 Las expresiones (3) y (4) definen la relación entre la relación de expansión p y el valor de $L/D2$.

20 Si la relación de expansión p es baja y el valor de $L/D2$ es grande, resultando en que no se cumple la expresión (3), la conicidad del medio-ángulo θ de la porción ahusada 30 es pequeña, y la longitud en la dirección axial L es larga. En este caso, la pieza inicial hueca se deforma uniformemente en el lado de la superficie interior y en el lado de la superficie exterior, resultando en que no se produce ninguna diferencia de deformación. Por lo tanto, la aparición de esfuerzos en la dirección de compresión en la superficie exterior del tubo de metal después del estirado en frío es difícil, lo que resulta en que el esfuerzo residual de tracción es difícil de reducir. Si se cumple la expresión (3), surge una diferencia de deformación entre el lado de la superficie interior y el lado de la superficie exterior de la pieza inicial hueca, dando lugar a esfuerzos que se producen en la dirección de compresión, y por lo tanto el esfuerzo residual de tracción se reduce de manera efectiva.

25 Por otro lado, si la relación de expansión p es alta y el valor de $L/D2$ es pequeño, resultando en que no se cumple la expresión (4), la conicidad del medio-ángulo θ de la porción ahusada 30 es grande, y la longitud en la dirección axial L es corta. En este caso, se deforma localmente solamente la porción de la capa superficial de la superficie interna de la pieza inicial hueca. Por lo tanto, el efecto de la deformación no se transmite a la superficie exterior de la pieza inicial hueca, resultando en que el esfuerzo residual de tracción es difícil de reducir. Además, en el momento de estirado en frío, una carga excesiva se impondrá a la porción ahusada 30. Si se cumple la expresión (4), se producirá una diferencia de deformación entre el lado de la superficie interior y el lado de la superficie exterior de la pieza inicial hueca. Por lo tanto, el esfuerzo residual de tracción en la superficie exterior del tubo de metal después del estirado en frío se reduce. Además, la posibilidad de una carga excesiva impuesta a la porción ahusada 30 se puede minimizar.

35 El tapón 1 está formado de un material bien conocido. El material del tapón 1 es, por ejemplo, un carburo cementado o un acero de herramienta. Además, una película dura de revestimiento puede formarse sobre la superficie del tapón. Además, el tapón 1 puede ser de núcleo sólido o de pieza inicial hueca.

40 En la Figura 1, la superficie ahusada 31 se dibuja como una proyección de un cono truncado, sin embargo, como se muestra en la Figura 3, la sección longitudinal de la geometría de la superficie ahusada 31 puede ser de una línea curva. En una palabra, mientras que la superficie ahusada 31 tenga un diámetro exterior que se incremente gradualmente desde la primera porción de columna 20 a la segunda porción de columna 40, la geometría de la sección longitudinal puede ser cualquiera de una línea recta o de una línea curva.

45 Preferiblemente, como se muestra en la Figura 4, una porción de conexión 32 de la superficie ahusada 31 que está conectada con la primera porción de columna 20 se curva suavemente en una forma cóncava. La porción de conexión 32 puede tener un solo radio de esquina como se muestra en la Figura 4, o una pluralidad de curvaturas. Si la porción de conexión 32 está ligeramente curvada, la posibilidad de que el tapón se dañe si se impone una carga excesiva en la porción de conexión entre la primera porción de columna 20 y la porción ahusada 30 puede minimizarse.

Procedimiento para la fabricación de tubos de metal

50 El procedimiento para la fabricación de un tubo de metal mediante el tapón 1 descrito anteriormente es como sigue. En primer lugar, se prepara una pieza inicial hueca. La pieza inicial hueca se fabrica, por ejemplo, mediante trabajo en caliente. Más específicamente, la pieza inicial hueca puede fabricarse mediante punzonado y laminado, o fabricarse por extrusión en caliente o forjado en caliente. Además, el tapón 1 y la matriz 70 mencionados anteriormente se preparan como se muestra en la Figura 5. La matriz 70 es una matriz bien conocida, que incluye una porción de aproximación 72, una porción de soporte 71, y una parte rebajada 73. El diámetro interior de la porción de aproximación 72 se reduce gradualmente hacia la dirección de estirado. El diámetro interior de la porción de soporte 71 es fijo. El diámetro interior de la parte rebajada 73 aumenta gradualmente hacia la dirección de estirado.

