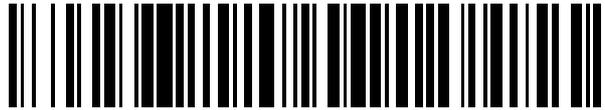


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 488 491**

51 Int. Cl.:

**B22D 11/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.06.2008 E 08772842 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **23.07.2014 EP 2188079**

54 Título: **Fundición secuencial de metales que tiene el mismo o coeficientes similares de contracción**

30 Prioridad:

**29.08.2007 US 966603 P**

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

**27.08.2014**

73 Titular/es:

**NOVELIS, INC. (100.0%)  
3560 Lenox Road, Suite 2000  
Atlanta, GA 30326, US**

72 Inventor/es:

**WAGSTAFF, ROBERT BRUCE y  
BISCHOFF, TODD F.**

74 Agente/Representante:

**UNGRÍA LÓPEZ, Javier**

**ES 2 488 491 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

Fundición secuencial de metales que tiene el mismo o coeficientes similares de contracción

### 5 **Campo técnico**

Esta invención se refiere a la fundición de metales, en particular aluminio y aleaciones de aluminio, mediante técnicas de fundición de enfriamiento directo (DC). Más particularmente, la invención se refiere a la cofundición de capas de metal mediante fundición de enfriamiento directo que implica la solidificación secuencial.

10

### **Antecedentes de la técnica**

Los lingotes de metal son comúnmente producidos por fundición de enfriamiento directo de metales fundidos. Esto implica el vertido de un metal fundido en un molde que tiene paredes enfriadas, un extremo superior abierto y (después del arranque) un extremo inferior abierto. El metal fundido se introduce en el molde en el extremo superior abierto y se enfría y se solidifica (al menos exteriormente) a medida que pasa a través del molde. El metal solidificado en forma de un lingote emerge desde el extremo inferior abierto del molde y desciende a medida que avanza la operación de fundición. En otros casos, la fundición se lleva a cabo horizontalmente, pero el procedimiento es esencialmente el mismo. Tales técnicas de fundición son especialmente adecuadas para la fundición de aluminio y aleaciones de aluminio, pero se pueden emplear también para otros metales.

15

20

Las técnicas de fundición DC de este tipo se describen ampliamente en la patente US No. 6.260.602 de Wagstaff, que se refiere exclusivamente a la fundición de lingotes monolíticos, es decir, lingotes hechos del mismo metal en su totalidad y fundidos en una sola capa. Aparatos y procedimientos para la fundición de estructuras de capas mediante técnicas de solidificación secuencial se describen en la publicación de patente US No. 2005/0011630 A1 de Anderson et al. La solidificación secuencial implica la fundición de una primera capa y, a continuación, posteriormente pero en la misma operación de fundición, fundir una capa de otros metales sobre la primera capa una vez que ha alcanzado un grado adecuado de solidificación. Las variaciones incluyen la fundición de capas exteriores de un primer lingote de múltiples capas, y luego fundir una capa de núcleo a las capas exteriores una vez que las capas exteriores se han solidificado adecuadamente.

25

30

El documento US 4.567.936 divulga un procedimiento y un sistema para la fundición de un artículo de metal compuesto, donde uno de los principales componentes estructurales del lingote comprende una aleación de aluminio-litio. Se evita que el componente de aluminio-litio durante la fundición entre en contacto directo con el refrigerante de enfriamiento, con el que el litio podría reaccionar violentamente.

35

El documento WO 2007/098583 describe un procedimiento y un aparato para la fundición de metales para formar un lingote que tiene al menos dos capas formadas mediante solidificación secuencial.

40

Aunque estas técnicas son eficaces y exitosas, se ha descubierto por parte del inventor de la presente invención que pueden surgir dificultades cuando se intenta emplear la técnica de solidificación secuencial con ciertas combinaciones de aleaciones, particularmente las que tienen los mismos o coeficientes de contracción muy similares sobre la solidificación y el enfriamiento. En particular, cuando tales metales se funden secuencialmente, se ha encontrado que la capa de revestimiento puede no unirse de forma segura con la capa de núcleo como sería de desear, en particular, en la región central del lingote compuesto.

45

Por tanto, existe una necesidad de mejorar el equipo y las técnicas de fundición cuando se cofunden metales de este tipo.

### 50 **Divulgación de la invención**

Una realización de ejemplo proporciona un aparato para la fundición de un lingote de metal compuesto. El aparato comprende una cavidad de molde generalmente rectangular de extremo abierto que tiene una porción de extremo de entrada, una abertura de extremo de descarga, y un bloque inferior móvil adaptado para ajustarse dentro del extremo de descarga y para mover axialmente del molde durante la fundición. Al menos una pared divisoria enfriada se proporciona en la porción de extremo de entrada del molde para dividir la porción de extremo de entrada en al menos dos cámaras de alimentación. El aparato incluye un alimentador para alimentar metal para una capa interior a una de las al menos dos cámaras de alimentación y al menos un alimentador adicional para alimentar metal para al menos una capa exterior en al menos otra de las cámaras de alimentación. La al menos una pared divisoria tiene una superficie de contacto de metal que, en uso, contacta con el metal de la al menos una capa exterior, inclinándose la superficie que está dispuesta en un ángulo alejándose del metal de la capa exterior en una dirección de flujo de metal a través del molde, siendo el ángulo mayor en un centro de la al menos una pared divisora que en posiciones adyacentes a los extremos longitudinales de la al menos una pared divisora.

60

65

Otra realización de ejemplo proporciona un procedimiento de fundición de un lingote compuesto, que comprende las etapas de: proporcionar un aparato para la fundición de un lingote de metal compuesto, incluyendo el aparato una

cavidad de molde generalmente rectangular de extremo abierto que tiene una porción de extremo de entrada, una abertura de extremo de descarga, y un bloque de fondo móvil adaptado para encajar dentro del extremo de descarga y para mover axialmente el molde durante la fundición, al menos una pared divisoria enfriada en la porción de extremo de entrada del molde para dividir la porción de extremo de entrada en al menos dos cámaras de alimentación, y un alimentador para alimentar metal para una capa interior a una de las al menos dos cámaras de alimentación y al menos un alimentador adicional para alimentar metal para al menos una capa exterior a al menos otra de las cámaras de alimentación, donde la al menos una pared divisoria tiene una superficie de contacto de metal que en uso contacta con el metal de la al menos una capa exterior, estando dispuesta la superficie en un ángulo que se inclina alejándose del metal de la capa exterior en una dirección de flujo de metal a través del molde, y siendo el ángulo mayor en un centro de la al menos una pared divisoria que en posiciones adyacentes a los extremos longitudinales de la al menos una pared divisoria; alimentar un metal para una capa interior para una de las al menos dos cámaras de alimentación; alimentar un metal para al menos una capa exterior de al menos otra de las cámaras de alimentación, donde el metal para la capa interior y el metal para la al menos una capa exterior se eligen para tener los mismos o similares coeficientes de contracción; y mover axialmente el bloque inferior del molde para permitir que un lingote emerja desde la abertura del extremo de descarga del aparato.

