

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 423 825**

51 Int. Cl.:

**B22D 11/06** (2006.01)

**B22D 11/10** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.06.2003 E 03737080 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.05.2013 EP 1545812**

54 Título: **Colada de metales no ferrosos**

30 Prioridad:

**21.08.2002 US 405333 P**  
**21.08.2002 US 405359 P**  
**28.08.2002 US 406453 P**  
**28.08.2002 US 406504 P**  
**28.08.2002 US 406505 P**  
**28.08.2002 US 406506 P**  
**28.08.2002 US 406507 P**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**24.09.2013**

73 Titular/es:

**ALCOA INC. (100.0%)**  
**Alcoa Corporate Center 201 Isabella Street**  
**Pittsburgh, PA 15212-5858, US**

72 Inventor/es:

**ÜNAL, ALI**

74 Agente/Representante:

**ARIAS SANZ, Juan**

**ES 2 423 825 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 de metales no ferrosos

**Campo de la invención**

5 [0001] La presente invención se refiere a la colada de aleaciones de metales no ferrosos, más concretamente, a la colada de aleaciones de metales no ferrosos para crear una costra o costras solidificadas rápidamente y una zona central sin segregación que contiene dendritas rotas.

**Antecedentes de la invención**

10 [0002] La colada continua de metales, tales como aleaciones de aluminio, se efectúa convencionalmente en máquinas de colada de cilindros gemelos, máquinas de colada de bloques y máquinas de colada de cintas. La colada de aleaciones de aluminio entre cilindros gemelos ha dado buenos resultados y ha disfrutado de un buen éxito de aplicación comercial a pesar de las bajas velocidades de producción obtenidas hasta la fecha. La colada entre cilindros gemelos consiste tradicionalmente en una técnica combinada de solidificación y deformación que consiste en alimentar el metal fundido en la mordedura entre un par de cilindros enfriados contrarrotatorios en donde se inicia la solidificación cuando el metal fundido entra en contacto con los cilindros. El metal solidificado se forma a modo de "frente de congelación" del metal fundido dentro de la mordedura entre los cilindros y el metal sólido avanza hacia el punto de estrechamiento, el punto de separación mínimo entre los cilindros. El metal sólido pasa a través del punto de estrechamiento como una lámina sólida. La lámina sólida es deformada por los cilindros (laminada en caliente) y sale de los cilindros.

15 20 [0003] Las aleaciones de aluminio se han venido colándose entre cilindros con éxito obteniéndose láminas de 0,63 cm (1/4 de pulgada) de espesor a unos 1,22-1,83 m/min (4-6 pies por minuto) o unos 0,89-1,25 kg por hora por cm de espesor de colada (50-70 libras por hora por pulgada de espesor de colada (lbs/hr/in)). Los intentos por aumentar la velocidad de la colada entre cilindros normalmente han fallado debido a la segregación en la línea central. Aunque en general se acepta que una lámina de calibre reducido (por ejemplo, con un espesor menor de 0,63 cm (1/4 de pulgada)) podría producirse más rápidamente que una lámina con un calibre mayor en una máquina de colada de cilindros, la capacidad de colar aluminio entre los cilindros a velocidades significativamente superiores a 1,25 kg /hr/cm (70 lbs/hr/pulgada) ha resultado difícil de alcanzar.

25 30 [0004] El funcionamiento normal de una máquina de colada de cilindros gemelos a calibres finos se describe en la Patente Estadounidense n.º 5.518.064 y puede verse representado en las Figs. 1 y 2. Hay una cámara de retención del metal fundido H conectada a una punta de alimentación T que distribuye el metal fundido M entre unos cilindros gemelos enfriados con agua R<sub>1</sub> y R<sub>2</sub> que rotan en la dirección de las flechas A<sub>1</sub> y A<sub>2</sub>, respectivamente. Los cilindros R<sub>1</sub> y R<sub>2</sub> tienen unas superficies lisas U<sub>1</sub> y U<sub>2</sub>; y cualquier rugosidad sobre las mismas es el resultado de la técnica de esmerilado de los cilindros utilizada durante su fabricación. Las líneas centrales de los cilindros R<sub>1</sub> y R<sub>2</sub> están en un plano vertical o más o menos vertical L (por ejemplo, de hasta unos 15° desde la vertical) de modo que la banda colada S se forma en una trayectoria más o menos horizontal. Con otras versiones de este método se forma una banda en una dirección verticalmente hacia arriba. El espesor de la banda colada S queda determinado por el espesor de la punta T. El plano L pasa a través de una región de separación mínima entre los cilindros R<sub>1</sub> y R<sub>2</sub> denominada punto de estrechamiento entre los cilindros N. Entre la banda sólida colada S y el metal fundido M hay una región de solidificación entre que incluye una región de fase mixta de líquido y sólido X. Entre la región X y la banda colada S hay definido un frente de congelación F como línea de solidificación completa.

35 40 45 50 [0005] En la colada entre cilindros convencional de aleaciones de aluminio, el calor del metal fundido M es transferido a los cilindros R<sub>1</sub> y R<sub>2</sub> de modo que la ubicación del frente de congelación F se mantiene aguas arriba del punto de estrechamiento N. De este modo, el metal fundido M se solidifica a un espesor mayor que la dimensión del punto de estrechamiento N. La banda sólida colada S es deformada por los cilindros R<sub>1</sub> y R<sub>2</sub> para alcanzar el espesor final de la banda. Con la laminación en caliente de la banda solidificada entre los cilindros R<sub>1</sub> y R<sub>2</sub> conforme a una colada entre cilindros convencional se obtienen unas propiedades únicas en la banda características de la banda de aleación de aluminio colada entre cilindros. En particular, una zona central a través del espesor de la banda se enriquece en elementos de formación de eutécticos (formadores de eutécticos) en la aleación tales como Fe, Si, Ni, Zn y análogos y empobrece en elementos de formación de peritéticos (Ti, Cr, V y Zr). Este enriquecimiento de formadores de eutécticos (a saber, elementos de aleación distintos del Ti, Cr, V y Zr) en la zona central ocurre porque esa porción de la banda S corresponde a una región del frente de congelación F en la que la solidificación ocurre en último lugar y se conoce como "segregación de la línea central". La segregación extensiva de la línea central en la banda en bruto es un factor que restringe la velocidad de las máquinas de colada de cilindros convencionales. La banda en bruto también muestra señales de trabajo por parte de los cilindros. Los granos que se forman durante la solidificación del metal aguas arriba del punto de estrechamiento son aplanados por los cilindros. Por lo tanto, el aluminio colado entre cilindros incluye granos alargados en ángulo respecto a la dirección de laminación.

55 60 [0006] La separación entre los cilindros en el punto de estrechamiento N puede reducirse para producir una banda con un calibre más fino S. Si embargo, al reducir la separación entre los cilindros, aumenta la fuerza de separación de los cilindros generada por el metal sólido entre los cilindros R<sub>1</sub> y R<sub>2</sub>. La cantidad de fuerza de separación de los cilindros se ve afectada por la ubicación del frente de congelación F respecto al punto de estrechamiento de los cilindros N. Al reducir la separación entre los cilindros, aumenta el

porcentaje de reducción de la lámina metálica así como la fuerza de separación de los cilindros. En algún punto, las posiciones relativas de los cilindros  $R_1$  y  $R_2$  para alcanzar la separación deseada entre los cilindros no puede resistir la fuerza de separación de los cilindros y se alcanza el espesor de calibre mínimo para esa posición del frente de congelación F.

5 [0007] La fuerza de separación de los cilindros puede reducirse aumentando la velocidad de los cilindros para mover el frente de congelación F aguas abajo hacia el punto de estrechamiento N. Al mover el frente de congelación aguas abajo (hacia el punto de estrechamiento N), puede reducirse la separación entre los cilindros. Este movimiento del frente de congelación F reduce la relación entre el espesor de la banda en el punto de solidificación inicial y la separación entre los cilindros en el punto de estrechamiento N, reduciendo así la fuerza de separación de los cilindros ya que, proporcionalmente, se comprime y lamina en caliente menos metal  
10 solidificado. De este modo, conforme la posición del frente de congelación F se mueve hacia el punto de estrechamiento N, se solidifica una cantidad proporcionalmente mayor de metal y, después, se lamina en caliente a calibres más finos. Según la práctica convencional, la colada entre cilindros de una banda de calibre fino se consigue colando primero entre los cilindros una banda con un calibre relativamente alto, reduciendo el calibre hasta alcanzar una fuerza máxima de separación de los cilindros, haciendo avanzar el frente de congelación para reducir la fuerza de separación de los cilindros (a base de aumentar la velocidad de los cilindros) y seguir reduciendo el calibre hasta volver a alcanzar de nuevo la fuerza máxima de separación de los cilindros, y repetir el proceso de avanzar el frente de congelación y reducir el calibre de manera iterativa hasta alcanzar el calibre deseado. Por ejemplo, puede laminarse una banda de 10 milímetros S y reducir el espesor hasta que la fuerza de separación de los cilindros resulte excesiva (por ejemplo, a los 6 milímetros), para lo que se necesita aumentar la velocidad de los cilindros.

