

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 437 863**

51 Int. Cl.:

B22D 11/00

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.02.2007** **E 07710655 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.09.2013** **EP 2007535**

54 Título: **Colada secuencial de metales que tienen coeficientes de contracción altos**

30 Prioridad:

01.03.2006 US 777914 P

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

14.01.2014

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

WAGSTAFF, ROBERT BRUCE

74 Agente/Representante:

UNGRÍA LÓPEZ, Javier

ES 2 437 863 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

Colada secuencial de metales que tienen coeficientes de contracción altos

5 Campo técnico

Esta invención se refiere a un aparato para la colada de un lingote de metal compuesto aplicable a la colada de metales, en particular aluminio y aleaciones de aluminio, por técnicas de colada por enfriamiento directo (ED). Más en concreto, la invención se refiere a la colada conjunta de capas metálicas por colada por enfriamiento directo que implica solidificación secuencial. Además, se refiere a un método de colada de un lingote compuesto.

Antecedentes de la invención

Los lingotes de metal se producen de ordinario por colada por enfriamiento directo de metales fundidos. Esto implica verter un metal fundido a un molde que tiene paredes enfriadas, un extremo superior abierto y (después del arranque) un extremo inferior abierto. El metal sale por el extremo inferior del molde como un lingote de metal que desciende a medida que prosigue la operación de colada. En otros casos, la colada tiene lugar horizontalmente, pero el procedimiento es esencialmente el mismo. Tales técnicas de colada son especialmente adecuadas para la colada de aluminio y aleaciones de aluminio, pero también puede ser empleada para otros metales.

Las técnicas de colada de este tipo se explican ampliamente en la Patente de Estados Unidos número 6.260.602 de Wagstaff, que se refiere exclusivamente a la colada de lingotes monolíticos, es decir lingotes hechos completamente del mismo metal y colados como una sola capa. Se describen aparatos y métodos para la colada en estructuras de capas por técnicas de solidificación secuencial en la Patente de Estados Unidos publicada número 2005/0011630 A1 de Anderson y colaboradores. Este documento describe características que no caen dentro de la parte caracterizante de la reivindicación 1. La solidificación secuencial implica la colada de una primera capa (por ejemplo una capa prevista como una capa interior o núcleo) y a continuación, posteriormente pero en la misma operación de colada, la colada de una o más capas de otros metales sobre la primera capa una vez logrado un grado de solidificación adecuado.

Aunque estas técnicas son efectivas y exitosas, pueden surgir dificultades al intentar emplear la técnica de solidificación secuencial con una o más aleaciones que tengan coeficientes de contracción altos después de la solidificación y el enfriamiento. En particular, cuando se emplea dicho metal como una capa interior que forma un sustrato para una capa exterior de otro metal, se descubre que la capa interior puede tener una tendencia a cortar la capa exterior (o exhibir adhesión debilitada) durante la operación de colada, especialmente en los extremos últimos de un lingote rectangular colado con una estructura en capas, y especialmente durante la etapa inicial de formación del lingote.

Es conocido que la adición de otros elementos a aluminio puro cambia su coeficiente de contracción en mayor o menor grado. Algunos elementos aumentan el coeficiente de contracción, mientras que otros lo reducen. Los elementos tales como magnesio y zinc aumentan el coeficiente en comparación con el aluminio puro, mientras que elementos tales como cobre, hierro, silicio y níquel reducen el coeficiente. El grado en el que se cambia el coeficiente varía por lo general de manera aproximadamente lineal con el porcentaje del elemento añadido al aluminio.

Las dificultades indicadas anteriormente, aunque surgen potencialmente en todas las estructuras de metal colado secuencialmente, tienden a ser más agudas cuando se hace una capa interior de una aleación de aluminio que tiene un coeficiente de contracción alto y, especialmente, un coeficiente más alto que el aluminio propiamente dicho, en concreto una aleación de aluminio conteniendo magnesio y/o zinc, especialmente cuando tales elementos se contienen en concentraciones relativamente altas, por ejemplo Mg en cantidades superiores a aproximadamente 2,5% en peso. Sin embargo, pueden surgir problemas similares cuando el coeficiente de contracción de un metal de una capa no es especialmente alto, pero hay una gran diferencia entre los coeficientes de dos capas adyacentes, por ejemplo una aleación conteniendo cantidades significativas de níquel en una capa y una aleación conteniendo cobre en una capa adyacente. Aunque estos dos elementos producen una reducción del coeficiente en comparación con el aluminio puro, el níquel tiene un efecto mucho más negativo en el coeficiente que el cobre de modo que, dependiendo de las concentraciones relativas de estos elementos, la diferencia en los respectivos coeficientes puede ser bastante grande.

Por lo tanto, se necesitan equipo y técnicas de colada mejoradas al colar conjuntamente metales de estos tipos.

60 Descripción de la invención

Un aspecto de la invención se refiere a un aparato para la colada de un lingote de metal compuesto, incluyendo: una cavidad de molde generalmente rectangular de extremos abiertos que tiene una porción de extremo de entrada, una abertura de extremo de descarga, y un bloque inferior móvil adaptado para encajar dentro del extremo de descarga y para el movimiento axial con respecto al molde durante la colada; al menos una pared divisoria enfriada en la porción de extremo de entrada del molde y que termina encima de dicha abertura de extremo de descarga para dividir la

porción de extremo de entrada en al menos dos cámaras de alimentación; y un medio para alimentar metal para una capa interior a una de dichas al menos dos cámaras de alimentación y al menos un medio para alimentar otro metal para al menos una capa exterior a al menos otra de dichas cámaras de alimentación; donde dicha pared divisoria al menos única tiene una superficie de contacto de metal para contactar dicho metal para dicha al menos única capa exterior, caracterizado porque dicha superficie está dispuesta en un ángulo a la vertical que se inclina alejándose de dicho metal para dicha capa exterior en una dirección hacia abajo, aumentando dicho ángulo en posiciones en dicha pared divisoria al menos única aproximándose a cada extremo longitudinal de la misma.

También se refiere a un método según la reivindicación 7.

Además, otra realización ejemplar proporciona, en un método de colada de una capa interior hecha de un metal y al menos una capa de revestimiento metálica de otro metal en un aparato de colada por enfriamiento directo que tiene al menos una pared divisoria que forma al menos dos cámaras en el aparato, donde el metal para la capa interior tiene un coeficiente de contracción más alto que el metal de la al menos única capa exterior, la mejora que incluye inclinar la al menos única pared divisoria en un ángulo a la vertical para contactar pero inclinándose alejándose en una dirección hacia abajo de metal suministrado para la al menos única capa exterior, y aumentando el ángulo en posiciones que se aproximan a los extremos longitudinales de la pared divisoria.

Se deberá apreciar que el término "rectangular" en el sentido en que se usa en esta memoria descriptiva incluye el término "cuadrado".

Breve descripción de los dibujos

A continuación se hará referencia, a modo de ejemplo solamente, a los dibujos acompañantes, que ilustran formas en las que la invención se puede llevar a la práctica, en los que:

La figura 1 es una vista en alzado en sección transversal parcial vertical que representa un aparato de colada que tiene una única pared divisoria.

La figura 2 es una ilustración esquemática de una región de contacto entre aleaciones de metal en el aparato de la figura 1.

La figura 3 es una vista en alzado de parte del aparato de colada de la figura 1 que representa un ejemplo de rizado a tope producido durante la colada de lingotes.

La figura 4 es una representación tridimensional de una parte de extremo de una capa interior durante la colada que representa las líneas de solidificación del metal y las fuerzas de contracción.

La figura 5 es una vista en planta de la parte de extremo de la capa interior de la figura 4 que representa fuerzas que actúan en el metal.

