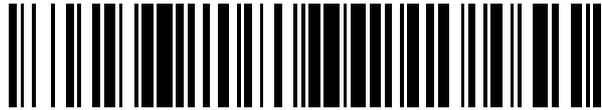


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 538 993**

51 Int. Cl.:

B22D 11/06 (2006.01)

C22C 1/10 (2006.01)

C22C 29/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.04.2008 E 08745622 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.03.2015 EP 2148753**

54 Título: **Chapa de material compuesto de matriz metálica de gradación funcional y procedimiento para su producción**

30 Prioridad:

11.04.2007 US 734121

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

25.06.2015

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**TOMES, DAVID A. JR.;
WYATT-MAIR, GAVIN F.;
TIMMONS, DAVID W. y
ÜNAL, ALI**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 538 993 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

Chapa de material compuesto de matriz metálica de gradación funcional y procedimiento para su producción

Referencia cruzada a solicitudes relacionadas

5 La presente invención reivindica prioridad de la Solicitud No Provisional de Estados Unidos Número de Serie 11/734.121, titulada "Chapa de Material Compuesto de Matriz Metálica de Gradación Funcional" presentada el 11 de abril de 2007.

Campo de la invención

10 La presente invención se refiere a Materiales Compuestos de Matriz Metálica basados en aluminio. Una realización de la presente invención se refiere a una chapa de material compuesto de matriz metálica de gradación funcional que comprende una capa central que tiene una densidad elevada de partículas y a un procedimiento de fabricación de dicha chapa. La invención se puede llevar a la práctica de acuerdo con el aparato divulgado en las patentes de Estados Unidos del mismo solicitante 5.514.228, 6.672.368 y 6.880.617.

Antecedentes de la invención

15 Los procedimientos de fabricación de producto de material compuesto de matriz metálica de gradación funcional se conocen a partir de los siguientes documentos:

KARNEZIS, P. A. Y COL: "Characterization of reinforcement distribution in cast Al-alloy/SiCp composites" MATERIALS CHARACTERIZATION, 40(2), 97-109 CODEN:MACHEX; ISSN: 1044-5803, 1998, XP002486411;

20 PAN FUSHENG Y COL: "SiC particulate distribution in the as-cast strips of SiCp/A356 aluminium matrix composites", FUHE-CAILIAO-XUEBAO:JIKAN = ACTA MATERIA COMPOSITAE SINICA, vol. 12, n° 1, 1 de febrero de 1995 (1995-02-01), páginas 32-37, XP009102554, ISSN: 1000-3851;

GRIFFITHS Y COL: "Metal matrix composite sheet produced by twin-roll casting", PROCESSING PROPERTIES AND APPLICATIONS OF METALIC AND CERAMIC MATERIALS", vol. 1, 10 de septiembre de 1992 (1992-09-10), páginas 207-212, XP009102543;

25 KARNEZIS P Y COL: "Mechanical properties and microstructure of twin roll cast Al-7Si/SiCp MMCs", MATERIALS SCIENCE AND TECHNOLOGY, MANEY PUBLISHING; GB, vol 11, n° 8, 1 de agosto de 1995 (1995-08-01), páginas 741-751, XP009102546, ISSN: 0267-0836; y

30 KARNEZIS P Y COL: "Effect of processing on the microstructure and tensile properties of A356/SiC particle MMCs", MATERIALS SCIENCE FORUM, TRANS TECH PUBLICATIONS LTD-SWITZERLAND, CH, vol. 217-222, n° p. 1, 1 de julio de 1996 (1996-07-01), páginas 341-346, XP009102545, ISSN: 0255-5476, DOI: 10.4028/WWW.SCIENTIFIC.NET/MSF.217-22.341_.

35 El documento US-A-5 942 057 se refiere a un material de aleación de base de compuesto intermetálico de TiAl, que comprende: una alúmina fina (Al_2O_3) dispersada para proporcionar una concentración de O_2 de 1000 a 5000 ppm en peso y en un diámetro de partícula de 200 a 500 nm; un boruro (TiB_2) dispersado para proporcionar una concentración de B de un 0,1 a un 10 % y en un diámetro de partícula de no más de 500 nm; de 1 a 3 % de la menos uno de Cr, Mn y V; y TiAl que tiene un contenido de Ti de un 50 a un 53 % y un contenido de Al de un 47 a un 50 %.

40 Los Materiales Compuestos de Matriz Metálica (MMC) combinan las propiedades de una matriz metálica con partículas de refuerzo, mejorando de este modo las propiedades mecánicas del producto final. Por ejemplo, normalmente un producto de MMC basado en aluminio exhibe un aumento del módulo elástico, bajo coeficiente de expansión térmica, mayor resistencia frente al desgaste, mejor tensión de ruptura y, en algunos casos, un aumento de la resistencia frente a la fatiga térmica.