20 [0008] Este proceso de aumentar la velocidad de los cilindros sólo puede realizarse cuando el frente de congelación F alcanza una posición predeterminada aguas abajo. La práctica convencional dicta que el frente de congelación F no avance hacia el punto de estrechamiento entre los cilindros N para asegurar que la banda sólida sea laminada en el punto de estrechamiento N. Generalmente se reconoce que resulta necesario laminar una banda sólida en el punto de estrechamiento N para evitar fallos en la banda metálica colada S que se está laminando en caliente y proporcionar una resistencia a la tensión a la banda existente S  
25 suficiente para soportar la fuerza de tracción de un enrollador, rodillos de arrastre o análogos dispuestos aguas abajo. En consecuencia, la fuerza de separación de los cilindros de una máquina de colada de cilindros gemelos utilizada en la forma convencional en donde una banda sólida de una aleación de aluminio se lamina en caliente en el punto de estrechamiento N es del orden de varias toneladas por pulgada de espesor. Aunque puede reducirse algo el calibre, el uso a tales fuerzas de separación de los cilindros tan altas para asegurar la deformación de la banda en el punto de estrechamiento N hace que seguir reduciendo el calibre de la banda resulte muy difícil. La velocidad de una máquina de colada de cilindros queda restringida por la necesidad de mantener el frente de congelación F aguas arriba del punto de estrechamiento N y evitar la segregación en la línea central. Por lo tanto, la velocidad de la colada de las aleaciones de aluminio entre los cilindros ha sido relativamente baja.

35 [0009] En la Patente Estadounidense n.º 6.193.818 se describe alguna reducción de la fuerza de separación de los cilindros para obtener una microestructura aceptable en las aleaciones de aluminio que tienen un alto contenido de elemento de aleación. Las aleaciones que tienen de un 0,5 a un 13% en peso de Si se cuelan entre los cilindros obteniéndose una banda de entre 0,15 y 0,05 cm (0,05 a 0,02 pulgadas) de espesor a unas fuerzas de separación de los cilindros de unos 8757 a 70053 N/cm (5000 a 40.000 libras/pulgada) a unas velocidades de unos 1,7 m/seg a 6,3 m/min (5 a 9 pies por minuto). Aunque esto representa un avance en la reducción de las fuerzas de separación de los cilindros, estas fuerzas siguen planteando  
40 retos significativos para el proceso. Además, la productividad se sigue viendo comprometida y la banda producida conforme a la patente 6.193.818 presenta aparentemente alguna segregación en la línea central y un alargamiento del grano tal y como se muestra en la Fig. 3 de la misma.

45 [0010] Un gran impedimento relativo a la colada entre cilindros a alta velocidad es la dificultad de conseguir una transferencia de calor uniforme del metal fundido a las superficies lisas  $U_1$  y  $U_2$ , a saber, enfriamiento del metal fundido. En realidad, las superficies  $U_1$  y  $U_2$  incluyen varias imperfecciones que alteran las propiedades de transferencia de calor de los cilindros. A altas velocidades de laminado, dicha falta de uniformidad en la transferencia de calor resulta problemática. Por ejemplo, algunas áreas de las superficies  $U_1$  y  $U_2$  con una transferencia de calor correcta enfriarán el metal fundido M en el lugar deseado aguas arriba del punto de estrechamiento N mientras que algunas áreas con unas propiedades de transferencia de calor insuficiente permitirán que una  
50 porción del metal fundido avance más allá del lugar deseado y se cree una falta de uniformidad en la banda colada.

[0011] En máquinas de colada verticales se han colado entre cilindros bandas de acero de calibre fino con éxito a altas velocidades (hasta unos 122 m/min (400 pies por minuto)) y bajas fuerzas de separación de los cilindros. Los cilindros de una máquina de colada vertical de cilindros están colocados lado a lado con lo que la banda se forma en una dirección aguas abajo. Según esta orientación vertical, el acero fundido es alimentado a la mordedura entre los cilindros para formar un baño de acero fundido. La superficie superior del baño de acero fundido normalmente se protege de la atmósfera por medio de un gas inerte.

[0012] Aunque la colada vertical entre cilindros gemelos de un baño de metal fundido es adecuada para el acero, la colada vertical de aleaciones sensibles a la oxidación (por ejemplo, aluminio) requiere un control adicional. Una propuesta para solucionar este problema del aluminio oxidado en la colada vertical entre cilindros a escala de laboratorio se describe en Haga et al., "High Speed Roll Caster for Aluminum Alloy Strip", *Proceedings of ICAA-6, Aluminum Alloys*, Vol. 1, págs. 327-332 (1998). Según ese método, con una boquilla de gas a presión se eyecta directamente una corriente de una aleación de aluminio fundido sobre uno o los dos cilindros gemelos de una máquina de colada de cilindros vertical. Aunque se consigue una colada de la banda de aleación de aluminio a alta velocidad, uno de los grandes inconvenientes de esta técnica es que la velocidad de alimentación de la aleación de aluminio fundida tiene que controlarse cuidadosamente para asegurar la uniformidad en la banda colada. Cuando sólo se eyecta una  
65

5 sola corriente sobre un cilindro, la corriente se solidifica formándose la banda. En caso de eyectarse una corriente sobre cada uno de los cilindros, cada corriente se convierte en una mitad del espesor de la banda colada. En ambos casos, cualquier variación en la presión del gas o en la velocidad de alimentación de la aleación de aluminio fundida resulta en la falta de uniformidad en la banda colada. Los parámetros de control para este tipo de colada de una aleación de aluminio entre cilindros no resultan prácticos a escala comercial.

10 [0013] En máquinas de colada de cintas se han conseguido unas velocidades de colada continua de aleaciones de aluminio de unos 6,1 a 7,6 m/min (20-25 pies por minuto) a un calibre de 19 mm (¾ de pulgada) aproximadamente a un nivel de productividad de unos 250 kg por hora por colada de espesor (400 libras por hora por pulgada de espesor). En una colada con cintas convencional como la descrita en la Patente Estadounidense n.º 4.002.197, el metal fundido se alimenta en una región de colada entre las porciones opuestas de un par de cintas metálicas flexibles giratorias. Cada una de las dos cintas de colada flexibles gira en una trayectoria definida por unos laminadores aguas arriba ubicados en un extremo de la región de colada y unos laminadores aguas abajo ubicados en el otro extremo de la región de colada. De este modo, las cintas de colada convergen directamente opuestas entre sí alrededor de los laminadores aguas arriba para formar una entrada en la región de colada en el punto de estrechamiento entre los laminadores aguas arriba. El metal fundido es alimentado directamente en el punto de estrechamiento. El metal fundido queda confinado entre las cintas móviles y se solidifica conforme es transportado. El calor liberado por el metal que se está solidificando es retirado a través de las porciones de las dos cintas adyacentes al metal que se está colando. Este calor es retirado enfriando las superficies inversas de las cintas a base de mover rápidamente películas sustancialmente continuas de agua que fluyen entrando en contra y entran en contacto con estas superficies inversas.

20 [0014] Los parámetros de funcionamiento para la colada con cintas son significativamente diferentes de los de la colada con cilindros. En concreto, no hay laminación en caliente intencional de la banda. La solidificación del metal se completa a una distancia de unos 30-38 mm (12-15 pulgadas) aguas abajo del punto de estrechamiento para un espesor de 1,89 cm (¾ de pulgada). Las cintas quedan expuestas a altas temperaturas al entrar en contacto con el metal fundido en una superficie y se enfrían con agua en la superficie interior. Esto puede llevar a una distorsión de las cintas. La tensión en la cinta se debe ajustar para dar cuenta de la expansión o contracción de la cinta como consecuencia de los cambios de temperatura para conseguir una calidad constante de la superficie de la banda. La colada de aleaciones de aluminio en una máquina de colada de cintas se ha venido utilizando hasta la fecha principalmente para productos con unos requisitos mínimos de calidad de la superficie o para productos que después se van a pintar.

30 [0015] El problema de la inestabilidad térmica de las cintas se evita con las máquinas de colada de bloques. Las máquinas de colada de bloques incluyen una pluralidad de bloques enfriamiento montados unos al lado de otros sobre un par de pistas opuestas. Cada juego de bloques de enfriamiento rota en la dirección opuesta para formar una región de colada entre ellos en la que se alimenta el metal fundido. Los bloques de enfriamiento actúan a modo de disipadores térmicos conforme el calor del metal fundido es transferido a los mismos. La solidificación del metal se completa a unos 30-38 mm (12-15 pulgadas) aguas abajo de la entrada de la región de colada a un espesor de 1,875 cm (¾ de pulgada). El calor transferido a los bloques de enfriamiento es eliminado durante el bucle de retorno. A diferencia de las cintas, los bloques de enfriamiento no se ven funcionalmente distorsionados por la transferencia de calor. No obstante, las máquinas de colada de bloques necesitan un control dimensional para evitar espacios entre los bloques que provoquen una falta de uniformidad y defectos en la banda colada.