La figura 6 es una vista en planta de una capa interior (núcleo de lingote) que representa, de forma exagerada, distorsiones de la forma rectangular ideal producidas por fuerzas que actúan en el metal.

Las figuras 7A a 7D son dibujos que ilustran una forma de una pared divisoria usada en el aparato de la figura 9 en perspectiva y en secciones transversales ilustrativas.

La figura 8 es una realización ejemplar alternativa de una pared divisoria según la presente invención.

Y la figura 9 es una vista en sección transversal vertical de un aparato de colada configurado según una realización ejemplar de la presente invención.

Mejores modos de llevar a la práctica la invención

La presente invención puede emplear aparatos de colada del tipo descrito, por ejemplo, en la Patente de Estados Unidos publicada número 2005/0011630, publicada el 20 de Enero de 2005 a nombre de Anderson y colaboradores (a cuya descripción se hace referencia). Este aparato hace posible la colada de metales por solidificación secuencial para formar al menos una capa exterior (por ejemplo una capa de revestimiento) sobre una capa interior (por ejemplo un núcleo de lingote). La invención también se extiende a técnicas descritas en la Patente de Estados Unidos número 6.260.602 de Wagstaff (a cuya descripción también se hace referencia).

Se deberá explicar que los términos "exterior" e "interior" se usan aquí en sentido amplio. Por ejemplo, en una estructura de dos capas, puede no haber, en sentido estricto, capa exterior o capa interior, pero una capa exterior es una capa destinada normalmente a estar expuesta a la atmósfera, a la intemperie o a la vista cuando se convierte en un producto final. Además, la capa "exterior" es a menudo más fina que la capa "interior", por lo general considerablemente más fina, y así se facilita como una capa de recubrimiento fino en la capa "interior" subyacente o

núcleo de lingote. En el caso de lingotes destinados a laminado en caliente y/o en frío para formar artículos laminados, a menudo es deseable recubrir ambas caras principales (de laminado) del lingote, en cuyo caso hay ciertamente capas "interior" y "exterior" reconocibles. En tales circunstancias, la capa interior se denomina a menudo un "núcleo" o "lingote central" y las capas exteriores se denominan "revestimiento" o "capas de revestimiento".

La figura 1 representa una versión 10 del aparato de Anderson y colaboradores usado para la colada de una capa exterior 11 en ambas superficies principales (caras de laminado) de una capa interior rectangular o núcleo de lingote 12. Se observará que, en esta versión del aparato, las capas de recubrimiento solidifican primero (al menos parcialmente) durante la colada y luego la capa central es colada en contacto con las capas exteriores. Esta disposición es típica en la colada de una aleación que tiene un coeficiente de contracción alto (por ejemplo una aleación de alto contenido de Mg) como la capa central 12. El aparato incluye un conjunto de molde de colada rectangular 13 que tiene paredes de molde 14 que forman parte de una camisa de agua 15 desde la que se dispensa una corriente 16 de agua refrigerante sobre un lingote emergente 17. Los lingotes colados de esta forma son por lo general de sección rectangular transversal y tienen un tamaño de hasta 178 cm por 89 cm (70 pulgadas por 35 pulgadas). Por lo general se usan para laminado a hoja de recubrimiento, por ejemplo hoja de soldadura dura, en una laminadora por procedimientos convencionales de laminado en caliente y en frío.

La porción de extremo de entrada 18 del molde está separada por paredes divisorias 19 (a veces denominadas "refrigeradores" o "paredes de enfriamiento") en tres cámaras de alimentación, una para cada capa de la estructura de lingote. Las paredes divisorias 19, que se hacen a menudo de cobre para buena conductividad térmica, se mantienen frías por medio de equipo de enfriamiento por agua (no representado) que contacta las paredes divisorias encima de los niveles de metal fundido. En consecuencia, las paredes divisorias enfrían y solidifican el metal fundido que entra en contacto con ellas. Como indican las flechas A, cada una de las tres cámaras recibe metal fundido hasta un nivel deseado por medio de una boquilla separada de distribución de metal fundido 20 equipada con un estrangulador regulable (no representado). El metal elegido para las capas exteriores 11 es generalmente diferente del metal del núcleo 12 (siendo éste último un metal que tiene un coeficiente de contracción alto en esta realización ejemplar). Una unidad de bloque inferior verticalmente móvil 21 cierra inicialmente el extremo inferior abierto 22 del molde, y luego se baja durante la colada (como indica la flecha B) mientras soporta el lingote compuesto embrionario cuando sale del molde.

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 fundido 23 de la capa central 12 y el metal fundido 24 de la capa de revestimiento izquierda 11 entran en contacto mutuo en el molde. Las aleaciones de metal, cuando se enfrían de líquido a sólido, pasan a través de un estado semisólido o "pastoso" intermedio cuando la temperatura del metal está entre la temperatura de líquido y la temperatura de sólido del metal. El metal 24 que forma la capa de revestimiento 11 tiene una región de sumidero fundido 25, una zona semisólida o pastosa 26 generalmente debajo del sumidero fundido, y una región completamente sólida 27 generalmente debajo de la zona pastosa, pero estas regiones están contorneadas de la manera representada debido a los efectos de enfriamiento de la pared de molde 14 y la pared divisoria 19. La superficie interior 28 de la capa de revestimiento 11 inmediatamente debajo de la pared divisoria enfriada 19 es sólida, pero la envuelta de metal sólido es bastante fina cuando rodea la zona pastosa 26 y el sumidero fundido 25. Esta superficie contacta con el metal fundido 23 de la capa central 12 algo por debajo del extremo inferior de la pared divisoria, y el calor del metal fundido vuelve a fundir una porción de la superficie sólida 28 de la capa de revestimiento en una región poco profunda 29 en la envuelta. Esta re-fusión proporciona buena adhesión entre las capas en su interfaz cuando solidifican. Debajo de esta región 29, el metal de la capa central cae por debajo de su temperatura de líquido y se forma una zona pastosa 30 con metal sólido 31 más hacia abajo. Sin embargo, dado que el metal de la capa central está completamente sólido, se contrae fuertemente en la dirección de las flechas 32, es decir hacia dentro hacia el centro del lingote, debido a su coeficiente de contracción alto. Esto arrastra el metal de la capa de revestimiento 11, y así empuja toda la superficie interior 28 de la capa de revestimiento hacia dentro. El movimiento de la capa de revestimiento se detiene de esta forma en su extremo superior por su contacto con la pared divisoria 19, y el metal de la capa de revestimiento puede formar una fractura 33 adyacente al extremo inferior de la pared divisoria, como se representa. Si tiene lugar dicha fractura, hay que terminar el procedimiento de colada porque se mezcla el metal fundido de la capa central y la capa de revestimiento y la interfaz ya no está intacta.

Lo más probable es que la fractura de este tipo tenga lugar durante la primera etapa de formación del lingote, es decir durante la salida de las primeras 12 a 30 pulgadas del lingote del molde. Esto es debido a los esfuerzos extra a los que entonces se somete el lingote por el fenómeno conocido del "rizado a tope" que se produce al inicio del proceso de colada. Este fenómeno se ilustra de forma esquemática simplificada y exagerada en la figura 3 que representa una región de una parte inferior del lingote emergente 17 en su extremo longitudinal, mirando a una de las caras de revestimiento. En la parte más inferior 34 del lingote, el metal contacta el bloque inferior 21, que tiene una capacidad sustancial de calor y así enfría rápidamente el lingote en su extremo inferior. Por lo tanto, en esta región, el lingote se enfría tanto desde la parte inferior como desde los lados (por enfriamiento primario a partir de las superficies de molde enfriadas y por enfriamiento secundario a partir de una pulverización o un chorro de agua 16 que contacta el lingote inmediatamente debajo del molde). Cuando el lingote sale más y aumenta su longitud, la influencia del enfriamiento del bloque inferior disminuye a causa de la mayor distancia, y entonces el enfriamiento tiene lugar primariamente a partir de los lados del lingote. La combinación del enfriamiento desde la parte inferior y del enfriamiento desde los lados hace que la región inicial del lingote se rice de la manera representada. Los

extremos inferiores del lingote sienten la influencia de un par τ_1 que eleva las esquinas del lingote y hace que la pared del lingote se arquee hacia dentro en 35. Se apreciará que el esfuerzo vertical resultante impuesto al lingote en estas posiciones en combinación con el esfuerzo horizontal impuesto por la contracción del núcleo de metal aumentan sustancialmente el riesgo de fractura de las capas de revestimiento.