Otra realización de ejemplo proporciona un procedimiento de fundición de un lingote de metal compuesto que tiene una capa interior hecha de un metal y al menos una capa de revestimiento exterior de otro metal, que comprende las etapas de:

proporcionar un aparato para la fundición de un lingote de metal compuesto, siendo dicho aparato un aparato de fundición de enfriamiento directo que tiene al menos una pared divisoria que forma al menos dos cámaras en dicho aparato, estando dispuesta dicha al menos una pared divisoria en un ángulo inclinado hacia el exterior en una dirección hacia abajo alejándose del metal suministrado para dicha al menos una capa exterior, y siendo dicho ángulo mayor en un centro de dicha al menos una pared divisoria que en posiciones en dicha dicha al menos una pared divisoria adyacente a los extremos longitudinales de la misma; alimentar metal para una capa interior en una de dichas al menos dos cámaras de alimentación; alimentar un metal para al menos una capa exterior en al menos otra de dichas cámaras de alimentación, donde dicho metal para la capa interior y el metal para la al menos una capa exterior se eligen para tener los mismos o similares coeficientes de contracción. No se entiende realmente por qué la cofundición de metales de coeficientes similares de contracción puede causar problemas de adherencia entre las capas de metal resultantes, pero esto se ha observado empíricamente por los inventores de la presente invención.

Los coeficientes de contracción de metales y aleaciones son generalmente bien conocidos y fácilmente disponibles a partir de trabajos de referencia, ya que se considera que son una de las propiedades esenciales que necesitan ser conocidas para diversos usos de los metales. Las comparaciones de los coeficientes, y el cálculo de sus diferencias porcentuales, por lo tanto, pueden realizarse fácilmente para combinaciones de metales especificados mediante medios aritméticos simples.

El término "coeficientes similares de contracción", como se usa en el presente documento significa que los coeficientes de las aleaciones difieren en menos del 30%. Parece que hay poco o ningún beneficio en la utilización de la presente invención cuando la diferencia de los coeficientes es del 30% o más. En muchos casos, las diferencias relevantes de los coeficientes para su uso ventajoso con la presente invención son menos del 25%, menos del 20%, menos del 15% y, más comúnmente, menos del 10%.

Debe apreciarse que el término "rectangular", como se usa en las reivindicaciones y en la descripción de esta memoria significa que incluye el término "cuadrado", y que términos tales como arriba y abajo (hacia arriba y hacia abajo) se refieren a ejemplos que implican técnicas de fundición verticales y deben modificarse apropiadamente cuando se consideran técnicas de fundición horizontales.

Mediante el término "en un ángulo inclinado alejándose del metal para la capa exterior" y terminología similar usada en esta memoria, significa que la superficie de la pared divisoria que contacta el metal destinado para una capa exterior de un lingote fundido se inclina o se estrecha hacia la capa interior del lingote y, por lo tanto, alejándose de la capa exterior, en la dirección de la fundición, es decir, la dirección de flujo de metal a través del molde.

### Breve descripción de los dibujos

La figura 1 es una sección transversal vertical de un aparato de fundición propuesto adecuado para su uso con realizaciones de ejemplo de la presente invención;

La figura 2 es una ilustración esquemática de una región de contacto entre las aleaciones de metal en parte del aparato de la figura 1, mostrando regiones de metales sólidos, líquidos y semisólidos, ya que se cree por parte del inventor que se producen durante la fundición;

Las figuras 3A a 3D son dibujos que ilustran una forma de una pared divisoria utilizada en el aparato del tipo mostrado en la figura 1, mostrándose la pared divisoria en perspectiva y en secciones transversales ilustrativas;

La figura 4 es un ejemplo alternativo de una pared divisoria configurada según una realización de ejemplo de la presente invención;

La figura 5 es una representación de un extremo de un lingote que se funde en el aparato de un tipo que se muestra en la figura 1 (visto como una sección vertical a lo largo de la línea central del lingote); la figura muestra la profundidad de un colector de aceite del metal fundido en posiciones que se acercan a una superficie de extremo del lingote; y

5 La figura 6 es una sección transversal de división vertical de un aparato de colada, algo similar a la mostrada en la figura 1, pero configurado de acuerdo con una realización de ejemplo de la presente invención, que muestra una sección transversal parcial adyacente a un extremo longitudinal del lingote y una segunda sección transversal parcial en el centro del lingote.

## 10 Descripción detallada de las realizaciones de ejemplo

La presente invención se puede emplear o utilizarse con aparatos de fundición del tipo descrito, por ejemplo, en la publicación de la patente US No. 2005/0011630, publicada el 20 de enero de 2005 a nombre de Anderson et al. Este aparato hace que sea posible fundir metales mediante solidificación secuencial para formar al menos una capa exterior (por ejemplo, una capa de revestimiento) sobre una capa interior (por ejemplo, una capa de núcleo o lingote). La invención también emplea y extiende técnicas descritas en la patente US No. 6.260.602 de Wagstaff.

20 Debe explicarse que los términos "exterior" e "interior" se usan en este documento de manera bastante libre. Por ejemplo, en una estructura de dos capas, es posible que, estrictamente hablando, no hay capa exterior o capa interior como tal, pero una capa exterior normalmente se considera que es una que está destinada a estar expuesta a la atmósfera, a la intemperie o a la vista, cuando se fabrica en un producto final. Además, la capa "exterior" es a menudo más delgada que la capa "interior", usualmente de manera considerable, y por lo tanto se proporciona como una capa de recubrimiento delgada o revestimiento sobre la capa subyacente "interior" o lingote de núcleo. En el caso de lingotes destinados a laminación en caliente y/o en frío para formar artículos laminares, a menudo es deseable recubrir las dos principales caras (láminas) del lingote, en cuyo caso hay ciertamente capas "exteriores" e "interiores" reconocibles. En tales circunstancias, la capa interior se conocen a menudo como un "núcleo" o "lingote de núcleo" y las capas exteriores se conocen como "capas de revestimiento" o "revestimiento".