5 La pieza inicial hueca preparada se somete a estirado en frío. En primer lugar, la porción del extremo frontal de la pieza inicial hueca se reduce en diámetro. A continuación, como se muestra en la Figura 5, la porción de extremo delantero 61 de la pieza inicial hueca 60 se inserta en la matriz 70 que está fijada a un banco de estirado. Después de la inserción, la porción de extremo delantero 61 se sujeta con un mandril (no mostrado) en el banco de estirado para fijar la pieza inicial hueca 60.

A continuación, el tapón 1 se monta en el extremo delantero de la varilla 10 para soportar el tapón. A continuación, como se muestra en la Figura 6, el tapón 1 se inserta en la pieza inicial hueca 60. En este momento, el tapón 1 se inserta en la pieza inicial hueca 60 desde la segunda porción de columna 40 hacia la dirección de estirado.

10 A continuación, la pieza inicial hueca 60 fijada con el mandril se estira en la dirección de estirado. En este momento, el tapón 1 es empujado en la dirección de estirado, y como se muestra en la Figura 7, el tapón 1 se mantiene en una posición en la que la porción ahusada 30 está más cerca del lado de salida que la porción de soporte 71 de la matriz 70. Después de que el tapón 1 se sujete, la pieza inicial hueca 60 se retira para proporcionar un tubo de metal. Un tubo de metal fabricado realizando las etapas descritas anteriormente tiene un esfuerzo residual de tracción reducido en la superficie exterior en comparación con la del tubo de metal fabricado mediante el estirado en frío convencional.

15 La posición en la que el tapón 1 se sujeta durante el estirado en frío no se limita a la posición mostrada en la Figura 7. Por ejemplo, incluso si la porción ahusada 30 está cubierta por la porción de soporte 71 de la matriz 70, se pueden obtener las ventajas de la presente invención de manera efectiva. Sin embargo, la porción ahusada 30 del tapón 1 está situada preferiblemente más cerca del lado de salida que la porción de soporte 71 de la matriz 70 como se muestra en la Figura 7. Una presunta razón de por qué es así es la siguiente: si la superficie exterior de la pieza inicial hueca 60 que pasa a través de la porción ahusada 30 no está limitada por la porción de soporte 71 de la matriz 70, la diferencia de deformación entre el lado de la superficie interior y el lado de la superficie exterior de la pieza inicial hueca 60 bajo expansión es grande, en comparación con la que si la superficie exterior de la pieza inicial hueca 60 que pasa se ve limitada por la porción de soporte 71 de la matriz 70.

Ejemplo 1

25 La relación entre la geometría del tapón y el esfuerzo residual de tracción en un tubo de metal después del estirado en frío fue investigada mediante el método de elementos finitos. Específicamente, sobre la base del análisis elástico-plástico de eje simétrico de dos dimensiones, se llevó a cabo la simulación, y se calculó el esfuerzo residual de tracción σ en la dirección circunferencial en la superficie exterior de un tubo de metal después del estirado en frío.

30 El diámetro exterior de una pieza inicial hueca, la pieza de trabajo, se definió como de 55 mm y el espesor de la pared de la pieza inicial hueca se define como de 11,5 mm. El límite elástico YS de la pieza inicial hueca antes de estirado en frío se definió como de 284 MPa. La matriz usada para el estirado en frío se definió como que tenía la misma geometría que la de la matriz 70 que se muestra en la Figura 5, con el diámetro de la matriz Dd que se define como de 45,1 mm, y el ángulo de aproximación 2α como de 25°.

35 Además, la pluralidad de tapones que se utilizaron para la simulación se definieron como que tienen la misma geometría que la del tapón 1 que se muestra en la Figura 1, con las dimensiones de cada tapón (los diámetros exteriores D1 y D2, el paso de altura h, el medio ángulo de conicidad θ , y la dirección de longitud axial L) que se define como las dadas en la Tabla 1.

