

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 567 088**

51 Int. Cl.:

**B22F 3/12** (2006.01)

**B22F 3/15** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.11.2012 E 12794596 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.02.2016 EP 2785482**

54 Título: **Placa terminal para bote de prensado isostático en caliente, bote de prensado isostático en caliente y procedimiento de prensado isostático en caliente**

30 Prioridad:

**02.12.2011 US 201113309865**

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

**19.04.2016**

73 Titular/es:

**ATI PROPERTIES, INC. (100.0%)  
1600 N.E. Old Salem Road  
Albany, OR 97321, US**

72 Inventor/es:

**LIPETZKY, PETER;  
PEREZ, JOSEPH, F.;  
KOSOL, EDWARD, A. y  
THOMAS, JEAN-PHILIPPE, A.**

74 Agente/Representante:

**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

**ES 2 567 088 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

Placa terminal para bote de prensado isostático en caliente, bote de prensado isostático en caliente y procedimiento de prensado isostático en caliente

### Antecedentes de la tecnología

#### 5 Campo de la tecnología

La presente divulgación se refiere en general al prensado isostático en caliente. Ciertos aspectos de la presente divulgación se refieren a botes y procedimientos para el prensado isostático en caliente.

### Descripción de los antecedentes de la tecnología

10 El prensado isostático en caliente, que a menudo se refiere mediante la abreviatura "HIPping", es un procedimiento de fabricación para fabricar grandes artículos de metalurgia de polvos, incluyendo, pero no limitado a, grandes cilindros. El HIPping se utiliza convencionalmente para consolidar polvos de metal y de aleaciones metálicas en compactos de forjado de botes de polvo, que pueden ser cilíndricos o tener otras formas del tocho. El procedimiento HIPping mejora las propiedades mecánicas y conformabilidad del material para el forjado posterior y otros procedimientos.

15 Un procedimiento de HIP típico incluye la carga de metal en polvo y/o aleación de metal en polvo ("polvo metalúrgico") en una membrana flexible o un bote hermético, que actúa como una barrera de presión entre el polvo y el medio a presión circundante. El medio a presión puede ser un líquido o, más comúnmente, un gas inerte tal como argón. En los procedimientos de HIP en los que se utiliza un bote, el bote cargado de polvo se coloca en una cámara a presión y se calienta a una temperatura a la que el polvo metalúrgico dentro del bote forma uniones metalúrgicas.  
20 La cámara es presurizada y se mantiene a altas presión y temperatura. El bote se deforma, y el polvo metalúrgico dentro del bote es comprimido. El uso de presión isostática asegura una presión de compactación uniforme en toda la masa de polvo metalúrgico, lo que da como resultado una distribución de densidad homogénea en el compacto consolidado. Un diseño de bote alternativo para HIPping se muestra en el documento EP 2 286 942 A1.

25 Un bote de HIPping puede tener una forma cilíndrica o cualquier otra forma deseada adecuada para formar la forma compactada deseada a partir del polvo metalúrgico colocado en el bote. Un diseño de bote de HIPping convencional, mostrado esquemáticamente en la FIG. 1A como bote 100, incluye una pared cilíndrica de acero y placas terminales planas o escalonadas. La FIG. 1B es una representación esquemática de una sección transversal a través del eje central de una parte de bote 100 de HIPping. El bote 100 de HIPping incluye una parte 102 de cuerpo y placas 104 terminales planas fijadas a cada extremo de la parte 102 de cuerpo mediante cordones 106 de soldadura. Los  
30 vástagos 108 de relleno están fijados a través de las placas 104 terminales y están configurados para permitir que el bote 100 sea relleno con el polvo metalúrgico y permite que el aire sea evacuado del bote 100. Una vez el bote 100 es relleno con el polvo metalúrgico y el aire es evacuado del bote 100, el bote 100 es sellado. El sellado puede realizarse por engastado de los vástagos 108 de relleno o por otros medios que aíslan el interior del bote 100 del ambiente externo. La parte 102 de cuerpo, las placas 104 terminales y los vástagos 108 de relleno se  
35 fabrican normalmente de acero dulce o de acero inoxidable.

Los diseños convencionales de botes para HIPping tienen varias desventajas. Por ejemplo, es difícil limpiar el interior de los botes convencionales cilíndricos de HIPping después del montaje. Además, puede que no sea posible rellenar completamente el interior de un bote convencional de HIPping con polvo metalúrgico debido a la dificultad de mover el polvo horizontalmente después de que entre en el bote a través de un vástago de relleno. Ciertos  
40 diseños de botes de HIPping incluyen múltiples vástagos de relleno para mejorar el relleno del bote y realzar la eficiencia de desgasificación. Incluir vástagos de relleno adicionales, sin embargo, añade costes, proporciona puntos adicionales de posible fallo del bote durante el HIP, y normalmente tiene sólo un pequeño efecto en el aumento de la eficiencia de desgasificación en vacío. Las soldaduras que fijan los vástagos de relleno a través de las placas terminales (y que fijan las placas terminales al cuerpo del bote) están bajo una tensión extrema durante la  
45 consolidación del HIP debido a la distorsión localmente alta, y la inclusión de múltiples vástagos de relleno para abordar los problemas de relleno del polvo incrementan el riesgo de fallo de la soldadura durante la consolidación del HIP. También, los diseños convencionales del bote que incluyen múltiples vástagos de relleno se les debe dar la vuelta durante el HIPping para garantizar que todos los vástagos son rellenos con polvo metalúrgico y para evitar el colapso del vástago durante la consolidación, y este procedimiento incrementa el riesgo para el personal y  
50 crea una posibilidad de dañar la pieza.

Por consiguiente, existe una necesidad de un diseño mejorado de un bote de HIPping. Un diseño de este tipo aborda preferiblemente los problemas de relleno del polvo asociados con los diseños convencionales del bote, pero sin un requerimiento para la inclusión de vástagos de relleno adicionales en el bote.

### Sumario

55 Un aspecto no limitante de la presente divulgación se refiere a una placa terminal de un bote de HIPping. La placa terminal comprende una zona central y una zona principal que se extiende radialmente desde la zona central y que

termina en una esquina en torno a la periferia de la placa terminal. La esquina incluye un labio periférico configurado para encajar con una parte de cuerpo del bote. El espesor de la placa terminal se incrementa desde la zona central hasta la esquina y define un ángulo de conicidad. Una superficie interior de la esquina incluye una parte redondeada por la que la zona principal tiene una transición suave hacia el labio.

- 5 Otro aspecto no limitante de la presente divulgación se refiere a un bote de HIPping de un material en polvo. El bote de HIPping comprende una parte de cuerpo cilíndrica que incluye un primer extremo circular y un segundo extremo circular. Una primera placa terminal está soldada al primer extremo circular de la parte de cuerpo. Una segunda placa terminal está soldada al segundo extremo circular de la parte de cuerpo. La primera placa terminal comprende una zona central y una zona principal que se extiende radialmente desde la zona central y que termina en una esquina en torno a la periferia de la primera placa terminal. La esquina incluye un labio periférico configurado para encajar con el primer extremo circular de la parte de cuerpo del bote. El espesor de la primera placa terminal se incrementa desde la zona central hasta la esquina y define un ángulo de conicidad. Una superficie interior de la esquina incluye una parte redondeada por la que la zona principal tiene una transición suave hacia el labio. La primera placa terminal comprende además un vástago de relleno a través de la misma a través del cual se puede introducir polvo en un volumen interior del bote de HIPping.

20 Todavía otro aspecto no limitante de la presente divulgación se refiere a un procedimiento para el HIPping de un material en polvo. El procedimiento comprende proporcionar un bote de HIPping que comprende una parte de cuerpo cilíndrica que incluye un primer extremo circular y un segundo extremo circular. Una primera placa terminal está soldada al primer extremo circular de la parte de cuerpo. Una segunda placa terminal está soldada al segundo extremo circular de la parte de cuerpo. La primera placa terminal comprende una zona central y una zona principal que se extiende radialmente desde la zona central y que termina en una esquina en torno a la periferia de la primera placa terminal. La esquina incluye un labio periférico configurado para encajar con el primer extremo circular de la parte de cuerpo del bote. El espesor de la primera placa terminal se incrementa desde la zona central hasta la esquina y define un ángulo de conicidad. Una superficie interior de la esquina incluye una parte redondeada por la que la zona principal tiene una transición suave hacia el labio. La primera placa terminal comprende además un vástago de relleno a través de la misma a través del cual se puede introducir polvo en un volumen interior del bote de HIPping. Al menos un polvo metalúrgico se introduce en el volumen interior del bote de HIPping a través del vástago de relleno. El aire es evacuado del volumen interior del bote de HIPping a través del vástago de relleno. El vástago de relleno es engastado para sellar herméticamente el volumen interior de la atmósfera externa, y el bote de HIPping es prensado isostáticamente en caliente.

Un aspecto adicional no limitante de la presente divulgación se refiere a un tocho formado por HIPping de un polvo metalúrgico. El tocho sometido a HIP comprende al menos una cara final sustancialmente plana formada durante el HIPping. La cara final sustancialmente plana reduce o elimina la necesidad de mecanizar la cara final del tocho después del HIPping. En una realización no limitante, el tocho comprende una superaleación a base de níquel.

### 35 **Breve descripción de los dibujos**

Las características y ventajas de los procedimientos y artículos de fabricación descritos en el presente documento pueden entenderse mejor por referencia a los dibujos adjuntos en los que:

La FIG. 1A es una representación esquemática de un bote cilíndrico convencional para HIPping que incluye placas terminales planas;

- 40 La FIG. 1B es una representación esquemática de una sección transversal de una zona del bote cilíndrico convencional para HIPping de la FIG. 1A, en la que la sección transversal se toma a lo largo del eje longitudinal y a través de una parte de una placa terminal y la parte de cuerpo del bote;

La FIG. 2 es una representación esquemática de una sección transversal de una zona de un bote de HIPping que incluye una placa terminal arqueada;

- 45 La FIG. 3 es una representación de las tensiones generadas durante el HIPping en una zona de un bote de HIPping cargado de polvo metalúrgico que incluye una placa terminal plana convencional;

La FIG. 4A es una representación esquemática de una sección transversal de una realización no limitante de una placa terminal cónica para un bote de HIPping de acuerdo con la presente divulgación;

- 50 La FIG. 4B es una representación detallada de la zona de esquina de la placa terminal cónica mostrada en la FIG. 4A;

La FIG. 5 es una representación de las tensiones generadas durante el HIPping en una zona de una realización de una placa terminal cónica para un bote de HIPping de acuerdo con la presente divulgación;

La FIG. 6 es una representación esquemática de una sección transversal de una realización no limitante de un bote de HIPping de acuerdo con la presente divulgación;

La FIG. 7 es un diagrama de flujo de las etapas de una realización no limitante de un procedimiento HIPping de acuerdo con la presente divulgación;

5 La FIG. 8 es una representación esquemática de una sección transversal de una realización no limitante de un tocho envasado que incluye caras finales sustancialmente planas formadas por HIPping de un polvo metalúrgico de acuerdo con la presente divulgación;

La FIG. 9A es una representación esquemática detallada de una sección transversal de una realización no limitante de una placa terminal circular de acero inoxidable AISI T-304 para un bote de HIPping de acuerdo con la presente divulgación;

La FIG. 9B es una vista ampliada de la sección abarcada por el círculo de línea discontinua en la FIG. 9A;

10 La FIG. 10A es un gráfico de temperatura-tiempo de una realización no limitante de un procedimiento de HIP utilizado para consolidar polvo de superaleación RR1000 a base de níquel de acuerdo con la presente divulgación;

La FIG. 10B es un gráfico de presión-tiempo de una realización no limitante de un procedimiento de HIP utilizado para consolidar polvo de superaleación RR1000 a base de níquel de acuerdo con la presente divulgación; y

15 La FIG. 11 es una fotografía de un bote sometido a HIP de acuerdo con una realización no limitante de la presente divulgación.

