

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 545 506**

51 Int. Cl.:

B21D 26/02 (2011.01)

B21D 51/26 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.01.2011** **E 11732595 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.08.2015** **EP 2523762**

54 Título: **Métodos de conformar bajo presión recipientes metálicos y similares a partir de preformas que tienen gradiente de espesor de pared**

30 Prioridad:

12.01.2010 US 335936 P

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

11.09.2015

73 Titular/es:

NOVELIS, INC. (50.0%)
3560 Lenox Road, Suite 2000
Atlanta, GA 30326, US y
MONTEBELLO PACKAGING (50.0%)

72 Inventor/es:

MALLORY, ROBERT y
SHI, YIHAI

74 Agente/Representante:

UNGRÍA LÓPEZ, Javier

ES 2 545 506 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

Métodos de conformar bajo presión recipientes metálicos y similares a partir de preformas que tienen gradiente de espesor de pared

5

Campo de la invención

La presente invención se refiere a un método para conformar un recipiente metálico o similar conformando bajo presión una preforma metálica hueca de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1. En un importante aspecto particular, la invención se refiere a un método de conformación con ariete bajo presión de recipientes de aluminio u otros metales que tienen una forma contorneada, tales como una forma de botella con características asimétricas.

10

Antecedentes de la invención

Las latas metálicas son bien conocidas y ampliamente utilizadas para bebidas. Los cuerpos de latas de bebidas convencionales tienen, por lo general, paredes laterales cilíndricas verticales simples. A veces se desea, sin embargo, por razones de estética, de atracción al consumidor y/o identificación del producto, impartir una forma diferente y más compleja a la pared lateral y/o al fondo de un recipiente de bebida metálico, y, en particular, para proporcionar un recipiente metálico con la forma de una botella en lugar de una forma de lata cilíndrica ordinaria.

15

20

Hasta ahora se han propuesto métodos para producir tales artículos a partir de preformas huecas mediante conformación bajo presión, es decir, mediante la colocación de la preforma dentro de un molde y sometiendo la preforma a la presión de fluido interna para expandir la preforma hacia fuera en contacto con el molde. Como se describe, por ejemplo, en las patentes de Estados Unidos N° 6.802.196 y N° 7.107.804, en la que se basa el preámbulo de la reivindicación 1, las técnicas de conformación con ariete bajo presión (PRF) proporcionan métodos convenientes y eficaces de conformación de piezas de trabajo en formas botella u otras formas complejas. Tales procedimientos son capaces de conformar formas de recipientes contorneadas que no son radialmente simétricas, para mejorar la variedad de diseños que se pueden obtener.

25

En un método de PRF para conformar un recipiente metálico de forma y dimensiones laterales definidas, una preforma metálica hueca con un extremo cerrado se dispone en una cavidad del molde lateralmente encerrada por una pared del molde que define la forma y dimensiones laterales, con un troquel situado en un extremo de la cavidad y desplazable dentro de la cavidad, estando el extremo cerrado de la preforma situado en relación enfrentada próxima con respecto al troquel y estando al menos una porción de la preforma inicialmente separada hacia dentro desde la pared del molde. La preforma se somete a la presión de fluido interna para expandir la preforma hacia fuera en contacto sustancialmente completo con la pared del molde, para así impartir la forma y dimensiones laterales definidas de la preforma, la presión del fluido ejerce una fuerza, sobre el extremo cerrado de la preforma, dirigida hacia el un extremo de la cavidad antes mencionado. Ya sea antes o después, la preforma comienza a expandirse, pero antes de que se complete la expansión de la preforma, el troquel se desplaza en la cavidad para acoplar y desplazar el extremo cerrado de la preforma en una dirección opuesta a la dirección de la fuerza ejercida por el fluido bajo presión sobre el mismo, deformando el extremo cerrado de la preforma. El desplazamiento del troquel se efectúa por un ariete que es capaz de aplicar una fuerza suficiente para que el troquel se desplace y deforme la preforma. Este método se conoce como conformación con ariete bajo presión porque el recipiente se conforma tanto por la presión de fluido interna aplicado como por el desplazamiento del troquel con el ariete.

30

35

40

45

La preforma es una pieza de trabajo unitaria que tiene típicamente un extremo abierto opuesto a su extremo cerrado y una pared generalmente cilíndrica. El troquel tiene una superficie contorneada (por ejemplo, en forma de cúpula), y el extremo cerrado de la preforma se deforma de manera que se ajusta a la misma. La forma definida, en la que se forma el recipiente, puede ser una forma de botella que incluye una porción de cuello y una porción de cuerpo más grande en dimensiones laterales que la porción de cuello, la cavidad del molde que tiene un eje largo, la preforma que tiene un eje largo y que se dispone sustancialmente de forma coaxial dentro de la cavidad, y el troquel que es desplazable a lo largo del eje largo de la cavidad.

50

Además, ventajosamente y preferentemente, la pared del molde comprende un molde dividido separable para su retirada del recipiente conformado, es decir, un molde compuesto por dos o más segmentos de acoplamiento alrededor de la periferia de la cavidad del molde. Con un molde dividido, la forma definida puede ser asimétrica alrededor del eje largo de la cavidad.

55

La operación de PRF se realiza deseablemente con la preforma a una temperatura elevada. Además, hasta ahora se ha propuesto inducir un gradiente de temperatura en la preforma, por ejemplo mediante la adición de calentadores separados para inducir un gradiente de temperatura en la preforma del extremo abierto hasta al extremo cerrado. Un gradiente de temperatura de este tipo en la preforma ayuda a controlar el inicio de la expansión de la preforma (abultamiento) cuando se aplica la presión de fluido interna a la preforma dentro del molde. Específicamente, un gradiente de presión del extremo abierto al cerrado provoca la expansión progresiva donde la porción de la preforma adyacente al extremo abierto, que está a una temperatura relativamente superior, se abulta primero hasta que entra en contacto con el molde, bloqueando de este modo la preforma en la cavidad del molde a

60

65

medida que la expansión se mueve hacia el extremo cerrado, mientras que el ariete de refuerzo empuja el troquel hacia y mantiene el contacto con el extremo cerrado de la preforma para conformar el perfil de extremo cerrado (base del recipiente). En particular, la expansión progresiva evita los reventones permitiendo que el ariete mueva el troquel en contacto con el extremo cerrado y conforme la base del recipiente antes de que la parte adyacente de la preforma acople la pared del molde.

Sin embargo, es difícil controlar un gradiente de temperatura en la preforma debido a que el gradiente se puede ver afectado negativamente por variables tales como la tasa de producción, tamaño de la preforma y configuración del herramientas. Por lo tanto, sería ventajoso alcanzar los beneficios de la expansión progresiva de extremo abierto a extremo cerrado sin la necesidad de establecer y mantener un gradiente de temperatura eficaz para ese fin.

Sumario de la invención

La invención proporciona un método de conformación de un recipiente metálico de forma y dimensiones laterales definidas, que comprende las etapas de (a) disponer una preforma metálica hueca que tiene una pared, un extremo cerrado y un extremo abierto en una cavidad del molde cerrada lateralmente por una pared del molde que define la forma y dimensiones laterales, estando el extremo cerrado de la preforma situado en relación enfrentada con respecto a un extremo de la cavidad y estando al menos una porción de la preforma inicialmente separada hacia dentro desde la pared del molde, y (b) someter la preforma a la presión de fluido interna para expandir la preforma hacia fuera en contacto sustancialmente completo con la pared del molde, para así impartir la forma y dimensiones laterales definidas de la preforma, ejerciendo la presión del fluido la fuerza, en el extremo cerrado, dirigida hacia el un extremo de la cavidad, caracterizado por que la preforma, como se dispone en la cavidad del molde, tiene un gradiente de espesor de pared de tal manera que el espesor de pared de la preforma disminuye progresivamente desde el extremo cerrado hacia el extremo abierto.

Las realizaciones preferidas del método de la invención se definen en las reivindicaciones dependientes.

Debido al gradiente de espesor de la pared, cuando la preforma se somete a la presión de fluido interna, la expansión hacia fuera comienza en su extremo abierto y se mueve hacia abajo hasta su extremo cerrado; es decir, la porción de la preforma en el extremo abierto se abulta primero porque su pared es relativamente más fina que la pared en el extremo cerrado. Esto es esencialmente el mismo efecto de la expansión progresiva que se logra mediante el calentamiento de una preforma de espesor de pared constante en la cavidad del molde para inducir un gradiente de temperatura del extremo abierto al extremo cerrado, pero evita las dificultades asociadas con un gradiente de temperatura. En otras palabras, el gradiente de espesor de pared de la preforma es preferentemente tal que durante la etapa de someter la preforma a la presión de fluido interna, la expansión hacia el exterior de la preforma comienza en una región adyacente al extremo abierto, donde el espesor de pared de la preforma es más menor, y progresa en una dirección hacia el extremo cerrado, donde el espesor de la pared es mayor.

El gradiente de espesor de pared de la preforma ofrece también otros beneficios. Aunque el espesor de pared del recipiente producido es más fino que el de la preforma a partir de la que se forma, el gradiente tiende a ser conservado, especialmente en recipientes de paredes rectas, con el resultado de que el recipiente tiene una porción inferior más gruesa relativamente más fuerte (como se desee para ayudar al fondo típicamente en forma de cúpula a resistir las presiones internas, por ejemplo, de un producto de aerosol) y una parte superior relativamente más fina (según se desee para la facilidad de formarse en una brida o reborde según sea necesario para un cierre).

Si bien un gradiente de temperatura no se proporciona preferentemente en el método de PRF de la presente invención, el calentamiento general de la preforma antes y/o durante la operación de conformación es beneficioso, especialmente para aumentar la cantidad de expansión total de la pared lateral lo que es posible sin causar una ruptura.

Las características y ventajas de la invención preferidas adicionales serán evidentes a partir de la descripción detallada que se describe más adelante, junto con los dibujos adjuntos.

Breve descripción de los dibujos

La Figura 1 es una vista en perspectiva simplificada y algo esquemática de las herramientas para la conformación con ariete bajo presión;

Las Figuras 2A y 2B son vistas similares a la Figura 1 de etapas secuenciales en la ejecución de un método de PRF;

La Figura 3 es un gráfico de la presión interna (carga de presión de hidroconformación) y del desplazamiento del ariete en función del tiempo, utilizando aire como el medio fluido, que ilustra la relación de tiempo entre las etapas de someter la preforma a la presión de fluido interna y desplazar el troquel en el método representado en las Figuras 2A y 2B;

Las Figuras 4A, 4B, 4C y 4D son vistas similares a la Figura 1 de etapas secuenciales en la ejecución de un método de PRF modificado;

Las Figuras 5A y 5B son, respectivamente, una vista similar a la Figura 1 y una vista en perspectiva simplificada,

esquemática de una etapa de conformación giratoria, que ilustra las etapas secuenciales en la ejecución de otro método de PRF modificado;

Las Figuras 6A, 6B, 6C y 6D son vistas en alzado esquemáticas generadas por ordenador de etapas sucesivas en un método de PRF;

5 Las Figura 7 es un gráfico del histórico de presión durante la conformación (variación de la presión en el tiempo utilizando unidades de tiempo arbitrarias) que ilustra la característica de aplicar simultáneamente presiones del fluido internas positivas y externas controlables de forma independiente a la preforma en la cavidad del molde y comparar las mismas con variación de la presión interna (como en la Figura 3) en ausencia de presión positiva externa;

10 Las Figura 8 es un gráfico de variación de tensión durante la conformación a lo largo del tiempo, derivado del análisis de elementos finitos, que muestra, la tensión para una posición particular (elemento) bajo las dos condiciones de presión diferentes (con y sin presión de retorno, BP) comparadas en la Figura 7;

La Figura 9 es un gráfico similar a la Figura 7 del histórico de presión durante la conformación (con la tasa de tensión dependiente de la propiedad del material) que ilustra un mecanismo de control particular que se puede utilizar en el proceso de conformación cuando se aplican simultáneamente presiones de fluido internas y externas positivas a la preforma en la cavidad del molde;

15 La Figura 10 es una vista en sección en alzado de una realización ilustrativa de un aparato para su uso en la realización de un método de PRF;

La Figura 11 es una vista en perspectiva, parcialmente en despiece, del aparato de la Figura 10;

20 Las Figuras 12A, 12B y 12C son vistas en perspectiva de una mitad del molde dividido del aparato de las Figuras 10 y 11, respectivamente, que ilustran los insertos de división de la mitad del molde dividido en una vista de despiece, el portainsertos dividido, y los insertos y el portador en relación montada;

La Figura 13 es una vista en perspectiva totalmente en despiece del aparato de las Figuras 10 y 11;

25 Las Figuras 14A, 14B y 14C son vistas en alzado esquemáticas en sección que muestran etapas sucesivas en el rendimiento de un método de PRF donde la preforma se somete a una expansión progresiva del extremo abierto al extremo cerrado, como en las realizaciones de la presente invención;

La Figura 15 es una vista en alzado en sección fragmentaria de un ejemplo de una preforma para su uso en el método de la invención;

30 La Figura 16 es una vista esquemática que ilustra una etapa de embutido para la producción de una preforma del tipo mostrado en la Figura 15;

Las Figuras 17A y B son, respectivamente, vistas en planta y en sección esquemáticas en alzado simplificadas de etapas sucesivas en la producción de una preforma del tipo mostrado en la Figura 15, estando la Figura 17B tomada a lo largo de la línea B-B de la Figura 17A;

35 Las Figuras 18A, 18B, 18C y 18D son vistas en sección en alzado esquemáticas simplificadas que ilustran las operaciones de acopamiento, reembutición y estiraje sucesivas en la producción de una preforma con un gradiente de espesor de pared para su uso en las realizaciones particulares del método de la invención;

La Figura 19 es una vista fragmentaria ampliada de una porción de la Figura 18D;

La Figura 20 es una vista en alzado en sección de una preforma de pared cónica como la producida por las operaciones ilustradas en las Figuras 18A-18D;

40 Las Figuras 21A y 21B son vistas en alzado laterales esquemáticas simplificadas que ilustran la operación de rebordeado de una preforma tal como la de la Figura 20 antes de que la preforma se someta a la conformación con ariete bajo presión;

La Figura 22 es una vista esquemática en sección en alzado de un molde o cavidad del molde de conformación con ariete bajo presión;

45 Las Figuras 23A, 23B, 23C y 23D son vistas en alzado esquemáticas generadas por ordenador de las etapas sucesivas en una realización del método de la invención; y

La Figura 24 es un gráfico de datos de salida de la máquina que muestran las condiciones de conformación (presión de conformación, movimiento de retroceso del ariete y datos de salida de la máquina de carga de retorno) para una operación de conformación de PRF típica en la implementación del presente método.

50

Descripción detallada

A modo de ilustración, la invención se describirá como se realiza en los métodos de conformación de recipientes de aluminio que tienen una forma contorneada que no necesita ser simétrica al eje (radialmente simétrica alrededor de un eje geométrico del recipiente) utilizando una combinación de hidro- (presión de fluido interna) y conformación por troquel, es decir, un procedimiento de PRF. El término "aluminio" aquí se refiere a aleaciones en base a aluminio, así como al metal de aluminio puro.

60 Como se explica más adelante, las características importantes de la presente invención se incorporan en modificaciones y mejoras particulares de los procedimientos de PRF, particularmente relativas a las características de producción y estructurales de la preforma que se somete a la operación de PRF. Las preformas fabricadas y configuradas de acuerdo con la invención se pueden someter a diversos procedimientos de PRF de los tipos establecidos, por ejemplo, en las patentes de Estados Unidos N° 6.802.196 y N° 7.107.804 antes mencionadas.

65 Por consiguiente, la siguiente descripción comenzará con una visión general de los procedimientos de PRF descritos en las patentes de Estados Unidos N° 6.802.196 y N° 7.107.804 mencionadas. A continuación, se describen las

características particulares de la presente invención.

Información general de la PRF

5 Como se ha descrito en las patentes de Estados Unidos N° 6.802.196 y N° 7.107.804 antes mencionadas, el procedimiento de fabricación de PRF tiene dos etapas distintas, la fabricación de una preforma y la conformación posterior de la preforma en el recipiente final. Hay diversas opciones para la trayectoria de conformación completa y la elección apropiada se determina por la conformabilidad de la lámina de aluminio que se utiliza.