También sucede por lo general que la etapa inicial de colada se lleva a cabo a una tasa más rápida que la colada que tiene lugar después de la etapa inicial. Esto puede crear sumideros más profundos de metal fundido en las varias capas y, a su vez, esto incrementa la fuerza de contracción generada por el núcleo de metal (generándose las fuerzas a lo largo de la superficie de solidificación, como se explicará más plenamente más adelante). También por esta razón, la fractura es más probable durante la etapa inicial de colada que en una etapa posterior del proceso.

Además de ser más probable que tenga lugar durante la etapa inicial de colada, la fractura indicada o el fallo de metal es más probable en las regiones en los extremos longitudinales del lingote que en el centro del lingote. La razón de ello se puede explicar de la siguiente manera. La figura 4 es un diagrama que representa un extremo longitudinal de un lingote rectangular 17 (que representa justo la capa interior 12 por razones de simplicidad) cuando es colado en un aparato del tipo representado en la figura 1. La línea discontinua 50 es la línea de transición de líquido a sólido dentro del lingote - la denominada línea de convergencia térmica (denominada más exactamente una superficie). Se apreciará que la línea es bastante profunda hacia el centro longitudinal del lingote donde el metal está cerca de la boquilla de alimentación de metal fundido 20 (figura 1), y es menos profunda y más plana hacia el extremo longitudinal final del lingote. Sin embargo, en el punto 52, la línea de convergencia térmica se bifurca y se extiende hacia arriba a cada esquina del lingote. Esto es debido al enfriamiento que tiene lugar desde la superficie de extremo 54 del lingote así como las superficies laterales 56 y 58. Dado que el metal solidifica en la línea de convergencia térmica, la contracción tiene lugar paralela a las superficies de solidificación como indican las flechas A, B y C. En posiciones del lingote más centrales que el punto de bifurcación 52, el lingote se enfría, y por ello se contrae, generalmente por igual desde cada superficie lateral, pero más allá del punto de bifurcación hacia el extremo del lingote, el enfriamiento (pérdida de calor) y la contracción a partir de la superficie de extremo 54 tienen más influencia a medida que se aproxima la superficie de extremo. Esto hace que el lingote se rice o retuerza hacia dentro en los extremos de las superficies laterales, como se explica con más detalle a continuación.

Las fuerzas que actúan en el extremo superior del lingote se representan en la figura 5. En la parte del lingote más allá del punto de bifurcación 52 hacia la superficie de extremo 54, en la parte superior del lingote actúan fuerzas (representadas por flechas de cabeza doble 62) que actúan tanto hacia fuera de una línea central 60 hacia una superficie lateral, por ejemplo la superficie lateral 56 (fuerzas X) como fuerzas que actúan hacia dentro hacia la línea central 60 (fuerzas Y). A medida que la superficie de extremo se aproxima, la fuerza dirigida hacia fuera X es progresivamente menor que la fuerza dirigida hacia dentro Y porque el cambio en dirección de la fuerza tiene lugar a lo largo de las bifurcaciones de la línea de convergencia térmica 50. Esto hace que una rotación torsional o par T_2 , como se representa en la figura 5, actúe en una esquina del lingote, que así tiende a girar la esquina hacia el centro del lado más corto 54. Como resultado, el lingote toma la forma ilustrada en gran medida exagerada de la figura 6 contra una forma rectangular "ideal" 59. Se puede ver que las superficies exteriores 56 y 58 se rizan así hacia dentro en los extremos finales del lingote y se considera que este rizado se suma a los esfuerzos impuestos a las capas de revestimiento y aumenta la tendencia de las capas a separarse en esta región cuando el lingote está siendo colado. Por las razones antes explicadas, la capa metálica exterior (no representada), cuando contacta la capa interior o el lingote, no puede seguir fácilmente este giro hacia dentro puesto que es detenida por la pared divisoria 19. Por lo tanto, la probabilidad de fractura se incrementa en las regiones de extremo.

Las realizaciones ejemplares superan este problema ahusando o inclinando las paredes divisorias 19 en la superficie 40 que contacta el metal de la(s) capa(s) de revestimiento, e incrementando el ángulo de ahusamiento (pendiente de la superficie) de las paredes divisorias en puntos entre el centro y los extremos longitudinales del lingote para acomodar tanto el encogimiento del lingote como las fuerzas adicionales producidas por el rizado a tope y la vuelta hacia dentro del núcleo del lingote en sus extremos longitudinales. Por ejemplo, en aparatos de colada del tipo representado en la figura 1, la pared divisoria 19 puede estar ahusada o inclinada con respecto a la vertical un ángulo que es preferiblemente del rango de 0 a 2°, pero preferiblemente de 1 a 2°. Esto significa que la superficie 40 de la pared divisoria 19 que contacta y retiene el metal de la capa exterior o de revestimiento se inclina hacia dentro hacia la capa central en la dirección de arriba abajo de la pared divisoria. Además, el ángulo de ahusamiento de la pared divisoria se incrementa en los extremos longitudinales del molde, por ejemplo en un rango de 3 a 7°, o más preferiblemente de 3 a 4°, para un lingote de tamaño convencional. Los ángulos seleccionados pueden depender del coeficiente de contracción del metal de la capa interior (normalmente, cuanto más alto sea el coeficiente, más alto deberá ser el ángulo de ahusamiento requerido tanto en el centro como en los extremos longitudinales). Para comparación, al colar un lingote monolítico de un metal que no tenga un coeficiente de contracción alto, el ángulo de ahusamiento de la pared divisoria puede ser de aproximadamente 1,5° y seguirá siendo el mismo en toda la longitud de la pared divisoria.

El aumento del ahusamiento de las paredes divisorias hacia sus respectivos extremos se ilustra esquemáticamente en las figuras 7A a 7D, en las que el ángulo de ahusamiento en el centro se representa como ángulo θ , y el ángulo de ahusamiento en los extremos longitudinales está representado por el ángulo θ' . El ángulo θ' en los extremos es preferiblemente al menos el doble del ángulo θ en el centro, pero esto puede depender de las aleaciones concretas

empleadas. A menudo se halla que cualquier grado de aumento del ángulo de ahusamiento hacia los extremos de la pared divisoria es beneficioso, pero la duplicación preferida o más produce mejoras significativas. El ángulo más preferido para cualquier conjunto concreto de circunstancias se puede determinar fácilmente empíricamente realizando operaciones de colada de prueba usando ángulos diferentes y observando los resultados. En

contraposición a la inclinación de las paredes divisorias, la pared de molde 14 puede ser vertical o puede estar ahusada, es decir, inclinarse hacia fuera hacia la parte inferior del molde (en cuyo caso el ángulo de ahusamiento sería normalmente de hasta aproximadamente 1°). Sin embargo, cuando se emplea un ahusamiento de este tipo en la pared de molde 11, generalmente se mantiene el mismo en toda la longitud del molde.