TABLA I

Ensayo N°	Geometría del tapón									σ/YS
	D2 (mm)	h (mm)	D1 (mm)	θ (°)	L (mm)	L/D2	ρ	$0,3 \times \rho + 0,575$	$0,1 \times \rho$	
1	27	0,05	26,90	0,15	19,1	0,71	0,37	0,69	0,037	0,55
2	27	0,06	26,88	0,2	17,2	0,64	0,45	0,71	0,045	0,46
3	27	0,10	26,80	0,3	19,1	0,71	0,75	0,80	0,075	0,40
4	27	0,05	26,90	0,5	5,7	0,21	0,37	0,69	0,037	0,40
5	27	0,10	26,80	0,5	11,5	0,43	0,75	0,80	0,075	0,22
6	27	0,20	26,60	0,5	22,9	0,85	1,50	1,03	0,150	0,53
7	27	0,05	26,90	1,0	2,9	0,11	0,37	0,69	0,037	0,47
8	27	0,10	26,80	1,0	5,7	0,21	0,75	0,80	0,075	0,16
9	27	0,20	26,60	1,0	11,5	0,43	1,50	1,03	0,150	0,14

ES 2 550 480 T3

10	27	0,03	26,94	20	0,9	0,03	0,22	0,64	0,022	0,65
11	27	0,05	26,90	2,0	1,4	0,05	0,37	0,69	0,037	0,68
12	27	0,10	26,80	20	2,9	0,11	0,75	0,80	0,075	0,44
13	27	0,20	26,60	2,0	5,7	0,21	1,50	1,03	0,150	0,06
14	27	0,05	26,90	4,0	0,7	0,03	0,37	0,69	0,037	0,74
15	27	0,10	26,80	4,0	1,4	0,05	0,75	0,80	0,075	0,81
16	27	0,20	26,60	4,0	2,9	0,11	1,50	1,03	0,150	0,50

5 Usando el tapón para cada ensayo N° en la Tabla 1, se simuló el estirado en frío, y se simuló el esfuerzo residual de tracción σ en la dirección circunferencial en la superficie exterior de un tubo de metal después del estirado en frío. A continuación, utilizando el límite elástico YS (que era de 284 MPa) de la pieza inicial hueca, se determinó el valor de σ/YS .

La Tabla 1 muestra los resultados de la simulación. Haciendo referencia a la Tabla 1, cualquiera de los tapones utilizados en los ensayos Nos. 2 a 5, 7 a 9, 12 y 13 satisfacen las expresiones (1) a (4). En consecuencia, el esfuerzo residual de tracción después del estirado en frío era pequeña y el valor de σ/YS por debajo de 0,5.

10 Por otro lado, el tapón utilizado para el ensayo No. 1 no satisfacía la expresión (3). En consecuencia, el valor de σ/YS superó 0,5. En el ensayo N° 6, el valor de L/D2 supera 0,8, y no cumple con la expresión (2). En consecuencia, el valor de σ/YS superó 0,5. En el ensayo N° 10, la relación de expansión p supera 0,25, y no cumple con la expresión (1). Además, el valor de L/D2 estaba por debajo de 0,06, y no cumple con la expresión (2). En consecuencia, el valor de σ/YS superó 0,5. En el ensayo N° 11, el valor de L/D2 era por debajo de 0,06, y no cumple con la expresión (2). En consecuencia, el valor de σ/YS superó 0,5. En los ensayos N° 14 y 15, cada una de los tapones no cumplían las expresiones (2) y (4), lo que resulta en el valor de σ/YS superior a 0,5. En el ensayo N° 16, el tapón no cumplía la expresión (4), lo que resulta en el valor de σ/YS superior a 0,5.

Ejemplo 2

La prueba de estirado en frío utilizando una máquina real se llevó a cabo bajo las condiciones dadas para los ensayos Nos. 21 a 26 en la Tabla 2.

20

Tabla 2

Ensayo No.	Geometría del tapón										Geometría de la matriz		Geometría del tubo de metal		Esfuerzo residual de tracción σ (MPa)
	Tipo	D2 (mm)	h (mm)	D1 (mm)	θ (°)	L (mm)	L/D2	ρ	$0.3 \times \rho + 0.575$	$0.1 \times \rho$	Diámetro orificio matriz Dd (mm)	Ángulo de enfoque 2α (*)	OD (mm)	Espesor de la pared (mm)	
21	Cilíndrico	270	-	-	-	-	-	-	-	-	45,1	25	45,1	9,05	173
22	De la presente invención	27,0	0,10	26,8	1,0	5,7	0,21	0,75	0,80	0,075	45,1	25	45,1	9,05	77
23	Cilíndrico	26,61	-	-	-	-	-	-	-	-	57,1	25	57,1	15,25	282
24	De la presente invención	26,6	0,10	26,4	1,0	5,7	0,21	0,75	0,80	0,075	57,1	25	57,1	15,25	137
25	Cilíndrico	25,3	-	-	-	-	-	-	-	-	48,7	25	48,7	11,7	180
26	De la presente invención	25,3	0,10	25,1	1,0	5,7	0,23	0,79	0,81	0,079	48,7	25	48,7	11,7	68