40 [0016] Este concepto de transferir el calor del metal fundido a una superficie de colada se ha utilizado en ciertas máquinas de colada de cintas modificadas como las descritas en las Patentes Estadounidenses n.º 5.515.908 y 5.564.491. En una máquina de colada de cintas de disipación térmica, el metal fundido es alimentado a las cintas (la superficie de colada) aguas arriba del punto de estrechamiento en donde la solidificación se inicia antes del punto de estrechamiento y la transferencia continua de calor del metal a las cintas aguas abajo del punto de estrechamiento. En este sistema, el metal fundido es suministrado a las cintas a lo largo de la curva de los laminadores aguas arriba de modo que el metal se solidifica sustancialmente para cuando alcanza el punto de estrechamiento entre los laminadores aguas arriba. El calor del metal fundido y de la banda colada es transferido a las cintas que se encuentran dentro de la región de colada (incluyendo la que se encuentra aguas abajo del punto de estrechamiento). Este calor es entonces eliminado de las cintas cuando las cintas dejan de estar en contacto bien con el metal fundido o bien con la banda colada. De este modo, las porciones de las cintas que se encuentran dentro de la región de colada (en contacto con el metal fundido y la banda colada) no se ven sometidas a grandes variaciones de temperatura como ocurre con las máquinas de colada de cintas convencionales. El espesor de la banda puede verse limitado por la capacidad térmica de las cintas entre las que tiene lugar la colada. Se han llegado a alcanzar unas velocidades de producción de 429 kg/hr/cm (2400 lbs/hr/pulgada) en el caso de una banda de 2-2,5 mm (0,08-0,1 pulgadas).

55 [0017] No obstante, se siguen produciendo problemas asociados a las cintas utilizadas en una colada con cintas convencional. En particular, la uniformidad de la banda colada depende de la estabilidad de (a saber, la tensión en) las cintas. En cualquier máquina de colada de cintas, de tipo convencional o de disipación térmica, el contacto del metal fundido caliente con las cintas y la transferencia de calor del metal que se está solidificando a las cintas crea inestabilidad en las cintas. Además, las cintas tienen que cambiarse a intervalos regulares lo que interrumpe la producción.

60 [0018] El material de banda de las aleaciones no ferrosas es apto para su uso como plancha en las industrias del automóvil y aeroespacial y en la producción de cuerpos de latas y tapas y anillas para latas. En la fabricación convencional de cuerpos de latas se siguen una serie de procesos por lotes que incluyen una amplia secuencia de pasos independientes. En caso de necesitarse un lingote para seguir con el proceso, primero se le quita la capa superficial, se trata con calor para homogenizar la

5 aleación, se enfría y se lamina mientras sigue caliente en una serie de pasadas, se lamina en caliente para el acabado y, finalmente se enrolla, se enfría con aire y se almacena. La bobina se puede recocer en un paso por lotes. La lámina enrollada se sigue reduciendo entonces a un calibre final laminándola en frío con desenrolladores, bobinadoras y trenes de laminación sencillos y/o en tándem. Estos procesos por lotes, utilizados normalmente en la industria del aluminio, requieren muchas operaciones de manipulación de materiales diferentes para mover los lingotes y las bobinas entre lo que normalmente son pasos de procesamiento independientes.

10 [0019] En las Patentes Estadounidenses n.º 4.260.419 y 4.282.044 se describen los esfuerzos para agilizar la producción de cuerpos de latas mediante una colada directa en coquilla y una colada continua de bandas en una miniacera, respectivamente. En ambos procesos son necesarias muchas operaciones de manipulación de materiales para mover los lingotes y las bobinas. Dichas operaciones son laboriosas, consumen energía y muchas veces producen daños en el producto.

15 En las Patentes Estadounidenses n.º 5.772.802 y 5.772.799 se presentan métodos de colada con cintas para la obtención de latas o tapas y un método para su fabricación según los cuales se cuele una banda de aleación de aluminio con un bajo contenido de aleación para formar un material de alimentación colado a modo de banda caliente, el material de alimentación caliente se reviene rápidamente para evitar una precipitación sustancial, se recuece y reviene rápidamente para evitar una precipitación sustancial de los elementos de aleación y, a continuación, se lamina en frío. Este proceso ha resultado satisfactorio a pesar de las velocidades de producción relativamente bajas obtenidas hasta la fecha.

20 En la Patente Estadounidense 2.693.012 se presenta un proceso para la fabricación de láminas a partir de un metal fundido. El metal fundido es alimentado de forma continua a la mordedura de un par de cilindros enfriados accionados a alta velocidad de rotación para producir una lámina con un espesor de 1,65 mm. Conforme el metal se enfría sobre la superficie del cilindro, se forma un recubrimiento de retención con el metal adyacente al cilindro y se crea una condición plástica en la porción central del resto del metal. El metal plástico se trabaja mecánicamente y finalmente se congela por completo inmediatamente antes del momento en que la lámina metálica pasa a través de la mordedura de los cilindros.

25 Además, a escala industrial, no se han colado de manera continua aleaciones que no sean de aluminio, tales como aleaciones de magnesio. El metal de magnesio tiene una estructura cristalina hexagonal que restringe enormemente la cantidad de deformación que puede aplicarse, sobre todo, a bajas temperaturas. Por lo tanto, la producción de productos forjados de aleaciones de magnesio normalmente se lleva a cabo mediante un trabajo en caliente en la gama de 300 a 500 °C e incluso, bajo esas circunstancias, son necesarias varias pasadas de laminación y de recocidos intermedios. En el método convencional con lingotes, se utilizan un total de hasta 25 pasadas de laminación con recocidos intermedios para la obtención de un producto acabado con un calibre de 0,5 mm. Como resultado, los productos forjados de magnesio tienden a ser caros.

30 En consecuencia, sigue existiendo la necesidad de un método económico para la colada de aleaciones no ferrosas con las que se consiga una uniformidad en la superficie colada.

35 **Resumen de la invención**

Según la presente invención, se proporciona un método para la colada continua de metal fundido para la obtención de un producto metálico que consiste en los pasos de:

alimentar un metal fundido no ferroso sobre un par de superficies de colada separadas que se mueven hacia adelante;

40 solidificar el metal fundido que hay sobre las superficies de colada al tiempo que se hace avanzar al metal entre las superficies de colada para producir unas capas exteriores de metal sólido adyacentes a las superficies de colada y una capa interior semisólida que contiene dendritas globulares del metal entre las capas exteriores de metal sólido;

solidificar la capa interior semisólida para producir un producto de metal sólido compuesto de la capa interior y de las capas exteriores; y

45 retirar el producto de metal sólido de entre las superficies de colada, siendo las superficies de colada las superficies de unos cilindros giratorios con un punto de estrechamiento definido entre ellos o

siendo las superficies de colada las superficies de unas cintas que se desplazan sobre los cilindros giratorios, definiendo los cilindros un punto de estrechamiento entre ellos, que se caracteriza porque el metal es una aleación de magnesio, titanio, cobre, níquel, zinc o estaño y porque al producto se le hace salir del punto de estrechamiento a una velocidad de 7,6 a 122 metros por minuto (25 a 400 pies por minuto); la fuerza aplicada por los cilindros al metal que avanza entre ellos no es superior a 525 N por cm de espesor del producto (300 libras por pulgada de espesor del producto), y el producto comprende una banda metálica que tiene un espesor de 0,15 a 0,64 cm (0,06 a 0,25

pulgadas), llevándose el método a cabo como que la finalización de dicho paso de solidificación ocurre en el punto de estrechamiento, y según el método las dendritas se rompen en la capa interior semisólida antes de la finalización de dicho paso de solidificación y en donde dichas dendritas no han sido trabajadas.

Preferentemente, el metal es una aleación de magnesio o de titanio.

- 5 Ventajosamente, el producto sale del punto de estrechamiento como mínimo 30,5 metros por minuto (100 pies por minuto).

Convenientemente, el espesor de la capa interior solidificada comprende entre un 20% y un 30% del espesor del producto.

- 10 Preferentemente, las superficies de colada se texturan para formar irregularidades en las superficies que entran en contacto con el metal fundido.

Ventajosamente, dichas irregularidades de las superficies tienen forma de ranuras, hoyuelos o estrías.

Convenientemente, dichas irregularidades de las superficies están separadas según un patrón regular de 8 a 48 irregularidades por centímetro (20 a 120 irregularidades por pulgada).

- 15 Preferentemente, dichas irregularidades de las superficies están separadas según un patrón regular de 24 irregularidades por centímetro (60 irregularidades por pulgada).

Convenientemente, dichas irregulares de las superficies tienen una altura de 5 a 50 micrómetros.

Ventajosamente, dichas irregulares de las superficies tienen una altura de 30 micrómetros.

- 20 Preferentemente, las superficies de colada se cepillan de forma continua en las regiones alejadas del producto para eliminar los residuos que podrían acumularse.

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

La invención se comprenderá completamente a partir de la descripción siguiente y en relación con las figuras de los dibujos que la acompañan, en donde, en todas ellas, los mismos caracteres de referencia identifican las mismas piezas.

- 25 [0027] La Fig. 1 es un diagrama esquemático de una porción de una máquina de colada con una punta de alimentación del metal fundido y un par de cilindros;

- 30 [0028] La Fig. 2 es un diagrama esquemático en sección transversal ampliado de la boquilla de alimentación del metal fundido y los cilindros mostrados en la Fig. 1 funcionando conforme a técnicas anteriores;

[0029] La Fig. 3 es un organigrama de los pasos del método de colada de la presente invención;

- 35 [0030] La Fig. 4 es un diagrama esquemático de la colada de metal fundido realizada conforme a la presente invención;

[0031] La Fig. 5 es un diagrama esquemático de una máquina de colada fabricada conforme a la presente invención con un mecanismo de sujeción de la banda y elementos de enfriamiento opcionales; y

- 40 [0032] La Fig. 6 es un diagrama esquemático de una máquina de colada fabricada conforme a la presente invención con otro mecanismo de sujeción de la banda y elementos de enfriamiento opcionales.