El aumento del ángulo de ahusamiento de la superficie 40 de la pared divisoria 19 puede tener lugar gradualmente y linealmente a lo largo de la longitud de la pared divisoria desde el centro a los extremos longitudinales en cada lado longitudinal. Sin embargo, no siempre hay que aumentar el ángulo de ahusamiento de esta forma. Se ha hallado que, en una región de la pared divisoria desde el centro del molde a un punto en línea con el inicio de la bifurcación 52 dentro del lingote, puede ser necesario un aumento pequeño o nulo del ángulo de ahusamiento. Por lo tanto, el ángulo de ahusamiento puede permanecer constante en una región central alargada y luego puede aumentar en las regiones de extremo espaciadas a lo largo de la pared divisoria desde el centro del molde. En las regiones de extremo, el aumento puede tener lugar gradualmente, lo que se prefiere, o el ángulo de ahusamiento puede aumentar rápidamente al ángulo máximo de ahusamiento en una corta distancia en el inicio de la región y luego permanecer constante durante todo el resto de la región hasta los extremos de la pared divisoria. Como una aproximación general, en las realizaciones ejemplares, las posiciones donde el ángulo de ahusamiento comienza a aumentar en cada lado del centro se puede considerar como los puntos de cuarto de la longitud del lingote. Es decir, la región central de ahusamiento constante (mínimo) se extiende a través de la región central (los cuartos segundo y tercero) a aproximadamente los puntos de cuarto y tres cuartos a lo largo de la pared divisoria, y luego el ángulo de ahusamiento aumenta en los cuartos primero y cuarto más distantes. Una pared divisoria ahusada de esta forma se representa en la figura 8.

Además de ahusarse en un ángulo creciente a lo largo de su longitud, la pared divisoria 19 también se puede arquear hacia fuera (de la manera representada en la figura 7 de US 2005/0011630) para acomodar la contracción de las caras laterales largas 56 y 58 del lingote durante el enfriamiento y la solidificación. Esto compensará el "curvado hacia dentro" de estas caras como se representa en la figura 6 y producirá superficies laterales más próximas a la forma plana ideal que es deseable para laminado a artículos laminares.

La figura 9 es una vista similar a la de la figura 1 que representa un aparato de colada según una realización ejemplar de la invención. La figura está dividida verticalmente por el centro del aparato de colada. El lado derecho representa el aparato en sección transversal vertical en el punto longitudinal central del lingote, y el lado izquierdo representa el molde de colada en una posición hacia un extremo longitudinal del lingote. Se indica el punto de bifurcación térmica 52, pero el lado izquierdo del dibujo se representa realmente tal como aparecerá algo más allá de dicho punto más hacia el extremo del lingote. Las dos mitades del dibujo muestran los ángulos diferentes (θ y θ') de las paredes divisorias 19 en estas posiciones diferentes así como la variación de la altura del punto de solidificación central del metal de la capa interior en estos puntos. Se apreciará que el ángulo de ahusamiento θ' hacia el extremo del lingote es mucho mayor que en el centro (ángulo θ).

En la presente invención, la aleación usada para la colada de la capa interior puede ser un metal que tenga un coeficiente de contracción alto, por ejemplo, una aleación de aluminio de alto contenido de Mg o de alto contenido de Zn, por ejemplo una aleación de aluminio conteniendo al menos 2,5% en peso de Mg, más preferiblemente de 2,5 a 15% en peso, más preferiblemente de 2,5 a 9% en peso, e incluso más preferiblemente de 2,5 a 7% en peso de Mg. Los ejemplos de aleaciones adecuadas se eligen por lo general a partir de la serie AA5xxx e incluyen aleaciones AA 5083, 5086, 5454, 5182 y 5754. La aleación usada para la capa de revestimiento puede ser una que no tenga un coeficiente de contracción alto, por ejemplo una aleación de aluminio que no contenga Mg o Zn, o una que no tenga una concentración muy alta de Mg o Zn, por ejemplo una aleación de aluminio conteniendo de 2 a 3% en peso de Mg o menos.

Sin embargo, se deberá indicar que las realizaciones de la invención también son beneficiosas en los casos donde haya una diferencia significativa del coeficiente de contracción entre los metales de la capa interior y exterior, aunque los metales propiamente dichos no tengan coeficientes especialmente altos de contracción térmicas, porque tales combinaciones también pueden mostrar una tendencia hacia la separación de las capas. A los efectos de las realizaciones de esta invención, la diferencia de coeficiente de contracción es significativa si es suficientemente grande para dar lugar a que aparezca separación de capa.

REIVINDICACIONES

1. Aparato para colada de un lingote de metal compuesto, incluyendo:

- 5 una cavidad de molde generalmente rectangular de extremos abiertos que tiene una porción de extremo de entrada, una abertura de extremo de descarga, y un bloque inferior móvil (21) adaptado para encajar dentro del extremo de descarga y para el movimiento axial con respecto al molde durante la colada;
- 10 al menos una pared divisoria enfriada (19) en la porción de extremo de entrada del molde y que termina encima de dicha abertura de extremo de descarga para dividir la porción de extremo de entrada en al menos dos cámaras de alimentación; y
- 15 un medio (20) para alimentar metal para una capa interior (12) a una de dichas al menos dos cámaras de alimentación y al menos un medio para alimentar otro metal para al menos una capa exterior (11) a al menos otra de dichas cámaras de alimentación;
- 20 donde dicha pared divisoria al menos única (19) tiene una superficie de contacto de metal (40) para contactar dicho metal para dicha al menos única capa exterior (11), **caracterizado** porque dicha superficie (40) está dispuesta en un ángulo (θ) a la vertical que se inclina alejándose de dicho metal para dicha capa exterior (11) en una dirección hacia abajo,
- aumentando dicho ángulo (θ) en posiciones en dicha pared divisoria al menos única (19) aproximándose a cada extremo longitudinal de la misma.
- 25 2. El aparato de la reivindicación 1, donde dicho al menos único medio para alimentar dicho otro metal para dicha al menos única capa exterior está colocado para introducir dicho metal para dicha capa exterior (11) a dicho molde en una posición en dicho molde más alta que dicho medio (20) para alimentar dicho metal para dicha capa interior (12).
- 30 3. El aparato de la reivindicación 1, donde dicho ángulo (θ) de dicha pared divisoria al menos única (19) en dichos extremos longitudinales es al menos el doble de dicho ángulo en su centro.
4. El aparato de la reivindicación 1, donde dicho ángulo (θ) de dicha pared divisoria al menos única (19) es al menos 3° en dichos extremos longitudinales y no más de 2° en su centro.
- 35 5. El aparato de la reivindicación 1, donde dicho ángulo (θ) de dicha pared divisoria al menos única (19) es del rango de 3 a 7° en dichos extremos longitudinales y del rango de 1 a 2° en su centro.
- 40 6. El aparato de la reivindicación 1, donde dicha pared divisoria (19) tiene una sección central alargada, y donde dicho ángulo (θ) permanece constante dentro de dicha región central y luego aumenta más allá de dicha región central.
7. Un método de colada de un lingote compuesto, incluyendo los pasos de:
- 45 proporcionar un aparato para colada de un lingote de metal compuesto según una de las reivindicaciones 1 a 6, estando destinadas las cámaras de alimentación a la colada de una capa interior (12) y al menos una capa exterior (11),
- alimentar metal para una capa interior (12) a una de dichas al menos dos cámaras de alimentación;
- 50 alimentar otro metal para al menos una capa exterior (11) a al menos otra de dichas cámaras de alimentación; y
- mover dicho bloque inferior (21) axialmente con respecto a dicho molde para permitir que un lingote salga por dicha abertura de extremo de descarga de dicho aparato.
- 55 8. El método de la reivindicación 7, donde un metal fundido que tiene un coeficiente de contracción más alto que el aluminio puro es suministrado a dicho medio (20) para alimentar metal para dicha capa interior.
- 60 9. El método de la reivindicación 8, donde el metal fundido es una aleación de aluminio-magnesio conteniendo al menos 2,5% en peso de Mg.
10. El método de una de las reivindicaciones 7 a 9, donde se suministra un metal fundido a dicho medio para alimentar dicho al menos otro metal, siendo dicho metal fundido un metal que tiene un coeficiente de contracción más bajo que dicho metal alimentado a dicha capa interior (12).
- 65 11. El método de la reivindicación 7, donde dicho metal para dicha capa interior (12) es un metal que tiene un coeficiente de contracción más alto que el aluminio puro.