10 La preforma se hace a partir de la chapa de aluminio que tiene una microestructura recristalizada o recuperada y con un calibre de, por ejemplo, en el intervalo de 0,25 mm a 1,5 mm. La preforma es un cilindro de extremo cerrado que se puede hacer mediante, por ejemplo, un proceso de reembutición-estiraje.

15 El diámetro de la preforma se encuentra en algún lugar entre los diámetros máximo y mínimo del producto de recipiente deseado. Se pueden formar roscas en la preforma antes de las operaciones de conformación posteriores. El perfil del extremo cerrado de la preforma se puede diseñar para ayudar con la conformación del perfil de fondo del producto final.

20 Como se ilustra en la Figura 1, un conjunto de herramientas para un método de PRF incluye un molde dividido 10 con una cavidad perfilada 11 que define una forma de la botella axialmente vertical, un troquel 12 que tiene el contorno deseado para el fondo del recipiente (por ejemplo, en las realizaciones ilustradas, un contorno de forma convexa en forma de cúpula para impartir una forma de cúpula en el fondo del recipiente conformado) y un ariete 14 que está unido al troquel. En la Figura 1, solo una de las dos mitades del molde dividido se muestra, la otra es una imagen especular de la mitad del molde ilustrado; como será evidente, las dos mitades se encuentran en un plano que contiene el eje geométrico de la forma de la botella definido por la pared de la cavidad del molde 11.

30 El diámetro mínimo de la cavidad del molde 11, en el extremo abierto superior 11a de la misma (que corresponde al cuello de la forma de la botella de la cavidad) es igual al diámetro exterior de la preforma (véase la Figura 2A) a colocarse en la cavidad, con una previsión de holgura. La preforma se sitúa inicialmente ligeramente por encima del troquel 12 y tiene un accesorio de presión representado esquemáticamente 16 en el extremo abierto 11a para permitir la presurización interna. La presurización se puede lograr, por ejemplo, mediante un acoplamiento a las roscas formadas en el extremo superior abierto de la preforma, o mediante la inserción de un tubo en el extremo abierto de la preforma y haciendo un cierre estanco por medio del molde dividido o por algún otro accesorio de presión adecuado.

35 La etapa de presurización consiste en introducir, en el interior de la preforma hueca, un fluido tal como agua o aire bajo presión suficiente para hacer que la preforma se expanda dentro de la cavidad hasta que la pared de la preforma se presione sustancialmente totalmente contra la pared del molde que define la cavidad, impartiendo de este modo la forma y dimensiones laterales de la cavidad a la preforma expandida. Dicho en general, el fluido empleado puede ser compresible o incompresible, con cualquier masa, flujo, volumen o presión controlado para controlar la presión a la que las paredes de la preforma se ven por tanto sometidas. En la selección del fluido, es necesario tener en cuenta las condiciones de temperatura a ser empleadas durante la operación de conformación; si el agua es el fluido, por ejemplo, la temperatura debe ser inferior a 100°C, y si se requiere una temperatura más alta, el fluido debe ser un gas tal como aire, o un líquido que no hierva a la temperatura de la conformación operación.

45 Como resultado de la etapa de presurización, las características de relieve detalladas formadas en la pared del molde se reproducen en forma de imagen especular sobre la superficie del recipiente resultante. Incluso si tales características, o la forma total, del recipiente producido no son asimétricas, el recipiente se retira de la herramienta sin dificultad debido a la utilización de un molde dividido.

50 En el procedimiento de PRF específico ilustrado en las Figuras 2A y 2B, la preforma 18 es una pieza de trabajo de aluminio cilíndrica hueca con un extremo inferior cerrado 20 y un extremo superior abierto 22, que tiene un diámetro exterior igual al diámetro exterior del cuello de la forma de la botella a conformar, y las tensiones de conformación de la operación de PRF se encuentran dentro de los límites establecidos para la conformabilidad de la preforma (que depende de la temperatura y la tasa de tensión). Con una preforma que tenga esta propiedad de conformabilidad, la forma de la cavidad del molde 11 se hace exactamente como se requiere para el producto final y el producto se puede hacer en una sola operación de PRF. El movimiento del ariete 14 y la tasa de presurización interna son tales como para reducir al mínimo la tensión de la operación de conformación y producir la forma deseada del recipiente. Las características del cuello y pared lateral resultan principalmente de la expansión de la preforma, debido a la presión interna, mientras que la forma del fondo se define principalmente por el movimiento del ariete y el troquel 12, y el contorno de la superficie del molde orientado hacia el extremo cerrado de la preforma 20.

65 La correcta sincronización de la aplicación de presión de fluido interna y la operación (desplazamiento en la cavidad del molde) del ariete y el troquel son importantes. La Figura 3 muestra un diagrama de datos simulados generados por ordenador (secuencia de salidas de análisis de elementos finitos) que representa la operación de conformación de las Figuras 2A y 2B con presión de aire, controlada por flujo. En concreto, el gráfico ilustra los históricos de

presión y tiempo del ariete involucrados. Como será evidente a partir de la Figura 3, la presión del fluido dentro de la preforma se produce en etapas sucesivas de (i) aumentar a un primer pico 24 antes de que comience la expansión de la preforma, (ii) dejar caer a un valor mínimo 26 cuando comienza la expansión, (iii) aumentar gradualmente a un valor intermedio 28 como producto de la expansión hasta que la preforma se extienda aunque no en contacto completo con la pared del molde, y (iv) aumentar más rápidamente (en 30) a partir del valor intermedio durante la finalización de la expansión de la preforma. Dicho con referencia a esta secuencia de etapas de presión, la iniciación del desplazamiento del troquel para desplazar y deformar el extremo cerrado de la preforma en los procedimientos de PRF preferidos se produce (en 32) sustancialmente al final de la etapa (iii). Las unidades de tiempo, presión y desplazamiento del ariete se indican en el gráfico. El efecto de las operaciones representadas en la Figura 3 sobre la preforma (en una simulación generada por ordenador) se muestra en las Figuras 6A, 6B, 6C y 6D para los tiempos de 0,0; 0,096; 0,134 y 0,21 segundos como se representa en el eje x de la Figura 3.

Al principio de la introducción de presión de fluido interna en la preforma hueca, el troquel 12 se dispone bajo el extremo cerrado de la preforma (asumiendo una orientación axial vertical de la herramienta, como se muestra) en relación (por ejemplo, en contacto) estrechamente próxima a la misma, a fin de limitar el estiramiento axial de la preforma bajo la influencia de la presión interna suministrada. Cuando la expansión de la preforma alcanza un grado sustancial aunque no totalmente completo, el ariete 14 se acciona para desplazar la fuerza del troquel hacia arriba, desplazando el metal del extremo cerrado de la preforma hacia arriba y deformando el extremo cerrado en el contorno de la superficie del molde, a medida que se completa la expansión lateral de la preforma por la presión interna. El desplazamiento hacia arriba del extremo cerrado de la preforma, en estos procedimientos descritos, no mueve la preforma hacia arriba con relación al molde ni hace que la pared lateral de la preforma se pandee (como podría ocurrir con la operación hacia arriba prematura del ariete), debido a la medida de la expansión de preformas que ya ha ocurrido cuando el ariete comienza impulsar el troquel hacia arriba.

Un segundo ejemplo de un procedimiento de PRF se ilustra en las Figuras 4A-4D. En este ejemplo, como en el de las Figuras 2A y 2B, la preforma cilíndrica 38 tiene un diámetro exterior inicial igual al diámetro mínimo (cuello) del producto final. Sin embargo, en este ejemplo se supone que las tensiones que forman la operación de PRF exceden los límites de conformabilidad de la preforma. En este caso, se requieren dos operaciones de conformación de presión secuencial. La primera (Figuras 4A y 4B) no requiere de un ariete y simplemente expande la preforma dentro de un molde dividido simple 40 hasta una pieza de trabajo de diámetro mayor 38a mediante presurización interna. La segunda es un procedimiento de PRF (Figuras 4c y 4d), comienza con la pieza de trabajo como inicialmente expandida en el molde 40 y, empleando un molde dividido 42 con una cavidad en forma de botella 44 y un troquel 46 impulsado por un ariete 48, es decir, utilizando tanto la presión interna como el movimiento del ariete, produce la forma final de la botella deseada, incluyendo todas las características del perfil de la pared lateral y los contornos del fondo, que se producen principalmente por la acción del troquel 46.

Un tercer ejemplo de un procedimiento de PRF se muestra en las Figuras 5A y 5B. En este ejemplo, la preforma 50 se hace con un diámetro exterior inicial que es mayor que el diámetro exterior mínimo deseado (generalmente el diámetro del cuello) del recipiente en forma de botella final. Esta elección de preforma puede ser el resultado de las consideraciones de los límites de conformación de la operación de preformado o se puede elegir para reducir las tensiones en la operación de PRF. En consecuencia, la fabricación del producto final debe incluir tanto la expansión diametral como la compresión de la preforma y, por tanto, no se puede lograr solo con el aparato de PRF. Una sola operación de PRF (Figura 5A, utilizando el molde dividido 52 y el troquel impulsado por el ariete 54) se utiliza para conformar la pared y los perfiles inferiores (como en la realización de las Figuras 2A y 2B) y una conformación giratoria u otra operación de conformación de cuellos se requiere para dar forma al cuello del recipiente. Como se ilustra en la Figura 5B, un tipo de procedimiento de conformación giratoria que se puede emplear es aquél que se expone en la patente de Estados Unidos N° 6.442.988, cuya total divulgación se incorpora en la presente memoria por esta referencia, utilizando una pluralidad de conjuntos en tándem de discos de conformación giratorios 58 y un mandril cónico 56 para dar forma al cuello de la botella 60.

En la implementación del procedimiento de PRF descrito anteriormente, las tensiones de PRF pueden ser grandes. La composición de la aleación se selecciona o ajusta en consecuencia para proporcionar una combinación de propiedades deseadas del producto y una mayor conformabilidad. Si se requiere todavía mejor conformabilidad, la temperatura de conformación se puede aumentar, ya que un aumento de la temperatura proporciona una mejor conformabilidad; Por lo tanto, la operación u operaciones de PRF se pueden tener que realizar a temperaturas elevadas y/o la preforma puede requerir un recocido de recuperación, con el fin de aumentar su conformabilidad.

Los procedimientos de PRF se podrían utilizar también para dar forma a los recipientes de otros materiales, como el acero.

La importancia de mover el troquel impulsado con el ariete 12 en la cavidad del molde 11 para desplazar y deformar el extremo cerrado 20 de la preforma 18 (como en las Figuras 2A y 2B) se puede explicar adicionalmente con referencia a la Figura 3 (mencionada anteriormente) a medida que se considera junto con las Figuras 6A-6D, en las que la línea discontinua representa el perfil vertical de la cavidad del molde 11, y el desplazamiento (en milímetros) del troquel de cúpula contorneada 12 en diversos momentos después de la iniciación de la presión interna se representa con la escala a la derecha de esa línea discontinua.

El ariete tiene dos funciones esenciales en la conformación de la botella de aluminio. El mismo limita las tensiones de tracción axiales y conforma la forma del fondo del recipiente. Inicialmente el troquel impulsado con el ariete 12 se mantiene en estrecha proximidad a, o simplemente toca, el fondo de la preforma 18 (Figura 6A). Esto sirve para minimizar el estiramiento axial de la pared lateral de la preforma que se produciría como resultado de la presurización interna. Por lo tanto, a medida que aumenta la presión interna, la pared lateral de la preforma se expandirá para entrar en contacto con el interior del molde sin un alargamiento significativo. En estos procedimientos, en algún punto del tiempo el fondo de la preforma se volverá casi hemisférico, con el radio del hemisferio siendo aproximadamente igual al de la cavidad del molde (Figura 6B). Es en o justo antes de este punto del tiempo que el ariete se debe impulsar para impulsar el molde 12 hacia arriba (Figura 6C). El perfil de la nariz del ariete (es decir, el contorno de la superficie del troquel) define completamente el perfil del fondo del recipiente. A medida que la presión de fluido interna completa el moldeo de la preforma contra la pared de la cavidad del molde (comparar el hombro y el cuello de botella en las Figuras 6B, 6C y 6D), el movimiento del ariete, en combinación con la presión interna, fuerza al fondo de la preforma en los contornos de la superficie del troquel de manera que produce el contorno deseado (Figura 6D) sin tensiones de tracción excesivas que podrían, concebiblemente, conducir al fracaso. El movimiento hacia arriba del ariete aplica fuerzas de compresión a la región hemisférica de la preforma, reduce la tensión en general causada por la operación de presurización, y asiste en la alimentación de material radialmente hacia fuera para llenar los contornos de la nariz del troquel.

Si el movimiento del ariete se aplica demasiado temprano, en relación con la tasa de presurización interna, es probable que la preforma se pandee y doble debido a las fuerzas de compresión axiales. Si se aplica demasiado tarde, el material se verá sometido a una tensión excesiva en la dirección axial haciendo que falle. Por lo tanto, se requiere la coordinación de la tasa de presurización interna y el movimiento del ariete y de la nariz del troquel para una operación de conformación con éxito. El momento necesario se logra mejor mediante el análisis de elementos finitos (FEA) del proceso. La Figura 3 se basa en los resultados del FEA.

Los procedimientos de PRF se han descrito, y ejemplificado hasta ahora en la Figura 3, como si no se aplicara presión de fluido positiva (es decir, superatmosférica) a la parte exterior de la preforma dentro de la cavidad del molde. En tal caso, la presión externa sobre la preforma en la cavidad sería sustancialmente la presión atmosférica ambiente. A medida que la preforma se expande, el aire en la cavidad sería expulsado (por la disminución progresiva del volumen entre el exterior de la preforma y la pared del molde) a través de una abertura o paso de escape adecuado previsto para tal efecto y en comunicación entre la cavidad del molde y el exterior del molde.

Dicho con referencia específica a recipientes de aluminio, a modo de ilustración, se ha demostrado mediante el FEA que, en ausencia de cualquier presión externa positiva aplicada, una vez que la preforma comienza a deformarse (fluye) plásticamente, la tasa de tensión en la preforma se vuelve muy alta y es esencialmente incontrolable, debido a la tasa de endurecimiento de trabajo baja o cero de aleaciones de aluminio a la temperatura del proceso (por ejemplo, aproximadamente 300°C) de la operación de conformación con ariete bajo presión.

Es decir, a tales temperaturas la tasa de endurecimiento de trabajo de aleaciones de aluminio es esencialmente cero y la ductilidad (es decir, el límite de conformación) disminuye al aumentar la tasa de tensión. Por lo tanto, la capacidad para hacer el producto recipiente en forma final deseada se reduce a medida que la tasa de tensión de la operación de conformación aumenta y la ductilidad del aluminio disminuye.

De acuerdo con una característica adicional de los procedimientos de PRF, se aplica presión de fluido positiva a la parte exterior de la preforma en la cavidad del molde, simultáneamente con la aplicación de presión de fluido positiva al interior de la preforma. Estas presiones de fluido positivas externa e interna se proporcionan, respectivamente, por dos sistemas de presión controlados de forma independiente. La presión de fluido positiva externa se puede suministrar convenientemente mediante la conexión de una fuente independientemente controlable de la presión de fluido positiva con la abertura o paso de escape anteriormente mencionado, a fin de mantener una presión positiva en el volumen entre el molde y la preforma en expansión.

Las Figuras 7 y 8 comparan la presión frente al tiempo y la tensión frente a los históricos de tiempo para la conformación con ariete bajo presión de un recipiente con y sin control de la presión externa positiva (el término "tensión" se refiere aquí al alargamiento por unidad de longitud producido en un cuerpo por una fuerza exterior). La línea 101 de la Figura 7 corresponde a la línea denominada "presión" en la Figura 3, para el caso donde no hay presión de fluido positiva externa que actúe sobre la preforma; la línea 103 de la Figura 8 representa la tensión resultante para una posición (elemento) particular según lo determinado por el FEA. Es evidente que la tensión es casi instantánea en este caso, lo que implica muy altas tasas de tensión y tiempos muy cortos para expandir la preforma en contacto con la pared del molde. En contraste, las líneas 105, 107 y 109 de la Figura 7 representan respectivamente la presión de fluido positiva interna, la presión de fluido positiva externa, y el diferencial entre las dos, cuando se controlan ambas presiones interna y externa, es decir, cuando las presiones de fluido positivas externa e interna, controladas de forma independiente, se aplican simultáneamente a la preforma en la cavidad del molde; la presión interna es mayor que la presión externa de modo que existe un diferencial de presión positiva interna-externa neta según sea necesario para efectuar la expansión de la preforma. La línea 111 en la Figura 8 representa la tensión circunferencial (tensión producida en el plano horizontal alrededor de la circunferencia de la preforma, a medida que se está expandiendo) para la condición de presión interna-externa controlada de forma

independiente representada por las líneas 105 107 y 109; se verá que la tensión circunferencial mostrada por la línea 111 alcanza el mismo valor final que el de la línea 103, pero durante un tiempo mucho más largo y, por lo tanto, a una tasa de tensión mucho más baja. La línea 115 en la Figura 8 representa la tensión axial (tensión producida en la dirección vertical a medida que la preforma de alarga).