30 La figura 1 muestra un aparato de fundición 10 propuesto, basado en conceptos divulgados en Anderson et al., que se utiliza para la fundición de una capa exterior 11 en ambas superficies principales (caras de laminación) de una capa interior rectangular o lingote de núcleo 12. Se apreciará que, en esta versión del aparato, las capas de revestimiento se solidifican primero durante la fundición (al menos parcialmente) y a continuación la capa de núcleo 12 se funde en contacto con las capas de revestimiento. Los ejemplos de realización se refieren principalmente a este tipo de configuración. El aparato incluye un conjunto de molde de fundición 13 generalmente rectangular que tiene paredes del molde 14 que forman parte de una camisa de agua 15 desde la que se suministra una corriente periférica 16 de agua de refrigeración sobre un lingote emergente 17. Los lingotes de fundición de esta manera son generalmente de sección transversal rectangular y normalmente tienen un tamaño de hasta 70 pulgadas por 35 pulgadas. A menudo se utilizan para laminación en una lámina de revestimiento en una muela de laminación por medio de procedimientos de laminación en caliente y en frío convencionales. Debe tenerse en cuenta que las paredes del molde 14 pueden, en algunas realizaciones, estar inclinadas ligeramente hacia fuera en los centros (cuando se considera en vista en planta) para permitir la contracción del lingote a medida que se enfría, impartiendo de este modo al lingote enfriado una forma rectangular más precisa.

45 Una porción de extremo de entrada 18 del molde está separada por dos paredes divisorias 19 (a veces llamadas como "refrigerador" o "paredes de refrigeración") en tres cámaras de alimentación, una para cada capa de la estructura del lingote. Las paredes divisorias 19, que a menudo están hechas de cobre para una buena conductividad térmica, se mantienen frías mediante equipos de refrigeración de agua fría (no mostrados) en contacto con las paredes divisorias en posiciones por encima de los niveles del metal fundido. En consecuencia, las paredes divisorias enfrían y eventualmente solidifican el metal fundido que entra en contacto con las mismas. Como se representa mediante las flechas A, cada una de las tres cámaras se suministra con metal fundido hasta un nivel deseado a través de boquillas de suministro de metal fundido separadas 20 equipadas con un regulador ajustable (no mostrado) para mantener una altura constante de superficie de metal en las respectivas cámaras de alimentación. El metal 24 elegido para las capas exteriores 11 es usualmente diferente del metal 23 del núcleo 12, si bien esta necesidad no siempre es el caso, ya que a veces es deseable fundir entre sí capas separadas del mismo metal. Una unidad de bloque inferior verticalmente móvil 21 cierra inicialmente un extremo inferior abierto 22 del molde, y se baja a continuación, durante la fundición (como se indica mediante la flecha B) mientras se soporta el lingote de material compuesto embrionario 17, cuando sale del molde.

60 La figura 2 es una ampliación de la región del aparato de la figura 1 adyacente a la pared divisoria izquierda 19 donde el metal 23 de la capa de núcleo 12 y el metal 24 de la capa de revestimiento izquierda 11 entran en contacto mutuo en (o en algunos casos por debajo de) el molde. Las aleaciones de metal, cuando pasan del estado líquido al estado sólido, pasan por un estado semisólido o "blando" intermedio cuando la temperatura del metal se encuentra entre la temperatura de líquido y la temperatura de sólido del metal en cuestión. El metal 24 que forma la capa de revestimiento 11 tiene una región de colector fundido 25 (es decir, un charco de metal fundido), una zona semisólida o pastosa 26 por debajo y alrededor del colector fundido, y una región totalmente sólida 27 generalmente por debajo de la zona pastosa, y estas regiones están muy contorneadas de la manera mostrada debido a los efectos del

enfriamiento de la pared del molde 14 y la pared divisoria 19. Se teoriza que la superficie 28 de la capa de revestimiento 11 inmediatamente por debajo de la pared divisoria enfriada 19 se convierte en totalmente sólida, pero a una temperatura que sigue estando sólo ligeramente por debajo de la temperatura de sólido del metal en cuestión. Esta superficie se pone en contacto con el metal fundido 23 de la capa de núcleo 12 algo por debajo del extremo inferior de la pared divisoria 19, y el calor del metal fundido del núcleo eleva la temperatura de la superficie sólida 28 de la capa de revestimiento en las posiciones del primer contacto. Esto hace que el metal en una región poco profunda 29 en la superficie de metal 28 se convierta en "blanda" cuando su temperatura se eleva a un nivel entre las temperaturas de sólido y líquido del metal de revestimiento. La región 29 de la capa de revestimiento permanece rodeada por el metal sólido 27.

Por razones que actualmente no se entienden completamente, los inventores han encontrado que, cuando los metales de las capas de núcleo y de revestimiento son iguales, o tienen coeficientes similares de contracción (por ejemplo, menos del 30%, y preferiblemente menos del 10%), la capa de revestimiento se puede unir temporalmente contra la superficie interior 40 de la pared divisoria enfriada, en lugar de fluir suavemente sobre esta superficie al realizarse la fundición. Este efecto es quizás debido a las fuerzas de contracción generadas cuando los metales se enfrían, y es más notable en el centro del molde, es decir, la región central entre los extremos longitudinales del molde. Se ha observado que el movimiento hacia abajo de las capas de revestimiento se detiene durante un breve período de tiempo, y luego se desliza rápidamente para compensar el movimiento estancado. Durante el tiempo en que la capa de revestimiento deja de moverse, puede ser que el calor siga siendo extraído por la pared divisoria enfriada 19 y el metal en la superficie 28 se enfríe demasiado. Cuando esta superficie demasiado enfriada desciende y hace contacto con el metal fundido 23 del lingote de núcleo, el recalentamiento para formar la porción blanda 29 en la capa de revestimiento puede no tener lugar en absoluto, o puede ser más limitado de lo que sería el caso. Por consiguiente, la adhesión deseada producida por el recalentamiento se reduce o se elimina. Esto puede causar una separación no deseada de las capas durante el posterior laminado u otros tratamientos del lingote revestido.