#### **Descripción detallada de la invención**

- 45 [0033] A efectos de la descripción que se incluye a continuación, debe entenderse que la invención puede asumir distintas modificaciones y secuencias de pasos alternativos, excepto cuando se especifique expresamente lo contrario. También debe entenderse que los dispositivos y procesos específicos ilustrados en los dibujos adjuntos, y descritos en la siguiente especificación, son simplemente realizaciones de la invención que se ofrecen a modo de ejemplo. Por lo tanto, las dimensiones específicas y el resto de las características físicas relacionadas con las realizaciones aquí presentadas no deben ser consideradas limitativas. En relación con cualquier margen numérico de valores, dichos márgenes deben ser interpretados como que incluyen todos y cada uno de los números y/o
- 50 fracciones entre los márgenes máximo y mínimo especificados.

[0034] La presente invención incluye un método de colada de una aleación no ferrosa que consiste en alimentar una aleación no ferrosa fundida en un aparato de colada. Por aleación no ferrosa debe entenderse una aleación de un elemento tal como magnesio, titanio, cobre, níquel, zinc o titanio. Las aleaciones no ferrosas especialmente adecuadas para su uso en la presente invención son las aleaciones de magnesio y las aleaciones de titanio.

5

[0035] Con las frases “aleaciones de magnesio” y “aleaciones de titanio” se pretende indicar aleaciones que contienen al menos un 50 % en peso del elemento indicado y al menos un elemento modificador. Se considera que las aleaciones de magnesio y de titanio pueden ser opciones interesantes para un uso estructural en la industria aeroespacial y automovilística dado su peso ligero, gran resistencia en relación con el peso y alta rigidez específica tanto a temperatura ambiente como a elevadas temperaturas. Ejemplos de sistemas de aleaciones a base de magnesio son el sistema Mg-Al; el sistema Mg-Al-Zn; el sistema Mg-Al-Si; el sistema Mg-Al-Tierras raras (TR); el sistema Mg-Th-Zr; el sistema Mg-Th-Zn-Zr; el sistema Mg-Zn-Zr ; y el sistema Mg-Zn-Zr-TR.

10

[0036] La forma más básica de la invención se ha representado esquemáticamente en el organigrama de la Fig. 3. En el paso 100, el metal no ferroso fundido es alimentado en un aparato de colada. El aparato de colada incluye un par de superficies de colada separadas que se mueven hacia adelante tal y como se describe en detalle a continuación. En el paso 102, el aparato de colada enfría rápidamente al menos una porción de la aleación no ferrosa para solidificar una capa exterior de la aleación no ferrosa al tiempo que se mantiene una capa interior semisólida. La capa interior incluye un componente de metal fundido y un componente sólido de dendritas del metal. El espesor de la capa exterior solidificada va aumentando conforme se cuela la aleación. Las dendritas de la capa interior se alteran en el paso 104, por ejemplo, rompiendo las dendritas para obtener estructuras más pequeñas. En el paso 106, se solidifica la capa interior. El producto que sale del aparato de colada incluye la capa interior sólida formada en el paso 106 que contiene las dendritas rotas interpuestas dentro de la capa exterior sólida de la aleación. El producto puede tener varias formas tales como, aunque no de manera exclusiva, láminas, placas, planchas y hojas. En el caso de las coladas por extrusión, el producto puede tener forma de alambre, varilla, barra o cualquier otra extrusión. En cualquiera de los casos, el producto se puede seguir procesando y/o tratando en el paso 108. El orden de los pasos 100-108 no es fijo en el método de la presente invención y puede ocurrir secuencialmente o algunos pasos pueden ocurrir simultáneamente.

15

20

25

30

[0037] La presente invención equilibra la velocidad de solidificación del metal fundido, la formación de dendritas en el metal que se está solidificando y la alteración de las dendritas para obtener las propiedades deseadas en el producto final. La velocidad de enfriamiento se selecciona de modo que se consiga una solidificación rápida de las capas exteriores del metal. En el caso de las aleaciones no ferrosas, el enfriamiento de las capas exteriores del metal puede ocurrir a una velocidad de al menos 100 °C por minuto. Los aparatos de colada adecuados incluyen superficies de colada enfriadas tales como en una máquina de colada de cilindros gemelos, una máquina de colada de cintas, una máquina de colada de planchas o una máquina de colada de bloques. Las máquinas de colada de cilindros verticales también pueden utilizarse en la presente invención. En una máquina de colada continua, las superficies de colada normalmente están separadas y tienen una región en la que la distancia entre ellas es mínima. En una máquina de colada de cilindros, la región en donde la distancia entre las superficies de colada es mínima es el punto de estrechamiento. En una máquina de colada de cintas, la región en la que la distancia entre las superficies de colada de las cintas es mínima puede ser el punto de estrechamiento entre las poleas de entrada de la máquina de colada. Tal y como se describe más detalladamente a continuación, la operación de un aparato de colada según el régimen de la presente invención incluye la solidificación del metal en el lugar en el que la distancia entre las superficies de colada es mínima. Aunque el método de la presente invención se describe a continuación como que se lleva a cabo utilizando una máquina de colada de cilindros gemelos, no significa que sea exclusivo. Para poner en práctica la invención pueden utilizarse otras superficies de colada continua.

35

40

45

[0038] A modo de ejemplo, puede utilizarse una máquina de colada de cilindros (Fig. 1) para poner en práctica la presente invención tal y como se muestra detalladamente en la Fig. 4. En referencia a la Fig. 1 (en la que genéricamente se representa una colada continua horizontal conforme a las técnicas anteriores y conforme a la presente invención), la presente invención se pone en práctica utilizando un par de cilindros contrarrotatorios enfriados  $R_1$  y  $R_2$  que rotan en las direcciones de las flechas  $A_1$  y  $A_2$ , respectivamente. Con el término horizontal quiere decirse que la banda colada se produce en una orientación horizontal o a un ángulo de más o menos unos 30° respecto a la horizontal. Tal y como se muestra más detalladamente en la Fig. 3, una punta de alimentación T, que puede estar hecha de un material refractario o de cualquier otro material cerámico, distribuye directamente el metal fundido M en la dirección de la flecha B sobre los cilindros  $R_1$  y  $R_2$  que rotan en la dirección de las flechas  $A_1$  y  $A_2$ , respectivamente. Las separaciones  $G_1$  y  $G_2$  entre la punta de alimentación T y los cilindros correspondientes  $R_1$  y  $R_2$  se mantienen lo más pequeñas posible para evitar la fuga del metal fundido y minimizar la exposición del metal fundido a la atmósfera a lo largo de los cilindros  $R_1$  u  $R_2$  para evitar el contacto entre la punta T y los cilindros  $R_1$  y  $R_2$ . Una dimensión adecuada de las separaciones  $G_1$  y  $G_2$  es de unos 0,25 mm (0,01 pulgadas). Un plano L a través de la línea central de los cilindros  $R_1$  y  $R_2$  pasa a través de una región de separación mínima entre los cilindros  $R_1$  y  $R_2$  denominada el punto de estrechamiento de los cilindros N.

50

55

60

[0039] El metal fundido M es alimentado a las superficies de colada de la máquina de colada de cilindros, los cilindros enfriados  $R_1$  y  $R_2$ . El metal fundido M entra directamente en contacto con los cilindros  $R_1$  y  $R_2$  en las regiones 2 y 4, respectivamente. Al entrar en contacto con los cilindros  $R_1$  y  $R_2$ , el metal M empieza a enfriarse y solidificarse. El metal que se está enfriando se solidifica a modo

de costra superior 6 de metal solidificado adyacente al cilindro  $R_1$  y de costra inferior de metal solidificado adyacente al cilindro  $R_2$ . El espesor de las costras 6 y 8 aumenta conforme el metal M avanza hacia el punto de estrechamiento N. En las interfaces entre cada una de las costras superior e inferior 6 y 8 y el metal fundido M se forman unas dendritas de gran tamaño 10 de metal solidificado (no mostradas a escala). Las dendritas de gran tamaño 10 se rompen y arrastran al interior de una porción central 12 del flujo de metal fundido M que se mueve más lentamente y son arrastradas en la dirección de las flechas  $C_1$  y  $C_2$ . La acción de arrastre del flujo puede hacer que las dendritas de gran tamaño 10 se sigan rompiendo en dendritas más pequeñas 14 (no mostradas a escala). En la porción central 12 aguas arriba del punto de estrechamiento N referenciada como la región 16, el metal M es semisólido e incluye un componente sólido (las dendritas pequeñas solidificadas 14) y un componente de metal fundido. El metal M de la región 16 tiene una consistencia pastosa debido, en parte, a la dispersión de las dendritas pequeñas 14 por su interior. En el lugar del punto de estrechamiento N, parte del metal fundido es presionado hacia atrás en dirección opuesta a las flechas  $C_1$  y  $C_2$ . La rotación hacia adelante de los cilindros  $R_1$  y  $R_2$  en el punto de estrechamiento N sólo hace avanzar sustancialmente a la porción sólida del metal (las costras superior e inferior 6 y 8 y las dendritas pequeñas 14 de la porción central 12) mientras que fuerza al metal fundido de la porción central 12 aguas arriba desde el punto de estrechamiento N de modo que el metal pasa a un estado completamente sólido cuando sale del punto de estrechamiento N. Aguas abajo del punto de estrechamiento N, la porción central 12 es una capa central sólida 18 que contiene las dendritas pequeñas 14 interpuestas entre la costra superior 6 y la costra inferior 8. En la capa central 18, las dendritas pequeñas 14 pueden tener un tamaño de unas 20 a unas 50 micras y tener una forma generalmente globular. En un producto en forma de banda, la porción interior sólida puede constituir entre un 20 y un 30 por ciento aproximadamente del espesor total de la banda. Aunque la máquina de colada de la Fig. 4 se muestra produciendo una banda S en una orientación generalmente horizontal, esto no debe considerarse limitativo ya que la banda S puede salir de la máquina de colada en ángulo o en un sentido vertical.