El lector apreciará los detalles que anteceden, así como otros, al considerar la siguiente descripción detallada de ciertas realizaciones no limitantes de acuerdo con la presente divulgación.

**Descripción detallada de ciertas realizaciones no limitantes**

20 Debe entenderse que ciertas descripciones de las realizaciones divulgadas en el presente documento se han simplificado para ilustrar únicamente aquellos elementos, características y aspectos que son relevantes para una clara comprensión de las realizaciones divulgadas, al tiempo que elimina, con fines de claridad, otros elementos, características y aspectos. Las personas que tienen experiencia ordinaria en la técnica, al considerar la presente descripción de las realizaciones divulgadas, reconocerán que otros elementos y/o características pueden ser deseables en una implantación o aplicación particular de las realizaciones divulgadas. Sin embargo, debido a que esos otros elementos y/o características pueden determinarse y aplicarse fácilmente por personas que tienen normal experiencia en la técnica al considerar la presente descripción de las realizaciones divulgadas, y son por lo tanto innecesarias para una comprensión completa de las realizaciones divulgadas, en el presente documento no se proporciona una descripción de dichos elementos y/o características. Como tal, debe entenderse que la descripción expuesta en el presente documento es simplemente como ejemplo e ilustrativa de las realizaciones divulgadas y no se pretende limitar el alcance de la invención tal como se define únicamente por las reivindicaciones.

35 En la presente descripción de realizaciones no limitantes, distintas de los ejemplos operativos o cuando se indique lo contrario, debe entenderse que todos los números que expresan cantidades o características están modificados en todos los casos por el término "aproximadamente". En consecuencia, a menos que se indique lo contrario, cualquiera de los parámetros numéricos expuestos en la siguiente descripción son aproximaciones que pueden variar dependiendo de las propiedades deseadas que se buscan obtener en el objeto de acuerdo con la presente divulgación. Cuando menos, y no como un intento de limitar la aplicación de la doctrina de equivalentes al alcance de las reivindicaciones, cada parámetro numérico proporcionado en el presente documento debe, al menos, interpretarse a la luz del número de dígitos significativos informados y aplicando técnicas de redondeo normales.

40 También, cualquier intervalo numérico citado en el presente documento pretende incluir todos los subintervalos subsumidos en el mismo. Por ejemplo, un intervalo de "1 a 10" se entiende que incluye todos los subintervalos entre (e incluidos) el valor mínimo citado de 1 y el valor máximo citado de 10, es decir, que tiene un valor mínimo igual o mayor que 1 y un valor máximo igual o menor que 10. Cualquier limitación numérica máxima citada en el presente documento se entiende que incluye todas las limitaciones numéricas menores subsumidas en el mismo y cualquier limitación numérica mínima citada en el presente documento se entiende que incluye todas las limitaciones numéricas mayores subsumidas en el mismo. En consecuencia, los Solicitantes se reservan el derecho de modificar la presente divulgación, incluidas las reivindicaciones, para citar expresamente cualquier subintervalo subsumido dentro de los intervalos expresamente citados en el presente documento. Se entiende que todos estos intervalos son divulgados intrínsecamente en el presente documento de manera que la modificación que cita expresamente cualquiera de dichos subintervalos cumpliría con los requisitos de 35 USC §112, párrafo primero, y 35 USC § 132(a).

55 Los artículos gramaticales "uno", "un", "una", y "el", como se usan en el presente documento, se entiende que incluyen "al menos uno" o "uno o más", a menos que se indique lo contrario. Así, los artículos se utilizan en el presente documento para referirse a uno o más de uno (es decir, a al menos uno) de los objetos gramaticales del artículo. A modo de ejemplo, "un componente" significa uno o más componentes, y así, posiblemente, es contemplado más de un componente y se puede emplear o utilizar en una aplicación de las realizaciones descritas.

La presente divulgación incluye descripciones de varias realizaciones. Debe entenderse que todas las realizaciones descritas en el presente documento son a modo de ejemplos, ilustrativas y no limitantes. Por ello, la invención no está limitada por la descripción de las diferentes realizaciones a modo de ejemplos, ilustrativos y no limitantes. Más bien, la invención es definida únicamente por las reivindicaciones, que pueden ser modificadas para citar cualquier a

5 de las características expresa o intrínsecamente descritas en o de otro modo, expresa o intrínsecamente soportadas por la presente divulgación.

Como se analizó anteriormente, los diseños de bote de HIPping convencionales tienen varias desventajas. Además de las dificultades durante el procedimiento de HIPping asociadas con los diseños convencionales del bote, puede haber desventajas para los tochos formados utilizando botes para HIPping convencionales. Por ejemplo, puede ser difícil forjar con éxito ciertos tochos de superaleación a base de níquel preparados por HIPping debido a la sensibilidad de la velocidad de deformación al agrietamiento de los tochos. Los autores de la presente invención observaron que el agrietamiento del tocho durante la forja originado en las esquinas cortantes en el tocho formaba zonas adyacentes del bote de HIPping en las que una placa terminal tenía una transición hacia la parte de cuerpo del bote. Proporcionar una placa terminal arqueada o en forma de cúpula puede reducir la incidencia de este fenómeno de agrietamiento. La FIG. 2 es una representación esquemática de una sección transversal tomada a través de un bote 110 para HIPping a modo de ejemplo que incluye una placa 112 terminal en forma de cúpula. Los autores de la presente invención determinaron que debido a la alta resistencia de las placas terminales en forma de cúpula, la cúpula no se aplana durante el HIPping, lo que impide que la cara final del compacto consolidado adquiera una superficie plana, y dé como resultado una cara final convexa en el tocho consolidado. Después del HIPping, las etapas de procesado posteriores, tales como la forja, requieren tochos que tengan caras finales planas. Por lo tanto, las caras finales convexas deben ser mecanizadas planas. Esto da como resultado una gran pérdida de material, que puede ser tolerable para el HIPping de aleaciones de acero menos caras, pero puede ser costoso en el caso de superaleaciones a base de níquel y otras aleaciones muy caras. Además, la fabricación de placas terminales en forma de cúpula es cara debido a la cantidad requerida de material virgen para la placa terminal y los costes de mecanizado asociados.

10  
15  
20  
25

Durante el procedimiento de HIPping, el polvo metalúrgico se consolida y densifica a densidad máxima mediante la aplicación de alta temperatura y presión isostática. El bote de HIPping colapsa durante la consolidación. Aunque la deformación del bote durante el HIPping es generalmente uniforme, ciertas zonas del bote, como las esquinas, están bajo mayor tensión y deformación muy localizada. Si, por ejemplo, el volumen interior de un bote de HIPping no está completamente relleno con polvo metalúrgico en una zona de esquina donde una placa terminal realiza una transición hacia la parte de cuerpo del bote, el grado de deformación localizada en la zona pueden ser severo y puede causar fallo de la soldadura y la densificación incompleta resultante del polvo metalúrgico.

30

La FIG. 3 es una representación de los niveles de tensión calculados (en unidades Pascal) experimentados durante el HIPping para una zona de un bote cilíndrico relleno con polvo metalúrgico para HIPping que incluye una placa terminal superior plana convencional. La FIG. 3 muestra que la zona de esquina de la placa terminal plana, donde la placa terminal encaja con un extremo circular de la parte de cuerpo del bote, experimenta altos niveles de tensión y deformación muy localizada. La figura muestra además que las elevadas tensiones experimentadas por la zona de la esquina se transfieren a áreas en la esquina del tocho formadas en el bote durante el HIPping. Las tensiones a las que las esquinas del tocho consolidado se someten durante el HIPping pueden producir un tocho que se fracture durante la forjadura por recalado u otros procesados posteriores a la consolidación.

35  
40

Un aspecto de la presente divulgación se refiere a un diseño de placa terminal de bote de HIPping que puede reducir la concentración de tensiones en las zonas de esquina del bote de HIPping a medida que el bote se deforma durante el HIPping. La FIG. 4A es una representación esquemática de una sección transversal por el centro de una placa 210 terminal circular de acuerdo con una realización no limitante de la presente divulgación. La placa 210 terminal comprende una cara 212 exterior y una cara 214 interior. La cara 214 interior conforma una zona de la superficie interna del bote de HIPping a la que está fijada la placa 210 terminal. La cara 214 exterior conforma una zona de la superficie exterior del bote de HIPping. La placa 210 terminal comprende también la zona 216 central, que en ciertas realizaciones no limitantes tiene un espesor generalmente uniforme (es decir, en la realización, la distancia entre la cara 212 exterior y la cara 214 interior es generalmente uniforme en la zona 216 central). En ciertas realizaciones no limitantes, el espesor uniforme de la zona 216 central puede estar en un intervalo de aproximadamente 0,25 pulgadas (0,635 cm) hasta aproximadamente 1 pulgada (2,54 cm), o de aproximadamente 0,5 pulgadas (1,27 cm). En ciertas realizaciones no limitantes, el diámetro de la zona 216 central, tal como se mide a lo largo de la cara 212 exterior, puede estar en un intervalo de aproximadamente 0,25 pulgadas (0,635 cm) hasta aproximadamente 1 pulgada (2,54 cm), o de aproximadamente 0,5 pulgadas (1,27 cm). En cierta realización no limitante, la zona 216 central puede incluir un taladro a través de la placa 210 terminal, que pasa entre la cara 212 exterior y la cara 214 interior y permite el acceso al volumen interior del bote de HIPping.

45  
50  
55

Haciendo referencia todavía a la FIG. 4A, la placa 210 terminal incluye además una zona 218 principal que se extiende radialmente desde la zona 216 central y que termina en una esquina 220 que se extiende completamente en torno a la periferia 222 circular de la placa 210 terminal circular. En ciertas realizaciones no limitantes, el diámetro de la cara 212 exterior de la placa 210 terminal puede estar en un intervalo de aproximadamente 1 pulgada (2,54 cm) a aproximadamente 30 pulgadas (76,2 cm), o en un intervalo de aproximadamente 5 pulgadas (12,70 cm) a aproximadamente 25 pulgadas (63,50 cm), o de aproximadamente 20,6 pulgadas (52,324 cm). Como se muestra en

60

la FIG. 4A, un espesor de la placa 210 terminal se incrementa desde la zona 216 central a través de la zona principal hasta la esquina 220. El espesor creciente de la placa 210 terminal en la zona 218 principal a medida que la distancia desde el centro de la placa 210 terminal se incrementa define un ángulo  $\theta$  de conicidad. En ciertas realizaciones no limitantes de la placa 210 terminal, el ángulo de conicidad puede estar en un intervalo de aproximadamente 3° a aproximadamente 15°, o de aproximadamente 5° a aproximadamente 10°, o de aproximadamente 8°. En la realización no limitante de la placa 210 terminal mostrada en la FIG. 4A, la cara 212 exterior es sustancialmente plana y el ángulo de conicidad está formado por una pendiente hacia abajo de la cara 214 interior apartada de la cara 212 exterior en la dirección de la periferia 222.