Se teoriza que el problema indicado es peor en el centro del lingote que en los extremos, porque el colector de metal fundido de la capa de núcleo es más profundo en el centro del lingote emergente (donde se introduce el metal fundido). Esta profundidad significativa provoca que se desarrollen mayores fuerzas de contracción dentro del lingote de núcleo en esta región, tirando de ese modo la capa de revestimiento hacia la pared divisoria. Cuando se solidifica el metal fundido, las fuerzas de contracción se desarrollan en paralelo a la superficie de solidificación. En consecuencia, cuando el colector es profundo, la longitud de la superficie de solidificación entre la capa de revestimiento y el centro del lingote es más larga, y la fuerza desarrollada en consecuencia es más alta que en las posiciones donde el colector es menos profundo.

Las realizaciones de ejemplo superan este problema estrechando o inclinando las paredes divisorias 19 en la superficie 40 que contacta con el metal de la(s) capa(s) de revestimiento. Esto significa que la superficie 40 de la pared divisoria 19 que contacta y restringe el metal de la capa exterior o de revestimiento está dispuesta en un ángulo inclinado alejado del metal para la capa exterior (es decir, inclinada hacia el interior, hacia la capa de núcleo) en la dirección desde la parte superior a la parte inferior de la pared divisoria. El ángulo de conicidad se hace relativamente alto en la región central del molde y se disminuye entre el centro y los extremos longitudinales del molde. El ángulo de conicidad reduce al mínimo el contacto y las fuerzas ejercidas entre el metal de la capa de revestimiento y la superficie de la pared divisoria. El ángulo de conicidad se elige preferiblemente para optimizar la reducción de las fuerzas (y por lo tanto para reducir al mínimo la probabilidad de unión o adhesión del metal durante la fundición) mientras que todavía mantiene un contacto suficiente para el guiado adecuado y el enfriamiento del metal. Por ejemplo, en el aparato de fundición del tipo mostrado en la figura 1, la pared divisoria 19 puede ser cónica o en ángulo desde la vertical en un ángulo que está preferiblemente en el intervalo de 1 a 10°, y más preferiblemente de 3 a 7°, en el centro del molde, pero se reduce a menos de 3°, y más preferiblemente menos de 2°, o incluso menos de 1°, en o adyacente a los extremos longitudinales del molde donde se cree que las fuerzas de contracción son menores. Los ángulos realmente seleccionados pueden depender de los coeficientes relativos de contracción del metal de las capas interiores y exteriores en cualquier caso particular.

El aumento de la conicidad de las paredes divisorias hacia sus respectivos centros se ilustra esquemáticamente en las figuras 3A a 3D, donde el ángulo de conicidad en el centro se representa como el ángulo  $\theta$ , y el ángulo de conicidad en o adyacente a los extremos longitudinales se representa mediante el ángulo  $\theta'$ . El ángulo  $\theta$  en el centro es preferiblemente al menos dos veces el ángulo  $\theta'$  en los extremos, pero esto puede depender de las aleaciones particulares empleadas. Cualquier grado de incremento en el ángulo de conicidad hacia el centro de la pared divisoria se encuentra a menudo que es beneficioso, pero la duplicación preferida o más proporciona mejoras significativas. El ángulo más preferido para cualquier conjunto particular de circunstancias puede determinarse fácilmente de manera empírica mediante la realización de operaciones de fundición de prueba utilizando diferentes ángulos y observando los resultados. Por supuesto, uno se dará cuenta de que una angulación de la superficie de la pared divisoria sólo es necesaria en la región donde la superficie contacta con el metal de la capa exterior del lingote, es decir, hacia el extremo inferior de la pared divisoria, pero la totalidad de la superficie puede estar en ángulo por simplicidad de fabricación u operación.

El aumento en el ángulo de conicidad de la superficie 40 de la pared divisoria 19 hacia el centro puede realizarse de forma gradual y linealmente a lo largo de la longitud de la pared divisoria desde el centro hacia los extremos longitudinales. Sin embargo, no siempre es necesario aumentar el ángulo de conicidad de esta manera. En otra realización de ejemplo, el ángulo de conicidad en los extremos de la pared divisoria permanece constante una cierta distancia y luego aumenta hasta un ángulo adecuado para la región central. Las posiciones en las que aumenta el ángulo de conicidad (o empieza a aumentar) a cada lado hacia el interior desde los extremos puede tomarse como aproximadamente en un cuarto de punto de la longitud del lingote. Es decir, una región central de la conicidad constante (máxima) se extiende a través de la región central (el segundo y tercer cuartos) a aproximadamente el primer cuarto de punto y tercer cuarto de punto a lo largo de la pared divisoria, y luego el ángulo de conicidad disminuye (y luego puede permanecer constante) en el primer y cuarto cuartos más distantes. Una pared divisoria cónica de esta manera se muestra en la figura 4. Una posible razón para esto puede explicarse con referencia a la figura 5.

La figura 5 es una representación de una región de extremo de un lingote durante su fundición, tomada a lo largo de una sección vertical en la línea central (indicada como el plano de revestimiento térmico). En esta vista, se omite el aparato de fundición y sólo se muestra el metal fundido. El metal fundido se muestra como transparente por razones de claridad, mientras que el metal sólido está representado mediante líneas cruzadas. Las superficies (mostradas en líneas discontinuas) representan las transiciones de metal fundido a sólido (estando las regiones semisólidas omitidas por simplicidad). El enfriamiento se realiza desde la superficie de extremo 50 del lingote, así como la superficie lateral 52, por lo que el colector de metal fundido llega a ser progresivamente más superficial a medida que se aproxima la superficie de extremo 50. Usualmente hay un punto 54 (a menudo alrededor de la posición del cuarto o tercer cuarto a lo largo del lingote) donde la parte inferior de los ángulos de colector se inclina hacia arriba con un índice pronunciado, y luego un punto adicional 56 donde la parte inferior del colector se hace aún más pronunciada, y en general hay una bifurcación cuando se encuentran las paredes de la parte inferior paralelas a la superficie de extremo y la superficie lateral. En el otro lado del punto 54 hacia el centro del lingote donde se introduce el metal fundido, la parte inferior del colector permanece generalmente horizontal o varía sólo en un ángulo de poca profundidad, hasta que se encuentra un punto equivalente a 54 en el lado opuesto del lingote. En tal caso, las fuerzas de contracción que actúan sobre el lingote y la capa de revestimiento disminuyen a medida que se aproxima al extremo 50, empezando en los puntos donde el colector se convierte en menos profundo. Esto es debido a que las fuerzas de contracción disminuyen a medida que disminuye la profundidad del colector. El ángulo de conicidad de la pared divisoria correspondiente puede permanecer constante (y más alto) en la región central del lingote donde el colector es más profundo y la parte inferior es generalmente horizontal, y cambia (convirtiéndose en cónico en un ángulo menor) adyacente al punto 54, o posiblemente, el punto 56. Los ángulos de conicidad pueden cambiar bruscamente en una distancia corta, o gradualmente hacia la superficie de extremo del lingote. El cambio en la conicidad puede coincidir exactamente con el cambio de profundidad del colector en posiciones a lo largo del lingote (es decir, el ángulo de conicidad disminuye desde el centro hasta el extremo del lingote proporcionalmente a la profundidad del colector), pero esto puede ser difícil de lograr en la práctica y no es generalmente necesario. Una aproximación normalmente será suficiente, ya que puede ser difícil determinar el contorno exacto de la parte inferior del colector cuando se funde un lingote.