5 Al proporcionar simultáneamente presiones de fluido positivas interna y externa independientemente controlables que actúan sobre la preforma en la cavidad del molde, y variando la diferencia entre estas presiones interna y externa, la operación de conformación permanece completamente bajo control, evitando tasas de tensión muy altas e incontrolables. La ductilidad de la preforma y, por lo tanto, el límite de la conformación de la operación, se aumenta por dos razones. En primer lugar, la disminución de la tasa de tensión de la operación de conformación aumenta la ductilidad inherente de la aleación de aluminio. En segundo lugar, la adición de presión positiva externa disminuye (y potencialmente podría hacer negativa) la tensión hidrostática en la pared de la preforma en expansión. Esto podría reducir el efecto perjudicial de los daños asociados con micro-huecos y las partículas intermetálicas en el metal. La expresión "tensión hidrostática" se refiere en la presente memoria a la media aritmética de tres tensiones normales en las direcciones x, y, y z.

10 La característica descrita de este modo mejora la capacidad de la operación de conformación con ariete bajo presión para fabricar con éxito recipientes de aluminio en formas de botellas y similares, permitiendo el control de la tasa de tensión de la operación de conformación y mediante la disminución de la tensión hidrostática en el metal durante la conformación.

15 La selección de diferencial de presión se basa en las propiedades del material del metal a partir del que se fabrica la preforma. En concreto, el límite de elasticidad y la tasa de endurecimiento del metal se deben considerar. A fin de que la preforma fluya plásticamente (es decir, de manera inelástica), el diferencial de presión debe ser tal que el esfuerzo efectivo (Mises) en la preforma sea superior al esfuerzo de cedencia. Si hay una tasa positiva de endurecimiento por trabajo, un esfuerzo efectivo aplicado fija (de la presión) en exceso del esfuerzo de cedencia causaría que el metal se deforme a un nivel de esfuerzo igual al esfuerzo efectivo aplicado. En ese momento la tasa de tensión se acercaría a cero. En el caso de una tasa de endurecimiento muy baja o por trabajo de cero, el metal se deformaría a una alta tasa de tensión hasta que o bien entre en contacto con la pared del molde (molde) o se produzca una fractura. A las temperaturas elevadas previstas para el proceso de PRF, la tasa de endurecimiento por trabajo de aleaciones de aluminio es de baja a cero.

20 Ejemplos de gases adecuados para su uso para suministrar tanto las presiones interna como externa incluyen, sin limitación, nitrógeno, aire y argón, y cualesquier combinación de estos gases.

25 La tasa de tensión plástica en cualquier punto en la pared de la preforma, en cualquier punto del tiempo, depende solo del esfuerzo efectivo instantáneo, que a su vez depende solo de la diferencia de presión. La elección de la presión externa es dependiente de la presión interna, con el principio general de lograr y controlar el esfuerzo efectivo, y por lo tanto la tasa de tensión, en la pared de la preforma.

30 La Figura 9 muestra un mecanismo de control diferente que se puede utilizar en el proceso de conformación. Se han utilizado simulaciones de elementos finitos para optimizar el proceso. En la Figura 9, la línea 120 representa la presión interna (P_{in}) que actúa sobre la preforma, la línea 122 representa la presión externa (P_{ext}) que actúa sobre la preforma, y la línea 124 representa la diferencia de presión ($P_{dif} = P_{in} - P_{ext}$). Esta figura muestra el histórico de la presión de un método de control. En este caso, la masa de fluido en la cavidad interna se mantiene constante y la presión en la cavidad externa (fuera de la preforma) disminuye linealmente. Las propiedades del material dependientes de la tasa de tensión se incluyen también en la simulación. Este último mecanismo de control se prefiere actualmente debido a que da como resultado un proceso más simple.

35 Un ejemplo del aparato para realizar ciertos procedimientos de PRF para conformar un recipiente metálico se ilustra en la Figuras 10-13. Este aparato incluye un molde dividido 210 con una cavidad perfilada 211 que define una forma de la botella axialmente vertical, un troquel 212 contorneado para impartir una configuración del fondo del recipiente deseado (que puede ser asimétrica), un ariete de retorno 214 para mover el troquel, y un ariete de sellado 216 para sellar el extremo superior abierto de la cavidad del molde y de una preforma de recipiente 218 metal (por ejemplo aluminio) cuando se inserta la preforma dentro de la cavidad como se muestra en la Figura 10, así como los componentes e instrumentos adicionales que se describen a continuación.

40 En el molde dividido del aparato de las Figuras 10-13, insertos primarios 219 y secciones o insertos secundarios de perfil 221 y 223 intercambiables se encajan sobre la superficie interior de un portainsertos dividido 225 recibido en el miembro de molde principal dividido 210. Estas secciones pueden servir como plantillas, que tiene superficies interiores formadas con patrones en relieve (el término "relieve" se utiliza en la presente memoria para referirse tanto a relieve positivo como negativo) para aplicar decoración o estampado al recipiente metálico, a medida que se está formando. Cada inserto 219/221 y 223 es, en sí mismo, un inserto dividido, formado en dos piezas separadas (219a, 219b; 221a, 221b; 223a, 223b) que se montan respectivamente en las dos mitades del portainsertos dividido separadas 225a, 225b, que se reciben a su vez, respectivamente, en canales semicilíndricos orientados axialmente en vertical para las dos mitades del miembro de molde principal divididas 210a, 210b.

El gas se alimenta en el molde a través de dos canales separados tanto para la presurización interna como externa de la preforma. El suministro de gas en el interior de la cavidad del molde fuera de la preforma se puede efectuar a través de puertos de acoplamiento en la estructura del molde 210 y el portainsertos 225, desde el que hay una
 5 de este tipo producirá una característica en la superficie en el recipiente conformado, y en consecuencia se sitúa y configura para ser discreta, por ejemplo, para constituir una parte del diseño de la superficie del recipiente. Se pueden incorporar elementos de calentamiento en el molde. Un elemento de calentamiento 231 se monta dentro de la preforma, coaxialmente con la misma; este elemento de calentamiento puede eliminar cualquier necesidad de precalentar el gas que, como en otras realizaciones del presente método (descrito anteriormente), se suministra al
 10 interior de la preforma para expandir la preforma.

Las características anteriores del aparato de las Figuras 10-13 permiten una mayor rapidez de los cambios del molde, costes energéticos reducidos y aumento de las tasas de producción.

15 Como se ilustra adicionalmente en el aparato de las Figuras 10-13, roscas de tornillo u orejetas (para permitir la fijación de una tapa de cierre de tornillo) y/o un anillo de cuello se pueden conformar en una parte del cuello del recipiente durante y como parte del procedimiento de PRF en sí, en lugar de en una etapa de formación de cuello separada, de nuevo en aras de aumentar las tasas de producción. Esto se logra mediante la creación de un patrón de rosca u orejeta negativo en la porción de superficie interior del molde dividido correspondiente al cuello del
 20 recipiente conformado, de modo que a medida que se expande la preforma (en la región del cuello de la cavidad del molde) el patrón en relieve de la rosca u orejeta se imparte a la misma. Para dicha operación de conformación de roscas, al menos la porción de cuello de la preforma se hace más pequeño en diámetro que el cuello del recipiente conformado final.

25 Dicho con especial referencia a las Figuras 11-13, el portainsertos está constituido por dos mitades de imagen especular 225a, 225b cada una teniendo una superficie interior axialmente vertical y generalmente semi-cilíndrica. El inserto primario 219 y los dos insertos secundarios divididos 221 y 223 se disponen en sucesión en tándem, contigua a lo largo del eje de la cavidad del molde, estando cada mitad de cada inserto secundario montado en una
 30 mitad del portainsertos dividido de modo que, cuando las dos mitades del portainsertos se reúnen en relación enfrentada, las dos mitades de cada inserto dividido están en registro enfrentado entre sí. Los insertos primarios y secundarios coinciden entre sí en sus bordes horizontales 241, 243, 245 y tienen superficies exteriores que encajan mutuamente con características tales como salientes 247 formados en las superficies interiores de las mitades del portainsertos dividido. Juntos, los insertos constituyen toda la pared del molde que define la forma del recipiente a conformar.

35 Cada una de las mitades de inserto de perfil principal 219a y 219b tiene una superficie interior que define una mitad de la porción superior, incluyendo el cuello, de la forma de recipiente deseada, tal como una forma de botella. Como se indica en 237 en la Figura 10, la superficie de conformación de cuello de cada mitad de este inserto dividido primario puede estar contorneada como una rosca de tornillo para impartir una rosca de tonillo de acoplamiento tope
 40 al cuello del recipiente conformado. El resto de la superficie interior del inserto dividido primario puede ser lisa, para producir un recipiente de superficie lisa, o texturizada para producir un recipiente con una rugosidad superficial o patrón de repetición deseado.

45 Una o ambas mitades de uno o ambos insertos de perfil secundario (superior e inferior) 221 y 223 pueden tener una superficie interior configurada para proporcionar patrones, diseños, símbolos y/o letras en relieve positivos y/o negativos en la superficie del recipiente conformado. Ventajosamente, se proporcionan múltiples conjuntos de insertos intercambiables, por ejemplo, con características superficiales diferentes entre sí, para su uso en la producción de recipientes metálico conformados con correspondientemente diferentes diseños o superficies. Los
 50 cambios de herramientas se pueden realizar muy rápidamente y haciendo deslizar simplemente un conjunto de insertos fuera de los portainsertos y sustituyéndolo por otro conjunto de insertos que son intercambiables entre sí. El sellado entre los componentes opuestos del molde dividido se logra mediante un mecanizado de precisión que elimina la necesidad de juntas y anillos.

55 En el aparato mostrado, el miembro de molde dividido 210 se calienta por doce calentadores de varilla 249, cada uno con la mitad de la altura vertical del conjunto de molde, insertados verticalmente en el conjunto de molde de la parte superior e fondo, respectivamente. El gas para la presurización interna y externa de la preforma dentro de la cavidad del molde se puede precalentar mediante su paso a través de dos canales separados en los dos bloques de contención de presión de componentes (miembro de molde dividido 210). El canal para la presurización externa se ventila en la cavidad del molde, mientras que el canal para la presurización interna se ventila en el interior de la
 60 preforma a través del ariete de sellado 216, a la que se suministra gas a través del puerto de gas de ariete de sellado 250.

65 El elemento de calentamiento 231 es una varilla calentadora conectada al ariete de sellado y situada coaxialmente con la preforma, que se extiende hacia abajo dentro de la preforma, cerca del fondo de la misma, a través del extremo superior abierto de la preforma, cuando el ariete de sellado está en su posición completamente bajada para un rendimiento de un procedimiento de PRF. El elemento 231 tiene su propio sistema de control de temperatura

separado (no mostrado). Con esta disposición, el precalentamiento del gas se puede evitar, lo que permite la eliminación del equipo de precalentamiento de gas y evita también, al menos en gran medida, la necesidad de precalentar los componentes de molde, ya que solo la preforma en sí necesita estar a una temperatura elevada. El ariete de sellado está provisto de un anillo de aislamiento de temperatura de material cerámico 253 para evitar el sobrecalentamiento de la hidráulica y células de carga adyacentes.

Como se muestra también en las Figuras 10 y 13, el aparato está también provisto de un adaptador de ariete de sellado hidráulico 255 y un adaptador de ariete de retorno hidráulico 257; un adaptador de ariete de anillo de sellado aislante 259; anillo de ariete de sellado 261; y casquillos terminales de contención de presión superior e inferior 263 para cada mitad del miembro de molde principal dividido 210. Un sistema de leva se podría utilizar como una alternativa a la hidráulica para mover los arietes.

La presente invención

Como se realiza en los procedimientos de PRF de los tipos descritos anteriormente, el método de la presente invención proporciona una manera nueva y mejorada para efectuar la expansión hacia el exterior de la preforma progresiva de su extremo abierto a su extremo cerrado, es decir, en la convención de la orientación en la presente memoria se ilustra, desde la parte superior hasta la parte inferior del molde, durante la etapa de someter la preforma (dispuesta en la cavidad del molde) a presión de fluido interna. Tal expansión hacia el exterior progresiva se ilustra en las Figuras 14A, 14B y 14C, para el caso de una preforma 18 que se somete a la conformación con ariete bajo presión en un molde 10 como en la Figura 1. Inicialmente, la preforma alargada, generalmente cilíndrica, con su extremo inferior cerrado 20 y su extremo superior abierto 22, se dispone dentro de la cavidad del molde perfilada 11 (Figura 14A). En este momento, el troquel 12 en el fondo de la cavidad del molde se puede situar para acoplarse al extremo inferior de la preforma 20. A medida que la preforma se somete a la presión de fluido interna introducida a través del accesorio de presión 16 (como se representa por la flecha que apunta hacia abajo), con el troquel mostrado (en este ejemplo) como quedando estacionario, la pared lateral de la preforma comienza a abultarse hacia el exterior. Deseablemente, este abultamiento hacia el exterior comienza en la parte superior de la preforma (Figura 14B) y procede hacia abajo hasta el fondo de la preforma hasta que toda la pared lateral de la preforma se acopla a la pared de la cavidad del molde (Figura 14C), mientras que el troquel se mueve hacia arriba bajo una carga indicada por las flechas que apuntan hacia arriba para dar forma al extremo inferior de la preforma.

Hasta ahora, en las operaciones de PRF, tal expansión progresiva se ha logrado mediante el establecimiento de un gradiente de temperatura a lo largo de la longitud de la preforma de arriba a abajo, con la parte superior de la preforma (cerca de su extremo abierto) calentándose a la temperatura más alta, y una disminución progresiva de la temperatura en el extremo inferior (cerrado) de la preforma. Como la porción superior de la preforma, que está a la temperatura más elevada, se abulta primero hasta que entra en contacto con la cavidad del molde, la misma bloquea la preforma en el molde, mientras que el troquel se empuja hacia arriba contra la base (extremo cerrado) de la preforma para conformar el perfil de base.

De acuerdo con la presente invención, en lugar de emplear un gradiente de temperatura a lo largo de la longitud preforma para causar la expansión progresiva, se proporciona una preforma que tiene un gradiente de espesor a lo largo de la pared lateral de la preforma, con la parte más gruesa de la pared lateral estando en la base (extremo cerrado) de la preforma y con una disminución progresiva del espesor de la pared en una dirección hacia arriba (hacia el extremo superior abierto de la preforma). Debido a este gradiente de espesor de pared, la parte más fina (superior) de la pared lateral de la preforma se abulta hacia el exterior primero cuando se aplica presión interna, y a medida que aumenta la presión durante la conformación, la expansión hacia el exterior de la preforma progresa hacia abajo hasta el extremo cerrado, en la forma que se muestra en las Figuras 14A, 14B y 14C.

Una preforma 318 que tiene un gradiente de espesor de pared que produce la expansión progresiva se muestra en la Figura 15, que representa una sección longitudinal a través de la pared lateral de la preforma 319 y una porción adyacente del extremo cerrado 320. Como allí se indica, la pared lateral de la preforma tiene un espesor máximo de 0,38 mm (0,0150 pulgadas) adyacente al extremo cerrado 320 y disminuye progresivamente hasta un espesor mínimo de 0,30 mm (0,0120 pulgadas) adyacente al extremo abierto 322.