Haciendo referencia ahora a las FIG. 4A y 4B, la esquina 220 incluye un labio 224 periférico que tiene una forma configurada para encajar con una cara circular de una parte de cuerpo cilíndrica (no mostrada) del bote de HIPping. La esquina 220 incluye una zona 226 de superficie interior redondeada por la que la zona 218 principal tiene una transición suave (es decir, tiene una transición sin bordes ni esquinas cortantes) hacia el labio 224 periférico. En ciertas realizaciones no limitantes de la placa 210 terminal, la zona 226 de la superficie interior redondeada puede tener una sección transversal circular que tenga un radio en un intervalo de aproximadamente 0,5 pulgadas (1,27 cm) a aproximadamente 3,0 pulgadas (7,62 cm), o de aproximadamente 2,0 pulgadas (5,08 cm). Se entenderá, sin embargo, que el radio de la zona 226 de la superficie interior dependerá generalmente del tamaño del bote de HIPping. La zona 226 de la superficie interior redondeada de la esquina 220 actúa dispersando la tensión que se produce en la zona de esquina sobre la placa terminal y hacia la pared vertical del bote, como se muestra en la FIG. 5 y como se analiza además en lo sucesivo. De otro modo, el tocho consolidado puede incluir una esquina cortante con grandes tensiones residuales. La parte de una cara final de un tocho de HIP que incluye una esquina cortante debe ser mecanizada aparte antes del forjado u otro procesado del tocho, dando como resultado la pérdida de material de aleación caro.

Con respecto a una placa terminal de bote de HIPping de acuerdo con la presente divulgación, se entenderá que la zona 226 de la superficie interior redondeada no necesita tener una sección transversal circular y puede tener cualquier forma de sección transversal que tenga transiciones suaves desde la zona 218 principal hacia el labio 224 periférico y disperse las tensiones experimentadas en la esquina 220 durante el HIPping. Ejemplos no limitantes de otras formas posibles de sección transversal para la zona 226 de superficie interior curvada incluyen, por ejemplo, formas redondeadas y elípticas.

En una realización no limitante de acuerdo con la presente divulgación, el labio 224 periférico de la placa 210 terminal incluye un chaflán 228 que se extiende en torno a la periferia de la placa 210 terminal. El chaflán 228 está configurado para aceptar un cordón de soldadura (no mostrado) que fija la placa 210 terminal a la parte de cuerpo (no mostrada) del bote de HIPping. En una realización no limitante, el chaflán 228 comprende una anchura de chaflán en un intervalo de aproximadamente 0,125 pulgadas (0,3175 cm) hasta aproximadamente 0,25 pulgadas (0,635 cm) y tiene un ángulo respecto a un eje de la placa 210 terminal tal que forma un ángulo de chaflán en un intervalo de aproximadamente 30° a aproximadamente 60°, o de aproximadamente 45°.

En una realización no limitante de acuerdo con la presente divulgación, la placa 210 terminal comprende además al menos un vástago 230 de relleno. El, al menos uno, vástago 230 de relleno está configurado para permitir que los materiales en polvo sean introducidos en un volumen interior de un bote de HIPping al que está fijada la placa 210 terminal. El vástago 230 de relleno también permite que los gases sean retirados del volumen interior del bote de HIPping antes de la consolidación en el HIP. En una realización no limitante, un único vástago 230 de relleno está soldado a la periferia de un taladro formado a través de la zona 216 central de la placa 210 terminal. Se entenderá que aunque se muestra un único vástago 230 de relleno en la FIG. 4A en una zona central de la placa 210 terminal, pueden situarse uno o más vástagos de relleno en otras posiciones en la placa terminal, y no se necesita incluir un vástago de relleno en una posición central en la placa terminal. Cada vástago de relleno de este tipo debería proporcionar comunicación fluida con el volumen interior del bote de HIPping al que está fijada a la placa terminal.

En una realización no limitante de placa 210 terminal, la placa 210 terminal incluye solamente un único vástago 230 de relleno. Múltiples vástagos de relleno se utilizan normalmente en placas terminales convencionales para mejorar la eficiencia de relleno del bote con polvo metalúrgico. El polvo metalúrgico tiende a permanecer en una configuración cónica durante la carga vibratoria de un bote con el polvo. Debido a esta tendencia, es difícil dar lugar a que el polvo metalúrgico se introduzca en un bote de HIPping a través de un vástago de relleno moviéndose hacia fuera en una dirección horizontal y de ese modo rellenar todas las zonas del bote. La placa 210 terminal, que está diseñada incluyendo un ángulo de conicidad, mejora la probabilidad de rellenar completamente con el polvo metalúrgico un volumen interior de un bote de HIPping. La parte redondeada de la zona 226 de la superficie interior de la esquina 220 de la placa 210 terminal también ayuda a asegurar mejor el completo relleno del volumen interior con polvo metalúrgico. El diseño cónico y la zona de superficie interior redondeada de la placa 210 terminal promueven el flujo de polvo metalúrgico hacia los bordes exteriores del volumen interior del bote de HIPping y aseguran mejor que no haya espacios vacíos entre el polvo metalúrgico y las paredes internas del bote.

Incluir sólo un único vástago de relleno en el bote de HIPping, tal como un único vástago 230 de relleno de la placa 210 terminal, se elimina la necesidad de darle la vuelta al bote durante el relleno o el HIPping. Un diseño de bote con un único vástago de relleno puede utilizar una varilla invasiva para las medidas de la ubicación del polvo

metalúrgico. Con placas terminales de bote de HIPping de múltiples vástagos convencionales, puede que esto no sea posible, y al bote se le debe dar la vuelta físicamente antes del HIPping. Darle la vuelta a grandes botes para HIPping rellenos con polvo metalúrgico es difícil debido al peso del bote y los riesgos de dañar el bote. Además, cada vástago de relleno es necesariamente un punto adicional de penetración en el bote y es un punto adicional de un posible fallo del bote durante la presurización en el procedimiento de HIP.

Los autores de la presente invención han descubierto que un diseño de placa terminal que incluya una construcción cónica, como la que se incluye en, por ejemplo, la placa 210 terminal, proporciona posibles beneficios adicionales. Uno de tales beneficios es la posible mejora de la producción tal como el HIP. Utilizar un bote de HIPping que incluye una placa terminal plana convencional produce un tocho de HIP que tiene una superficie final cóncava, que debe ser mecanizada hasta una superficie plana antes del forjado. Realizaciones de placas terminales de acuerdo con la presente divulgación pueden producir tochos que tienen una cara final plana, o al menos una cara final más plana (menos cóncava) que los tochos producidos utilizando una placa terminal plana convencional. Por lo tanto, el uso de realizaciones de los diseños de placa terminal y bote contemplados en el presente documento puede reducir o eliminar la necesidad del mecanizado posterior al HIP para proporcionar superficies finales planas en el tocho de HIP antes de la forjadura por recalado. Reducir la necesidad de mecanizado posterior al HIP reduce costes y tiempo, y también puede eliminar la necesidad de una etapa de procesado que pueda dar como resultado un fallo en la pieza. Los diseños de placa terminal en el presente documento pueden añadir también resistencia a la zona de la esquina del tocho de HIP debido a que la consolidación implica un mayor movimiento hacia la cara lateral que utilizando placas terminales planas.

El uso de realizaciones de diseños de placa terminal y bote contemplados en el presente documento que incluyen una cara interior cónica y una esquina que incluye una superficie interior redondeada también puede mejorar la limpieza interna del bote. Las especificaciones para los productos de la metalurgia de polvos pueden requerir una limpieza extrema de las superficies internas del bote de HIPping durante el procedimiento de HIPping. Se ha encontrado que ciertos diseños de placa terminal como se divulga en el presente documento facilitan el drenaje del volumen interior del bote durante la limpieza y el purgado de agua o polvo.

Las placas terminales para botes para HIPping tienen normalmente un electropulido antes de su uso para mejorar la limpieza de la pieza final. Se ha observado que las realizaciones con el diseño de placa terminal contempladas en el presente documento que incluyen una cara interior cónica y una esquina que incluye una superficie interior redondeada pueden tener un electropulido más uniforme. Así, las superficies internas cónicas y redondeadas de ciertas realizaciones de placas terminales de acuerdo con la presente divulgación mejoran la limpieza del bote y realzan la eficiencia del procesado.

Una ventaja adicional de ciertas realizaciones de placa terminal de acuerdo con la presente divulgación es que el diseño que incluye superficies cónicas y redondeadas reduce la concavidad de las superficies finales durante la consolidación del HIP. La forma de cúpula cónica y esquina redonda de la placa terminal añade resistencia a la zona de la esquina y la consolidación implica más movimiento hacia la cara lateral. El tocho consolidado con final plano resultante es fácilmente forjado por recalado durante las operaciones de conformación posteriores.

También se ha determinado que la superficie interior redondeada de la esquina de ciertas realizaciones de placa terminal de acuerdo con la presente divulgación, tales como la placa 210 terminal, reduce las concentraciones de tensiones en la junta de soldadura entre la placa terminal y la parte de cuerpo del bote de HIPping durante la consolidación del HIP. Como se muestra en las FIG. 1A y 1B, la esquina de las placas terminales planas convencionales normalmente está soldada directamente al extremo de la parte de cuerpo del bote de HIPping. Como se muestra en FIG. 3, la costura de soldadura en el diseño convencional es un concentrador de tensiones, que puede dar como resultado la ruptura de la soldadura y la rotura del bote durante la carga vibratoria del bote de HIPping o posteriormente durante la consolidación del HIP.

La FIG. 5 es una representación que muestra las tensiones calculadas experimentadas por un bote de HIPping que incluye una placa terminal construida de la misma manera que la placa 210 terminal. La FIG. 5 muestra que las tensiones en la esquina redondeada de la placa terminal no están concentradas, sino que más bien están generalmente espacialmente distribuidas con respecto a la concentración de tensiones vista en la esquina de la placa terminal plana convencional considerada en la FIG. 3. Además, los altos niveles de tensión no se concentran alrededor de la costura de soldadura (situada en el borde periférico en la zona de chaflán de la placa terminal) en la realización considerada en la FIG. 5. En consecuencia, se contempla que una realización de placa terminal de acuerdo con la presente divulgación que incluye una cara interior cónica y una esquina que incluye una superficie interior redondeada pueden: reducir la concentración de tensiones en la esquina de la placa terminal, en lugar de distribuir la tensión en el tocho consolidado; reducir la concentración de tensiones en la zona de la costura de soldadura entre la placa terminal y la parte de cuerpo del bote; y proporcionar un tocho de HIP que tiene una cara final plana o más plana, eliminando o reduciendo la necesidad de mecanizado previo a la forja para proporcionar caras finales planas en el tocho.