Además de ser cónica en un ángulo creciente hacia su centro, la pared divisoria 19 también puede ser arqueada hacia el exterior (de la manera mostrada en la figura 7 de la solicitud de patente US N° serie 2005/0011630) para acomodar la contracción de las caras laterales largas del lingote durante el enfriamiento y la solidificación. Esto compensará la "inclinación hacia el interior" de estas caras y producirá superficies laterales más cercanas a la forma plana ideal que es deseable para su laminado en artículos laminares.

Aunque no se muestra en los dibujos, las superficies de fundición interiores de las paredes del molde largas 14 pueden ser verticales, o pueden ser ellas mismas cónicas, es decir inclinadas hacia el exterior, hacia la parte inferior del molde (en cuyo caso el ángulo de conicidad normalmente sería de hasta aproximadamente 1°). Cuando se emplea una conicidad de este tipo para la pared del molde 11, sin embargo, se mantiene generalmente la misma para toda la longitud de la pared del molde.

La figura 6 es una vista similar a la de la figura 1, que muestra un aparato de fundición de acuerdo con una realización de ejemplo de la invención. La figura está dividida verticalmente por el centro de la aparato de fundición. El lado derecho muestra el aparato en sección transversal vertical en el punto central longitudinal del lingote, y el lado izquierdo muestra el molde de fundición en una posición hacia un extremo longitudinal del lingote.

Las dos mitades del dibujo muestran los diferentes ángulos ( $\theta$  y  $\theta'$ ) de las paredes divisorias 19 en estas diferentes posiciones, así como la variación en la altura del punto de solidificación central del metal de la capa interior en estos puntos. Se verá que el ángulo de conicidad  $\theta'$  hacia el extremo del lingote es mucho menor que en el centro (ángulo  $\theta$ ).

La presente invención puede ser de particular beneficio cuando se funden conjuntamente las siguientes combinaciones de aleación. Se apreciará que estas combinaciones de aleación se proporcionan sólo como ejemplos, y que la fundición conjunta de otras combinaciones de aleación también puede beneficiarse de la invención. En las siguientes combinaciones de aleación, los números de identificación AA se utilizan para identificar

las composiciones de las aleaciones y la aleación del revestimiento se da primero:

3003/3104

6063/6111 y

5005/5052.

5

La descripción anterior se refiere a la formación de un lingote rectangular, pero una variación similar la conicidad se puede emplear para cualquier forma de revestimiento donde se encuentra una reducción de la adhesión en el centro del lingote. En general, la invención es eficaz cuando la(s) capa(s) de revestimiento se funde(n) primero.

**REIVINDICACIONES**

1. Aparato (10) para la fundición de un lingote de metal compuesto, que comprende:

5 una cavidad de molde (13) generalmente rectangular de extremos abiertos que tiene una porción de extremo de entrada (18), una abertura de extremo de descarga (22), y un bloque inferior móvil (21) adaptado para encajar dentro del extremo de descarga y que se mueve axialmente en el molde durante la colada; al menos una pared divisoria enfriada (19) en la porción de extremo de entrada del molde para dividir la porción de extremo de entrada en al menos dos cámaras de alimentación; y  
 10 un alimentador (20) para la alimentación de metal (23) para una capa interior (12) a una de dichas al menos dos cámaras de alimentación y al menos un alimentador adicional (20) para la alimentación de metal (24) para al menos una capa exterior (11) a al menos una otra de dichas cámaras de alimentación; y **caracterizado porque** dicha al menos una pared divisoria tiene una superficie de contacto con metal (40) en uso que contacta con dicho metal de dicha al menos una capa exterior, estando dispuesta dicha superficie en un ángulo inclinado alejándose de dicho metal de dicha capa exterior en una dirección de flujo de metal a través de dicho molde, siendo dicho ángulo mayor en un centro de dicha al menos una pared divisora que en posiciones adyacentes a los extremos longitudinales de dicha al menos una pared divisora.

20 2. Aparato según la reivindicación 1, en el que dicho al menos un alimentador adicional (20) está colocado para introducir dicho metal para dicha capa exterior en dicho molde en una posición en dicho molde más cerca de dicha porción de extremo de entrada del molde que dicho alimentador (20) para la alimentación de dicho metal para dicha capa interior.

25 3. Aparato según la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en el que dicho ángulo de dicha superficie de dicha al menos una pared divisoria en dicho centro es al menos el doble dicho ángulo en dichas posiciones adyacentes a dichos extremos longitudinales del mismo.

30 4. Aparato según una cualquiera de las reivindicaciones 1, 2 ó 3, en el que dicho ángulo de dicha al menos una pared divisoria es de al menos 3° en dicho centro y no más de 2° en posiciones adyacentes a dichos extremos longitudinales del mismo.

35 5. Aparato según cualquier reivindicación anterior, en el que dicho ángulo de dicha al menos una pared divisoria está en un intervalo de 3 a 7° en dicho centro y en un intervalo de 1 a 2° en las posiciones adyacentes a dichos extremos longitudinales del mismo.

6. Aparato según cualquier reivindicación anterior, en el que dicha al menos una pared divisoria tiene una región central alargada, y en el que dicho ángulo permanece constante dentro de dicha región central y luego disminuye más allá de dicha región central de dichas posiciones adyacentes a dichos extremos longitudinales.