5 Se prepararon tapones de dos tipos de geometría; que eran de tipo cilíndrico convencional de la geometría del tapón y del tipo de geometría de tapón de la presente invención como se muestra en la Figura 1. Los tapones de tipo cilíndrico de la geometría del tapón tenían diámetros exteriores indicados en la columna D2 en la Tabla 2. Los tapones del tipo de geometría del tapón de la presente invención tenían dimensiones de D2, D1, h, θ , y L que se muestran en la Tabla 2, con cualquiera de las satisfaciendo las expresiones (1) a (4). En el ensayo de un No. de ensayo particular, se utiliza una matriz ahusada que tiene un diámetro de la matriz Dd 2a y un ángulo de aproximación dado en la Tabla 2 para el ensayo N°.

10 Usando las matrices y los tapones antes descritos, las carcasas huecas estaban estiradas en frío para producir tubos de metal. Los tubos de metal después del estirado en frío tenían diámetros exteriores y espesores de pared dados en la Tabla 2. El esfuerzo residual de tracción (MPa) en la dirección circunferencial en la superficie exterior del tubo de metal después del estirado en frío se midió mediante el uso de rayos X.

15 La Tabla 2 muestra los resultados de la medición. Comparando el esfuerzo residual de tracción en el tapón de tipo cilíndrico con la del tapón del tipo de la presente invención para un tubo de metal que tiene unas dimensiones dadas (un determinado diámetro exterior y espesor de pared) que ha sido fabricado, el esfuerzo residual de tracción σ en el tapón del tipo de la presente invención fue menor que en el tapón de tipo cilíndrico. Específicamente, el ensayo N° 22 dio un esfuerzo residual de tracción σ menor que el ensayo N° 21. Asimismo, el ensayo N° 24 dio un esfuerzo residual de tracción menor que el ensayo N° 23, y el ensayo N° 26 dio un esfuerzo residual de tracción menor que el ensayo N° 25.

20 Anteriormente se ha descrito la realización de la presente invención; sin embargo, la realización descrita anteriormente es meramente ilustrativa de ejemplos de realización de la presente invención. Por lo tanto, la presente invención no se limita a la realización descrita anteriormente, y puede realizarse con un cambio apropiado de la realización descrita anteriormente sin apartarse del alcance de la presente invención como se define mediante las reivindicaciones adjuntas.

25

REIVINDICACIONES

1. Un tapón (1) para su uso en el estirado en frío de un tubo de metal, que comprende:

una primera porción de columna (20) que tiene un diámetro exterior D1;

una segunda porción de columna (40) formada coaxialmente con la primera porción de columna (20);

5 y que tiene un diámetro exterior D2 mayor que el diámetro exterior D1; y

Una porción ahusada (30) formada entre la primera porción de columna (20);

y la segunda porción de columna (40) y que tiene una superficie ahusada (31) provista de un diámetro exterior

10 que aumenta gradualmente desde la primera porción de columna (20) a la segunda porción de columna (40)

y una longitud en la dirección axial L,

los diámetros exteriores D1 y D2, y la longitud en la dirección axial L satisfacen las siguientes expresiones (1) a (4):

$$0,25 \leq \rho \leq 2,00 \dots\dots\dots (1),$$

15 $0,06 \leq L/D2 \leq 0,8 \dots\dots\dots (2),$

$$L/D2 \leq 0,3 \times \rho + 0,575 \dots\dots\dots (3),$$

y

$$L/D2 \geq 0.1 \times \rho \dots\dots\dots (4)$$

donde $\rho = (D2 - D1)/D1 \times 100$.

20 2. El tapón para estirado en frío de la reivindicación 1, en el que una porción de conexión (32) de la superficie ahusada (31) que está conectada con un borde de extremo de la primera porción de columna (20) se curva suavemente en una forma cóncava.