Una preforma de este tipo se puede producir fácilmente mediante un procedimiento de estirado y estiraje como se ejemplifica en las Figuras 16-24. Haciendo referencia primero a las Figuras 17A y 17B, una chapa bruta de aluminio circular plana 324, adecuadamente lubricada, se somete a una operación de acopamiento en una primera máquina en la que un paquete de herramientas conforma la chapa bruta en una copa 326 utilizando métodos de estirado estándares. La copa se transfiere después a un paquete de herramientas de reembutición y se somete a un primer estirado para producir una pieza de trabajo alargada 328 con diámetro reducido; de la misma manera, se realiza una segunda reembutición, para efectuar más alargamiento y reducción del diámetro de la pieza como se indica en 330. En esta etapa, las copas reembutición se recortan para eliminar las partes superiores no uniformes y al tamaño de la altura de la preforma. Las copas se transfieren de nuevo a un creador del cuerpo para una tercera reembutición (con aún más alargamiento y reducción en el diámetro, indicado en 332) y una etapa de estiraje con un troquel cónico 334 (Figura 16) para reducir el espesor de la pared lateral de la preforma hasta un espesor predeterminado con un gradiente de espesor a lo largo de la pared lateral. Después de salir del creador del cuerpo, las preformas se

recortan para eliminar cualquier falta de uniformidad en el extremo abierto y al tamaño de la altura de la preforma. La preforma recortada 318 se limpia y se conforma su cuello para reducir el diámetro de la abertura superior, después de lo que se forma un acabado de cierre deseado.

5 Haciendo referencia adicional a la Figura 16, en la etapa de estiraje la pieza de trabajo 332 se coloca dentro de un molde de embutido 338, y el troquel (cónico) contorneado 334, que tiene su diámetro más pequeño en su extremo adyacente al extremo cerrado de la pieza de trabajo, se introduce en la pieza de trabajo a través del abierto extremo del mismo y se mueve en la dirección de la flecha apuntando hacia abajo. El perfil del troquel cónico define el gradiente de espesor de pared lateral de la preforma producida 318 ya que el diámetro del molde de embutido es fijo. A medida que el troquel se mueve dentro del molde, a lo largo del eje común del troquel y el molde, la región de mayor diámetro del troquel (brecha más pequeña entre troquel y el molde de embutido) da como resultado una porción más fina de la pared de la preforma, mientras que la región de menor diámetro del troquel (brecha más grande entre el troquel y el molde) da como resultado la porción más gruesa de la pared de la preforma. Dicho en general, los parámetros pertinentes pueden estar en los intervalos establecidos en la TABLA 1.

15

Parámetro	Intervalo de Trabajo	Intervalo Preferido
Calibre inicial de chapa		
pulgadas	0,005-0,100	0,010-0,030
mm	0,13-2,5	0,25-0,76
Conicidad de troquel, grados	0,0001-1,0	0,01-0,10
Variación del espesor de pared	1-50%	20-40%

La variación del espesor de pared es la diferencia entre el espesor de pared más grande (T1) y el más pequeño (T2), expresada como $[(T1-T2)/T2] \times 100\%$.

20

En una ilustración adicional de la invención, se puede hacer referencia al siguiente Ejemplo específico.

Ejemplo

25 Una preforma de pared de aluminio cónica para su uso en la implementación del método de la invención se formó en cinco etapas discretas, que se muestran esquemáticamente en las Figuras 18A, B, C y D. Estas cinco etapas, descritas anteriormente con referencia a las Figuras 17A y B, fueron acopamiento, primera reembutición, segunda reembutición, fabricación del cuerpo (es decir, tercera reembutición y estiraje de pared), y corte.

30 La Tabla 2 enumera el tamaño de la chapa bruta, diámetro del reembutición, y el porcentaje de reducción utilizados para producir las preformas de pared cónica. En la conformación de las preformas ejemplares de trabajo se utilizaron procesos de cote en prensa, embutición, reembutición y embutición y estiraje estándar.

	Diámetro mm (pulg.)	Reducción (%)
Corte en prensa 324	158 (6,217)	---
Embutición (copa) 326	106 (4,165)	33,01
1era Reembutición	76 (3,000)	27,97
2da Reembutición	52 (2,050)	31,67
3era Reembutición	37 (1,468)	28,39

35

La operación de corte en prensa y embutición se realizó con un paquete de herramientas de corte en prensa y de embutición genérico en una prensa de copas comercial 340. Un cuerpo de lata 342 de bobina de aleación de aluminio AA3104, con grado de temple H19, con un calibre de 0,50 mm (0,0199 pulgadas) se alimentó en la prensa de copas y pre-lubricó con lubricante de cobre DTI C1. En esta prensa, que incluía un troquel 344, una almohadilla de embutición 346, un borde de corte 348 y un molde de embutido 350, la chapa se formó (cortó en piezas brutas 324, véanse las Figuras 17A y B) y embutió en copas 326.

40

Las copas de la operación de corte en prensa y embutición se transfirieron a una prensa de reembutición en la que la primera operación de reembutición se realizó con un paquete de herramientas de reembutición genéricas 351 (Figura 18B) que incluía un troquel 352, primer manguito de reembutición 354 y primer molde de reembutido 356, para producir copas de primera reembutición 328.

45

Las copas de primera reembutición se pre-lubricaron por inmersión en una emulsión 7:1 de agua tibia y lubricante de cobre DTI C1 y la segunda operación de reembutición se realizó en una servo prensa hidráulica de doble eje axial utilizando un paquete de herramientas de reembutición de laboratorio genéricas 358 (Figura 18C) que incluía un troquel 360, segundo manguito de reembutición 362 y segundo molde de reembutido 364, para producir copas de segunda reembutición 330.

50

En esta etapa las copas de segunda reembutición se recortaron para eliminar las partes superiores no uniformes y

se lavaron para eliminar residuos del recorte. Las copas de segunda reembutición modificadas se pre-lubricaron mediante inmersión en una emulsión 7:1 de agua tibia y lubricante de cobre DTI C1, y fueron transferidas a un paquete de herramientas del creador del cuerpo vertical de laboratorio genéricas 366 (Figura 18D) que incluía un troquel cónico 334 como se ha descrito anteriormente y, en sucesión, un tercer manguito de reembutición 368, un tercer molde de reembutido 370, y un anillo de estiraje y molde de estiraje 338. En el creador de cuerpo, las copas se sometieron a un proceso de embutición y estiraje estándar, pasando primero a través del tercer molde de reembutido 370 para producir las copas de tercera reembutición 332, y pasando después a través del anillo de estiraje 338 para producir las preformas de pared cónica 318, utilizando el troquel cónico 334 para ambas operaciones. La lubricación del anillo de estiraje (una emulsión 10:1 de agua y lubricante DTI C1) se suministró mediante un sistema de lubricación de bucle cerrado (no mostrado) que incluye un anillo refrigerante/lubricación.

El tercer molde de reembutido 370 se dimensionó para recibir la parte más ancha del troquel de estiraje 334 y el espesor de la pared lateral de las copas de segunda reembutición 330; por tanto, no se produjo un adelgazamiento de las paredes laterales de las copas durante la tercera etapa reembutición. El diámetro del anillo de estiraje 338, sin embargo, fue más pequeño, seleccionándose de manera que el troquel cónico en combinación con el mismo redujo el espesor de la pared lateral de las preformas a un espesor predeterminado con un gradiente a lo largo de la pared lateral (Figura 19). La reducción del estiraje en relación con el calibre de chapa original en este ejemplo de trabajo fue del 14,57% adyacente al extremo cerrado y va disminuyendo hasta el 29,6% en el extremo abierto.

Después de salir del creador del cuerpo vertical, las preformas 318 fueron recortadas para eliminar cualquier falta de uniformidad en la parte superior y para impartirles una altura de 190,5 mm (7,5 pulgadas). Una vista en sección transversal que muestra el gradiente de espesor y las dimensiones de preforma se muestran en la (Figura 20). Adyacente a la parte superior, el espesor de pared lateral es de 0,36 mm (0,014 pulgadas), adyacente al fondo del espesor de pared lateral es de 0,43 mm (0,017 pulgadas), el espesor de la base es de 0,5 mm (0,0199 pulgadas), y el diámetro es de 38 mm (1,498 pulgadas), como se muestra.

Las preformas recortadas se limpiaron en una emulsión de agua caliente y jabón, y se rebordearon (Figuras 21A y 21B) en el extremo abierto para permitir su sellado en los moldes de conformación, utilizando una herramienta de rebordeado 372 colocada en el extremo abierto de la preforma y golpeada manualmente con un martillo de goma para producir un reborde de sellado de 6,35 mm (un cuarto de pulgada) 374. A continuación, las preformas rebordeadas se transfirieron a un horno, donde se recoció completamente a 450°C durante un tiempo de cinco minutos. Después de alcanzar un recocido completo, se dejaron enfriar con aire durante media hora.

Las preformas así producidas en este ejemplo de trabajo se sometieron a un proceso de conformación con ariete bajo presión en una máquina servohidráulica de laboratorio de múltiples ejes 375 (Figura 22) que incluía un molde y una cavidad del molde 411, un troquel 412 con ariete de retorno 414, y el ariete de sellado 416. Una preforma de pared cónica 318 con un gradiente de espesor en la pared lateral como se ha descrito anteriormente se colocó primero en la máquina y la cavidad del molde se cerró completamente. La preforma se precalentó durante un plazo de 90 segundos dentro de la cavidad para asegurar una distribución de calor uniforme a lo largo de la preforma. La temperatura de la cavidad del molde se fijó sin gradientes a una temperatura de 250°C. Después del período de precalentamiento se ejecutó el programa de conformación con ariete bajo presión. Durante este ciclo de conformación la preforma se sometió a una carga de sellado del reborde de 1,500 libras y a una presión interna de 400 psi a una velocidad de 300 psi/segundo. Al mismo tiempo el ariete de retorno comenzó a viajar una distancia de 10,16 mm (0,4 pulgadas) a una velocidad de 3,38 mm (0,133 pulgadas)/segundo. Durante este proceso, la preforma se sometió a una expansión total del 20% a partir de un diámetro de 38 mm (1,498 pulgadas) hasta un diámetro de 45,72 mm (1,800 pulgadas).

Los datos de salida de presión de conformación, del movimiento del ariete de retorno, de la máquina de carga de retorno se han representado en la Figura 24.

Las Figuras 23A, 23B, 23C y 23D son los resultados del modelo de ordenador e ilustran la expansión progresiva de una preforma que tiene un gradiente de espesor de pared de acuerdo con la invención, durante la ejecución de un método de conformación con ariete bajo presión que incorpora la invención, en base al análisis de elementos finitos (FEA). Como allí se muestra, antes de someterla a presión de fluido interna (Figura 18A) la preforma 318 tiene una pared lateral generalmente cilíndrica 319 uniformemente separada de la pared de la cavidad del molde 411, mientras que el troquel 412 en el extremo inferior del molde se apoya contra el extremo cerrado 320 de la preforma. En el inicio de la presurización interna de la preforma, la región más fina de la pared lateral, adyacente al extremo superior abierto de la preforma, se expande hacia el exterior contra la pared de la cavidad del molde (Figura 23B). A medida que aumenta la presurización interna, la expansión hacia el exterior de la preforma procede hacia abajo hasta una región de mayor espesor de la pared (Figura 23C). El troquel 412 se mueve hacia arriba contra el extremo inferior de la preforma 320 para dar forma a la base del recipiente producido (Figura 23D), y la pared lateral de la preforma se acopla de manera uniforme a la pared de la cavidad del molde en toda su longitud.

Es decir, como se muestra en las Figuras 23A, 23B, 23C y 23D, la expansión de la preforma de pared cónica comienza en la parte fina superior de la preforma (Figuras 23A y B) debido a la aparición local del abultamiento bajo la combinación de la distribución del espesor de pared lateral y la presurización. A medida que la presión aumenta,

esta expansión se propaga desde la parte superior hasta la base de la preforma y, finalmente, el movimiento del ariete completa la forma del recipiente (Figuras 23C y D).

5 Aunque el calibre de pared del recipiente final es más fino que el de la preforma a partir de la que se fabrica, el gradiente de espesor de la pared tiende a conservarse en los métodos de PRF que incorporan la invención, especialmente en recipientes de paredes rectas. Una porción de fondo del recipiente más gruesa, más fuerte es deseable para ayudar al fondo en forma de cúpula a resistir las presiones internas como las procedentes de un producto de aerosol contenido, mientras que una parte superior más fina facilita su formación en una brida o reborde para un cierre.

10 Por lo tanto, indicado en términos generales, el método de la presente invención implica la conformación con ariete bajo presión de una preforma que tiene un gradiente de espesor de pared de tal manera que el espesor de pared disminuye progresivamente del extremo cerrado al extremo abierto de la preforma, por ejemplo, utilizando cualquiera de los procedimientos de PRF descritos anteriormente y representados en las Figuras 1-13.

15 En resumen, de acuerdo con las realizaciones particulares de la invención, un gradiente de espesor se crea en la pared de una preforma mediante estiraje con un troquel cónico de manera que la pared se hace progresivamente más fina hacia el extremo abierto. Cuando la preforma se somete a la presión del fluido interna en un molde de PRF, la expansión se inicia en la parte superior y se mueve hacia abajo, hacia la base. Esto es esencialmente el mismo efecto que se logra mediante el calentamiento dentro del molde de una preforma de un espesor de pared constante para inducir un gradiente de temperatura de arriba a abajo, pero sin los problemas de efecto adverso (en gradientes de temperatura) de variables tales como la tasa de producción, tamaño preforma y configuración de herramientas. La expansión progresiva evita reventones al permitir que el troquel de ariete inferior se mueva hacia arriba y conforme la base, antes o después de que el fondo del recipiente entre en contacto con el molde.

25 Se debe entender que la invención no se limita a los procedimientos y realizaciones anteriormente expuestos específicamente sino que se puede realizar de otras maneras dentro del alcance de las siguientes reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un método para conformar un recipiente metálico de forma y dimensiones laterales definidas, que comprende las etapas de
- 5 (a) disponer una preforma metálica hueca (18; 318) que tiene una pared (319), un extremo cerrado (20; 320) y un extremo abierto (22; 322) en una cavidad del molde (10; 411) cerrada lateralmente por una pared del molde que define la forma y dimensiones laterales, estando el extremo cerrado de la preforma (20; 320) situado en relación enfrentada con respecto a un extremo de la cavidad y estando al menos una porción de la preforma inicialmente separada hacia dentro desde la pared del molde, y
- 10 (b) someter la preforma (18; 318) a la presión de fluido interna para expandir la preforma hacia fuera en contacto sustancialmente completo con la pared del molde (411), para así impartir la forma y dimensiones laterales definidas de la preforma, ejerciendo dicha presión del fluido la fuerza, en dicho extremo cerrado (20; 320), dirigida hacia dicho un extremo de la cavidad (10; 411);
- 15 **caracterizado por que** la preforma (18; 318), como se dispone en la cavidad del molde (10; 411), tiene un gradiente de espesor de pared de tal manera que el espesor de pared de la preforma disminuye progresivamente desde dicho extremo cerrado (20; 320) hacia dicho extremo abierto (22; 322).
- 20 2. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, donde un troquel (12; 412) se sitúa en un extremo de la cavidad y es desplazable dentro de la cavidad, estando el extremo cerrado de la preforma (20; 320) en relación enfrentada próxima con respecto al troquel, y donde el troquel (12; 412) se desplaza en la cavidad para acoplar y desplazar el extremo cerrado de la preforma en una dirección opuesta a la dirección de la fuerza ejercida por el fluido bajo presión sobre el mismo, deformando el extremo cerrado de la preforma.
- 25 3. Un método de acuerdo con la reivindicación 2, donde el troquel (12; 412) se mueve en la cavidad después de que la preforma comienza a expandirse, pero antes de que se complete la expansión de la preforma en la etapa (b).
- 30 4. Un método de acuerdo con la reivindicación 2 o la reivindicación 3, donde el troquel (12; 412) se mueve en contacto con el extremo cerrado (20; 320) de la preforma antes de comenzar la expansión de la preforma y el contacto se mantiene durante la expansión de la preforma.
- 35 5. Un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 2 a 4, donde dicho troquel (12; 412) tiene una superficie contorneada, estando el extremo cerrado (20; 320) de la preforma deformado con el fin de conformarse a dicha superficie contorneada.
- 40 6. Un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 2 a 5, donde dicha forma definida es una forma de botella, que incluye una porción de cuello y una porción de cuerpo más grande en dimensiones laterales que la porción de cuello, teniendo dicha cavidad del molde un eje largo, teniendo dicha preforma (18; 318) un eje largo y estando sustancialmente dispuesta de forma coaxial con dicha cavidad en la etapa (a) y siendo dicho troquel (12; 412) desplazable a lo largo del eje largo de la cavidad.
- 45 7. Un método de acuerdo con la reivindicación 6, donde dicha forma definida es asimétrica alrededor de dicho eje longitudinal de dicha cavidad.
- 50 8. Un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 2 a 7, donde dicho troquel (12; 412) está inicialmente situado, al comienzo de la etapa (b), para limitar el alargamiento axial de la preforma por dicha presión de fluido.
- 55 9. Un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 2 a 8, donde el desplazamiento del troquel (12; 412) en la cavidad se inicia sustancialmente al mismo tiempo que dicha porción de la preforma (18; 318) comienza a entrar en contacto con la pared del molde.
- 60 10. Un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 2 a 9, donde, durante la etapa (b), la presión del fluido dentro de la preforma (18; 318) se produce en etapas sucesivas de (i) aumentar a un primer pico antes de que comience la expansión de la preforma, (ii) dejar caer a un valor mínimo cuando comienza la expansión, (iii) aumentar gradualmente a un valor intermedio a medida que la expansión procede hasta que la preforma (18; 318) se extienda aunque no en contacto completo con la pared del molde (411), y (iv) aumentar más rápidamente desde el valor intermedio durante la finalización de la expansión de la preforma; donde la iniciación del desplazamiento del troquel (12; 412) para desplazar y deformar el extremo cerrado de la preforma se produce sustancialmente al final de la etapa (iii).
- 65 11. Un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 2 a 10, donde durante la etapa (b), el extremo cerrado (20; 320) de la preforma asume una configuración ampliada y generalmente hemisférica a medida que dicha porción de la preforma entra en contacto inicial con la pared del molde (411) en la etapa (b); y donde la iniciación del desplazamiento del troquel (12; 412) para desplazar y deformar el extremo cerrado de la preforma se produce

sustancialmente al momento en que el extremo cerrado de la preforma asume dicha configuración.