40 7. Aparato según cualquier reivindicación anterior, en el que, en uso, dicha capa interior tiene un colector de metal fundido que tiene variaciones en la profundidad desde un extremo longitudinal de dicha capa a otro extremo longitudinal, y en el que las variaciones de dicho ángulo de dicha superficie de dicha al menos una pared divisoria tienen lugar en posiciones que corresponden a variaciones significativas de la profundidad de dicho colector.

45 8. Aparato según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el que las variaciones de dicho ángulo de dicha superficie de dicha al menos una pared divisoria tienen lugar gradualmente y linealmente entre dichos extremos longitudinales del mismo.

50 9. Aparato según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en el que las variaciones de dicho ángulo de conicidad de dicha superficie de dicha al menos una pared divisoria tienen lugar aproximadamente en un cuarto de punto y tres cuartos de punto lo largo de dicha pared divisoria.

55 10. Un procedimiento de fundición de un lingote de metal compuesto (17) que tiene una capa interior (12) hecha de un metal (23) y al menos una capa de revestimiento exterior (11) de otro metal (24) que comprende las etapas de:

proporcionar un aparato (10) para la fundición de un lingote de metal compuesto, siendo dicho aparato un aparato de colada con enfriamiento directo que tiene al menos una pared divisoria (19) que forma al menos dos cámaras en dicho aparato, estando dispuesto dicha al menos una pared divisoria en un ángulo inclinado hacia el exterior en una dirección hacia abajo alejándose del metal suministrado por dicha al menos una capa exterior, y  
 60 siendo dicho ángulo mayor en un centro de dicha al menos una pared divisoria que en las posiciones en dicha al menos una pared divisoria adyacente a los extremos longitudinales de la misma; alimentar metal para una capa interior en una de dichas al menos dos cámaras de alimentación; y alimentar un metal para al menos una capa exterior de al menos una otra de dichas cámaras de alimentación, en el que dicho metal para la capa interior y el metal para la al menos una capa exterior se eligen para tener los  
 65 mismos o similares coeficientes de contracción.

11. Un procedimiento según la reivindicación 10, en el que dicho metal de dicha capa interior y dicho metal de dicha al menos una capa exterior se eligen para tener similares pero no los mismos coeficientes de contracción.

5 12. Un procedimiento según la reivindicación 10 o la reivindicación 11, en el que dicho metal de dicha al menos una capa exterior se introduce en dicho molde en una posición en dicho molde superior a una posición elegida para la introducción de dicho metal para dicha capa interior.

10 13. Un procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 10, 11 ó 12, en el que dicho ángulo en dicho centro se elige para estar en el intervalo de 3 a 7° y el ángulo adyacente a dichos extremos longitudinales se elige para estar en el intervalo de 1 a 2°.

15 14. Un procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 10 a 13, en el que el aparato (10) está configurado según la reivindicación 1 y el procedimiento comprende además la etapa de mover dicho bloque inferior (21) axialmente en dicho molde para permitir que un lingote emerja de dicha abertura de extremo de descarga de dicho aparato.