3. Un procedimiento para la fabricación de un tubo de metal, que comprende las etapas de:

25 preparar un tapón (1) para estirado en frío que incluye una primera porción de columna (20) que tiene un diámetro exterior D1; una segunda porción de columna (40) formada coaxialmente con la primera porción de columna (20)

30 y que tiene un diámetro exterior D2 mayor que el diámetro exterior D1; y una porción ahusada (30) formada entre la primera porción de columna (20) y la segunda porción de columna (40) y que tiene una superficie ahusada (31) provista de un diámetro exterior que aumenta gradualmente desde la primera porción de columna (20) a la segunda porción de columna (40) y una longitud en la dirección axial L, satisfaciendo los diámetros exteriores D1 y D2, y la longitud en la dirección axial L las siguientes expresiones (1) a (4), y un matriz (70) para estirado en frío:

$$0,25 \leq \rho \leq 2,00 \dots\dots\dots (1),$$

$$0,06 \leq L/D2 \leq 0,8 \dots\dots\dots (2),$$

35 $L/D2 \leq 0.3 \times \rho + 0.575 \dots\dots\dots (3),$

y

$$L/D2 > 0.1 \times \rho \dots\dots\dots (4)$$

donde $\rho = (D2 - D1)/D1 \times 100$.

Insertar un extremo de una pieza inicial hueca en la matriz (70);

40 insertar el tapón (1) de estirado en frío en la pieza inicial hueca desde la segunda porción de columna (40) hacia la dirección de estirado; y

estirar la pieza inicial hueca mientras se sujeta el tapón (1) de estirado en frío en una posición predeterminada.

4. El procedimiento para la fabricación de un tubo de metal de la reivindicación 3, en el que una porción de conexión (32) de la superficie ahusada (31) del tapón (1) para estirado en frío que está conectada con un borde de extremo de la primera porción de columna (20) se curva suavemente en una forma cóncava.