- 5 12. Un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 2 a 11, donde el gradiente de espesor de pared de la preforma es tal que en la etapa (b), la expansión hacia el exterior de la preforma comienza en una región adyacente al extremo abierto (22; 322) y progresa en una dirección hacia el extremo cerrado. (20; 320).
13. Un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 2 a 12, que incluye proporcionar dicha preforma metálica hueca para su disposición en la etapa (a).
- 10 14. Un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 2 a 13, donde proporcionar dicha preforma comprende la embutición y estiraje de una chapa bruta metálica, con el estiraje realizado utilizando un troquel cónico que hace que la pared de la preforma se vuelva progresivamente más fina hacia dicho extremo abierto.
- 15 15. Un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 2 a 14, donde dicha pared del molde comprende un molde dividido separable para su extracción del recipiente con formado después de la etapa (b).

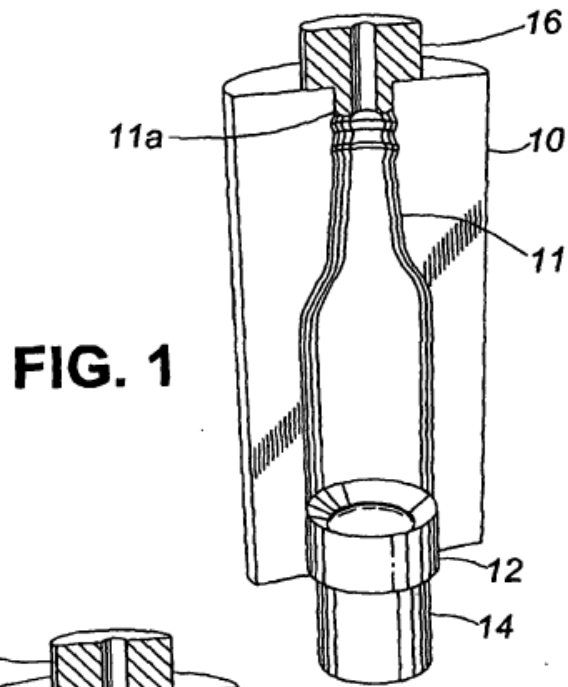


FIG. 1

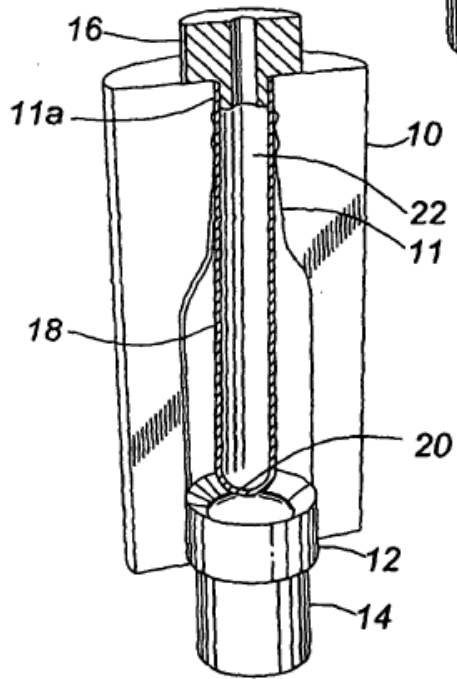


FIG. 2A

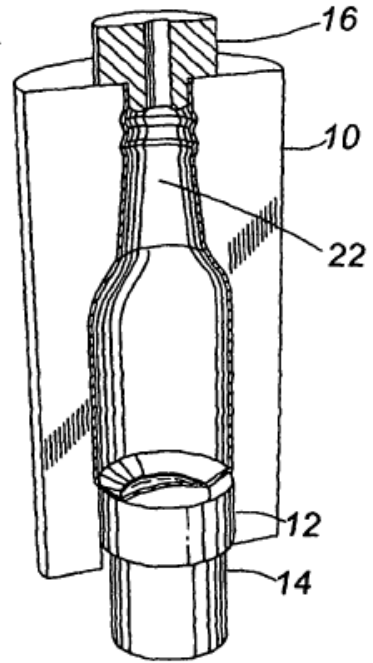


FIG. 2B

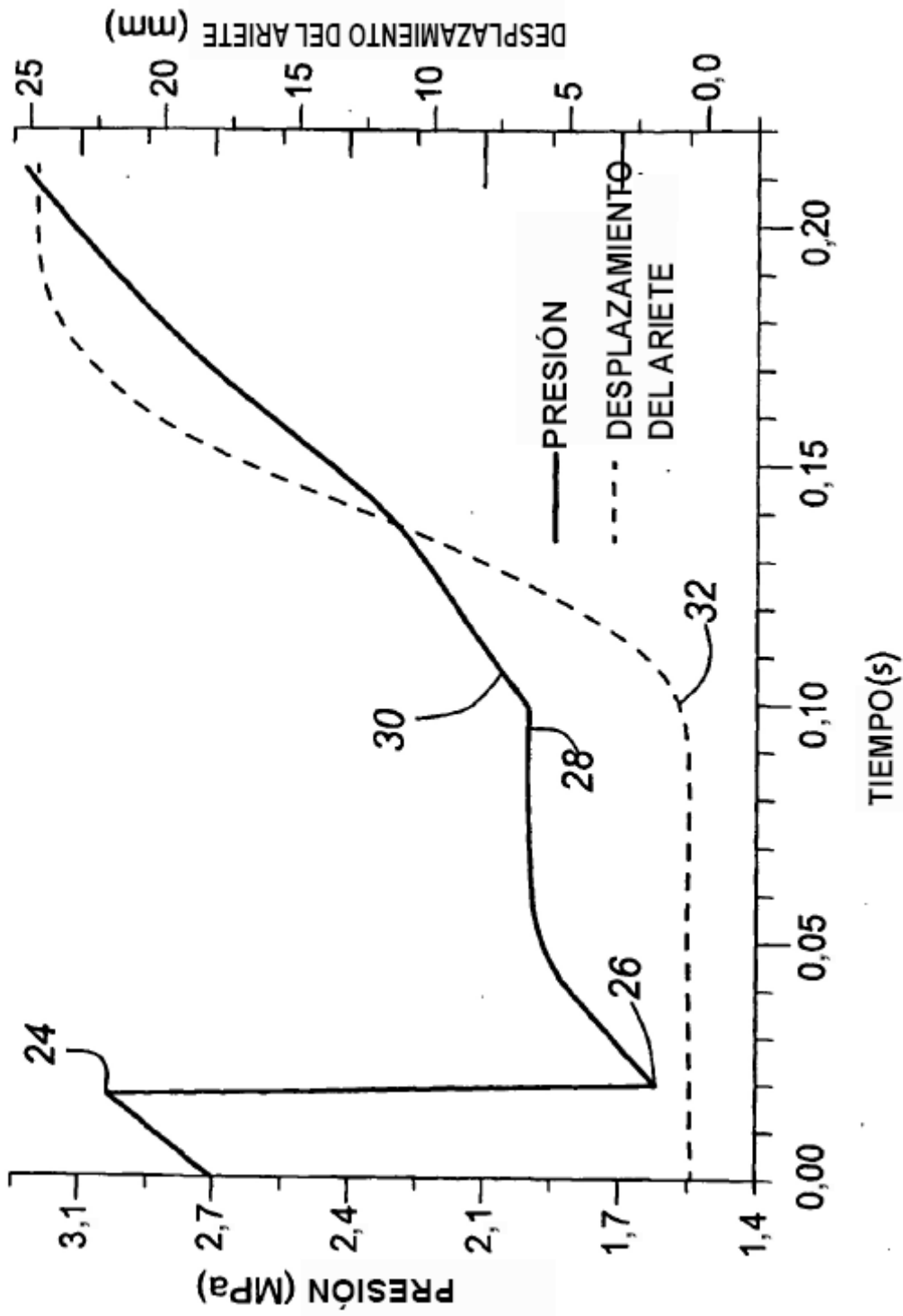


FIG. 3

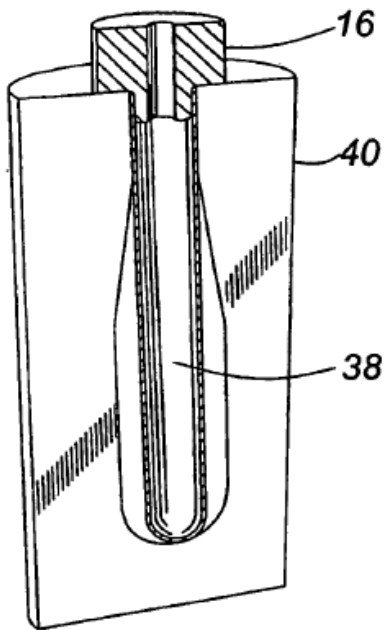


FIG. 4A

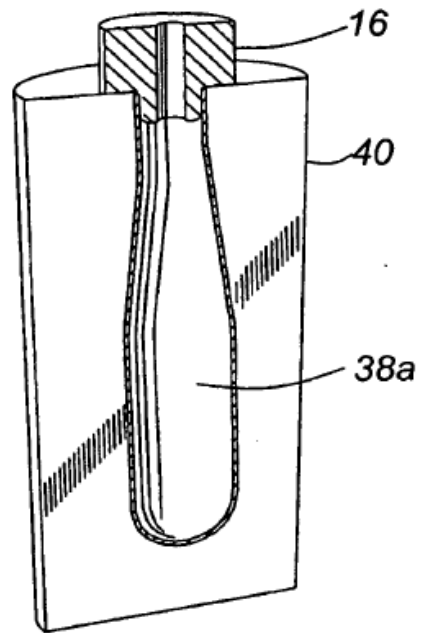


FIG. 4B

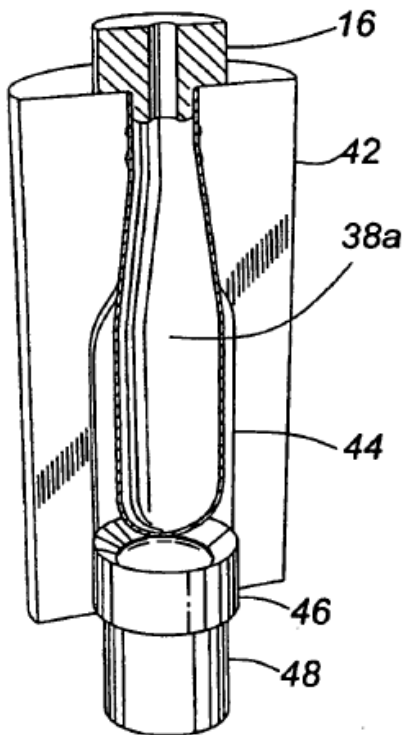


FIG. 4C

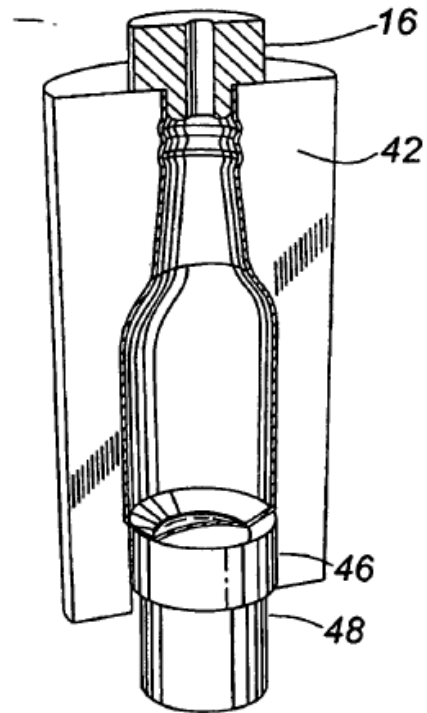


FIG. 4D

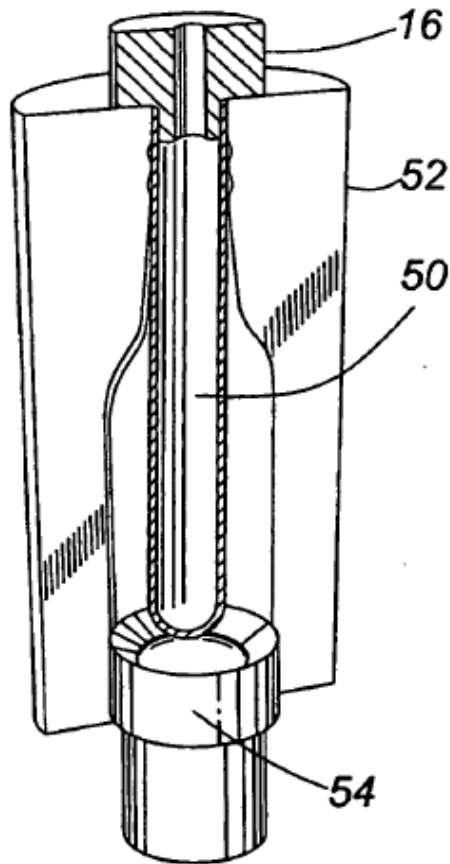


FIG. 5A

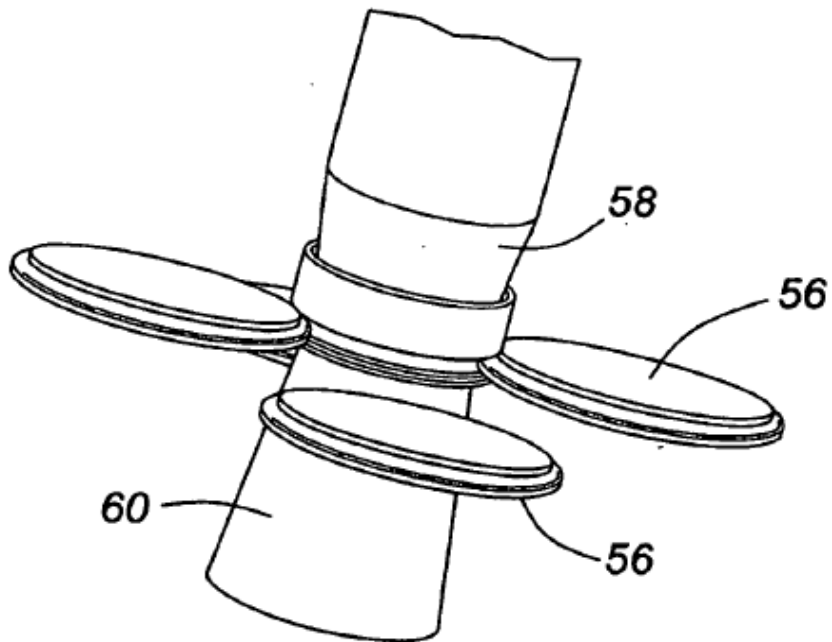