En realizaciones no limitantes, una placa terminal de acuerdo con la presente divulgación consiste en o comprende acero de bajo contenido en carbono, acero dulce o acero inoxidable. En una realización específica, una placa terminal de acuerdo con la presente divulgación se fabrica de acero inoxidable AISI T-304 (UNS S30400). En otras

realizaciones no limitantes, una placa terminal de acuerdo con la presente divulgación consiste en o comprende una superaleación a base de níquel, tal como, pero no limitado a, una aleación seleccionada de Alloy 600 (UNS N06600), Alloy 625 (UNS N06625) y Alloy 718 (UNS N07718). Se entenderá, sin embargo, que una placa terminal de acuerdo con la presente divulgación puede estar fabricada de cualquier metal o aleación metálica compatible con el polvo metalúrgico que se incluya en el bote de HIPping y que tenga propiedades adecuadas para su uso en el procedimiento de HIPping. En una realización no limitante, al menos una parte de la placa terminal es sometida a electropulido y tiene un acabado de electropulido, que puede facilitar el relleno de polvo y mejorar la limpieza del volumen interior del bote de HIPping. Todavía en otra realización no limitante, una placa terminal de acuerdo con la presente divulgación presenta una rugosidad superficial de aproximadamente, o no mayor que, 125 RMS (valor cuadrático medio). Cualquier técnica útil para reducir la rugosidad superficial de las superficies interiores de la placa terminal puede realzar el relleno de polvo y/o la limpieza del volumen interior del bote.

Las placas terminales construidas de acuerdo con la presente divulgación pueden ser generalmente circulares y configuradas para adaptarse a una parte de cuerpo cilíndrica de un bote de HIPping. Sin embargo, se entenderá que las placas terminales de acuerdo con la presente divulgación pueden ser de cualquier forma diseñada para adaptarse a la parte de cuerpo del bote de HIPping que se proporcione. Independientemente de la forma global, cualquier realización de placa terminal de este tipo de acuerdo con la presente divulgación incorporará las características de la cara interior cónica y/o de la superficie interior redondeada de la esquina descritas en el presente documento.

Haciendo referencia ahora a la FIG. 6, otro aspecto de la presente divulgación se refiere a un bote de el prensado isostático en caliente de un material en polvo. La FIG. 6 representa una sección transversal de una realización no limitante de un bote 300 para HIPping según la presente divulgación. El bote 300 comprende una parte 302 de cuerpo, que puede tener, por ejemplo, una forma cilíndrica o cualquier otra forma adecuada. El bote 300 comprende una primera placa 304 terminal construida de acuerdo con la presente divulgación que incluye una cara interior cónica y una esquina que incluye una superficie interior redondeada como se describe en el presente documento. La placa 304 terminal está soldada a un primer extremo 306 circular de la parte 302 de cuerpo. La placa 304 terminal puede tener, por ejemplo, el diseño de placa 210 terminal mostrado en las FIG. 4A y 4B, que se ha descrito anteriormente. La placa 304 terminal puede incluir al menos una orejeta 307 de elevación configurada para facilitar el levantamiento y movimiento del bote 300.

Haciendo referencia ahora a las FIG. 4A, 4B y 6, el bote 300 para HIPping incluye la placa 304 terminal que, con referencia a las FIG. 4A y 4B, comprende una cara 212 exterior, una cara 214 interior y una zona 216 central. En una realización no limitante, la zona 216 central puede tener un espesor uniforme. En realizaciones específicas no limitantes, el espesor uniforme de la zona 216 central puede estar en un intervalo de aproximadamente 0,25 pulgadas (0,635 cm) hasta aproximadamente 1,00 pulgada (2,54 cm), o de aproximadamente 0,5 pulgadas (1,27 cm). En realizaciones no limitantes, el diámetro de la zona 216 central puede estar en un intervalo de aproximadamente 0,25 pulgadas (0,635 cm) hasta aproximadamente 1 pulgada (2,54 cm), o de aproximadamente 0,5 pulgadas (1,27 cm). En otra realización no limitante, la zona 216 central puede definir un taladro en la placa terminal. En una realización no limitante, la primera placa 304 terminal puede tener forma circular para encajar con un extremo circular de una parte 302 de cuerpo cilíndrica de un bote 300 para HIPping. Sin embargo, como se analizó anteriormente, las placas terminales de acuerdo con la presente divulgación pueden tener cualquier forma general adecuada para encajar con la forma de la parte del cuerpo particular del bote de HIPping.

Todavía con referencia a la realización no limitante de las FIG. 4A, 4B y 6, la primera placa 210, 304 terminal incluye, además, una zona 218 principal que se extiende radialmente desde la zona 216 central y que termina en una esquina 220 en torno a la periferia 222 circular de la placa terminal. De acuerdo con una realización no limitante, la primera placa 304 terminal puede tener un diámetro en un intervalo de aproximadamente 1,0 pulgada (2,54 cm) a aproximadamente 30 pulgadas (76,20 cm), o en un intervalo de aproximadamente 5 pulgadas (12,70 cm) a aproximadamente 25 pulgadas (63,5 cm), o de aproximadamente 20,6 pulgadas (52,324 cm). La cara 212 exterior es sustancialmente plana, pero un espesor de la placa 210 terminal se incrementa desde la zona 216 central hasta la esquina 220 y, de ese modo, define un ángulo  $\theta$  de conicidad. En realizaciones no limitantes, el ángulo de conicidad puede estar en un intervalo de aproximadamente 3° a aproximadamente 15°, o en un intervalo de aproximadamente 5° a aproximadamente 10°, o de aproximadamente 8°. La esquina 220 incluye un labio 224 periférico configurado para encajar con un primer extremo circular de la parte 302 de cuerpo. La esquina 220 incluye una superficie 226 interior que está redondeada de manera que tiene una transición suave entre la zona 218 principal y el labio 224 periférico. En realizaciones no limitantes, la parte redondeada es un radio circular de aproximadamente 0,5 pulgadas (1,27 cm) a aproximadamente 3,0 pulgadas (7,62 cm), o de aproximadamente 2,0 pulgadas (5,08 cm).

En una realización no limitante de acuerdo con la presente divulgación, el labio 224 periférico de la placa 210, 304 terminal, incluye un chaflán 228. El chaflán 228 está configurado para aceptar un cordón 308 de soldadura para soldar la placa 210, 304 terminal a la parte 302 de cuerpo de un bote 300 de prensado isostático en caliente. En una realización no limitante, el chaflán 228 puede comprender una longitud de chaflán en un intervalo de aproximadamente 0,125 pulgadas (0,3175 cm) hasta aproximadamente 0,25 pulgadas (0,635 cm), y un ángulo de chaflán en un intervalo de aproximadamente 30° a aproximadamente 60°, o de aproximadamente 45°.



En realizaciones no limitantes, una placa terminal, un vástago de relleno y la parte de cuerpo del bote de acuerdo con la presente divulgación consiste en o comprende acero de bajo contenido en carbono, acero dulce o acero inoxidable. En una realización específica, una placa terminal, un vástago de relleno y la parte de cuerpo del bote de acuerdo con la presente divulgación se fabrica de acero inoxidable AISI T-304 (UNS S30400). En otras realizaciones no limitantes, una placa terminal, un vástago de relleno y la parte de cuerpo del bote de acuerdo con la presente divulgación consiste en o comprende una superaleación a base de níquel, tal como, pero no limitado a las Alloy 600 (UNS N06600), Alloy 625 (UNS N06625) o Alloy 718 (UNS N07718). Se entenderá, sin embargo, que una placa terminal, un vástago de relleno y la parte de cuerpo del bote de acuerdo con la presente divulgación pueden fabricarse de cualquier metal o aleación metálica compatible con el polvo metalúrgico que se incluya en el bote de HIPping y que tenga propiedades adecuadas para su uso en el procedimiento de HIPping.

Haciendo referencia al diagrama de flujo de la FIG. 7, un aspecto adicional de la presente divulgación se refiere a un procedimiento 400 para el prensado isostático en caliente de un polvo metalúrgico. El procedimiento comprende proporcionar un bote 402 para HIPping que tiene un diseño de acuerdo con la presente divulgación. Por ejemplo, el bote de HIPping puede tener el diseño mostrado en la FIG. 6, descrita anteriormente. En una realización no limitante, el bote de HIPping puede incluir una parte de cuerpo cilíndrica que incluye un primer extremo circular y un segundo extremo circular. Una primera placa terminal está soldada al primer extremo circular de la parte de cuerpo cilíndrica. La primera placa terminal incluye una zona central, y una zona principal que se extiende radialmente desde la zona central y que termina en una esquina en torno a la periferia de la placa terminal, en la que la esquina incluye un labio periférico configurado para encajar con una parte de cuerpo del bote. Un espesor de la placa terminal se incrementa desde la zona central hasta la esquina y define un ángulo de conicidad, y una superficie interior de la esquina incluye una parte redondeada por la que la zona principal tiene una transición suave hacia el labio periférico. Un vástago de relleno está unido a la primera placa terminal y está configurado para permitir la comunicación fluida con un volumen interior del bote. Una segunda placa terminal está soldada al segundo extremo circular de la parte de cuerpo cilíndrica. Haciendo referencia de nuevo a FIG. 7, el procedimiento 400 comprende además la disposición en 404 de al menos un polvo metalúrgico, tal como, por ejemplo, un polvo de superaleación a base de níquel, en el bote a través del vástago de relleno. El aire es evacuado en 406 desde el bote a través del vástago de relleno. Después de haber evacuado suficiente aire desde el bote, el vástago de relleno es engastado en 408, o de otro modo sellado, para sellar herméticamente el bote. El polvo metalúrgico en el bote evacuado de aire se prensa isostáticamente en caliente en 410 de una manera convencional para proporcionar un tocho de prensado isostático en caliente.

Haciendo referencia ahora al ejemplo esquemático no limitante mostrado en la FIG. 8, todavía otro aspecto de acuerdo con la presente divulgación se refiere a una pieza o tocho 500 de metal en polvo prensado isostáticamente en caliente fabricado de acuerdo con realizaciones no limitantes de procedimientos de acuerdo con la presente divulgación. La FIG. 8 representa una sección transversal del tocho 500 todavía encapsulado en un bote 502 deformado de acuerdo con la presente divulgación. El tocho 500 comprende al menos una cara 504 final sustancialmente plana. En realizaciones no limitantes, el tocho 500 de metal en polvo prensado isostáticamente en caliente comprende una superaleación a base de níquel. Después de la eliminación del bote 502 por mecanizado y/o decapado con ácido, por ejemplo, el tocho 500 requiere poco o ningún mecanizado adicional para presentar una cara 504 final plana antes de la forjatura por recalcado u otro procesado del tocho. En otra realización no limitante, el tocho 500 de metal en polvo prensado isostáticamente en caliente comprende una de entre una aleación RR1000 de Rolls Royce, una aleación Alloy 10 y una aleación ASTROLOY de bajo contenido en carbono, cuyas composiciones son conocidas por aquellos que tienen una experiencia ordinaria en el campo de la metalurgia. Como se conoce en la técnica, la aleación RR1000 tiene la siguiente composición nominal, en porcentaje en peso: 55 de Ni, 14,5 de Cr, 16,5 de Co, 4,5 de Mo y el resto Ni. La Alloy 10 se desvela en la patente de Estados Unidos n.º 6.890.370, que se incorpora en el presente documento por referencia en su totalidad. La aleación Alloy 10 tiene el siguiente intervalo composicional, en porcentaje en peso: 14,0-18,0 de Co, 10,0-11,5 de Cr, 3,45-4,15 de Al, 3,60-4,20 de Ti, 0,45-1,5 de Ta, 1,4-2,0 de Nb, 0,03-0,04 de C, 0,01-0,025 de B, 0,05-0,15 de Zr, 2,0-3,0 de Mo, 4,5 W+Re y el resto Ni. En una realización preferida, la relación Mo/(W+Re) para la Alloy 10 está en el intervalo de 0,25 a 0,5. En otra realización, cuando la Alloy 10 no contiene renio, la relación Mo/W está en el intervalo de aproximadamente 0,25 a aproximadamente 0,5. Como se conoce en la técnica, la aleación ASTROLOY de bajo contenido en carbono tiene la siguiente composición, en porcentaje en peso: 3,85-4,14 de Al, 0,015-0,0235 de B, 0,020-0,040 de C, 14,0-16,0 de Cr, 16,0-18,0 de Co, 4,50-5,50 de Mo, 52,6-58,3 de Ni y 3,35-3,65 de Ti.