FIG.1

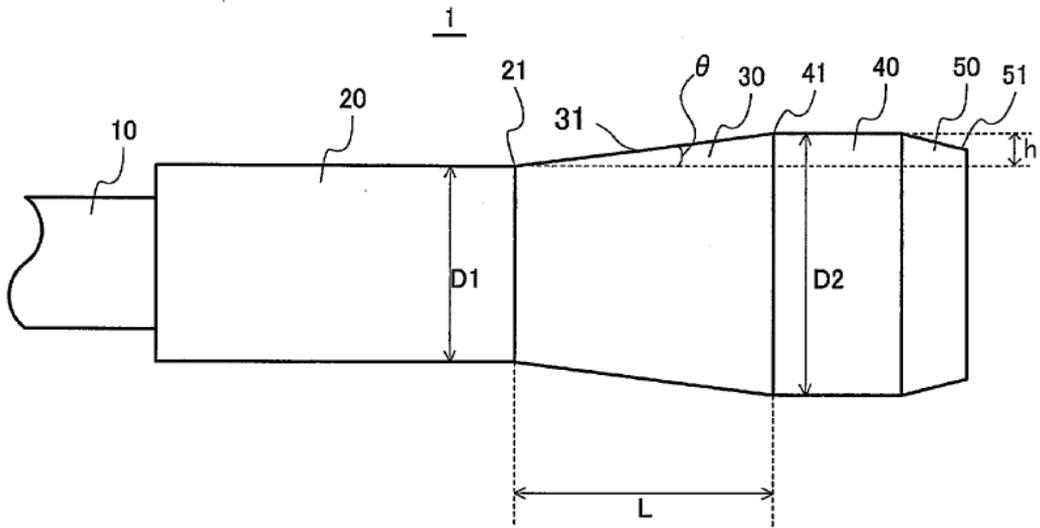


FIG.2

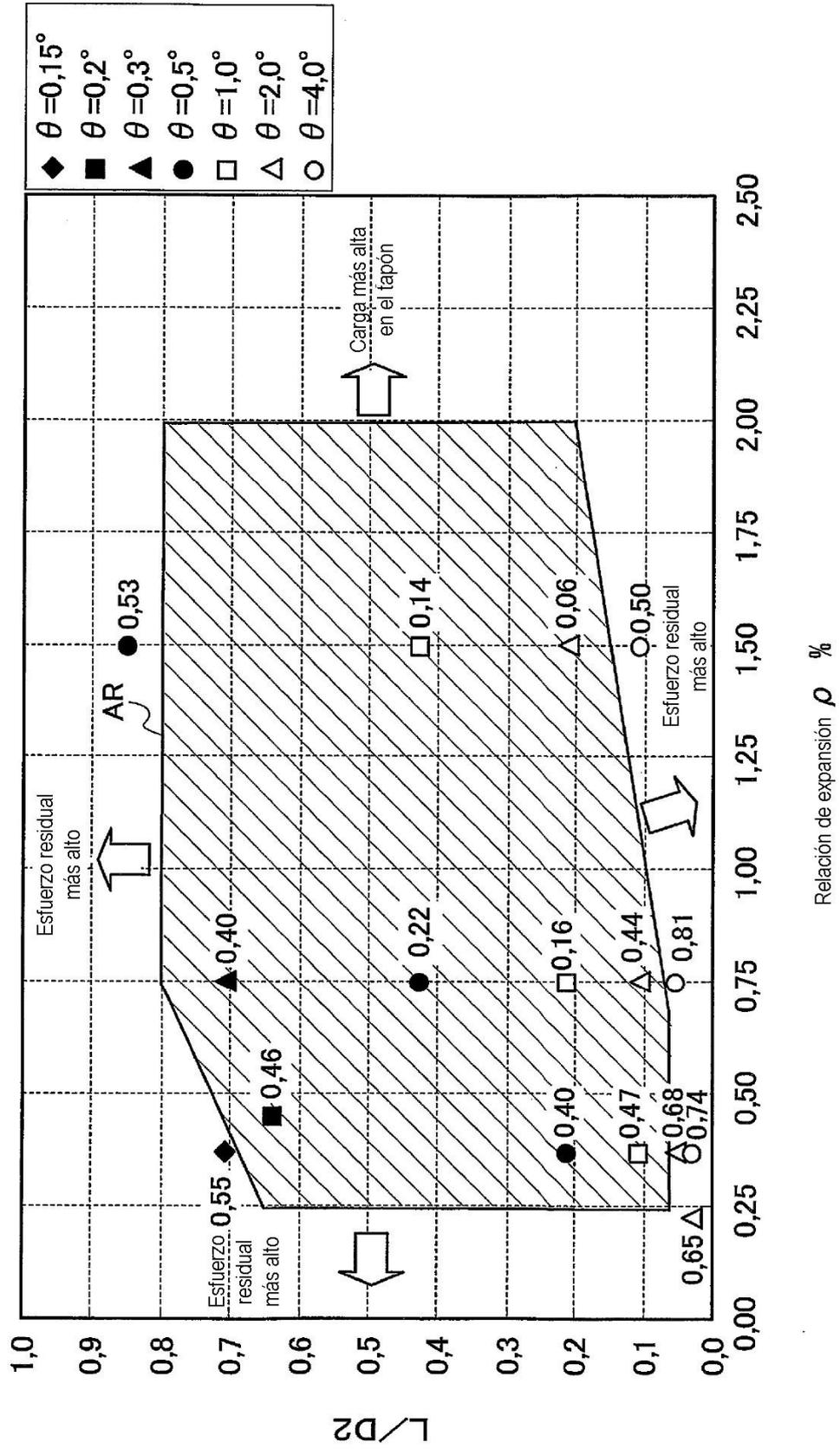


FIG.3

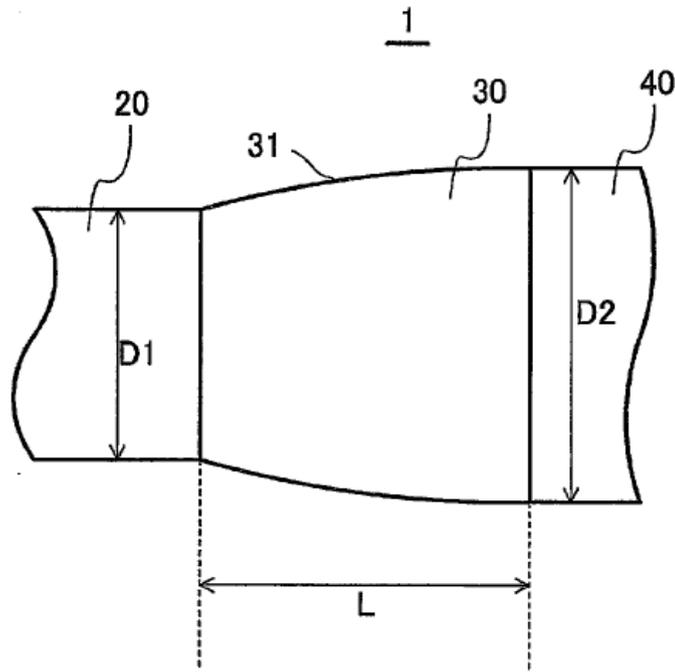