[0040] El proceso de colada descrito en relación con la Fig. 4 sigue los pasos del método mencionados anteriormente. El metal fundido alimentado en el paso 100 en la máquina de colada de cilindros empieza a enfriarse y solidificarse en el paso 102. En el metal que se está enfriando se forman unas capas exteriores de metal solidificado 6 y 8 cerca o al lado de las superficies de colada enfriadas ( $R_1$  y  $R_2$ ). El espesor de las capas solidificadas 6 y 8 aumenta conforme el metal avanza a través del aparato de colada. En relación con el paso 102, en el metal se forman dendritas 10 en una capa interior 12 que está rodeada, al menos parcialmente, por las capas exteriores solidificadas 6 y 8. En la Fig. 4, las capas exteriores 6 y 8 rodean sustancialmente la capa interior 12 de modo que la capa interior 12 queda interpuesta entre las dos capas exteriores 6 y 8. En otros aparatos de colada, la capa exterior puede rodear por completo la capa interior. En el paso 104, las dendritas 10 se alteran, por ejemplo, se rompen para formar estructuras más pequeñas 14. Antes de la solidificación completa del metal, en la capa interior 12 el metal es semisólido e incluye un componente sólido (las dendritas pequeñas solidificadas 14) y un componente de metal fundido. En esta etapa, el metal tiene una consistencia pastosa debido, en parte, a la dispersión de las dendritas pequeñas 14 por su interior. En el paso 106, en el lugar de la solidificación completa del metal del aparato de colada, el producto solidificado incluye una porción interior 18 que contiene las dendritas pequeñas 14 rodeadas, al menos parcialmente, por una porción exterior. El espesor de la porción interior puede constituir de un 20 a un 30 por ciento aproximadamente del grosor del producto. En la porción interior, las dendritas pequeñas pueden tener un tamaño de unas 20 a 50 micras y el aparato de colada no las ha trabajado sustancialmente por lo que tienen una forma generalmente globular.

[0041] Según la presente invención, el metal fundido de la capa interior 12 es presionado en una dirección opuesta a su flujo a través del aparato de colada (tal y como se ha descrito en referencia a la colada entre cilindros) y/o puede ser forzado a entrar en las capas exteriores 6 y 8 y alcanzar las superficies exteriores de las capas exteriores 6 y 8. Esta característica de presionar y/o forzar al metal fundido al interior de la capa interior ocurre en cualquiera de los aparatos de colada descritos en este documento.

[0042] La rotura de las dendritas de la capa interior del paso 104 se produce durante la colada entre los cilindros por las fuerzas de cizalla resultantes de las diferencias de velocidad entre la capa interior de metal fundido y la capa exterior. Las máquinas de cilindros que funcionan a unas velocidades convencionales de menos de 3,3 m/min (10 pies por minuto) no generan las fuerzas de cizalla necesarias para romper ninguna de dichas dendritas. Aunque un funcionamiento a alta velocidad (al menos 8,2 m/min (25 pies por minuto)) de una máquina de colada de cilindros convencional con control de la solidificación como el arriba descrito permite una colada conforme al régimen de la presente invención, otros aparatos de colada convencionales también pueden adaptarse para que funcionen de un modo que dé como resultado el proceso de la invención. Un aspecto importante de la presente invención es la rotura de las dendritas de la capa interior. La rotura de las dendritas minimiza o evita la segregación en la línea central, obteniéndose unas propiedades de conformación y alargamiento mejoradas en el producto acabado en virtud de la reducción o ausencia de constituyentes gruesos como los que se encontrarían presentes en un producto colado con una máquina de cilindros o una de cintas que presentaría una segregación en la línea central. Otros mecanismos adecuados para la rotura de las dendritas de la capa interior incluyen la aplicación al líquido de agitación mecánica (por ejemplo, propulsor), agitación electromagnética incluyendo la agitación con un estator rotacional y agitación con un estator lineal, así como la vibración ultrasónica de alta frecuencia.

[0043] Las superficies de colada actúan a modo de disipadores térmicos del calor del metal fundido. En la presente invención, el calor es transferido de manera uniforme del metal fundido a la superficie de colada enfriada para asegurar una uniformidad en la superficie del producto colado. Las superficies de colada enfriadas pueden ser de acero o de cobre y pueden ser texturadas e incluir irregularidades en las superficies que entran en contacto con el metal fundido. Las irregularidades de las superficies pueden servir para aumentar la transferencia de calor de las superficies de las superficies de colada enfriadas. La imposición de un grado controlado de falta de uniformidad en las superficies de las superficies de colada enfriadas puede resultar en una transferencia de calor uniforme a través de las superficies de las mismas. Las irregularidades de las superficies pueden tener forma de ranuras, hoyuelos, estrías u otras estructuras y pueden estar separadas según un patrón regular de unas 8 a 47 irregularidades en la superficie por cm (unas 20 a unas 120 irregularidades en la superficie por pulgada) o unas 24 irregularidades por cm (60



irregularidades por pulgada). Las irregularidades de las superficies pueden tener una altura de unas 5 a unas 50 micras o unas 30 micras. Las superficies de colada enfriadas se pueden revestir con un material como cromo o níquel para facilitar la separación del producto colado de las mismas.

5 [0044] Las superficies de colada generalmente se calientan durante la colada y son propensas a oxidarse a temperaturas elevadas. La oxidación no uniforme de las superficies de colada durante la colada puede cambiar las propiedades de transferencia de calor de las mismas. Por lo tanto, las superficies de colada se pueden oxidar antes de su uso para minimizar los cambios de las mismas durante la colada. El cepillado periódico o continuo de las superficies de colada resulta beneficioso para eliminar los residuos que se acumulan durante la colada de aleaciones no ferrosas. Pequeños fragmentos del producto colado pueden desprenderse del  
10 producto y adherirse a las superficies de colada. Estos pequeños fragmentos del producto de aleación no ferrosa son propensos a oxidarse lo que da lugar a una falta de uniformidad de las propiedades de transferencia de calor de las superficies de colada. El cepillado de las superficies de colada evita los problemas de falta de uniformidad como consecuencia de los residuos que pueden acumularse sobre las superficies de colada.

15 [0045] En una máquina de colada de cilindros operada según el régimen de la presente invención, el control, mantenimiento y selección de la velocidad apropiada de los cilindros  $R_1$  y  $R_2$  puede influir en la operabilidad de la presente invención. La velocidad de los cilindros determina la velocidad a la que el metal fundido M avanza hacia el punto de estrechamiento N. Si la velocidad es demasiado baja, las dendritas de gran tamaño 10 no recibirán unas fuerzas suficientes para ser arrastradas a la porción central 12 y romperse en dendritas pequeñas 14. Según esto, la presente invención es adecuada para un funcionamiento a altas velocidades  
20 tales como unos 7,62 a unos 1,22 m/min (unos 25 a unos 400 pies por minuto) o unos 30,5 a unos 122 m/min (unos 100 a unos 400 pies por minuto) o unos 46 a unos 91 m/min (unos 150 a unos 300 pies por minuto). La velocidad lineal por unidad de superficie a la que el aluminio fundido es alimentado a los cilindros  $R_1$  y  $R_2$  puede ser inferior a la velocidad de los cilindros  $R_1$  y  $R_2$  o aproximadamente un cuarto de la velocidad de los cilindros. Según la presente invención, la colada continua a alta velocidad puede conseguirse, en parte, porque las superficies texturadas  $D_1$  y  $D_2$  aseguran una transferencia de calor uniforme desde el metal fundido  
25 M.

[0046] La fuerza de separación de los cilindros puede ser un parámetro importante a la hora de poner en práctica la presente invención. Una ventaja significativa de la presente invención es que la banda sólida no se produce hasta que el metal alcanza el punto de estrechamiento N. El espesor queda determinado por la dimensión del punto de estrechamiento N entre los cilindros  $R_1$  y  $R_2$ . La fuerza de separación de los cilindros puede ser suficientemente elevada como para presionar el metal fundido aguas arriba y alejarlo  
30 del punto de estrechamiento N. Si a través del punto de estrechamiento N pasa una cantidad excesiva de metal fundido, las capas de las costras superior e inferior 6 y 8 y la porción central sólida 18 pueden alejarse unas de otras y desalinearse. Si al punto de estrechamiento N llega una cantidad de metal fundido insuficiente, la banda se formará prematuramente como ocurre en los procesos de colada con cilindros convencionales. Una banda formada prematuramente 20 puede ser deformada por los cilindros  $R_1$  y  $R_2$  y sufrir una segregación en la línea central. Las fuerzas de separación de los cilindros adecuadas son de unos 44 a unos 525 N/cm (unas 25 a unas 300 libras por pulgada) de espesor de colada o unos 175 N por cm (100 libras por pulgada) de espesor de colada. En general, pueden establecerse unas velocidades de colada menores al colar una aleación no ferrosa de un calibre más grueso para eliminar el calor de la aleación gruesa. A diferencia de las coladas con cilindros convencionales, con la presente invención dichas velocidades de colada menores no generan unas fuerzas de separación de los cilindros excesivas ya que la banda no ferrosa totalmente sólida no se produce aguas arriba del  
40 punto de estrechamiento.