FIG. 5B

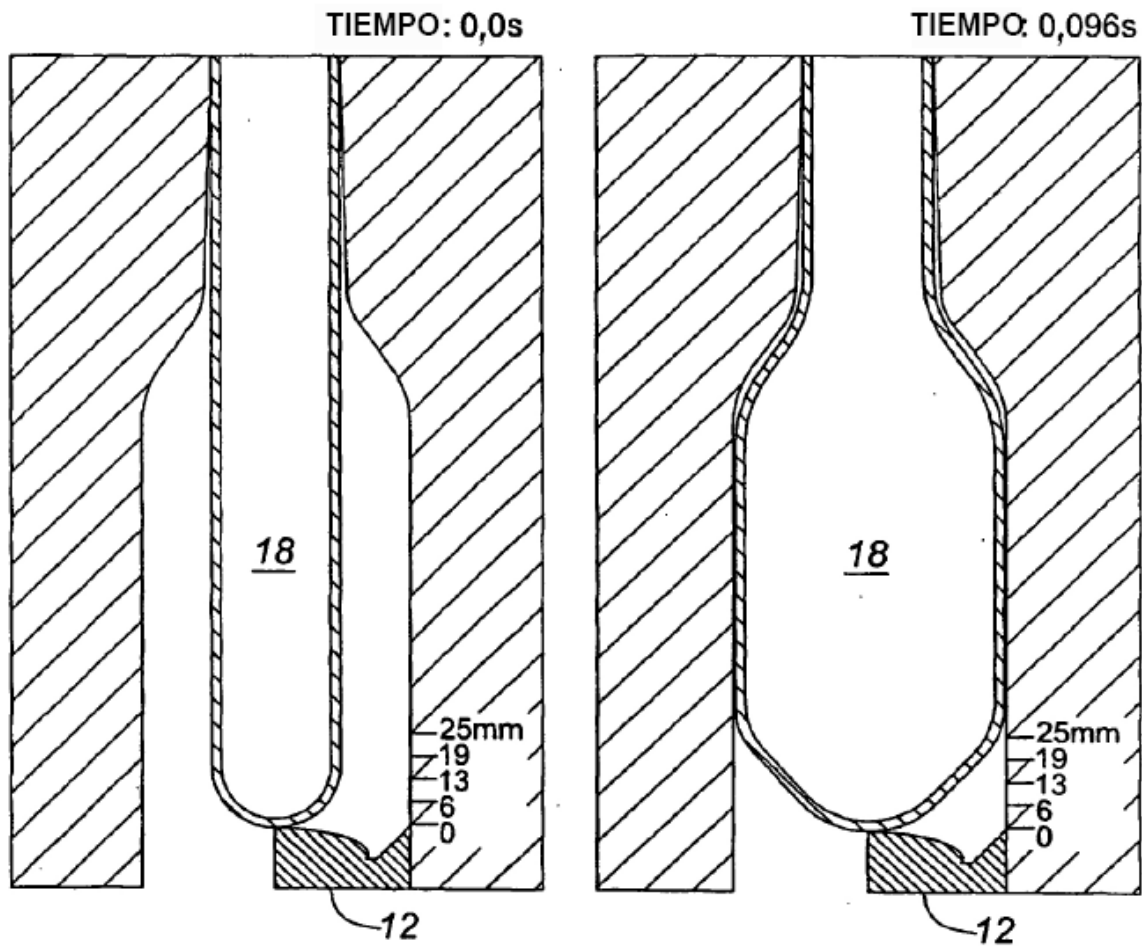


FIG. 6A

FIG. 6B

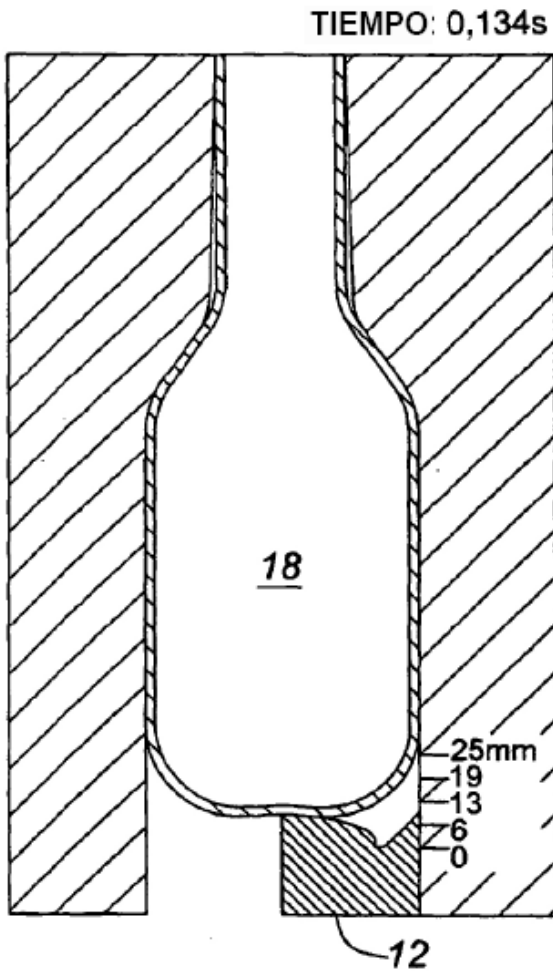


FIG. 6C

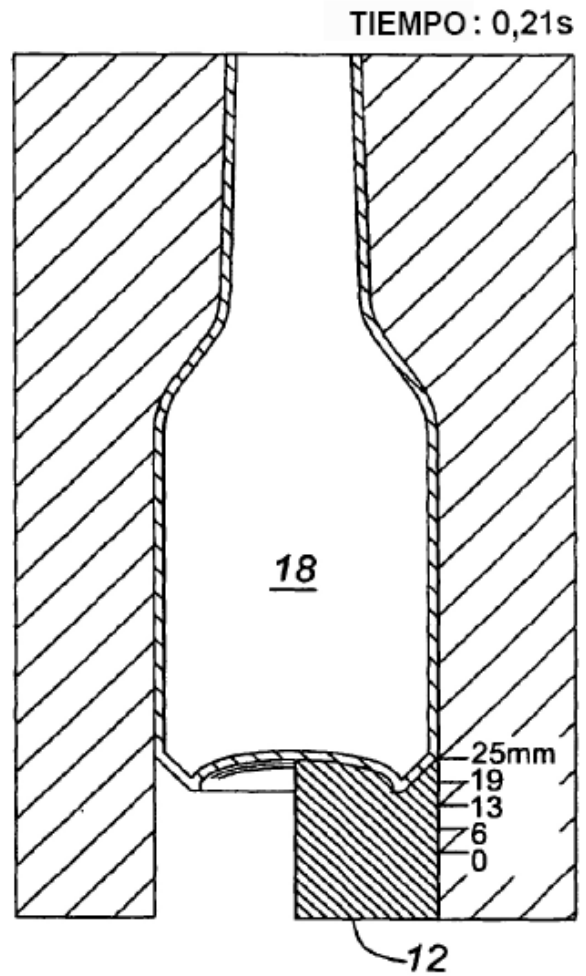


FIG. 6D

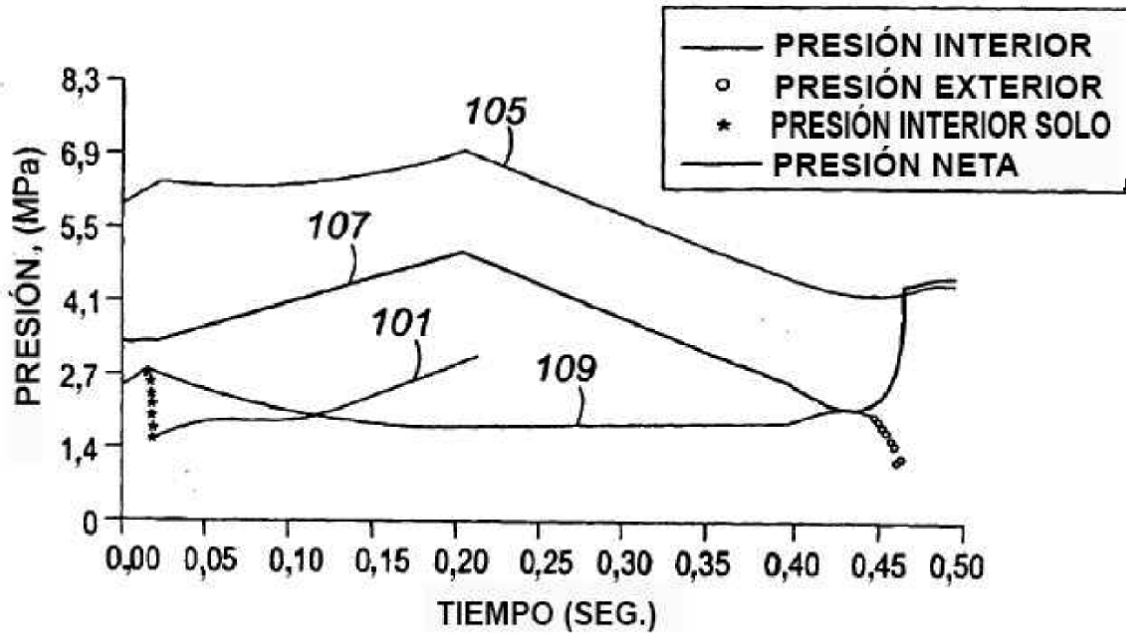


FIG. 7

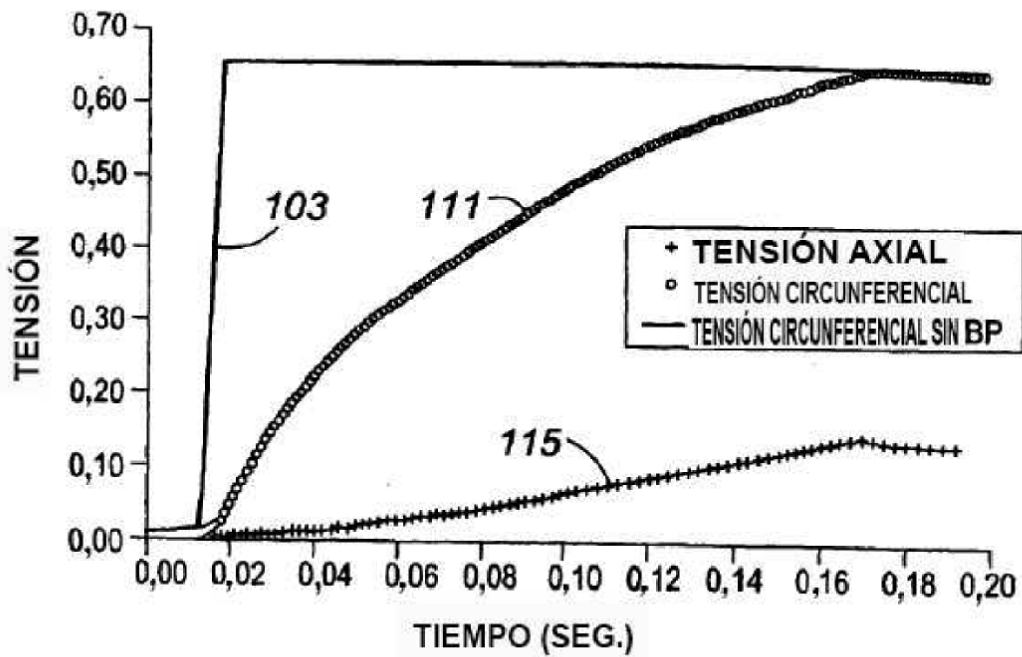


FIG. 8

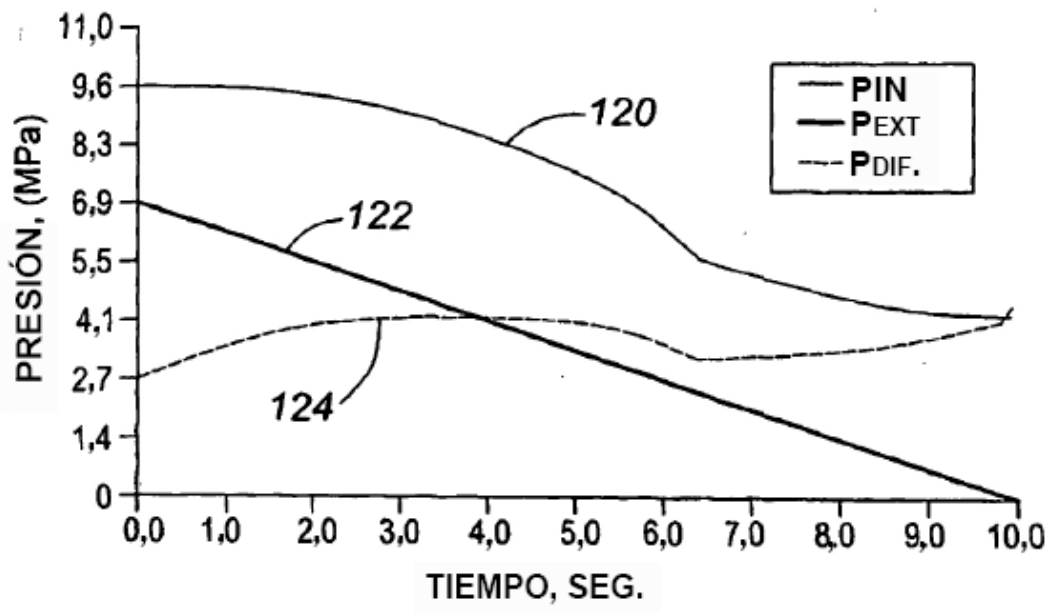


FIG. 9

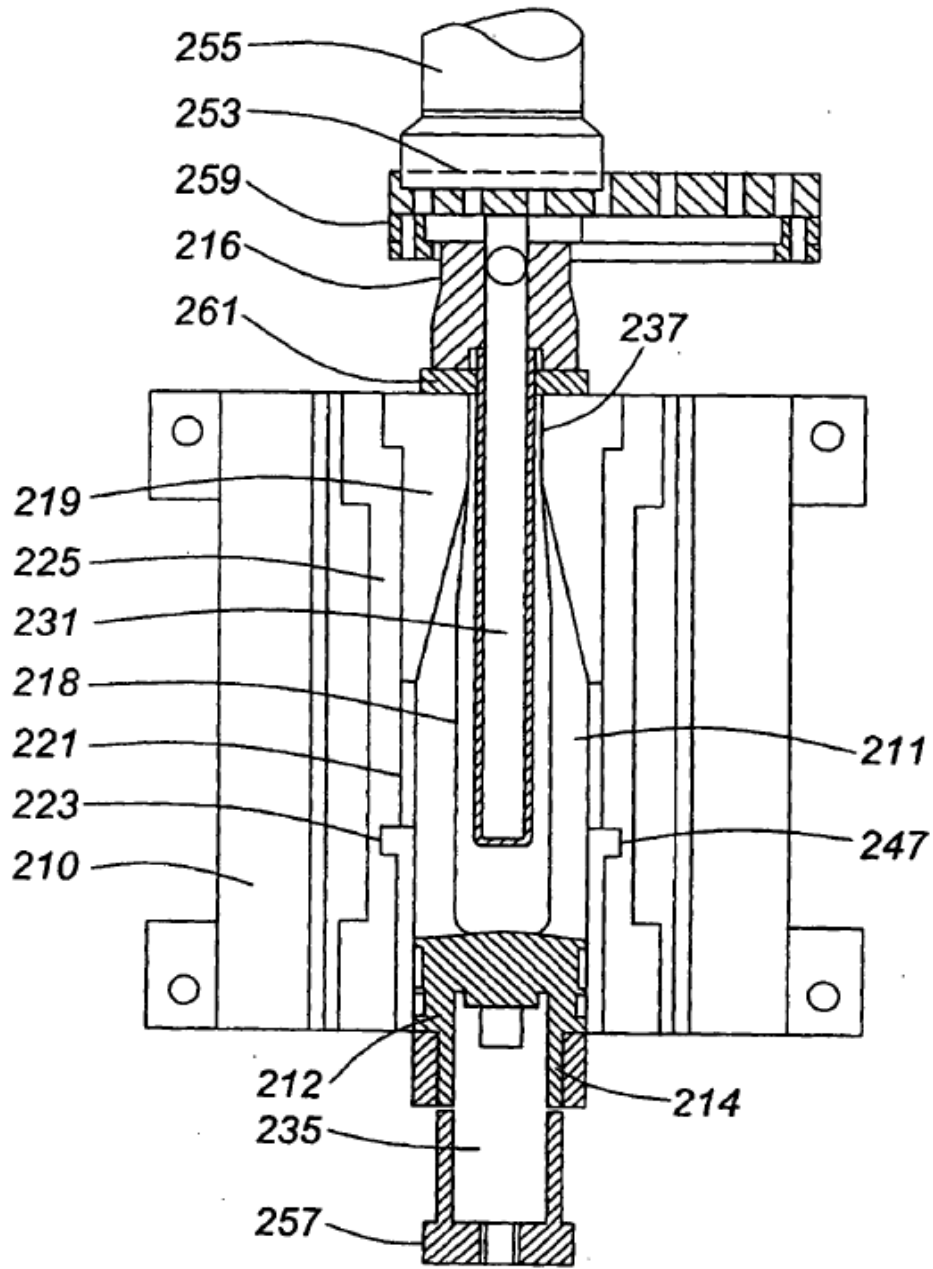


FIG. 10

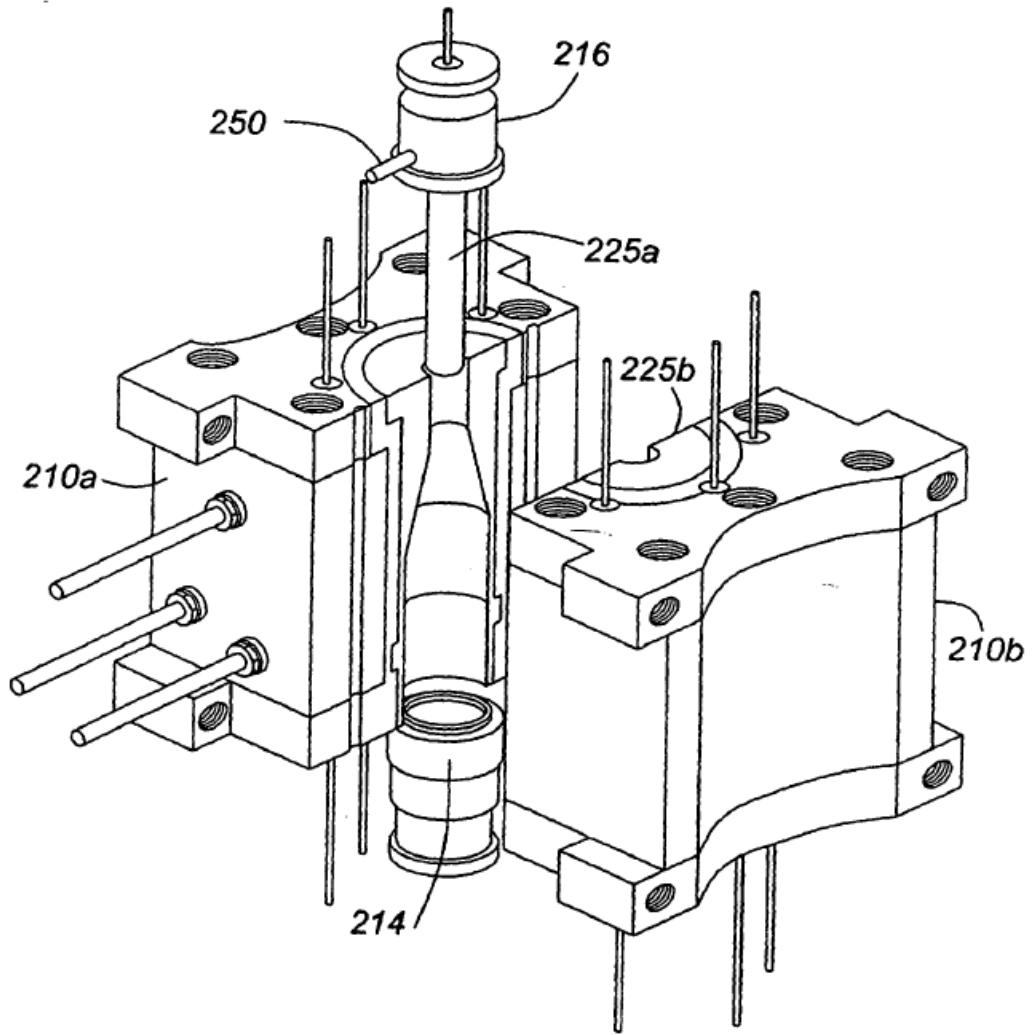


FIG. 11

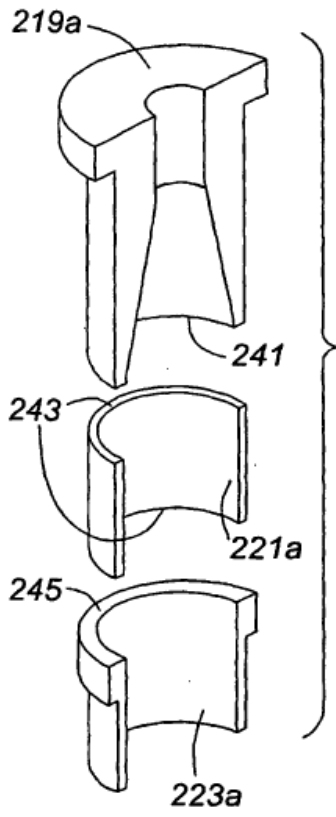


FIG. 12A

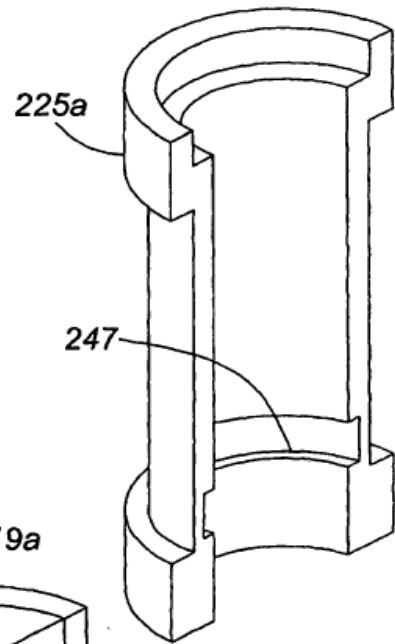


FIG. 12B

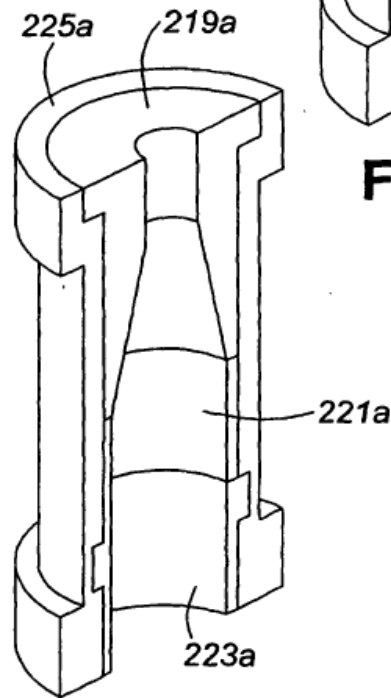


FIG. 12C

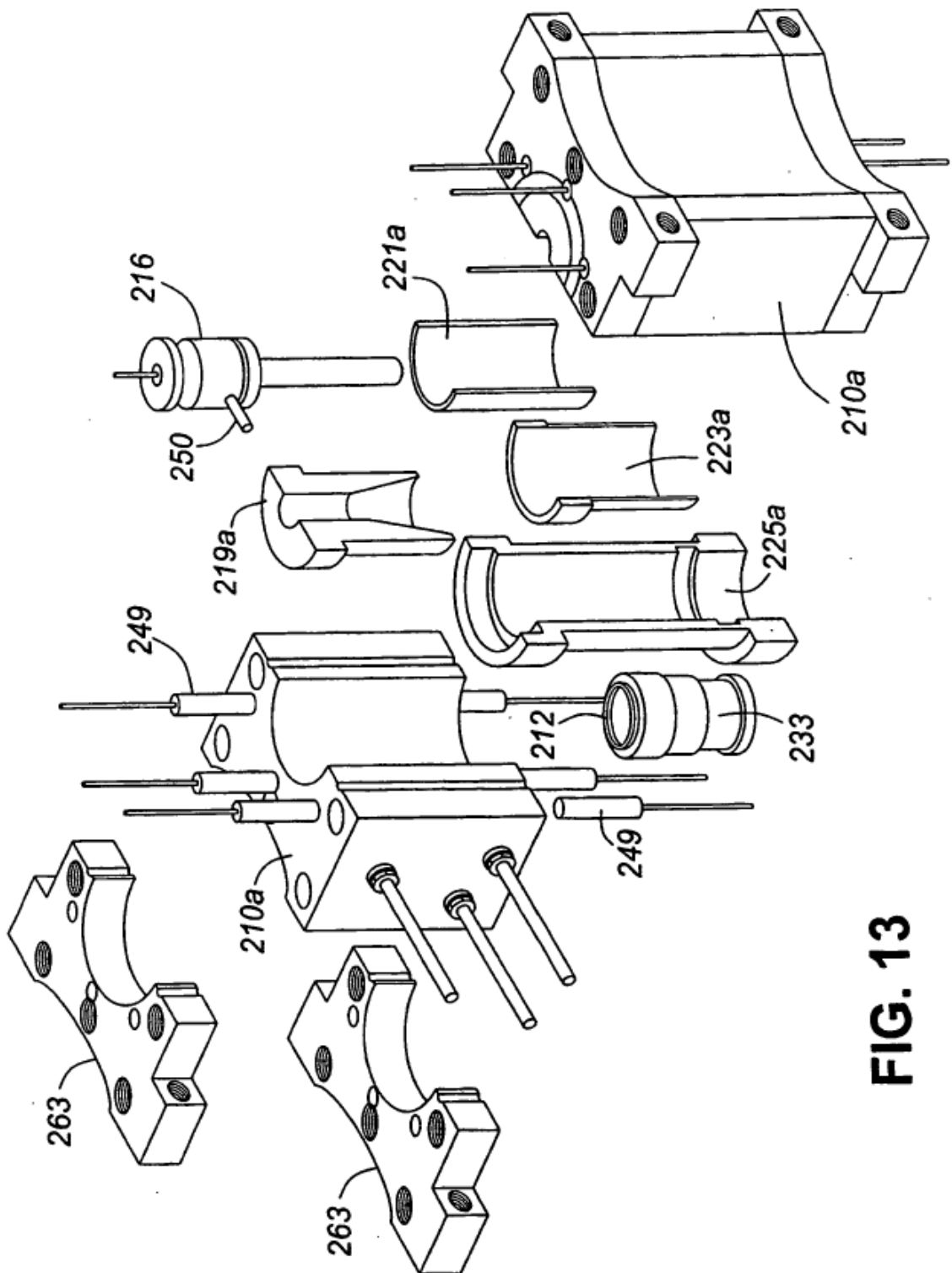


FIG. 13

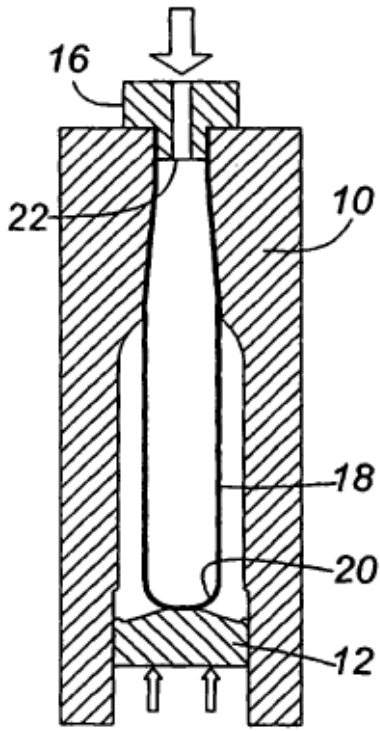


FIG. 14A

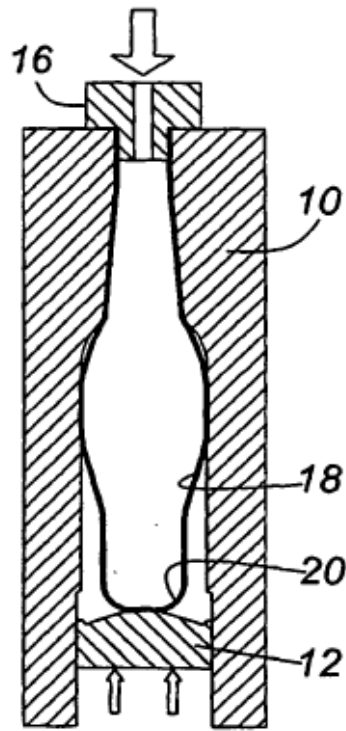


FIG. 14B