45 Los procedimientos existentes de fabricación de MMC incluyen moldeo por compresión, infiltración por compresión, deposición por pulverización, moldeo en suspensión y procesado en forma de polvo. El objetivo de estos procedimientos de fabricación es producir una distribución uniforme de partículas por toda la matriz metálica o para distribuir las partículas cerca de las superficies externas del producto metálico. En el pasado, no obstante, la fabricación de MMC moldeado para dar lugar a un producto final por medio de laminado, forja o extrusión se ha visto impedida por las características de carga elevada de la fase en forma de partículas.

Existe una necesidad, por tanto, de un Material Compuesto de Matriz Metálica basado en aluminio que combine las propiedades mecánicas mejoradas de MMC con una ductilidad, aspecto y facilidad de fabricación mejorados.

Sumario de la invención

50 La presente invención divulga un procedimiento como se define en la reivindicación 1 de fabricación de una chapa

5 MMC de gradación funcional que tiene una capa central de materia particulada. El procedimiento incluye proporcionar un metal fundido que contiene materia particulada a un par de superficies de moldeo de avance. El material fundido posteriormente se solidifica al tiempo que avanza entre las superficies de moldeo de avance para formar un material compuesto que comprende una primera capa externa sólida, una segunda capa externa sólida y una capa central semi-sólida que tiene una concentración de materia particulada más elevada que cualquiera de las capas externas.

10 A continuación, se solidifica la capa central para formar un producto metálico de material compuesto sólido formado por una capa central intercalada entre las dos capas externas y se extrae el producto metálico entre las superficies de moldeo. Tras la extracción del producto entre las superficies de moldeo, posteriormente se puede someter el producto a uno o más pases de laminado en frío o laminado en caliente.

15 Normalmente, las superficies de moldeo son las superficies de un rodillo o una cinta con una línea de contacto entre ellas. En una realización, el producto metálico abandona la línea de contacto a una velocidad que varía de aproximadamente 0,254 - 1,524 m/s. En la práctica, el metal fundido puede ser una aleación de aluminio y el material en forma de partículas puede ser un óxido de aluminio por ejemplo. Como se ha descrito anteriormente, el producto metálico resultante del procedimiento de la presente invención comprende dos capas externas y una capa central con una concentración elevada de materia particulada. Por ejemplo, para un MMC basado en aluminio, la capa central podría estar formada por aproximadamente un 70 % de partículas de óxido de aluminio en volumen. El producto de la presente invención puede ser un fleje, una chapa o un panel que tiene un espesor que varía de aproximadamente 0,10 mm a aproximadamente 6,53 mm y es un material compuesto de matriz metálica que combina las ventajas de un MMC con mejoras en cuanto a ductilidad, aspecto y facilidad de fabricación.

20 El producto de la presente invención como se define en la reivindicación 7 resulta apropiado para su uso en aplicaciones estructurales tales como paneles usados en las industrias aeroespacial, de automoción, construcción y edificación.

Breve descripción de los dibujos

25 La Figura 1 es un diagrama de flujo que describe el procedimiento de la presente invención;
 La Figura 2 es un esquema que muestra un tipo de aparato usado en el procedimiento de la presente invención;
 La Figura 3 es un esquema de corte transversal ampliado que detalla el aparato que opera de acuerdo con la presente invención;
 30 La Figura 4 es una microfotografía de una sección transversal de un fleje producido de acuerdo con la presente invención; y
 La Figura 5 es una microfotografía de la sección transversal de un fleje producido de acuerdo con la presente invención y posteriormente laminado en caliente hasta un espesor de 0,20 mm.

Descripción detallada

35 Los dibujos adjuntos y la descripción siguiente explican la presente invención en realizaciones a modo de ejemplo. No obstante, se contempla que, generalmente, las personas familiarizadas con los procedimientos de moldeo serán capaces de aplicar las nuevas características de las estructuras y procedimientos ilustrados y descritos en la presente memoria en otros contextos por medio de modificación de determinados detalles. Por consiguiente, los dibujos y la descripción no deben interpretarse como restrictivos del ámbito de la presente invención, sino que deben entenderse como enseñanzas en sentido amplio y general.

40 Finalmente, para los fines de la descripción siguiente, los términos "superior", "inferior", "derecha", "izquierda", "vertical", "horizontal" y las expresiones "parte superior", "parte inferior" y sus derivados se refieren a la invención, y están orientados en las figuras de los dibujos.

45 Se pretende que las frases "aleaciones de aluminio", "aleaciones de magnesio" y "aleaciones de titanio" signifiquen aleaciones que contienen al menos un 50 % en peso del elemento comentado y al menos un elemento modificador. Se considera que las aleaciones de aluminio, magnesio y titanio son candidatos atractivos para su uso estructural en las industrias aeroespacial y de automoción debido a su peso ligero, elevada proporción de resistencia con respecto a peso, y tenacidad específica elevada a temperatura tanto ambiente como elevada. La presente invención se puede llevar a la práctica con Aleaciones de Aluminio.