Los ejemplos que siguen están destinados a describir con más detalle ciertas realizaciones no limitantes, sin restringir el alcance de la presente invención. Las personas que tienen una experiencia normal en la técnica comprenderán que son posibles variaciones de los siguientes ejemplos dentro del alcance de la invención, que está definida únicamente por las reivindicaciones.

### Ejemplo 1

Se construyeron dos placas terminales para bote de HIPping de acuerdo con el diagrama en la FIG. 9A y en la FIG. 9B. Las placas terminales se mecanizaron a partir de una placa de 3,5 pulgadas (8,89 cm) de acero inoxidable AISI T-304. Las placas terminales estaban sustancialmente libres de defectos superficiales y tenían una rugosidad superficial de 125 RMS. Una de las placas terminales se mecanizó para incluir un taladro central con un diámetro de 1,002 pulgadas (2,546 cm). Cada placa terminal pesaba alrededor de 161 libras (73,028 kg).

**Ejemplo 2**

Un bote de HIPping de acuerdo con una realización de la presente divulgación se preparó como sigue. Una lámina con una anchura de 62,75 pulgadas (159,385 cm) de acero inoxidable AISI T-304 de 0,5 pulgadas (1,27 cm) de espesor se soldó por arco sumergido para formar una parte de cuerpo de bote cilíndrica que tiene un diámetro exterior de 24,28 pulgadas (61,67 cm). Todas las soldaduras se hicieron de acuerdo con la American Society of Mechanical Engineers Boiler and Pressure Vessel Code (*Código de Calderas y Recipientes a Presión de la Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos*). La costura lateral soldada se inspeccionó por rayos X para garantizar integridad. Placas terminales del Ejemplo 1 se soldaron TIG en cada extremo del cilindro de acero inoxidable para formar un bote de HIPping. Un taladro de 1 pulgada (2,54 cm) de diámetro se proporcionó en el centro de una de las placas terminales, mientras que la segunda placa terminal era maciza y carecía de taladro. Un tubo de acero inoxidable T-304 de 13 pulgadas (33,02 cm) de longitud con un diámetro exterior de 1,5 pulgadas (3,81 cm) y un diámetro interior de 1,0 pulgada (2,54 cm) se soldó TIG a la periferia del taladro para proporcionar un vástago de relleno que permitiera introducir polvo en, y que fuera retirado el aire de, el volumen interior del bote de HIPping.

**Ejemplo 3**

El volumen interior del bote de HIPping del Ejemplo 2 se limpió a fondo con tela abrasiva (rueda de aletas), se enjuagó con agua desionizada, y se purgó a través del vástago de relleno. La pared interior del bote se sometió a electropulido después utilizando un procedimiento electroquímico, se enjuagó con agua desionizada y se secó. Después de secar, el bote de HIPping se llenó con 5.471,5 libras (2.481,83 kg) de polvo de aleación de RR1000. El bote de HIPping relleno de polvo se colocó en un horno con salida de gases y se evacuó a una presión de menos de 1 Torr (133,32 Pa), y el vástago de relleno se engastó para sellar herméticamente el bote. El bote se colocó entonces en un horno de HIP. El horno de HIP se presurizó con gas argón y se calentó de acuerdo con el gráfico de temperatura-tiempo de la FIG. 10 A y el gráfico de presión-tiempo de la FIG. 10B. El bote de HIPping colapsó y el polvo dentro del bote se consolidó hasta un tocho macizo. Después del HIPping, el bote de HIPping y el tocho consolidado en él se retiraron del horno de HIP y se dejaron enfriar a temperatura ambiente. La FIG. 11 es una fotografía del bote de HIPping que incluye el tocho de aleación de RR1000 consolidado en él después de terminar el procedimiento de HIPping.

**Ejemplo 4**

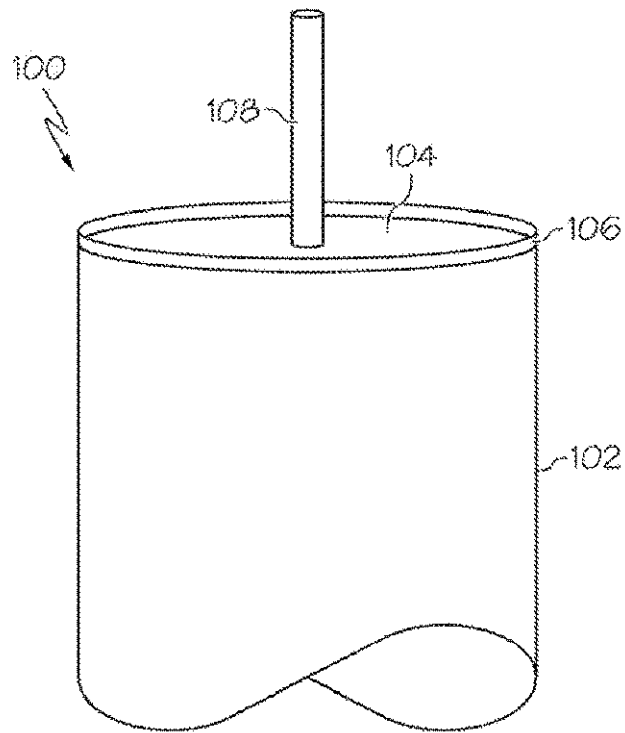
Después del HIPping, el bote sometido a HIP que incluye el tocho consolidado en el mismo fabricado en el Ejemplo 3 se enfría hasta temperatura ambiente. El bote puede ser decapado en ácido clorhídrico o sulfúrico para disolver el bote y exponer el tocho de aleación RR1000. Los extremos del tocho de aleación son más planos que los extremos de un tocho similar fabricado por un procedimiento de HIP de manera idéntica, pero utilizando un bote de HIPping convencional.

Se entenderá que la presente descripción ilustra aquellos aspectos relevantes de la invención para una clara comprensión de la invención. Ciertos aspectos que serían evidentes para aquellos de experiencia ordinaria en la técnica y que, por lo tanto, no facilitarían una mejor comprensión de la invención no se han presentado con el fin de simplificar la presente descripción. Aunque, en el presente documento, sólo se describen necesariamente un número limitado de realizaciones de la presente invención, aquel con experiencia ordinaria en la materia, al considerar la descripción que antecede, reconocerá que se pueden emplear muchas modificaciones y variaciones de la invención. Se entiende que todas estas variaciones y modificaciones de la invención están incluidas por la descripción anterior y las siguientes reivindicaciones.

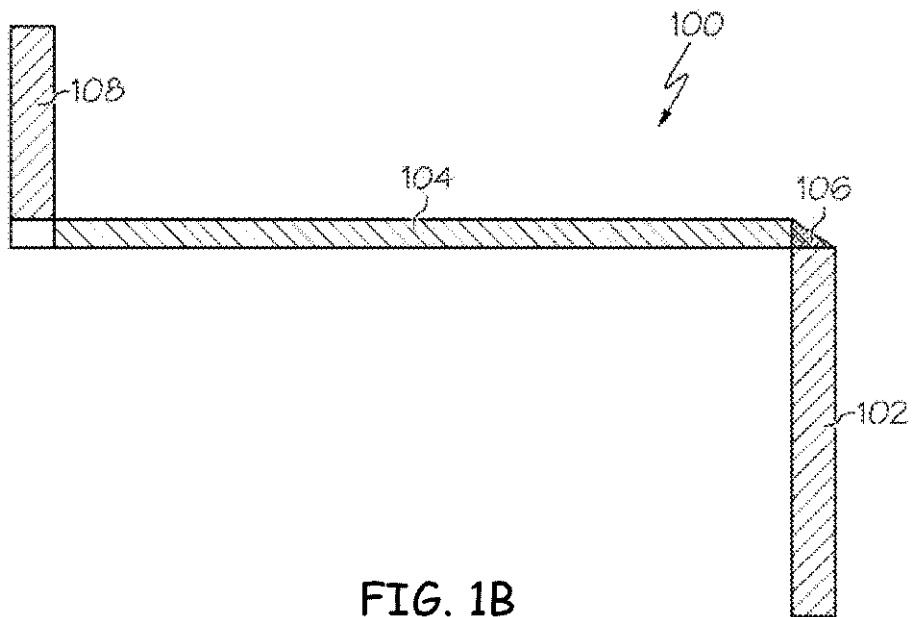
**REIVINDICACIONES**

1. Una placa terminal de un bote de prensado isostático, comprendiendo la placa terminal:
  - una zona central; y
  - una zona principal que se extiende radialmente desde la zona central y que termina en una esquina en torno a una periferia de la placa terminal, incluyendo la esquina un labio periférico configurado para encajar con una parte de cuerpo del bote;
  - en la que un espesor de la placa terminal se incrementa desde la zona central hasta la esquina y define un ángulo de conicidad; y
  - en el que una superficie interior de la esquina incluye una parte redondeada por la que la zona principal tiene una transición suave hacia el labio periférico.
2. La placa terminal de la reivindicación 1, que comprende además:
  - una cara exterior sustancialmente plana; y
  - una cara interior, en la que el ángulo de conicidad está definido por una distancia que se incrementa entre la cara exterior y la cara interior en la zona principal a medida que se incrementa una distancia desde la zona central.
3. La placa terminal de la reivindicación 2, en la que el labio periférico comprende un chaflán configurado para aceptar un cordón de soldadura para soldar la placa terminal a una parte de cuerpo de un bote de prensado isostático en caliente.
4. La placa terminal de la reivindicación 2, que comprende además al menos un vástago de relleno, en el que el al menos un vástago de relleno está configurado para permitir una comunicación fluida con un volumen interior de un bote de prensado isostático en caliente cuando la placa terminal está fijada a una parte de cuerpo del bote de prensado isostático en caliente.
5. La placa terminal de la reivindicación 4, en la que la placa terminal incluye solo un único vástago de relleno.
6. La placa terminal de la reivindicación 2, en la que la placa terminal comprende al menos uno de entre un acero bajo en carbono, un acero dulce y un acero inoxidable.
7. La placa terminal de la reivindicación 2, en la que al menos una parte de la placa terminal comprende un acabado de electropulido.
8. La placa terminal de la reivindicación 2, en la que la placa terminal está configurada para ser fijada a una parte de cuerpo cilíndrica de un bote de prensado isostático en caliente.
9. Un bote de prensado isostático en caliente de un material en polvo, comprendiendo el bote:
  - una parte de cuerpo cilíndrica que incluye un primer extremo circular y un segundo extremo circular;
  - una primera placa terminal de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, soldada al primer extremo circular de la parte de cuerpo cilíndrica; y
  - una segunda placa terminal soldada al segundo extremo circular de la parte de cuerpo cilíndrica.
10. El bote de prensado isostático en caliente del material en polvo de la reivindicación 9, en el que la segunda placa terminal comprende:
  - una zona central; y
  - una zona principal que se extiende radialmente desde la zona central y que termina en una esquina en torno a una periferia de la placa terminal, incluyendo la esquina un labio periférico configurado para encajar con un parte de cuerpo del bote;
  - en el que un espesor de la placa terminal se incrementa desde la zona central hasta la esquina y define un ángulo de conicidad; y
  - en el que una superficie interior de la esquina incluye una parte redondeada por la que la zona principal tiene una transición suave hacia el labio periférico.
11. Un procedimiento de prensado isostático en caliente de un material en polvo, comprendiendo el procedimiento:
  - proporcionar un bote de prensado isostático en caliente, comprendiendo el bote
  - una parte de cuerpo cilíndrica que incluye un primer extremo circular y un segundo extremo circular,
  - una primera placa terminal soldada al primer extremo circular de la parte de cuerpo cilíndrica, comprendiendo la primera placa terminal
  - una zona central, y
  - una zona principal que se extiende radialmente desde la zona central y que termina en una esquina en torno a una periferia de la placa terminal, incluyendo la esquina un labio periférico configurado para encajar con una parte de cuerpo del bote,
  - en el que un espesor de la placa terminal se incrementa desde la zona central hasta la esquina y define un