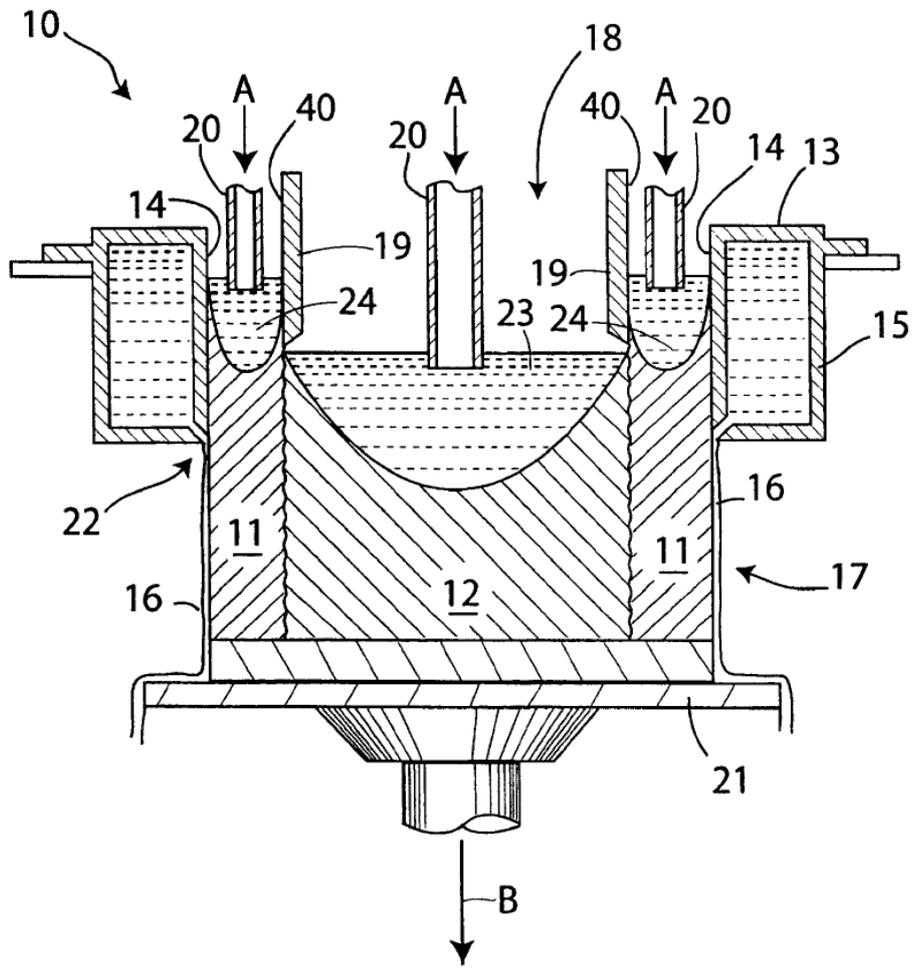


Fig. 1

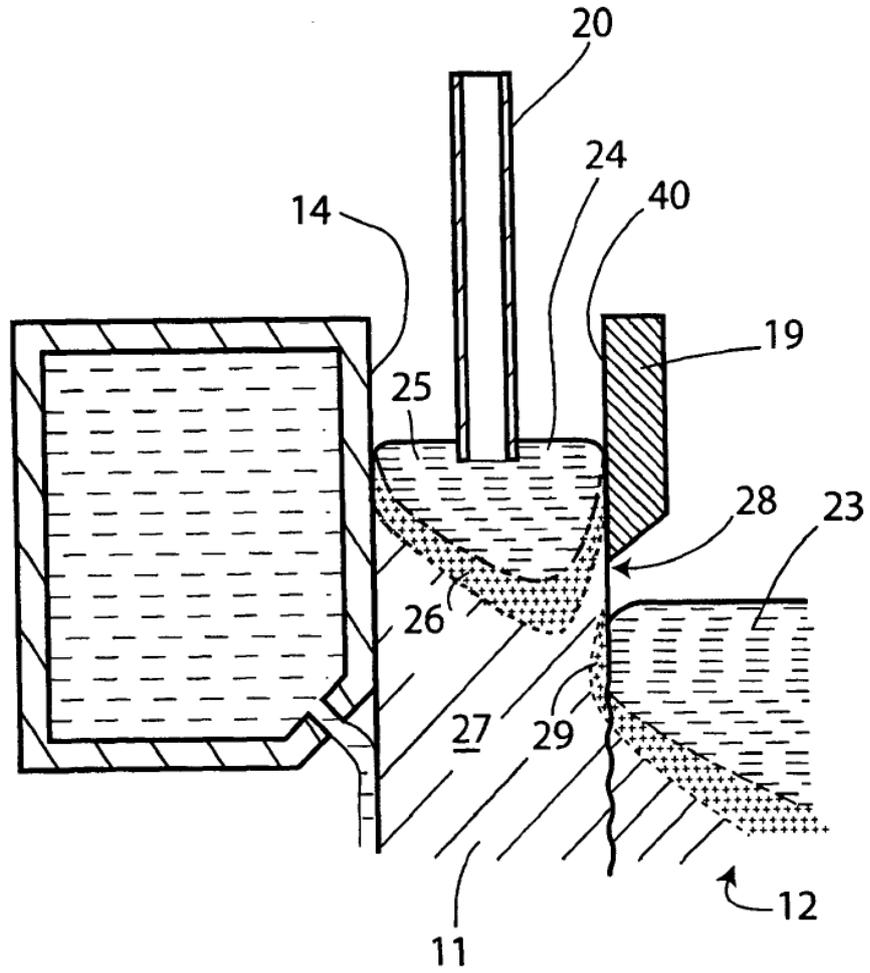


Fig. 2

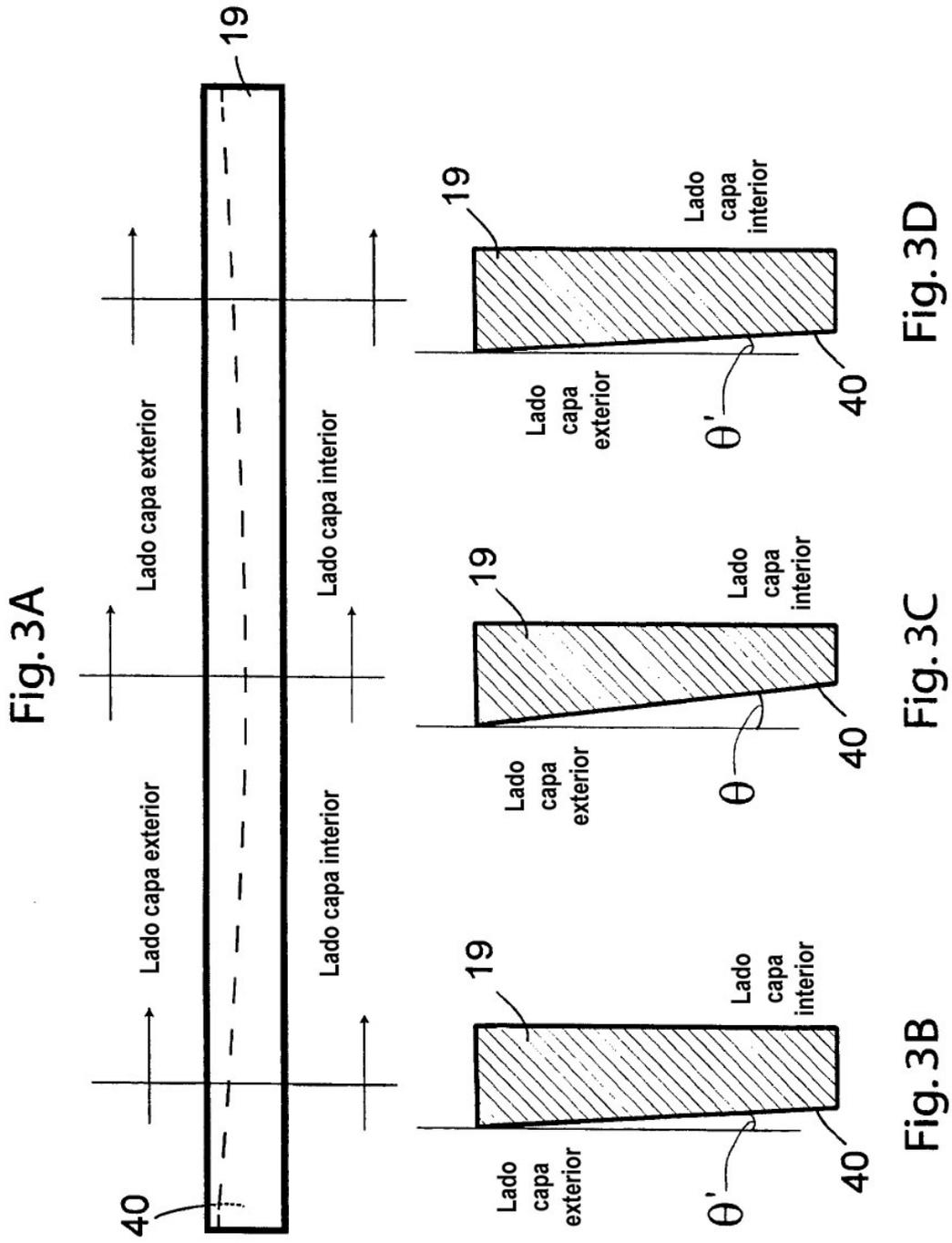
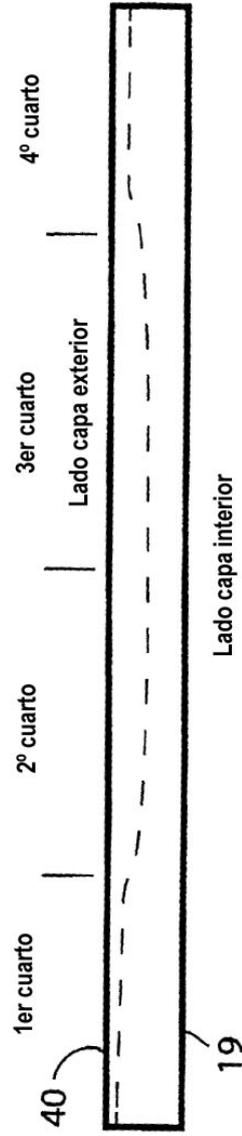