50 La invención, en su forma más básica, se muestra esquemáticamente en el diagrama de flujo de la FIG. 1. Como se muestra en la misma, en la etapa 100, se suministra metal fundido que contiene materia particulada a un aparato de moldeo. El aparato de moldeo incluye un par de superficies de moldeo de avance separadas como se describe con detalla a continuación. En la etapa 102, el aparato de moldeo enfría rápidamente al menos una parte del metal fundido para solidificar las capas externas de metal fundido y la capa central enriquecida con materia particulada.

Las capas solidificadas externas aumentan el espesor a medida que se moldea la aleación.

El producto que abandona el aparato de moldeo incluye la capa central sólida formada en la etapa 102 que contiene la materia particulada intercalada entre las capas sólidas externas. El producto se puede generar de diversas formas tales como, pero sin limitarse a, una chapa, placa, plancha o un papel metalizado. En el moldeo por extrusión, el producto puede tener forma de alambre, varilla, barra u otra extrusión. En cualquier caso, el producto se puede procesar de forma adicional y/o se puede tratar en la etapa 104. Debería apreciarse que el orden de las etapas 100-104 no está fijado en el procedimiento de la presente invención y puede tener lugar de forma secuencial o algunas de las etapas pueden tener lugar de forma simultánea.

En la presente invención, se escoge la tasa a la cual se enfría el metal fundido para lograr una solidificación rápida de las capas externas. Para aleaciones de aluminio y otras aleaciones metálicas, el enfriamiento de las capas externas metálicas puede ocurrir a una tasa de al menos aproximadamente 1000 grados centígrados por segundo. Los aparatos de moldeo apropiados que se pueden usar con la invención divulgada incluyen, pero sin limitarse a, superficies de moldeo enfriadas tales como las que se encuentran en un dispositivo de moldeo de rodillos gemelos, un dispositivo de moldeo de cinta, un dispositivo de moldeo de plancha, o un dispositivo de moldeo de bloques. También se pueden usar dispositivos de moldeo de rodillos verticales en la presente invención. En un dispositivo de moldeo continuo, generalmente las superficies de moldeo están separadas y tienen una región a la cual la distancia entre ellas es mínima.

En un dispositivo de moldeo de rodillos, la región de distancia mínima entre las superficies de moldeo se conoce como línea de contacto. En un dispositivo de moldeo de cinta, la región de distancia mínima entre las superficies de moldeo de las cintas puede ser una línea de contacto entre las poleas de entrada del dispositivo de moldeo. Como se describe con más detalle a continuación, la operación de un aparato de moldeo en el régimen de la presente invención implica la solidificación del metal en el punto de distancia mínima entre las superficies de moldeo. Aunque el procedimiento de la presente invención se describe a continuación como que se realiza usando un dispositivo de moldeo de rodillos gemelos, no se pretende que sea limitante. Se pueden usar otras superficies de moldeo continuas para la puesta en práctica de la invención.

A modo de ejemplo, se puede operar un dispositivo de moldeo de rodillos (Fig. 2) para llevar a la práctica la presente invención como se muestra con detalle en la Fig. 3. Haciendo referencia ahora a la Fig. 2 (que generalmente muestra el moldeo continuo horizontal de acuerdo con la técnica anterior y de acuerdo con la presente invención), la presente invención se puede llevar a la práctica usando un par de rodillos R_1 y R_2 enfriados que rotan en contrasentido en la dirección de las flechas A_1 y A_2 , respectivamente, en los que M es el metal fundido, H es el horno de retención, T es el canal y S es el producto. Un Dispositivo de Moldeo de Rodillos en uso convencional opera a velocidades reducidas y no genera un producto de gradación funcional. Como se muestra con más detalle en la Fig. 3, en la práctica de la presente invención, una punta T de alimentación, que puede estar formada por un material refractario u otro material cerámico, distribuye el metal fundido M en la dirección de la flecha B directamente sobre los rodillos R_1 y R_2 que rotan en la dirección de las flechas A_1 y A_2 , respectivamente. Se mantienen los espacios G_1 y G_2 entre la punta T de alimentación y los respectivos rodillos R_1 y R_2 en una distancia lo más pequeña posible para evitar que el metal fundido experimente fugas y para minimizar la exposición del metal fundido a la atmósfera junto con los rodillos R_1 y R_2 , al tiempo que se evita el contacto entre la punta T y los rodillos R_1 y R_2 . Una dimensión apropiada de los espacios G_1 y G_2 es de aproximadamente 0,25 mm. Un plano L a través de la línea central de los rodillos R_1 y R_2 pasa a través de una región de espacio libre mínima entre los rodillos R_1 y R_2 denominada como línea N de contacto de rodillo.

Como se puede observar en la Figura 3, en la presente invención, el metal fundido M que contiene materia 10 particulada se proporciona entre los rodillos R_1 y R_2 del dispositivo de moldeo de rodillos. El experto en la materia comprenderá que los rodillos R_1 y R_2 son las superficies de moldeo del dispositivo de moldeo de rodillos. Normalmente, R_1 y R_2 se enfrían para contribuir a la solidificación del metal fundido M, que directamente entra en contacto con los rodillos R_1 y R_2 en las regiones 2 y 4, respectivamente. Tras el contacto con los rodillos R_1 y R_2 , el metal M comienza a enfriarse y solidifica. El metal de enfriamiento solidifica una primera cubierta 6 metálica solidificada adyacente al rodillo R_1 y una segunda cubierta 8 metálica solidificada adyacente al rodillo R_2 .