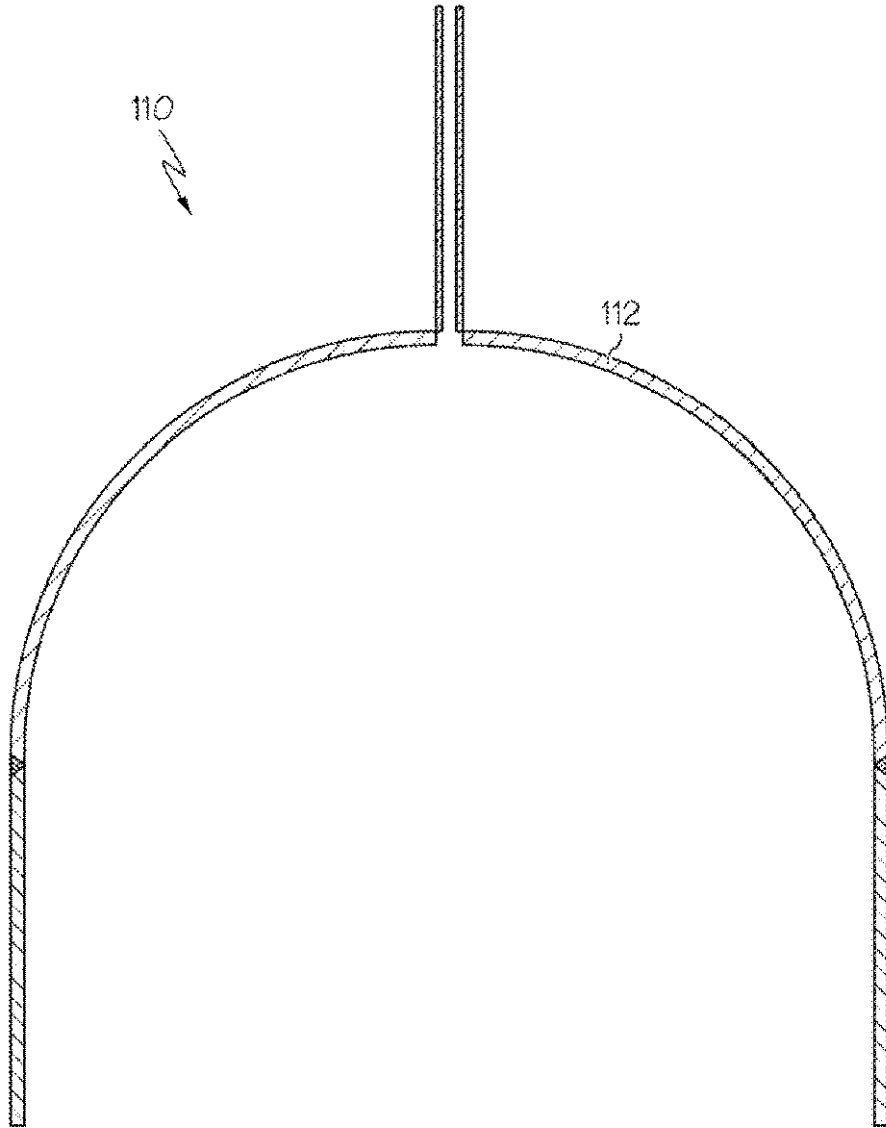
- ángulo de conicidad, y  
en el que una superficie interior de la esquina incluye una parte redondeada por lo que la zona principal tiene una transición suave hacia el labio periférico,  
un vástago de relleno unido a la primera placa terminal, en el que el vástago de relleno proporciona comunicación fluida con un volumen interior del bote, y  
5 una segunda placa terminal soldada al segundo extremo circular de la parte de cuerpo cilíndrica;  
disponer al menos un polvo metalúrgico en el bote a través del vástago de relleno;  
evacuar el aire del bote a través del vástago de relleno;  
engastar el vástago de relleno para sellar herméticamente el bote; y  
10 prensar isostáticamente en caliente el bote de proporcionar un tocho de prensado isostático en caliente.
12. El procedimiento de la reivindicación 11, en el que la primera placa terminal del bote comprende además:  
una cara exterior sustancialmente plana; y  
una cara interior, en la que el ángulo de conicidad está definido por una distancia que se incrementa entre la cara exterior y la cara interior de la zona principal a medida que se incrementa una distancia desde la zona central.
- 15 13. El procedimiento de la reivindicación 11, en el que el polvo metalúrgico es polvo de una superaleación a base de níquel.
14. El procedimiento de la reivindicación 11, en el que el polvo metalúrgico es uno de entre un polvo de aleación Rolls Royce RR1000, un polvo de aleación de Alloy 10 y un polvo de aleación ASTROLOY bajo en carbono.



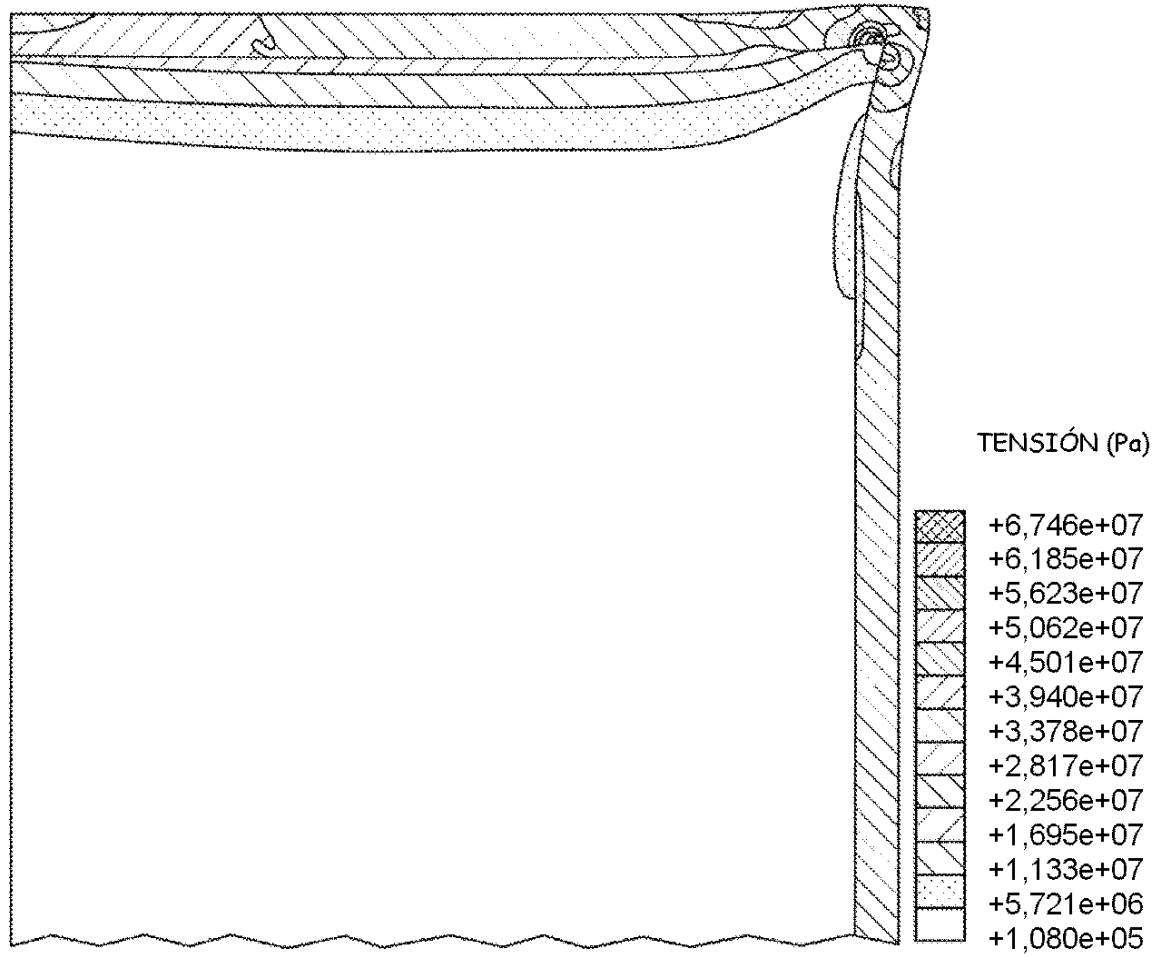
**FIG. 1A**  
(TÉCNICA ANTERIOR)