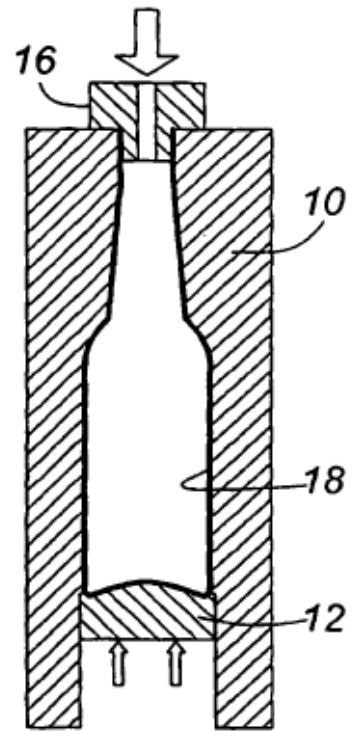


FIG. 14C

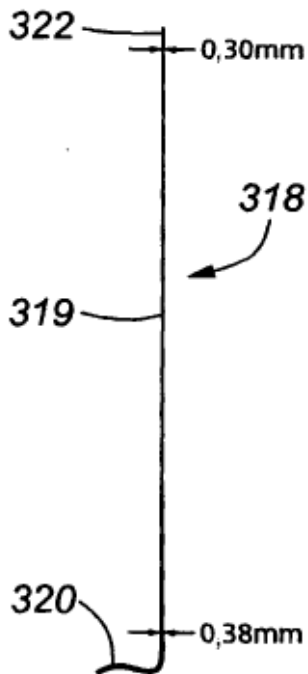


FIG. 15

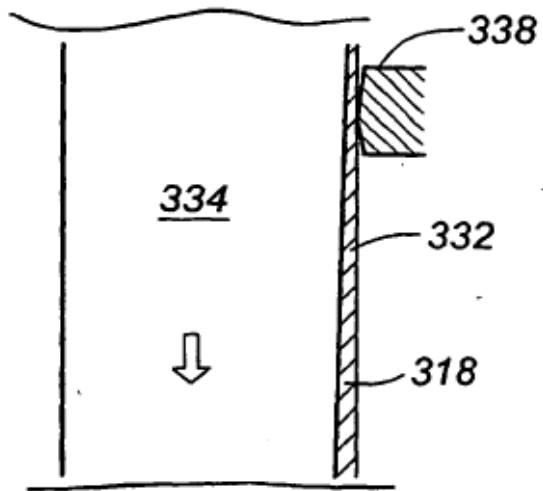


FIG. 16

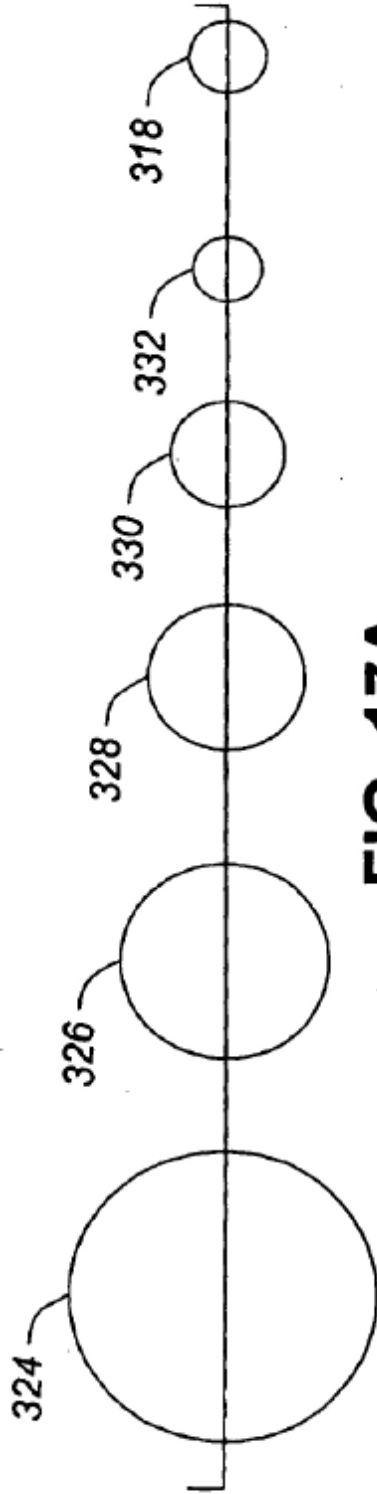


FIG. 17A

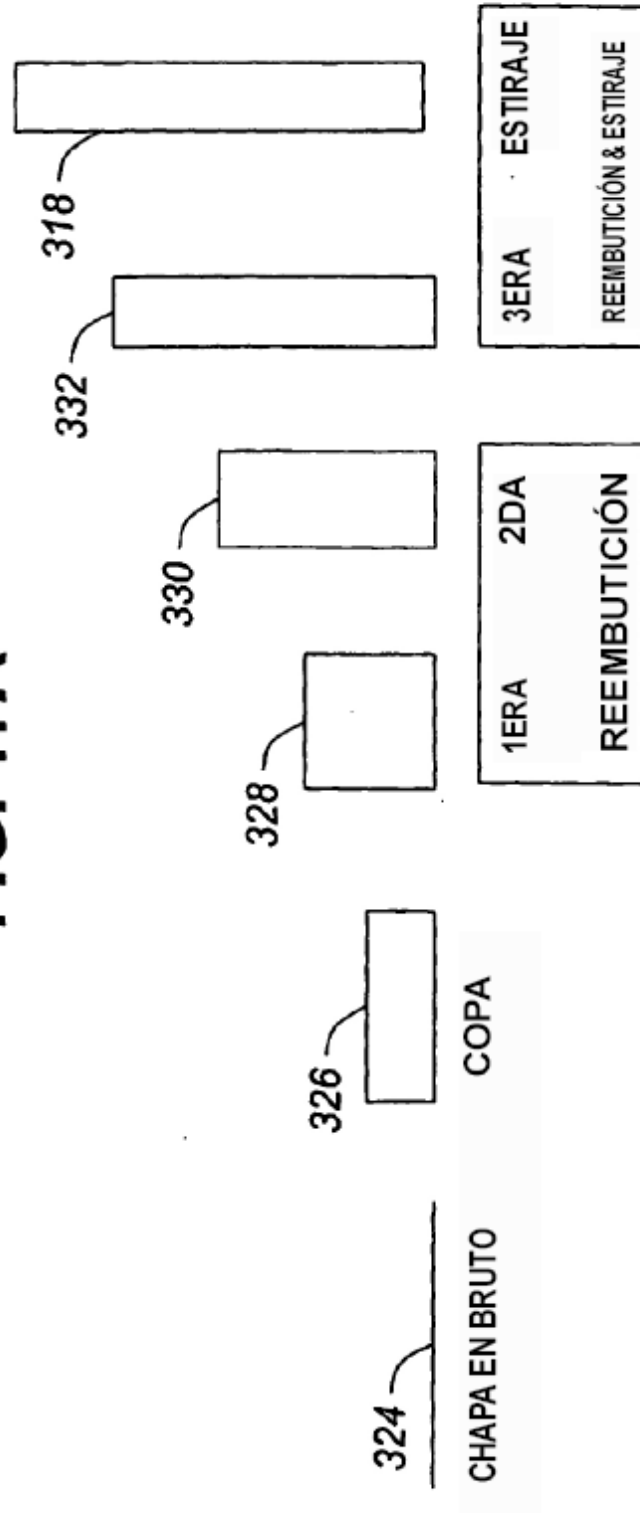


FIG. 17B

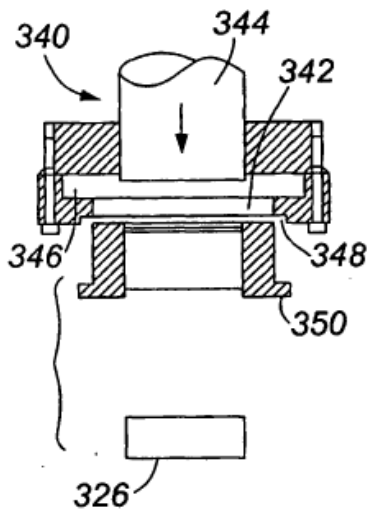


FIG. 18A

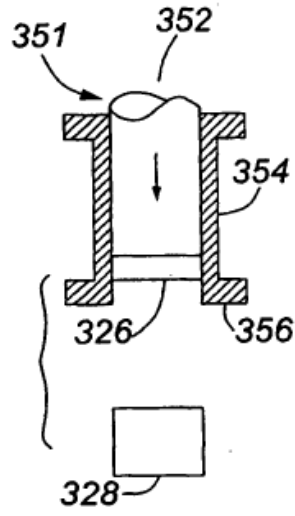


FIG. 18B

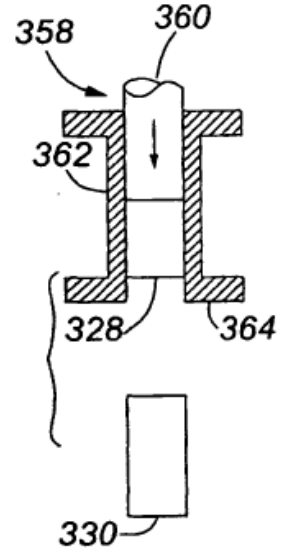


FIG. 18C

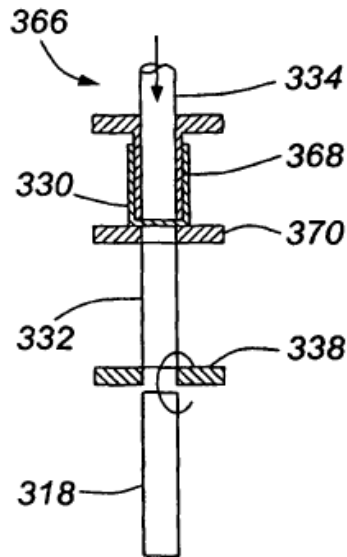


FIG. 18D

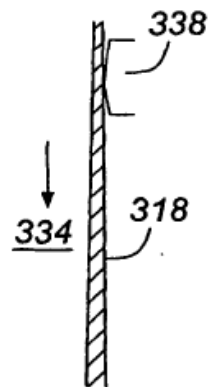


FIG. 19

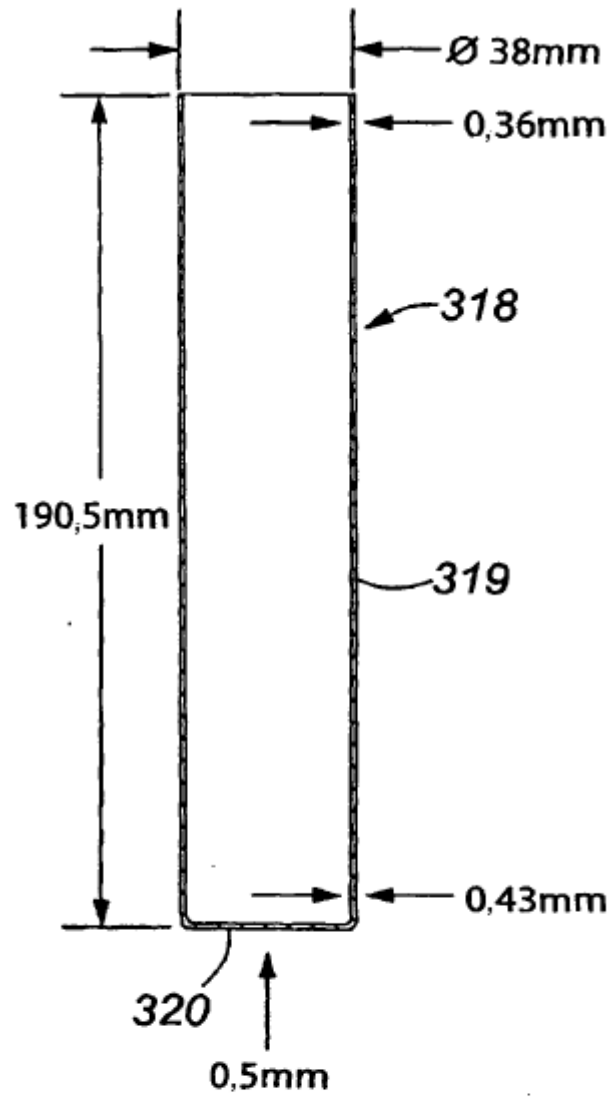


FIG. 20

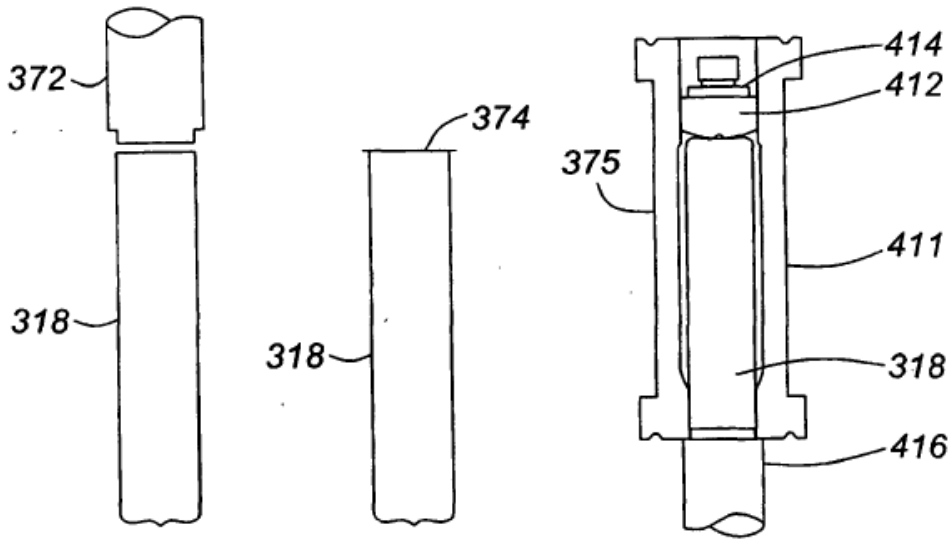


FIG. 21A FIG. 21B FIG. 22

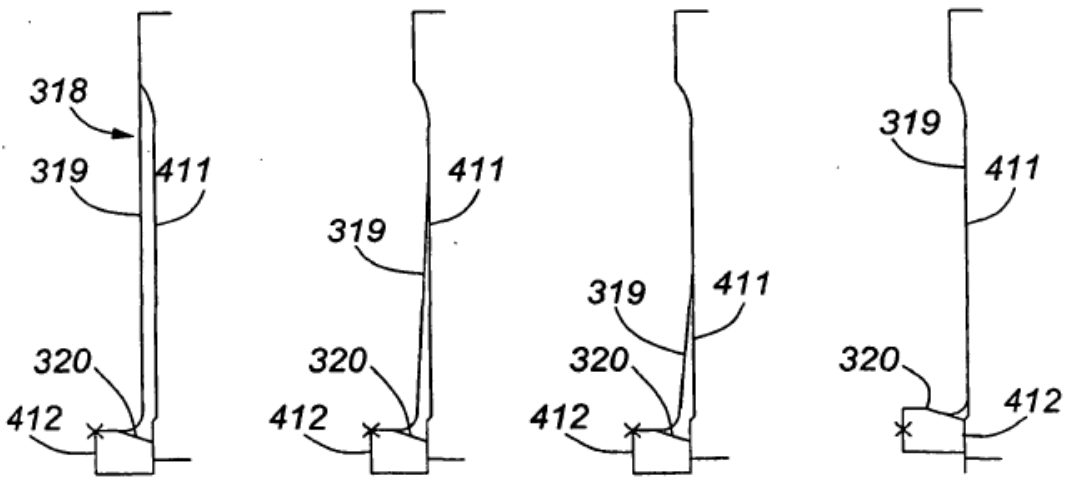


FIG.23A FIG.23B FIG.23C FIG.23D

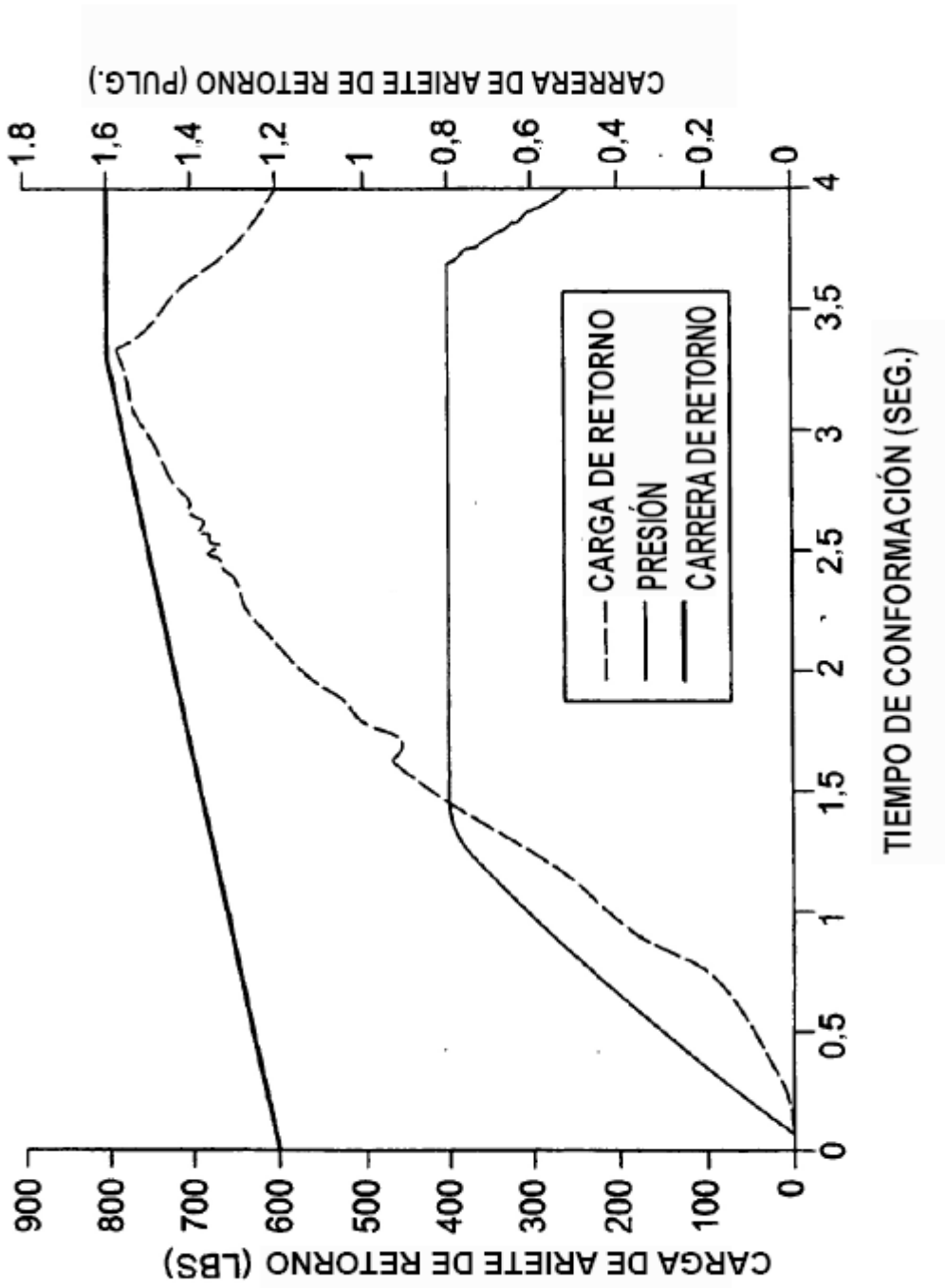


FIG. 24