El espesor de cada una de las cubiertas 8 y 6 aumenta a medida que el metal M avanza hacia la línea N de contacto. Inicialmente, la materia particulada 10 se encuentra ubicada en las interfaces entre cada una de las cubiertas 8 y 6 primera y segunda y el metal M fundido. A medida que el metal M fundido viaja a través de las superficies opuestas de los rodillos R_1 , R_2 enfriados, la materia 10 particulada es arrastrada al interior de una parte 12 central del flujo móvil lento del metal M fundido y es transportada en la dirección de las flechas C_1 y C_2 . En la parte 12 central aguas arriba de la línea N de contacto denominada región 16, el metal es semi-sólido e incluye un componente de materia 10 particulada y un componente metálico M fundido. El metal M fundido en la región 16 carece de consistencia debido en parte a la dispersión de la materia 10 particulada del interior.

La rotación hacia adelante de los rodillos R_1 y R_2 en la punta N avanza sustancialmente únicamente la parte sólida del metal, es decir, las cubiertas 6 y 8 primera y segunda y la materia particulada en la parte 12 central al tiempo que obliga al metal M fundido en la parte 12 central aguas arriba de la punta N, de manera que el metal está sustancialmente sólido a medida que abandona la zona de la punta N. Aguas abajo de la punta N, la parte 12 central

es una capa **18** central sólida que contiene materia **10** particulada intercalada entre la primera cubierta **6** y la segunda cubierta **8**.

Por motivos de claridad, el artículo de aluminio de tres capas descrito anteriormente que tiene una parte **12** central con una elevada concentración de materia **10** particulada intercalada entre las cubiertas **6** y **8** primera y segunda también se denomina estructura MMC de gradación funcional. El tamaño de la materia **10** particulada de la capa **18** central sólida es de al menos aproximadamente 30 micrómetros. En un producto de fleje, la parte central sólida puede constituir de aproximadamente 20 a aproximadamente 30 por ciento del espesor total del fleje. Aunque se muestra el dispositivo de moldeo de la Fig. 2 que produce un fleje S con una orientación generalmente horizontal, esto no significa que sea limitante ya que el fleje S puede abandonar el dispositivo de moldeo con un ángulo o de forma vertical.

El procedimiento de moldeo descrito en relación con la Fig. 3 sigue las etapas de procedimiento comentadas anteriormente en la Fig. 1. El metal **M** fundido suministrado en la etapa **100** al dispositivo **R1**, **R2** de moldeo de rodillos comienza a enfriarse y solidifica el metal **M** fundido en la etapa **102**. El enfriamiento del metal desarrolla capas externas metálicas solidificadas, es decir, cubiertas **6** y **8** primera y segunda, en posición próxima o adyacente a las superficies **R1**, **R2** de moldeo enfriadas. Como se comenta en los párrafos anteriores, el espesor de la primera cubierta **6** y la segunda cubierta **8** aumenta a medida que la composición metálica avanza a través del aparato de moldeo. Para la etapa **102**, se extrae la materia **10** particulada al interior de la parte **102**, que está parcialmente rodeada por las capas **6** y **8** externas solidificadas. En la Fig. 3, las cubiertas **6** y **8** primera y segunda rodean sustancialmente la parte **12** central.

En otras palabras, la parte **12** central que contiene la materia **10** particulada se encuentra ubicada entre la primera cubierta **6** y la segunda cubierta **8**. El metal **M** fundido de la parte **12** central forma una capa **17** interna. De manera diferente, dicha capa **17** interna está intercalada o dispuesta entre la primera cubierta **6** y la segunda cubierta **8**. En otros procedimientos de moldeo, las cubiertas **6** y **8** primera y segunda pueden rodear por completo a la capa **17** interna. Haciendo referencia a la Fig. 1, en la etapa **104**, la capa **17** interna se solidifica. Antes de la solidificación completa de la capa **17** interna, ésta es semi-sólida e incluye un componente **10** de materia particulada y un componente metálico. El metal de la capa **17** interna en esta etapa carece de consistencia debido en parte a la dispersión de la materia **10** particulada del interior.

En la etapa **106**, el producto se solidifica por completo e incluye la capa **18** central sólida, que contiene la materia **10** particulada, y una primera cubierta **6** y segunda cubierta **8**, es decir, la capa externa, que rodea sustancialmente la capa **18** central sólida. El espesor T_1 de la capa **18** central sólida puede ser de aproximadamente un 10-40 % del espesor T del producto **20**. En una realización, la capa **18** central sólida está formada por aproximadamente un 70 % de materia **10** particulada en volumen, al tiempo que la primera cubierta **6** y la segunda cubierta **8** están formadas por aproximadamente un 10 % de materia **10** particulada en volumen, pero los espesores de cubierta combinados ($T_2 + T_3$) varían de aproximadamente un 60-90 % del espesor T del producto **20**. Por consiguiente, la concentración más elevada de MMC está en la capa **18** central sólida, al tiempo que las cubiertas externas **6**, **8** tienen una concentración reducida de MMC.