12. El método de cualquiera de las reivindicaciones 7 a 11, donde dicho metal para dicha capa interior (12) y dicho metal para dicha al menos única capa exterior (11) tienen una diferencia significativa en sus respectivos coeficientes de contracción.

5

13. El método de cualquiera de las reivindicaciones 7 a 12, donde dicho otro metal para dicha al menos única capa exterior (11) se introduce a dicho molde en una posición en dicho molde más alta que una posición elegida para introducir dicho metal para dicha capa interior (12).

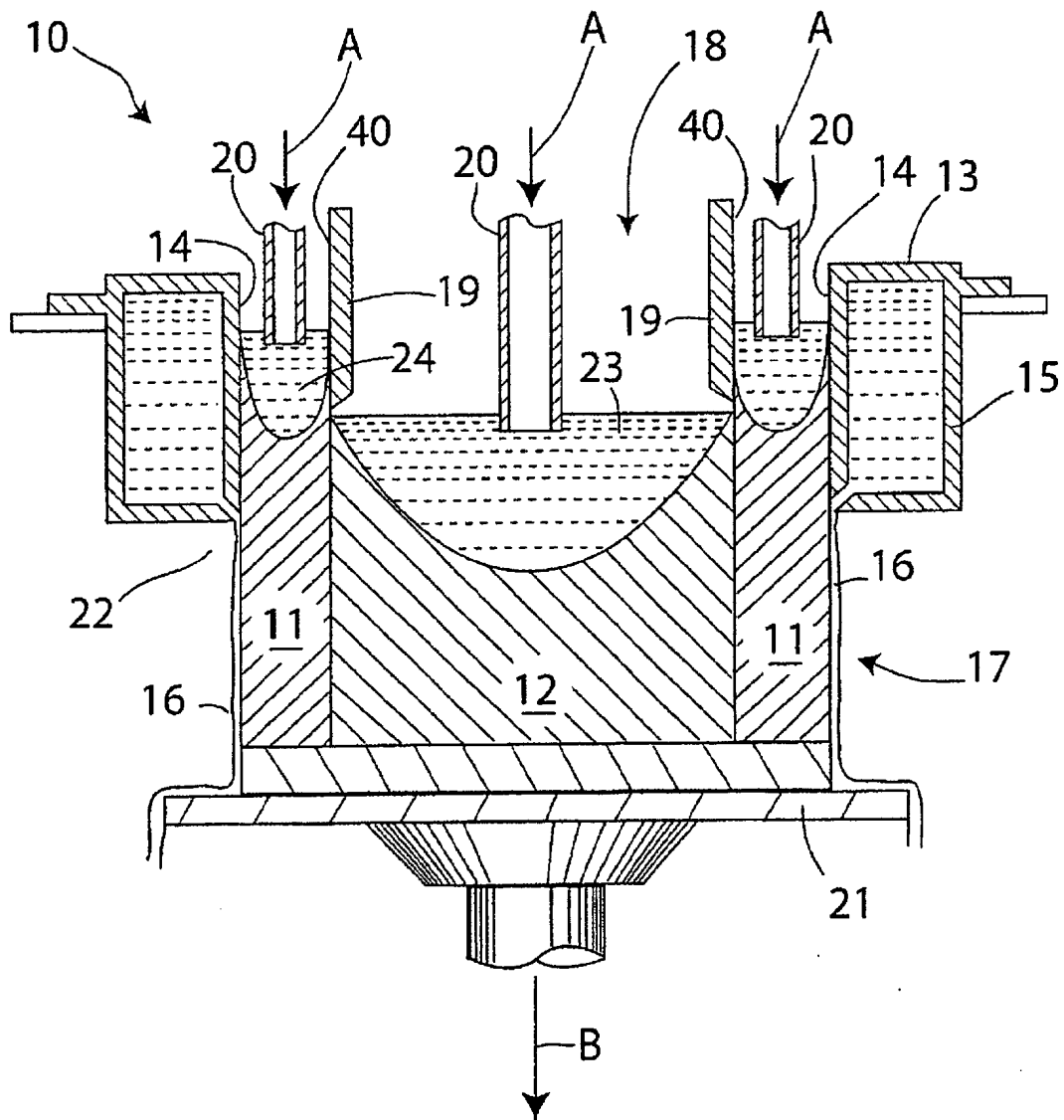


Fig. 1

(TÉCNICA ANTERIOR)

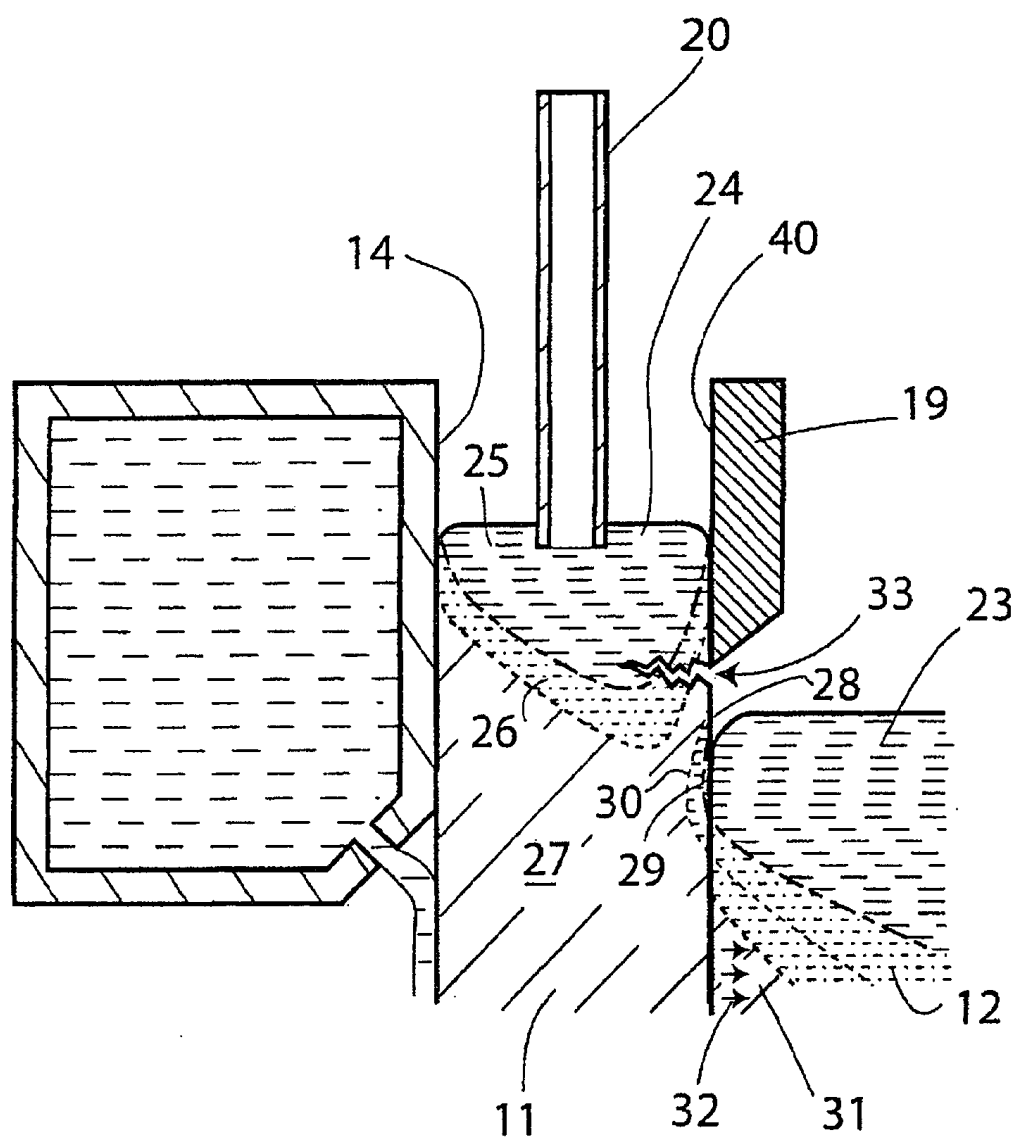


Fig. 2

(TÉCNICA ANTERIOR)