[0047] La banda de aleación no ferrosa puede producirse con un espesor de unos 0,254 cm (0,1 pulgadas) o menor (por ejemplo, 0,152 cm (0,06 pulgadas)) a unas velocidades de colada de unos 7,62 a unos 1,22 m/min (unos 25 a unos 400 pies por minuto). Mediante el método de la presente invención también puede producirse una banda de aleación no ferrosa de un calibre más grueso, por ejemplo, con un espesor de unos 0,63cm (0,25 pulgadas). Con la colada a las velocidades lineales contempladas en la presente invención (es decir, unos 7,62 a unos 1,22 m/min (unos 25 a unos 400 pies por minuto)), el producto de aleación no ferrosa se solidifica unas 1000 veces más rápido que en colada de aleación no ferrosa como lingote y mejora las propiedades del producto respecto a la colada de aleaciones no ferrosas como lingote.  
45

[0048] El producto de aleación no ferrosa producido según el método de la invención incluye una porción interior sustancialmente rodeada por una porción exterior. La concentración de elementos de aleación puede diferir entre la porción interior y la porción exterior. La aleación fundida puede tener una concentración inicial de elementos de aleación que incluye elementos de aleación de formación de peritéticos y elementos de aleación de formación de eutécticos. La concentración de elementos de aleación puede diferir entre la porción exterior y la porción interior. La porción interior del producto puede estar empobrecida en ciertos elementos (tales como formadores de eutécticos) y enriquecida en otros elementos (tales como formadores de peritéticos) en comparación con la concentración de formadores de eutécticos y de formadores de peritéticos en cada uno de los metales y la porción exterior. Los granos del producto de aleación no ferrosa de la presente invención no han sido sustancialmente trabajados, es decir, tienen una estructura equiaxial, tal como globular. En ausencia de partículas duras en la porción interior del producto, la segregación y el craqueo en la línea central característicos de muchas aleaciones no ferrosas se minimiza o elimina.  
50  
55

[0049] Mediante la puesta en práctica de la presente invención, puede resultar beneficioso soportar el producto que sale del aparato hasta que el producto se enfríe lo suficiente como para autoportarse. Un mecanismo de soporte mostrado en la Fig. 5 incluye cinta transportadora continua B colocada debajo de una banda S que sale de los cilindros R<sub>1</sub> y R<sub>2</sub>. La cinta B se desplaza alrededor de las poleas P y soporta la banda S una distancia que puede ser de unos 3,05 m (10 pies). La longitud de la cinta B entre las poleas P puede determinarse a partir del proceso de colada, la temperatura de salida de la banda S y la aleación de la banda S. Los materiales adecuados para la cinta B incluyen fibra de vidrio y metal (por ejemplo, acero) en estado sólido o a modo de malla. Alternativamente, tal y como se muestra en la Fig. 6, el mecanismo de soporte puede incluir una superficie de soporte fija J tal como un calzo sobre el que se desplaza la banda S mientras se enfría. El calzo J puede estar hecho de un material al que no pueda adherirse fácilmente la banda caliente S. En algunos casos en los que la banda S se ve sometida a una rotura al salir de los cilindros R<sub>1</sub> y R<sub>2</sub>, la banda puede enfriarse en los puntos E con un fluido tal como aire o agua. Normalmente, en el caso de las aleaciones de aluminio, la banda S sale de los cilindros R<sub>1</sub> y R<sub>2</sub> a unos 593 °C (1100 °F), y puede resultar conveniente bajar la temperatura de la banda de aleación de aluminio a unos 538 °C (2000 °F) de 20,3 a 25,4 cm (8 a 10 pulgadas) aproximadamente de punto de estrechamiento N. En la Patente Estadounidense n.º 4.823.860 se describe un mecanismo adecuado para enfriar la banda en los puntos E para alcanzar dicho punto de enfriamiento.

**Ejemplos (comparativos)**

[0050] Se coló una aleación de aluminio que contenía un % en peso de un 0,75 de Si, un 0,20 de Fe, un 0,80 de Cu, un 0,25 de Mn y un 2,0 de Mg conforme a la presente invención y, a continuación, se laminó en caliente y enfrió en línea a un calibre de 0,038 cm (0,015 pulgadas). Las propiedades resultantes de los dos productos se listan en la Tabla 1. En el Ejemplo 1 se muestran las propiedades obtenidas en el estado bruto de laminación tras el enfriamiento de la bobina. La combinación de alta resistencia y buena conformabilidad (alargamiento) es notable. La combinación del alto límite elástico y el alargamiento conseguida en los Ejemplos 1 y 2, no se había conseguido hasta ahora en las aleaciones de aluminio-magnesio de la serie 5xxx. A modo de comparación, la aleación de aluminio 5182, tiene como mucho un límite elástico de 372 MPa (54 ksi) y un alargamiento de un 7%. En el Ejemplo 2 se muestran las propiedades obtenidas después de haber tratado térmicamente la lámina con una solución y de haberla envejecido a 135 °C (275 °F) en el laboratorio. Se obtuvo un buen límite elástico y unas propiedades de flexión superiores.

Tabla 1

Propiedad	Ejemplo 1	Ejemplo 2
Límite elástico (ksi)	60	43
Tensión de rotura (ksi)	65	55
Alargamiento (%)	10	16
Radio de curvatura (r/t)	1,7	0,3*
Líneas de Lüders	ninguna	ninguna
Altura de Olsen (pulgadas) - lubricada	0,195	-
Corrosión	-	-
Piel de naranja	ninguna	ninguna
Acabado	semibrillante	brillante
Temple tipo O	sí	sí

\* Doblado plano –  
1 ksi = 6,9 Mpa

[0051] Mediante la puesta en práctica del método de la presente invención, pueden producirse productos colados de aleaciones no ferrosas con un límite elástico y un alargamiento mejorados en comparación con los productos colados convencionales. Tales propiedades mejoradas permiten la producción de un producto más fino, conveniente en el mercado.

[0052] El producto que sale del aparato de colada se puede conformar, mediante una laminación subsiguiente, por ejemplo, dándole una forma distinta o tratándolo de cualquier otra manera para la fabricación de bandas para latas, bandas para las anillas, planchas para automóviles y otros productos finales incluyendo placas litográficas y chapas brillantes. El procesamiento subsiguiente del producto que sale del aparato de colada puede realizarse mediante laminación en línea para aprovechar el calor de la lámina en bruto (de conformidad con las siguientes Patentes Estadounidenses n.º 5.772.799; 5.772.802; 5.356.495; 5.496.423; 5.514.228; 5.470.405; 6.344.096 y 6.280.543). Alternativamente, la lámina en bruto se puede enfriar y laminar posteriormente fuera de línea. Pueden realizarse otros procesamientos de la lámina de conformidad con una o más de las patentes antedichas.

[0053] Aunque las realizaciones preferentes de la presente invención ya han sido descritas anteriormente en términos de ser especialmente valiosas para la producción de piezas de aleaciones no ferrosas para las industrias del automóvil y aeroespacial y las industrias de latas de bebidas, aquellos versados en la materia entenderán que la presente invención también será valiosa para la producción de piezas como barcas, canoas, esquís, pianos, arpas, carrocerías de camiones, cabinas de camiones, autobuses, contenedores de recogedores de basura, cascos de barcos de regatas, piezas de aviones privados, contenedores de mangueras de camiones de bomberos, equipos de manipulación de materiales, rampas de carga y descarga de muelles, rampas portátiles, piezas de equipos aeroespaciales, incluyendo cohetes y satélites, sistemas de seguimiento por radar, armarios de equipos electrónicos, pantallas vibratorias, cajas-paleta, bastidores y laterales para equipajes, escaleras, ánodos de calentadores de agua, máquinas de

escribir, lanzacohetes y soportes de morteros, piezas de máquinas textiles, cubos de hormigón y herramientas de acabado manuales, plantillas y accesorios y máquinas de comprobación de vibraciones.

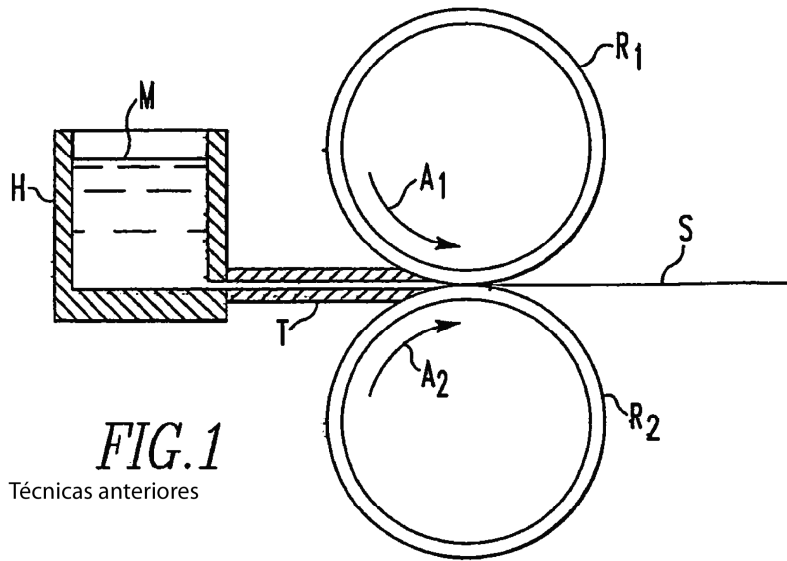
5 [0054] Aunque las realizaciones preferentes de la presente invención ya han sido descritas anteriormente en términos de ser especialmente valiosas para la colada horizontal de aleaciones de base no ferrosa, aquellos versados en la materia entenderán que la presente invención también será valiosa en una colada vertical además de a cualquier ángulo entre la colada vertical y la horizontal.