El movimiento de la materia **10** particulada que tiene un tamaño de al menos aproximadamente 30 micrómetros en el interior de la parte **12** central en la etapa **104** está provocado por las fuerzas de cizalladura que resultan de las diferencias de velocidad entre la capa **17** interna metálica fundida y las capas **6**, **8** externas solidificadas. Con el fin de lograr este movimiento en el interior de la capa **17** interna, sería necesario operar los dispositivos R_1 , R_2 de moldeo de rodillos a velocidades de al menos aproximadamente 0,254 m/s. Los dispositivos R_1 , R_2 de moldeo de rodillos operados a velocidades convencionales menores de 0,051 m/s no generan las fuerzas de cizalladura necesarias para mover la materia particulada que tiene un tamaño de aproximadamente 30 micrómetros o más al interior de la capa **17** interna.

Un aspecto importante de la presente invención es el movimiento de la materia **10** particulada que tiene un tamaño de al menos 30 micrómetros al interior de la capa **17** interna.

La estructura de MMC de gradación funcional divulgada en la presente invención combina los beneficios de un MMC (por ejemplo, propiedades mecánicas mejoradas) con la ductilidad y aspecto de las capas externas metálicas. Las superficies de moldeo usadas en la práctica de la invención sirven como sumideros térmicos para el calor del metal **M** fundido. Durante la operación, el calor se transfiere desde el metal fundido hasta la superficie de moldeo enfriada de manera uniforme para garantizar la uniformidad en la superficie del producto moldeado. Las superficies de moldeo enfriadas pueden estar formadas por acero o cobre u otro material apropiado y se pueden someter a extrusión para incluir las irregularidades superficiales que están en contacto con el metal fundido. Las superficies de moldeo también se pueden revestir con otro metal tal como níquel o cromo por ejemplo o una especie no metálica.

Las irregularidades superficiales sirven para aumentar la transferencia de calor desde las superficies de las superficies de moldeo enfriadas. La imposición de un grado controlado de no uniformidad en las superficies de las superficies de moldeo enfriadas tiene como resultado una transferencia de calor más uniforme a través de sus superficies. Las irregularidades superficiales pueden ser en forma de hendiduras, concavidades, nudos u otras estructuras y pueden estar separadas siguiendo un patrón regular. En un dispositivo de moldeo de rodillos operado

en el régimen de la presente invención, el control, mantenimiento y selección de la velocidad apropiada de los rodillos R_1 y R_2 puede afectar a la operabilidad de la presente invención. La velocidad del rodillo determina la velocidad con la que el metal M fundido avanza hacia la línea N de contacto. Si la velocidad es demasiado baja, la materia 10 particulada no experimenta fuerza suficiente para quedar retenida en la capa 17 interna del producto metálico. Por consiguiente, la presente invención resulta apropiada para la operación a velocidades mayores de 0,254 m/s.

En una realización, la presente invención se opera a velocidades que varían de 0,254 m/s - 1,524 m/s. La velocidad lineal con la que se suministra el aluminio fundido a los rodillos R_1 y R_2 puede ser menor que la velocidad de los rodillos R_1 y R_2 o aproximadamente una cuarta parte de la velocidad de los rodillos. El moldeo continuo de velocidad elevada de acuerdo con la presente invención se puede conseguir en parte debido a que las superficies D_1 y D_2 con textura garantizan una transferencia de calor uniforme desde el metal M fundido y, como se comenta a continuación, la fuerza de separación de los rodillos es otro parámetro importante en la práctica de la presente invención.

Una ventaja significativa de la presente invención es que el fleje sólido no se produce hasta que el metal alcanza la línea N de contacto. El espesor T viene determinado por la dimensión de la línea N de contacto entre los rodillos R_1 y R_2 . La fuerza de separación es suficientemente grande para apretar el metal fundido aguas arriba y fuera de la línea N de contacto. Cuando este no es el caso, una cantidad excesiva de metal fundido que pase a través de la línea N de contacto provoca que las capas de las cubiertas 6 y 8 superior e inferior y la parte 18 central sólida se muevan una con respecto a otra y queden desalineadas. Por el contrario, cuando la cantidad de metal fundido que alcanza la línea N de contacto es insuficiente, se forma de manera prematura el fleje como sucede en los procedimientos convencionales de moldeo por rodillos. Una fleje 20 formado de manera prematura se puede deformar por medio de los rodillos R_1 y R_2 y experimentar separación de la línea central.