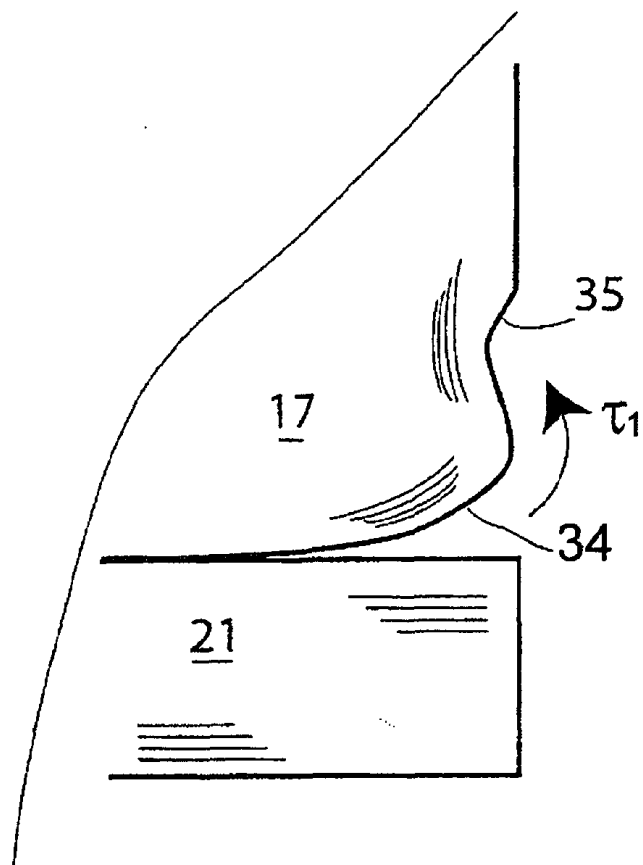


Fig. 3

(TÉCNICA ANTERIOR)

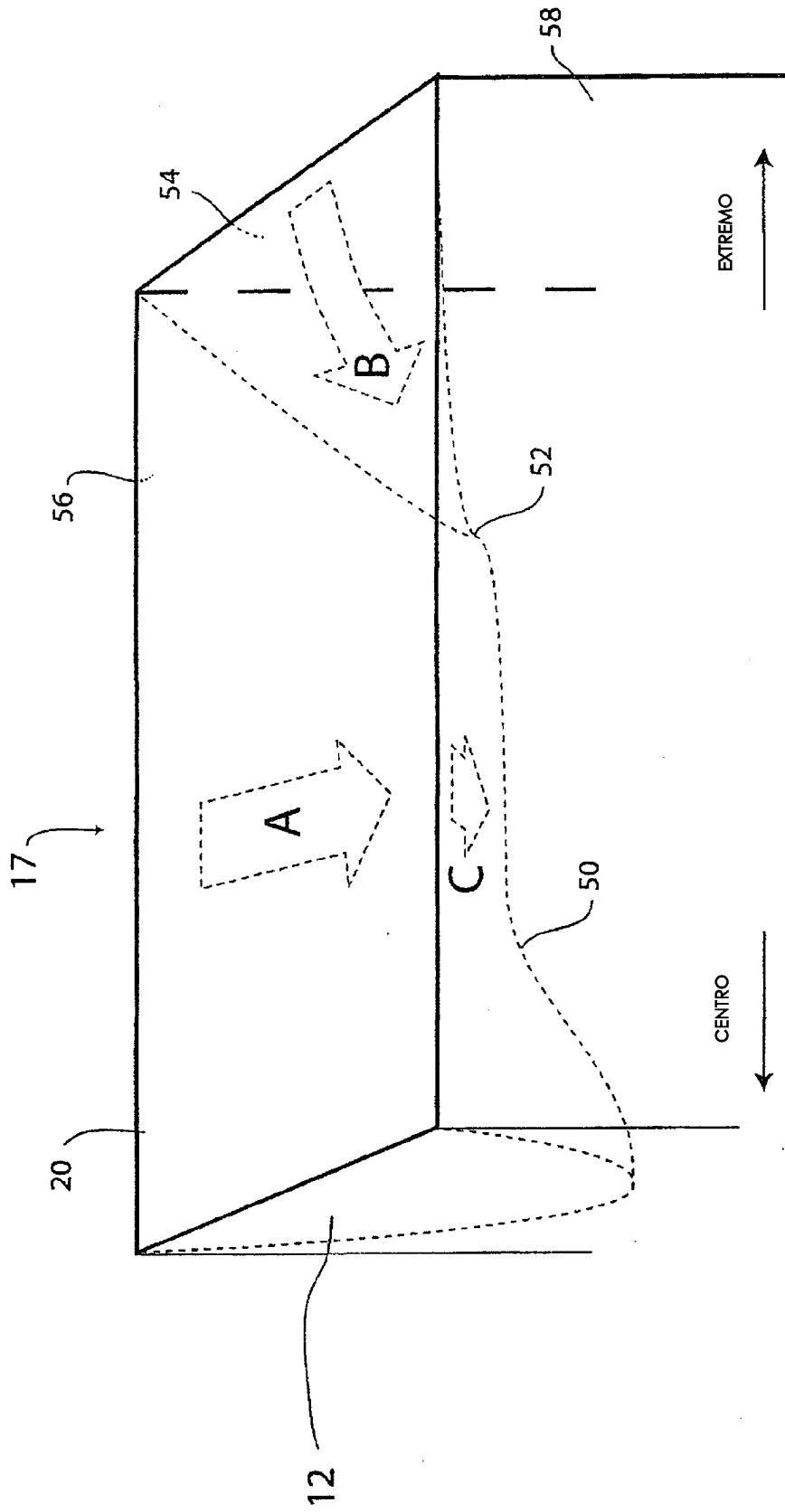


Fig. 4

(TÉCNICA ANTERIOR)