FIG.4

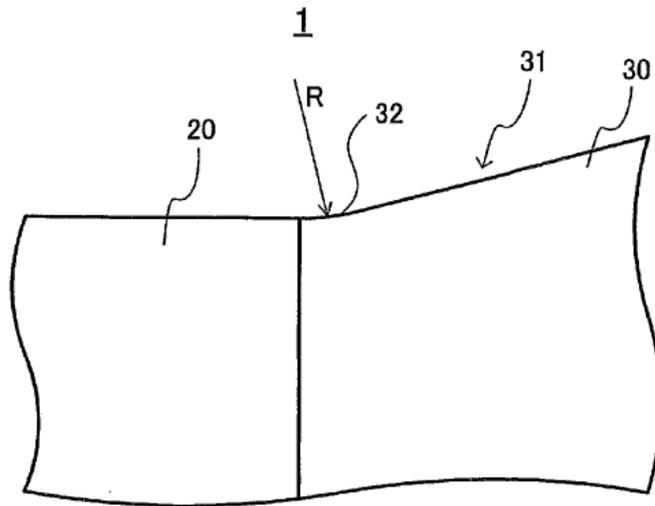


FIG.5

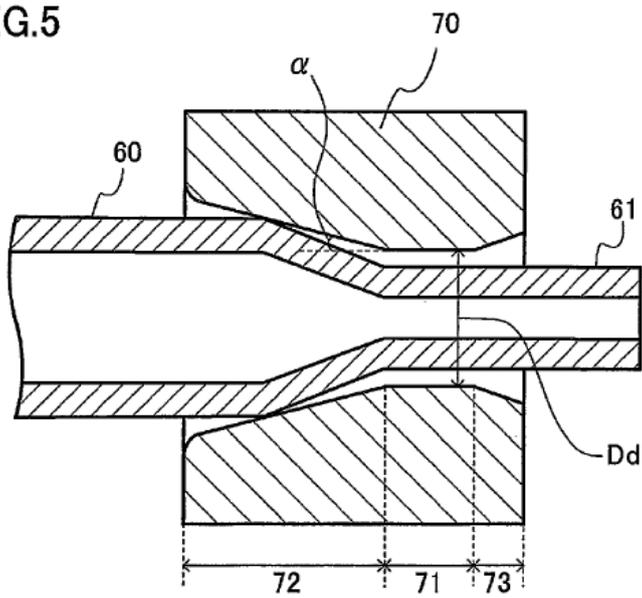


FIG.6

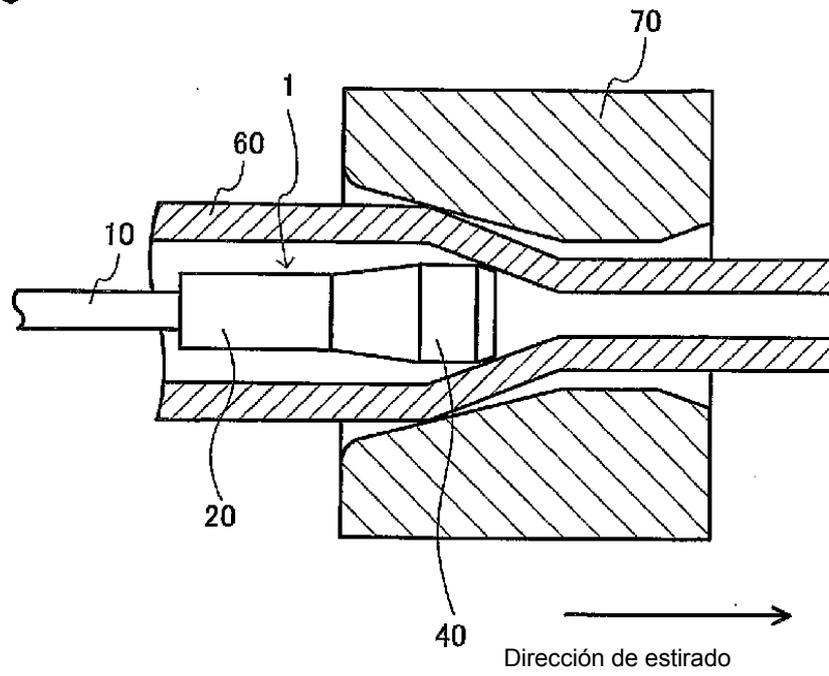


FIG.7