Las fuerzas de separación de rodillos apropiadas varían de aproximadamente 0,875-175 N/mm de moldeo en anchura. En general, se pueden requerir velocidades de moldeo más lentas cuando el indicador grueso de moldeo experimenta aleación con el fin de retirar calor de la aleación gruesa. A diferencia del moldeo con rodillos convencional, dichas velocidades de moldeo más lentas no tienen como resultado fuerzas excesivas de separación de rodillos en la presente invención ya que no se produce un fleje no ferroso completamente sólido aguas arriba de la línea de contacto.

Se puede producir el fleje de aleación con espesores de aproximadamente 2,03 mm a 6,53 mm a velocidades de moldeo que varían de 0,254 m/s - 1,524 m/s.

En una realización, el metal fundido es aluminio o una aleación de aluminio.

La materia particulada es cualquier material no metálico tal como Óxido de Aluminio, Carburo de Boro, Carburo de Silicio y Nitruro de Boro.

Haciendo referencia ahora a la Fig. 4, se muestra una microestructura de moldeo MMC de gradación funcional de acuerdo con la presente invención. El fleje 400 mostrado comprende un 15 % de alúmina en peso y es de 0,0294 mm (calibre = 0,004). Se puede observar la materia 10 particulada distribuida por todo el fleje 400 con una concentración elevada de partículas concentradas en la capa 401 central al tiempo que se pueden observar concentraciones más bajas en las capas externas 402 y 403, respectivamente. Debería apreciarse que no existe reacción entre la materia particulada y la matriz de aluminio debido a la solidificación rápida de la masa fundida durante el procedimiento de la presente invención. Además, en un producto laminado de acuerdo con la presente invención no existe daño alguno en la interfaz entre las partículas y la matriz metálica, como se puede apreciar en la Fig. 5. La Fig. 5 ilustra un fleje MMC de gradación funcional (A1, un 15 % en volumen de Al_2O_3 , compuesto en condición laminada a 0,2 mm de espesor) en el que las capas externas metálicas tienen buenas características de aptitud de conformación y la capa central tiene una rigidez mejorada. La presente invención también permite la producción de un producto laminado en frío sin necesidad alguna de recalentamiento durante el procedimiento de laminado en frío. Debido a que las partículas no sobresalen por encima de la superficie del producto, no desgastan o provocan abrasión de los rodillos de molino de laminado.

Aunque la divulgación se ha descrito con detalle y con referencia a sus realizaciones específicas, resultará evidente para el experto en la materia que se pueden realizar diversos cambios y modificaciones en la misma.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento de fabricación de un producto de material compuesto de matriz metálica de gradación funcional que comprende las etapas de:
- 5 - proporcionar un metal (M) fundido que contiene materia (10) particulada a un par de superficies (R_1 , R_2) de moldeo de avance;
- solidificar el metal (M) fundido al tiempo que avanza el metal (M) fundido entre las superficies (R_1 , R_2) de moldeo de avance para formar un producto que comprende una primera capa (6) externa sólida, una segunda capa (8) externa sólida y una capa (17) central semi-sólida entre las mismas, en el que la capa (17) central semi-sólida tiene una concentración de materia particulada mayor que las concentraciones de materia
- 10 - solidificar la capa (17) central semi-sólida para formar un producto metálico sólido que comprende las capas (6, 8) externas y la capa (18) central solidificada después de que la capa (17) central semi-sólida pase una ubicación de distancia mínima entre las superficies (R_1 , R_2) de moldeo; y
- extraer el producto (20) metálico sólido de entre las superficies (R_1 , R_2) de moldeo;
- 15 comprendiendo la etapa de avance del metal fundido hacer avanzar la mezcla metálica fundida entre las superficies de moldeo (R_1 , R_2) a una velocidad que varía de 0,254 m/s a 1,524 m/s **caracterizado porque** las capas (6, 8) externas sólidas primera y segunda tienen un espesor combinado ($T_2 + T_3$) que varía de un 60 a un 90 % del espesor (T) del producto (20) metálico sólido, en el que el espesor (T_1) de la capa (18) central solidificada es de un 10 a un 40 % del espesor (T) del producto (20) metálico sólido;
- 20 durante la etapa de avance del material (M) fundido se mueve la materia particulada que tiene un tamaño de 30 micrómetros o más al interior de la capa (17) central semi-sólida; y
- porque la materia (10) particulada está seleccionada entre el grupo que consiste en óxido de aluminio, carburo de boro, carburo de silicio, nitruro de boro y cualquier material no metálico.
- 25 2. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, que además comprende laminado en caliente o laminado en frío del producto metálico sólido.
3. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, que además comprende la etapa de ajustar una línea (N) de contacto entre las superficies (R_1 , R_2) de moldeo en un intervalo de 2,03 mm hasta 6,53 mm.
4. El procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 3, que además comprende una etapa de reducir un espesor del producto metálico sólido unitario por medio de uno o más pases de laminado en frío o laminado en
- 30 caliente hasta un espesor final que varía de 0,10 mm a 3,175 mm.
5. El procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 4, en el que el metal (M) fundido es una aleación de aluminio, y la materia (10) particulada está seleccionada entre el grupo que consiste en un óxido de aluminio, un carburo de boro, un carburo de silicio, un nitruro de boro y cualquier material no metálico.
- 35 6. El procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 5, en el que el producto metálico sólido es una chapa, fleje o panel.
7. Un producto de material compuesto de matriz metálica de gradación funcional, obtenido por medio de un procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones anteriores que comprende:
- 40 - una primera capa (6, 402) externa;
- una segunda capa (8, 403) externa; y
- una capa (18, 401) central dispuesta entre las capas (6, 402; 8, 403) primera y segunda, presentando la capa (18, 401) central una concentración de materia particulada mayor que las concentraciones de materia particulada de las capas (6, 402; 8, 403) externas primera y segunda,
- 45 en el que durante la etapa de avance del material (M) fundido, se mueve la materia particulada que tiene un tamaño de 30 micrómetros o más al interior de la capa (17) central semi-sólida; y
- 50 en el que la materia (10) particulada está seleccionada entre el grupo que consiste en Óxido de Aluminio, Carburo de Boro, Carburo de Silicio, Nitruro de Boro y cualquier material no metálico.
8. El producto de acuerdo con la reivindicación 7, en el que la primera capa (6, 402) externa, la segunda capa (8, 403) externa, y la capa central son aleaciones de aluminio, y la materia (10) particulada está seleccionada entre el grupo que consiste en un óxido de aluminio, un carburo de boro, un carburo de silicio, un nitruro de boro y cualquier material no metálico.
9. El producto de acuerdo con la reivindicación 8, en el que la capa (18, 401) central comprende un volumen que tiene hasta un 70 % de partículas de óxido de aluminio.
10. El producto de acuerdo con una de las reivindicaciones 7 a 9, en el que el producto es fabricado usando un procedimiento de moldeo de fleje.