**FIG. 1B**  
(TÉCNICA ANTERIOR)



**FIG. 2**  
(TÉCNICA ANTERIOR)



**FIG. 3**  
(TÉCNICA ANTERIOR)

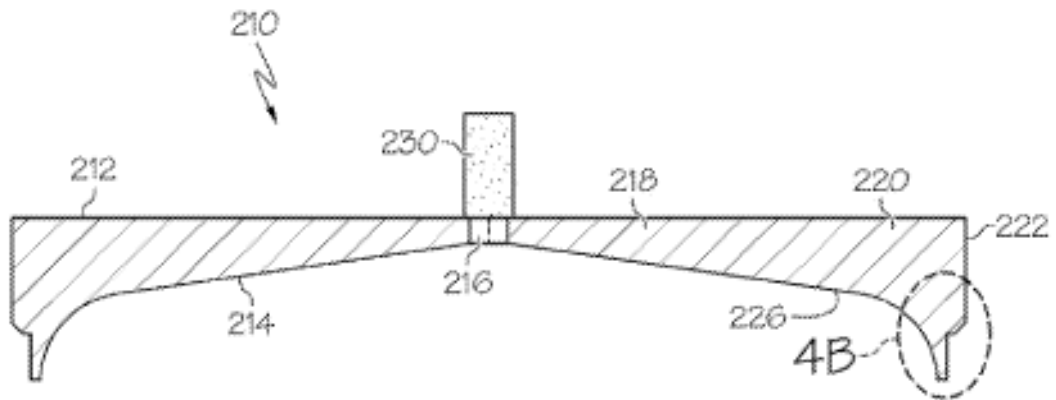


FIG. 4A

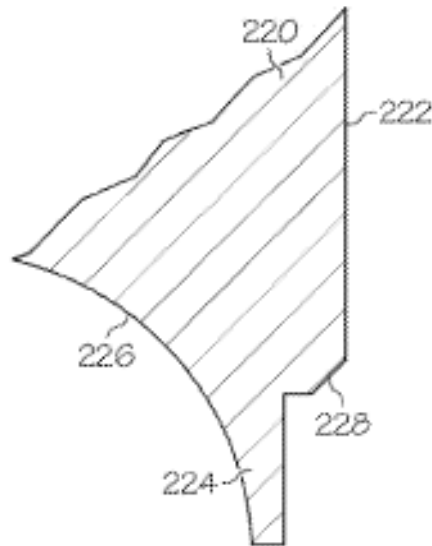
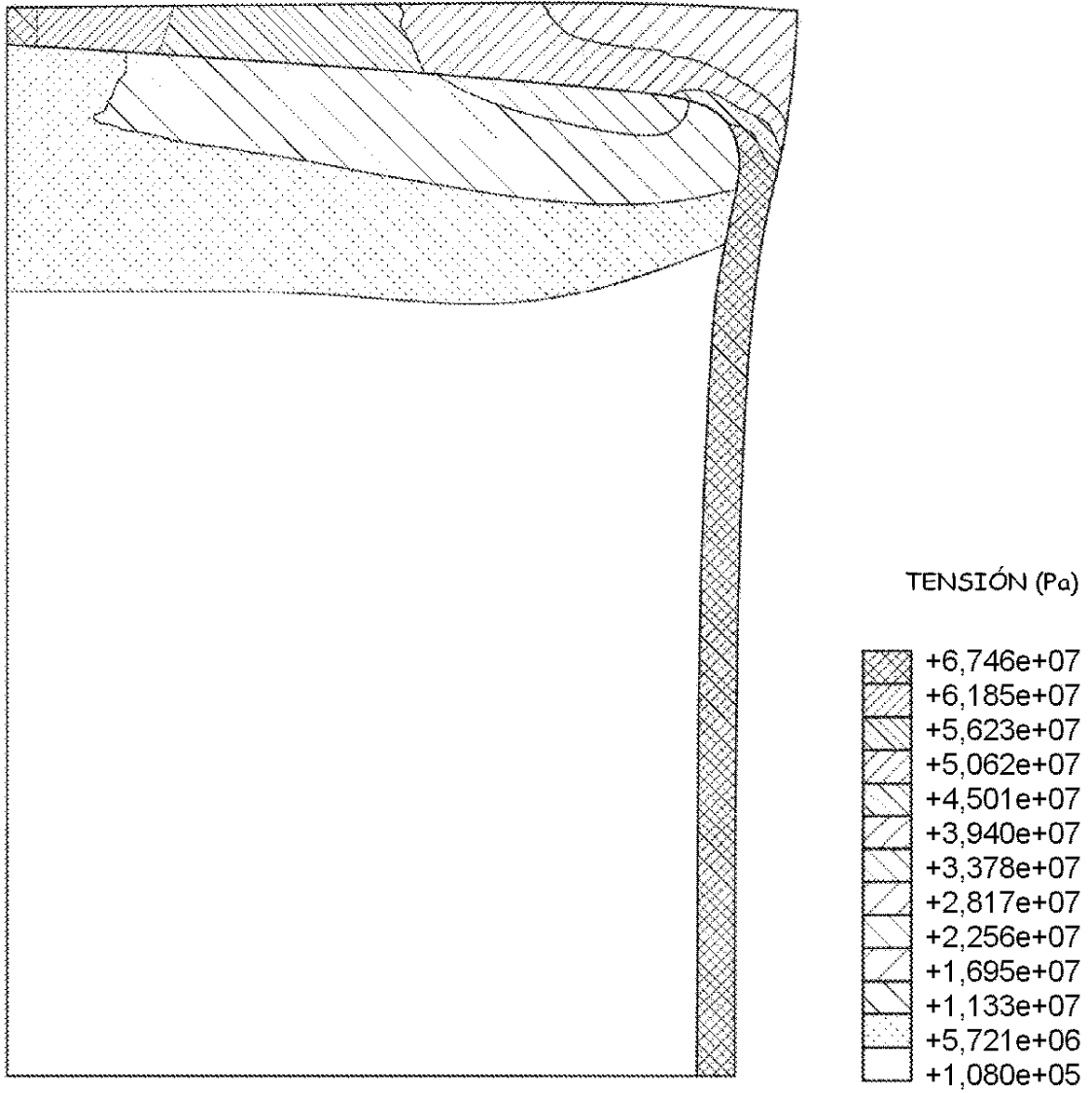