10 [0055] Aunque las realizaciones preferentes de la presente invención ya han sido descritas anteriormente en términos de un producto de banda metálica de aluminio que sale del aparato de colada que incluye una capa interior sólida que contiene estructuras dendríticas alteradas rodeadas sustancialmente por la capa sólida exterior de la aleación, el producto puede tener forma de lámina, placa, plancha, hoja, alambre, varilla, barra o extrusión.

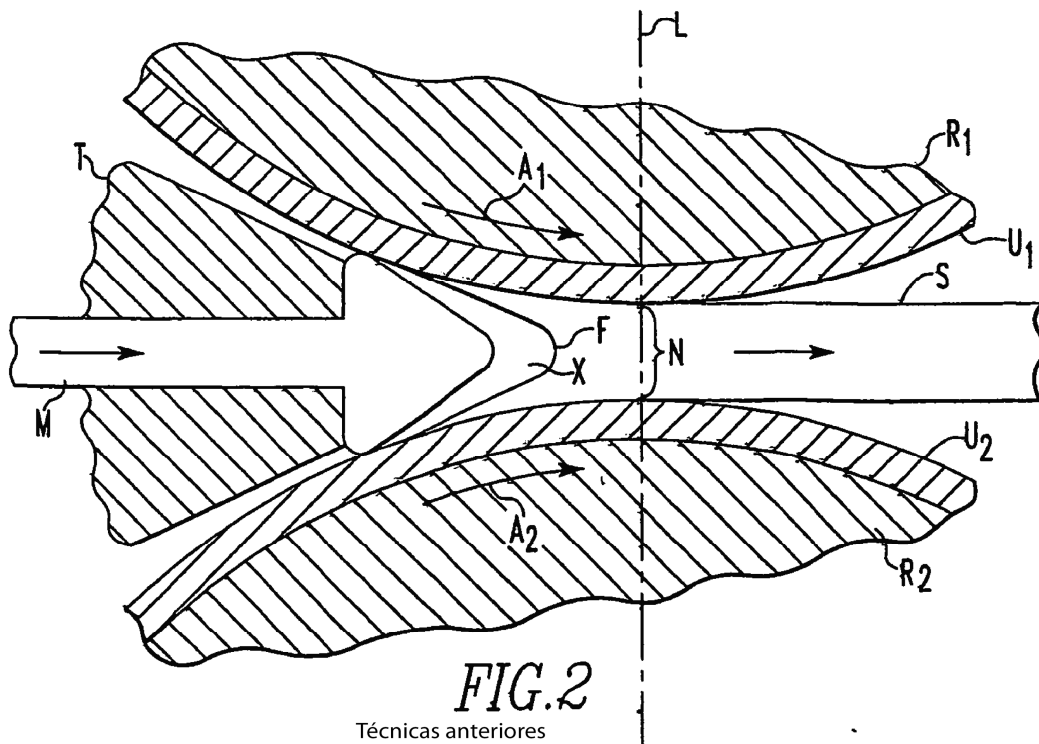
15 [0056] Aunque las realizaciones preferentes de la presente invención ya han sido descritas anteriormente en términos de que se utiliza el punto de estrechamiento de los cilindros gemelos para romper las dendritas que se forman conforme se solidifica el metal, es decir, el metal de aluminio, aquellos versados en la materia entenderán que la presente invención también será valiosa con otros metales no ferrosos incluyendo el titanio, magnesio, níquel, zinc, estaño y cobre.

**REIVINDICACIONES**

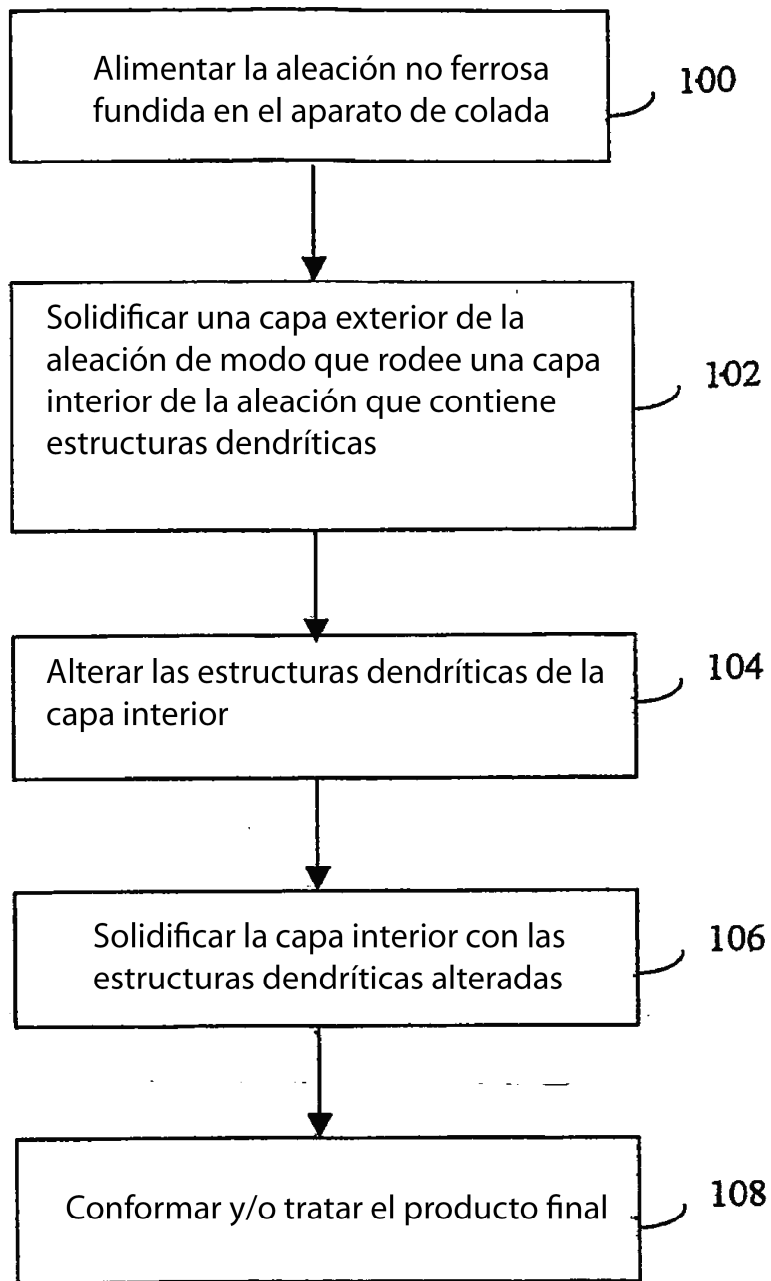
1. Un método de colada continua de un metal fundido para obtener un producto metálico que comprende los pasos de:
- 5 proveer un metal fundido no ferroso sobre un par de superficies de colada separadas que se mueven hacia adelante; solidificar el metal fundido que hay sobre las superficies de colada al tiempo que se hace avanzar al metal entre las superficies de colada para producir capas exteriores de metal sólido adyacentes a las superficies de colada y una capa interior semisólida que contiene dendritas globulares del metal entre las capas exteriores de metal sólido;
- 10 solidificar la capa interior semisólida para producir un producto de metal sólido compuesto de la capa interior y de las capas exteriores; y
- 15 retirar el producto de metal sólido de entre las superficies de colada, siendo las superficies de colada las superficies de unos cilindros giratorios con un punto de estrechamiento definido entre ellos o siendo las superficies de colada las superficies de unas cintas que se desplazan sobre los cilindros giratorios, definiendo los cilindros un punto de estrechamiento entre ellos, que se caracteriza por que el metal es una aleación de magnesio, titanio, cobre, níquel, zinc o estaño y por que al producto se le hace salir del punto de estrechamiento a una velocidad de 7,6 a 122 metros por minuto (25 a 400 pies por minuto); la fuerza aplicada por los cilindros al metal que avanza entre ellos no es superior a 525 N por cm de espesor del producto (300 libras por pulgada de espesor del producto), y el producto comprende una banda metálica que tiene un espesor de 0,15 a 0,64 cm (0,06 a 0,25 pulgadas), llevándose el método a cabo de modo que la finalización de dicho paso de solidificación ocurre en el punto de estrechamiento, y según el
- 20 método las dendritas se rompen en la capa interior semisólida antes de la finalización de dicho paso de solidificación y en donde dichas dendritas no han sido trabajadas.
2. El método de la Reivindicación 1, en donde el metal es una aleación de magnesio o de titanio.
- 25 3. Un método conforme a la Reivindicación 1, en donde el producto sale del punto de estrechamiento como mínimo 30,5 metros por minuto (100 pies por minuto).
- 30 4. Un método conforme a cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde el espesor de la capa interior solidificada comprende entre un 20% y un 30% del espesor del producto.
5. Un método conforme a cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde las superficies de colada se texturan para formar irregularidades en las superficies que entran en contacto con el metal fundido.
6. Un método conforme a la Reivindicación 5, en donde dichas irregularidades de las superficies tienen forma de ranuras, hoyuelos o estrías.
- 35 7. Un método conforme a la Reivindicación 5 o a la Reivindicación 6, en donde dichas irregularidades de las superficies están separadas según un patrón regular de 8 a 48 irregularidades por centímetro (20 a 120 irregularidades por pulgada).
- 40 8. Un método conforme a la Reivindicación 5 o a la Reivindicación 6, en donde dichas irregularidades de las superficies están separadas según un patrón regular de 24 irregularidades por centímetro (60 irregularidades por pulgada).
9. Un método conforme a cualquiera de las Reivindicaciones 5 a 8, en donde dichas irregularidades de las superficies tienen una altura de 5 a 50 micrómetros.
- 45 10. Un método conforme a cualquiera de las Reivindicaciones 5 a 8, en donde dichas irregularidades de las superficies tienen una altura de 30 micrómetros.
11. Un método conforme a cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde las superficies de colada se cepillan continuamente en las regiones alejadas del producto para eliminar los residuos que podrían acumularse.