11. El producto de acuerdo con una de las reivindicaciones 7 a 10, en el que el producto tiene un espesor que varía de 0,10 mm a 3,175 mm.

12. El producto de acuerdo con una de las reivindicaciones 7 a 11, en el que el producto es un fleje, chapa o panel.

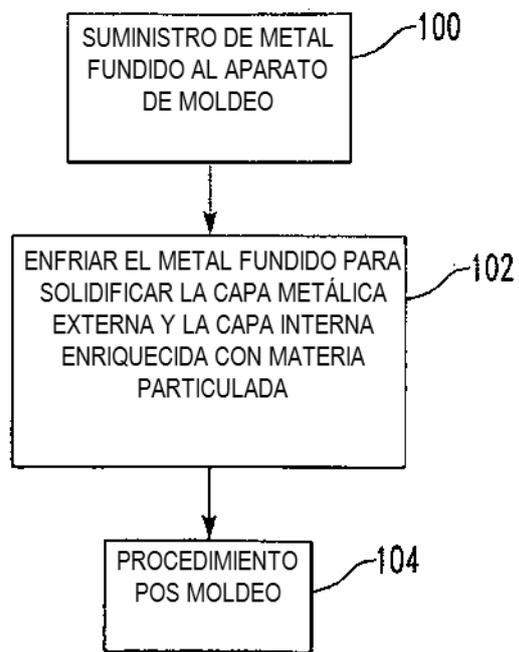


FIG.1

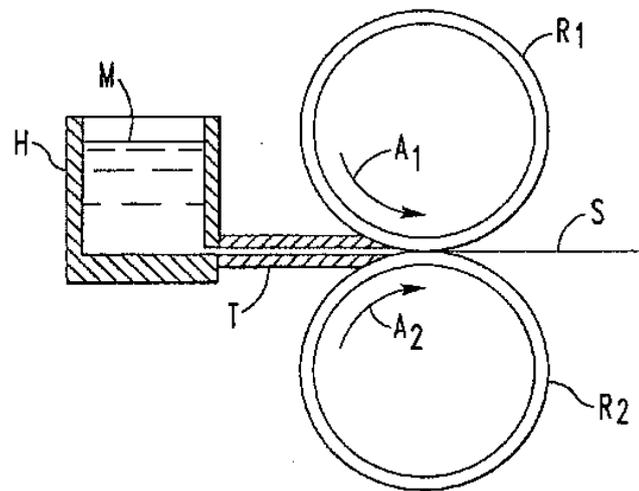


FIG.2

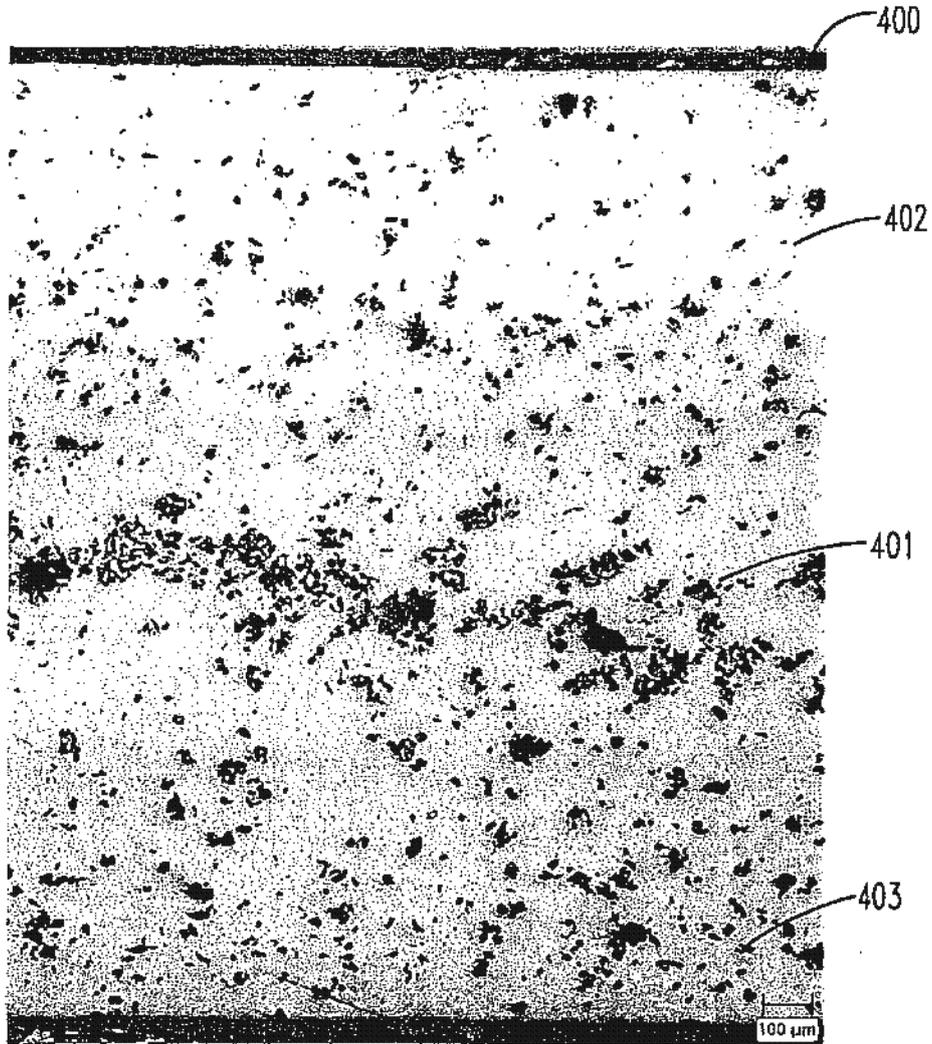


FIG. 4

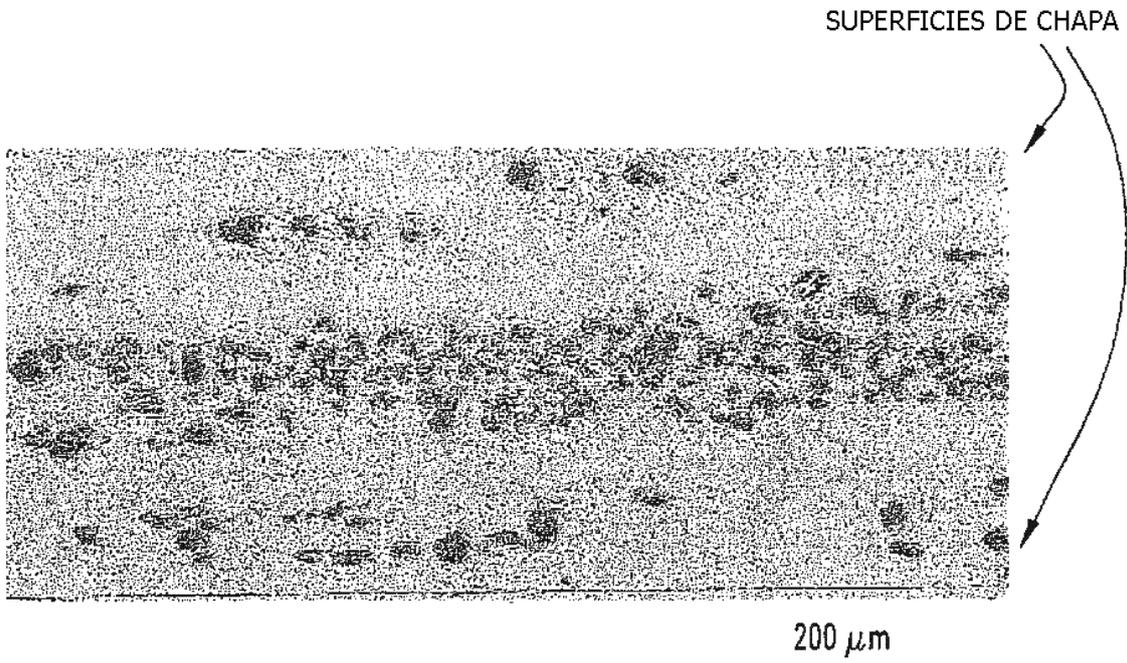


FIG. 5