FIG. 4B





**FIG. 5**  
(TÉCNICA ANTERIOR)

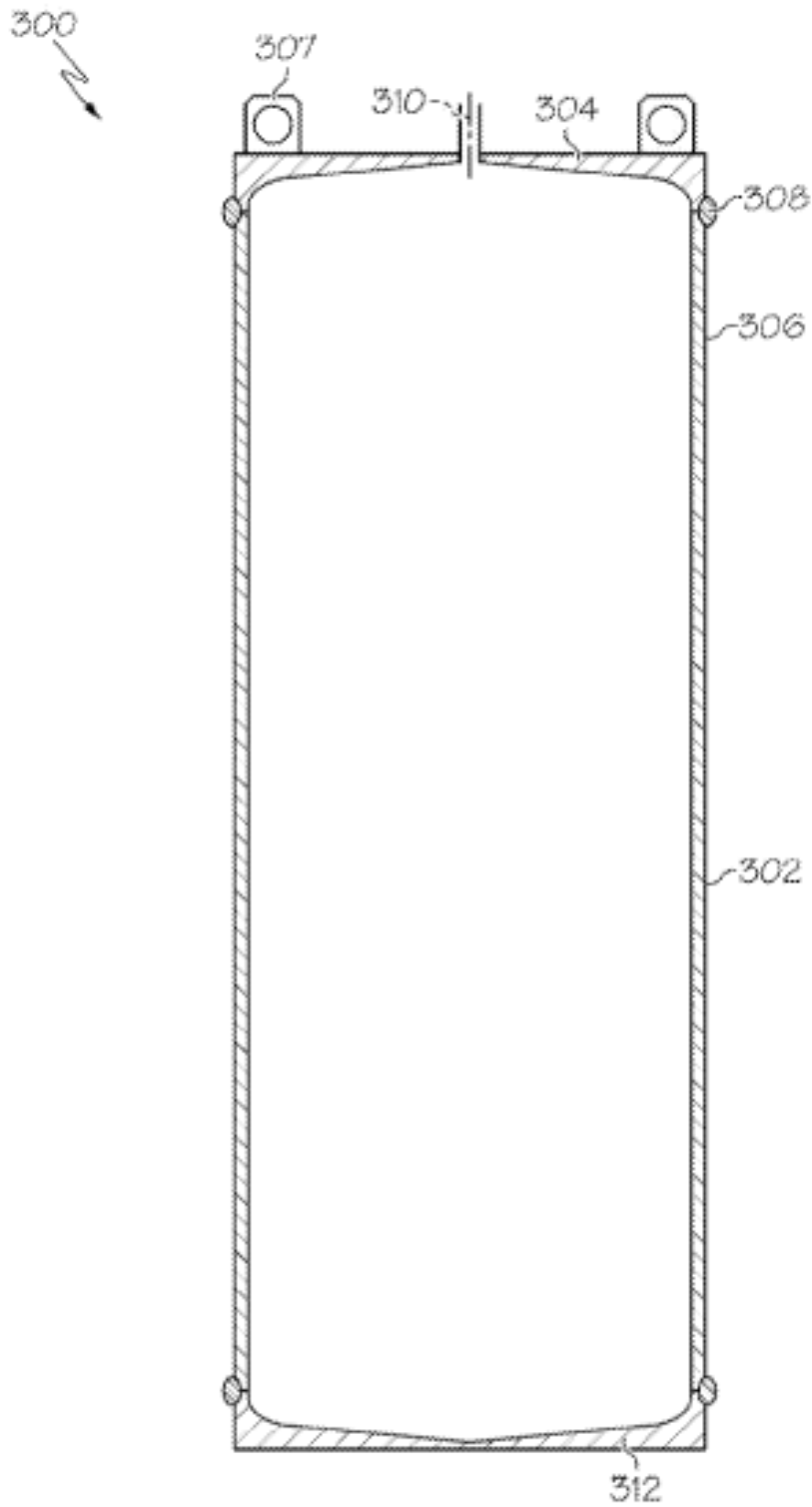


FIG. 6

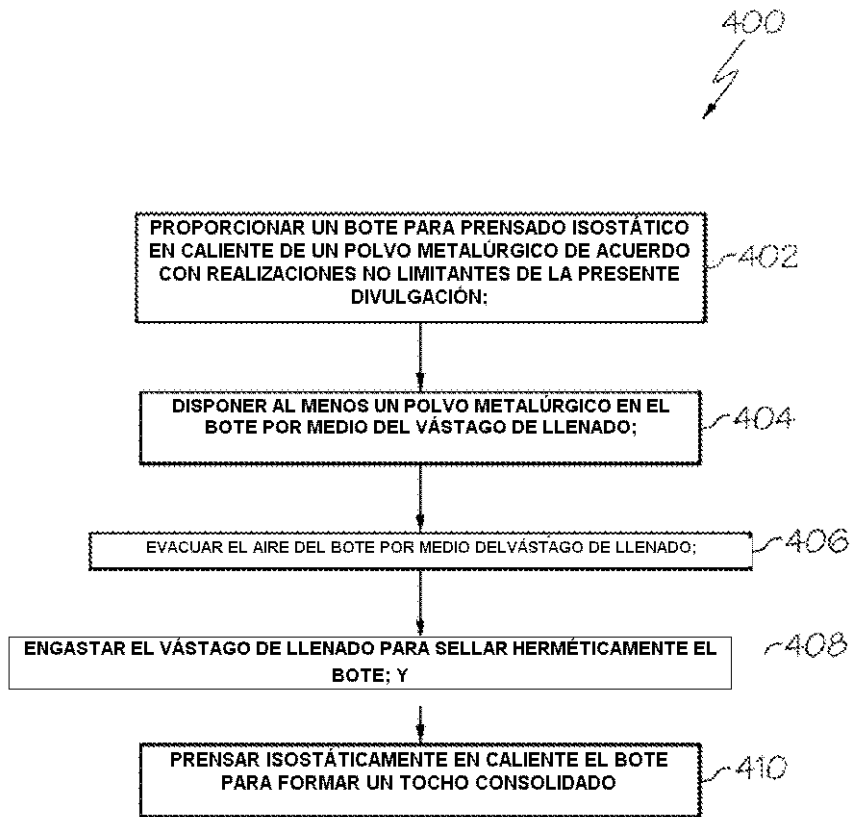


FIG. 7

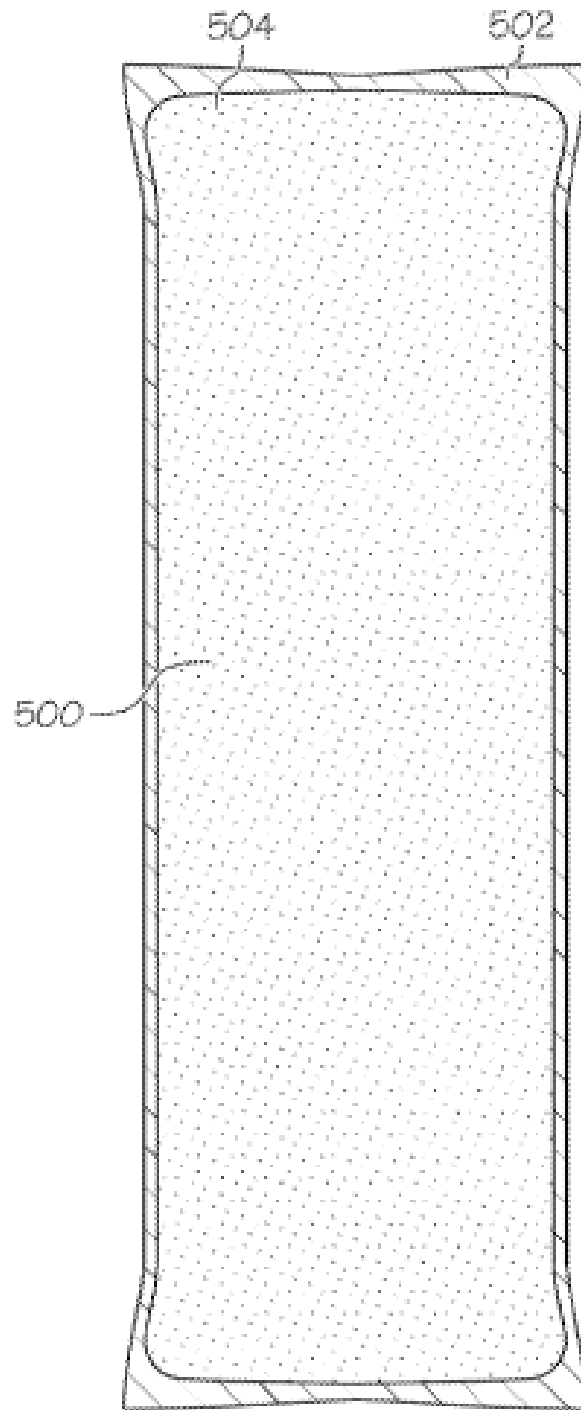
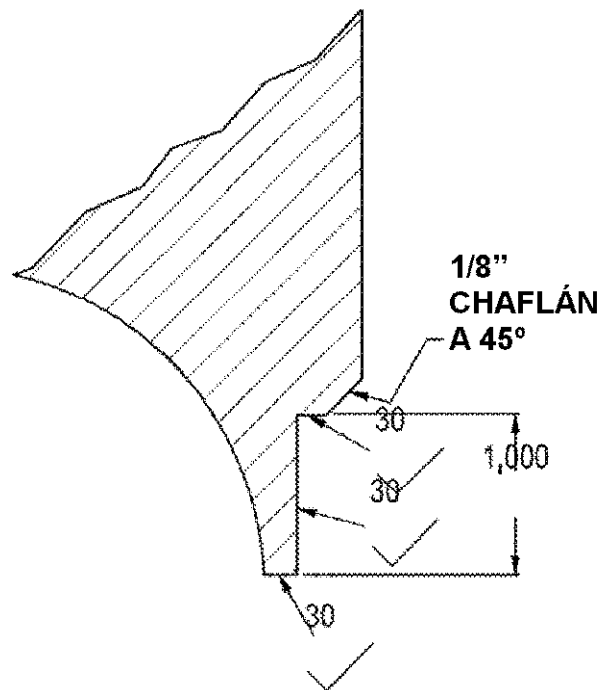
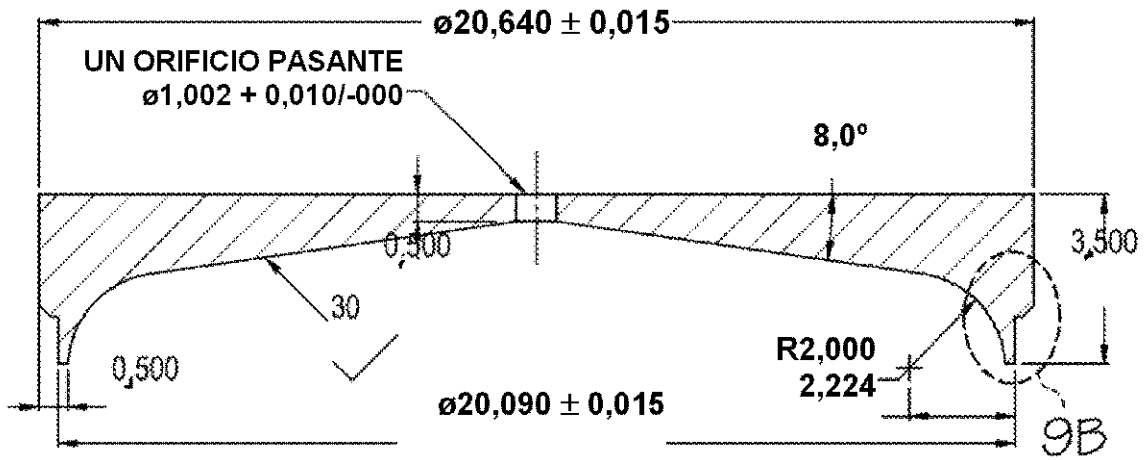


FIG. 8



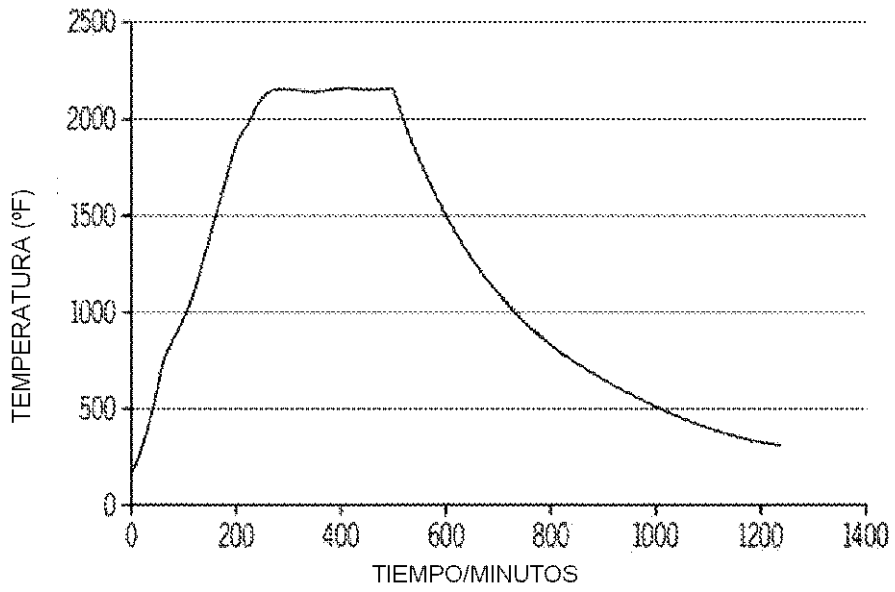


FIG. 10A

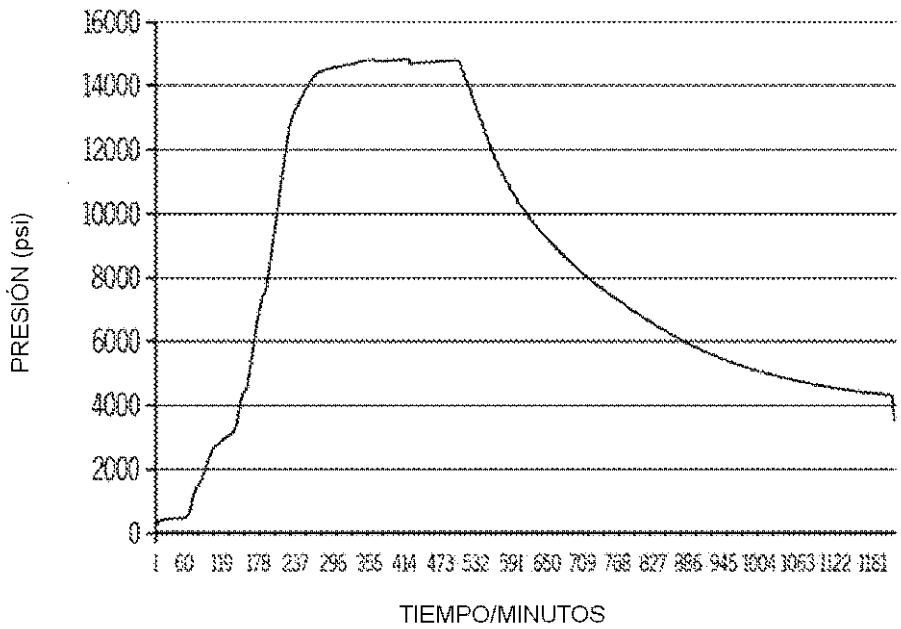


FIG. 10B

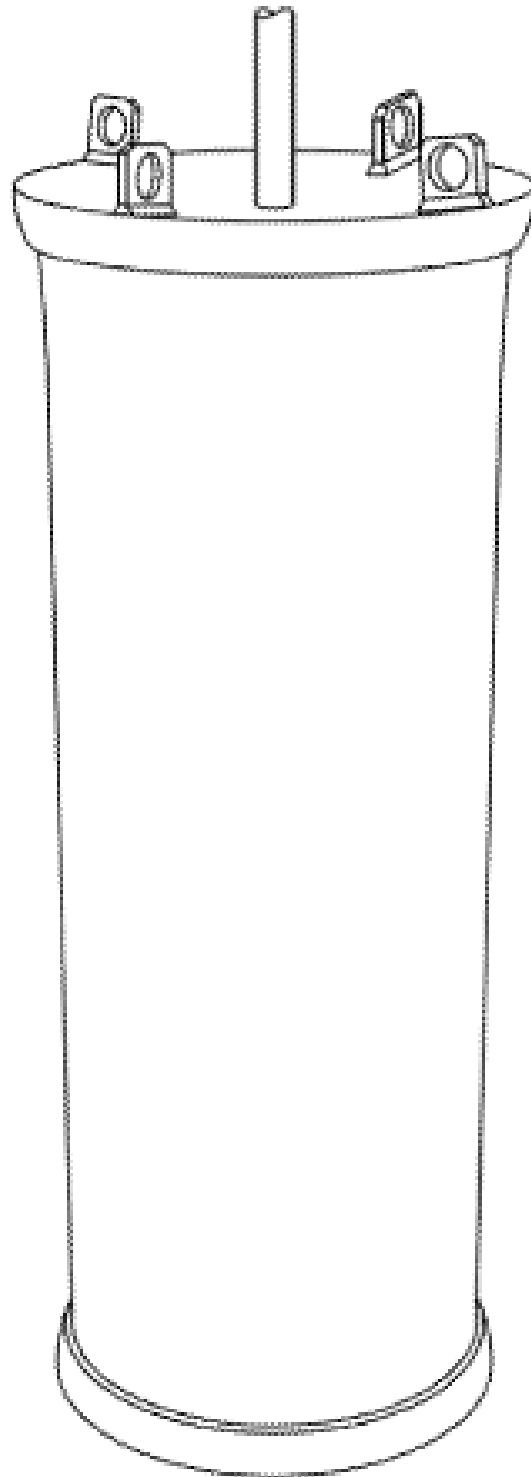


FIG. 11