**FIG. 1**  
Técnicas anteriores



**FIG. 2**  
Técnicas anteriores



*FIG. 3*

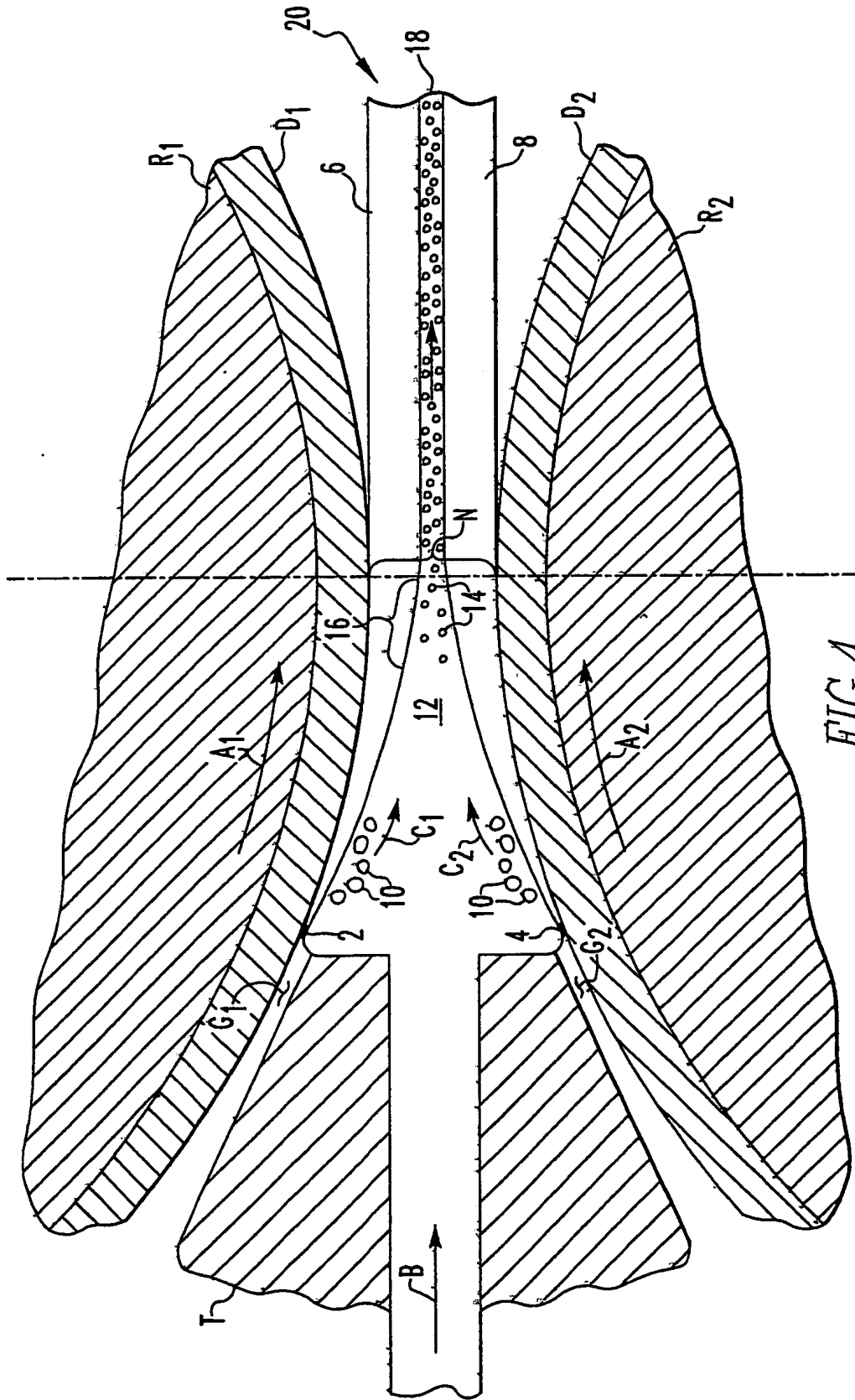


FIG.4

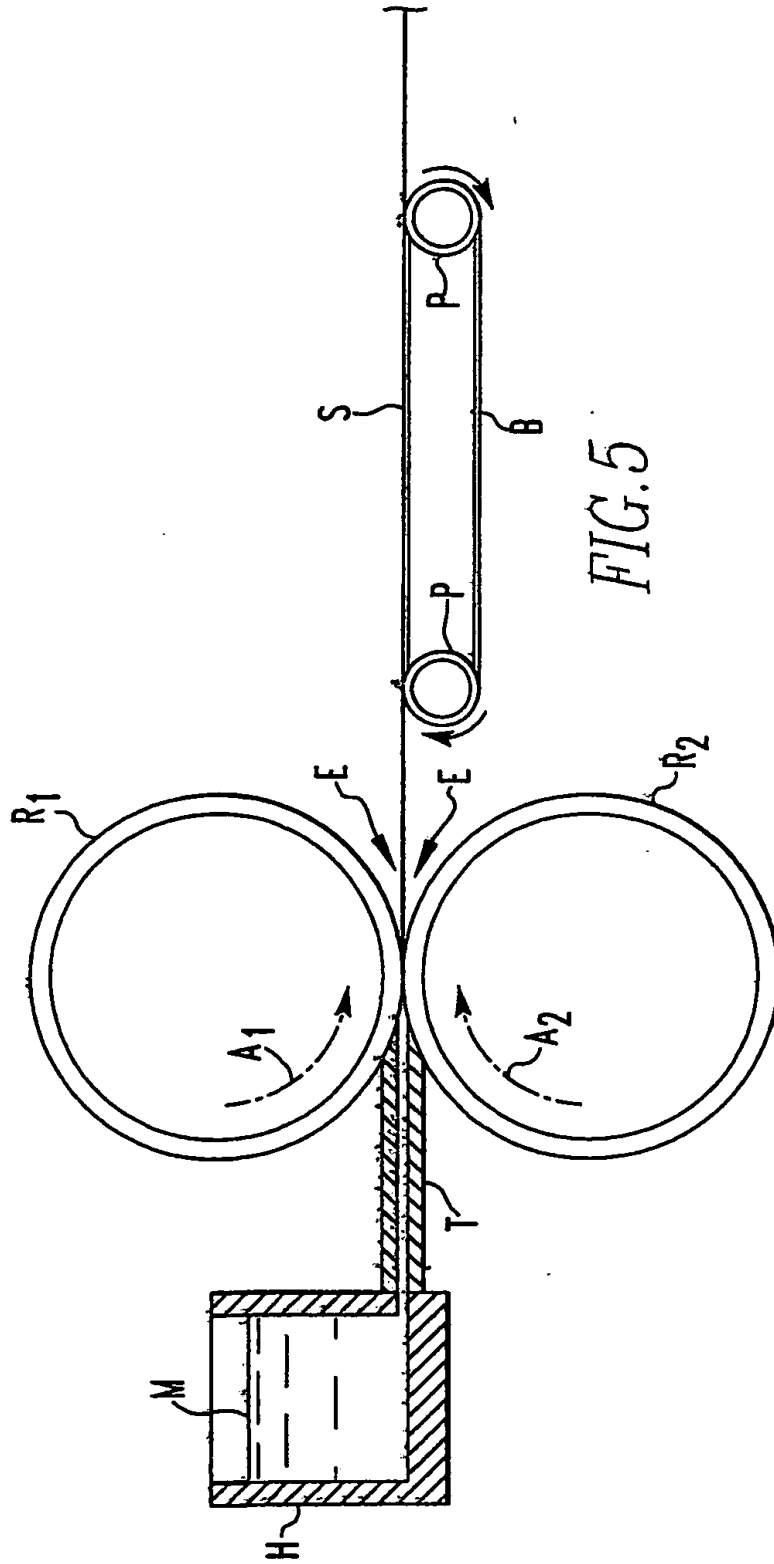


FIG.5