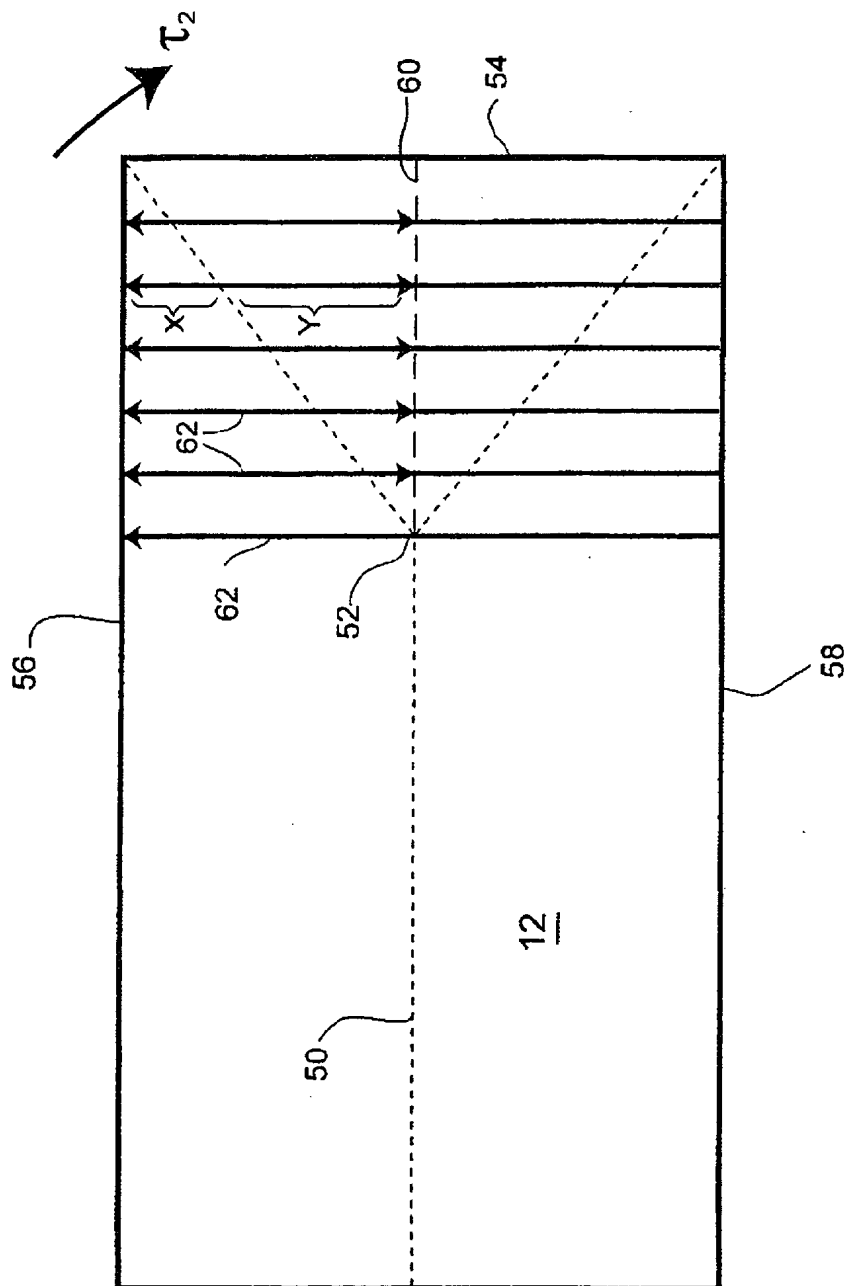


Fig. 5
(TÉCNICA ANTERIOR)

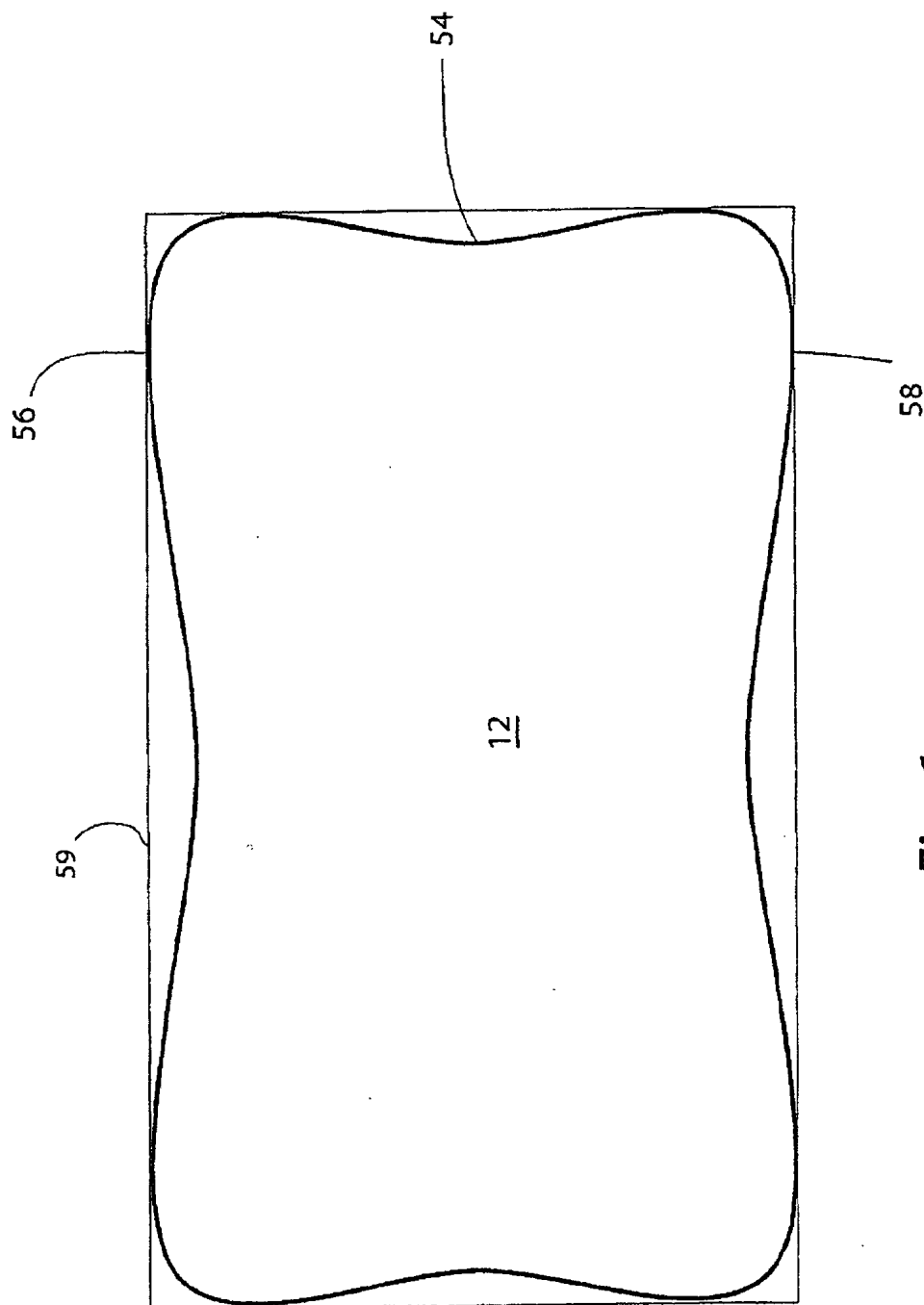


Fig. 6
(TÉCNICA ANTERIOR)