Fig. 4



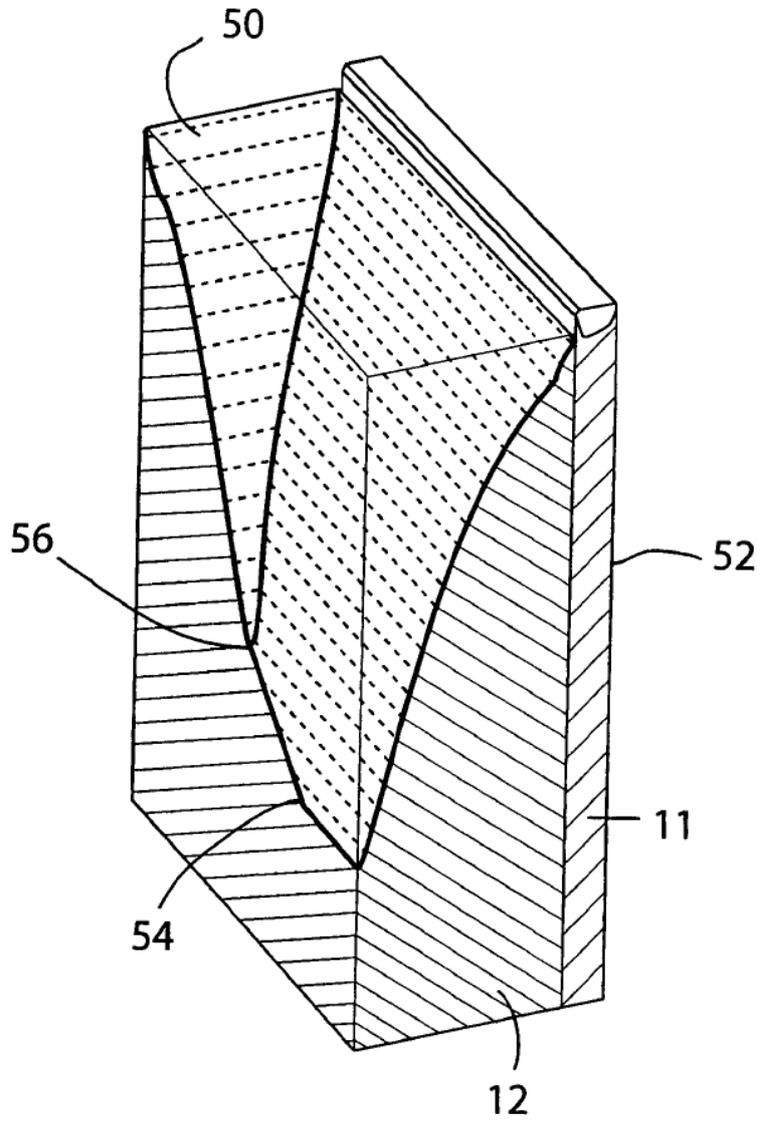


Fig. 5

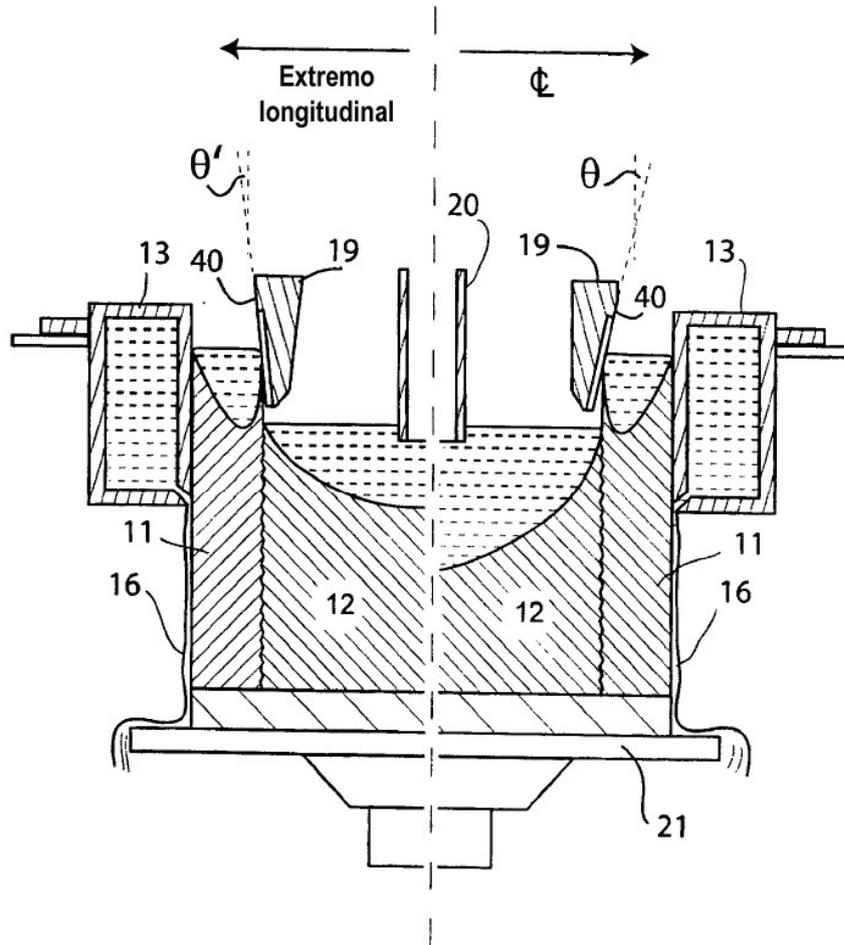


Fig. 6