Fig. 7A

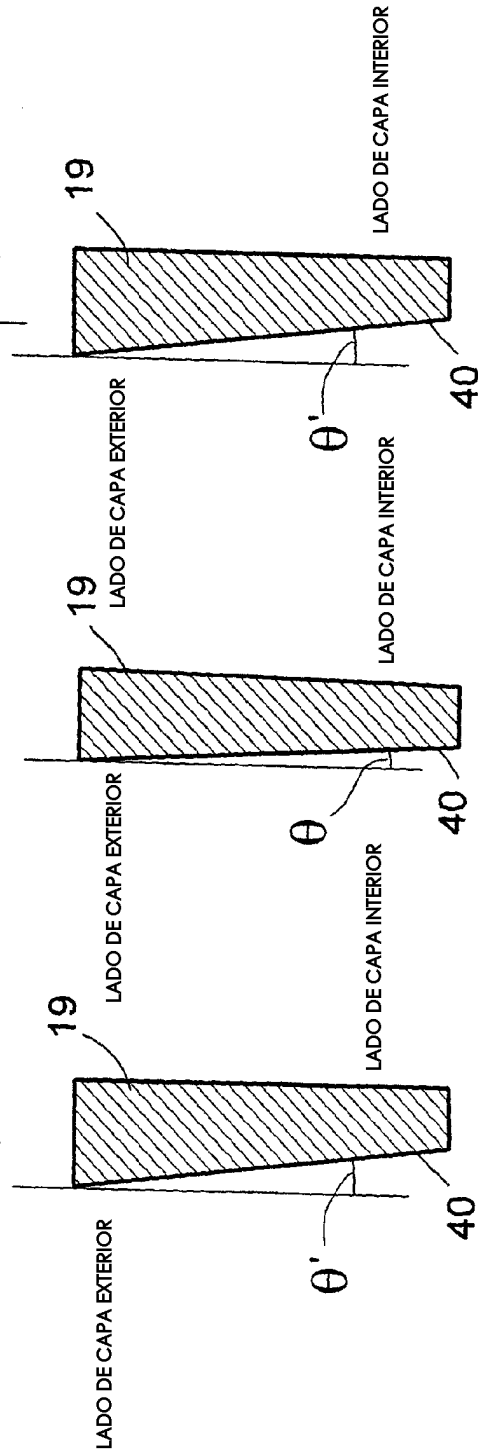
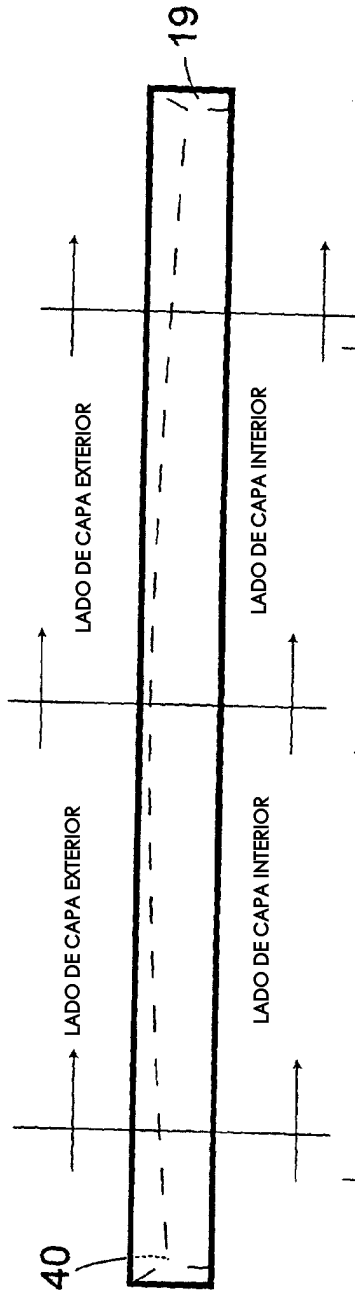
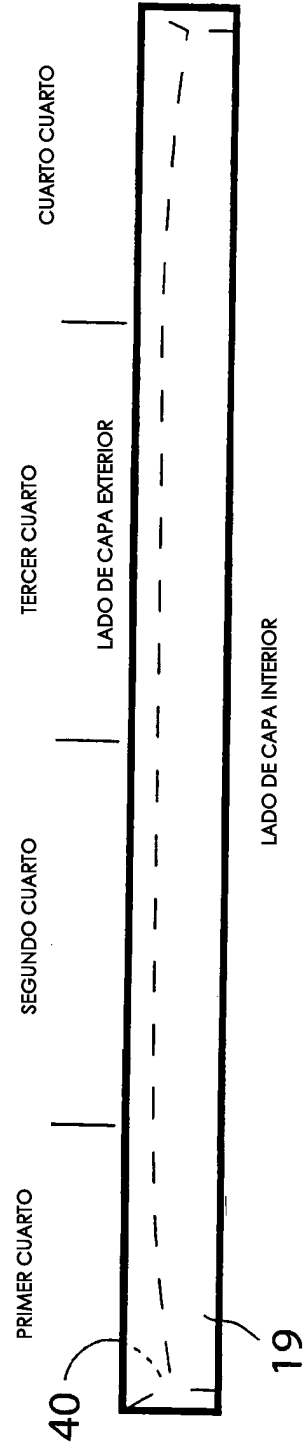


Fig. 7B

Fig. 7C

Fig. 7D

Fig. 8



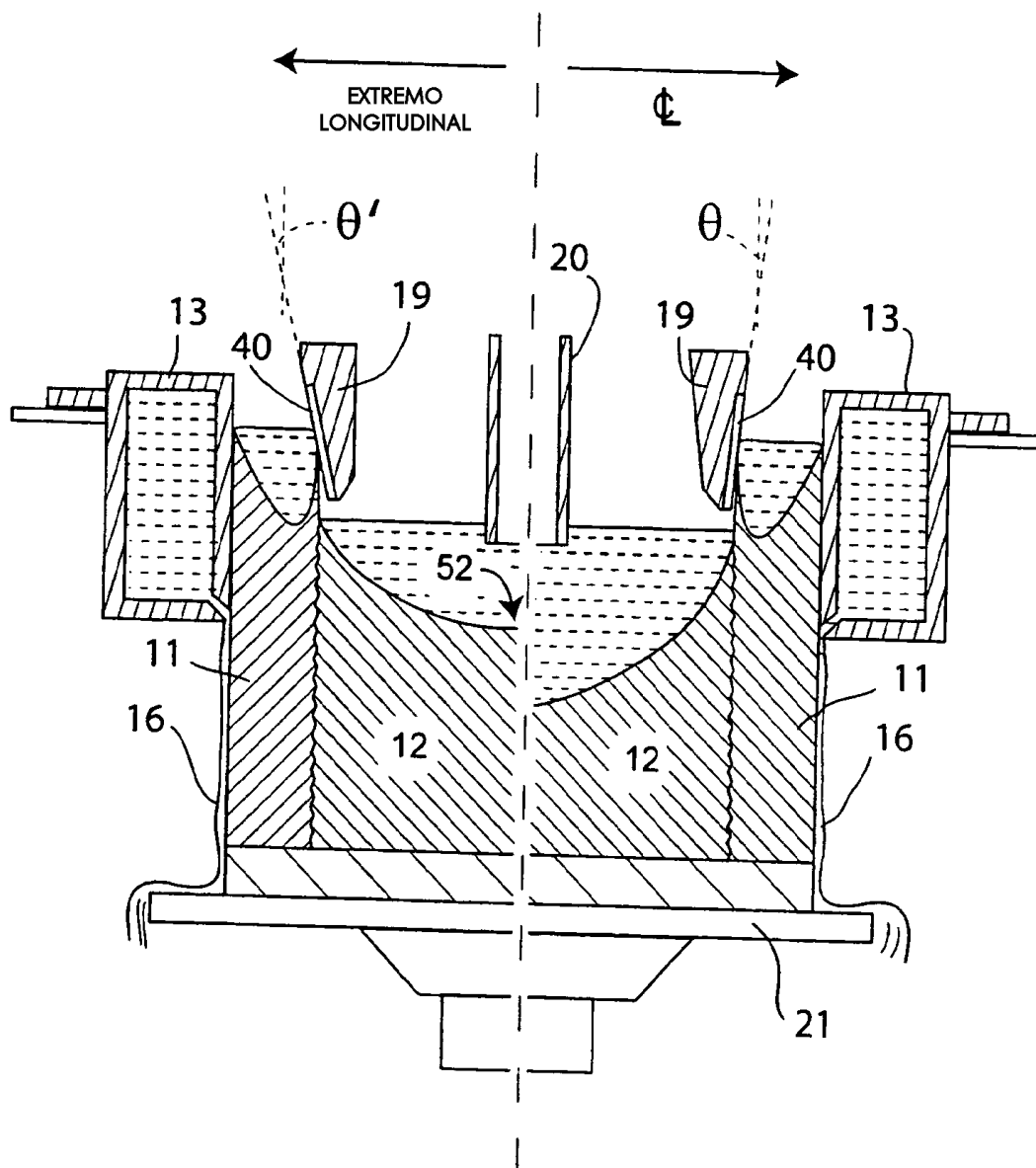


Fig. 9