



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 323 767**

51 Int. Cl.:
B22D 11/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **02706344 .5**

96 Fecha de presentación : **20.02.2002**

97 Número de publicación de la solicitud: **1414602**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **06.05.2004**

54 Título: **Colada continua de aluminio.**

30 Prioridad: **20.02.2001 US 270262 P**
19.02.2002 US 78638 P

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
24.07.2009

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
24.07.2009

73 Titular/es: **Alcoa Inc.**
201 Isabella Street
Pittsburgh, Pennsylvania 15212-5858, US

72 Inventor/es: **Unal, Ali**

74 Agente: **Elzaburu Márquez, Alberto**

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 continua de aluminio.

5 **Campo de la invención**

La presente invención se refiere a la colada continua de aleaciones de aluminio, más concretamente, a la colada continua de aleaciones de aluminio entre dos rodillos refrigerados a velocidades por encima de 7,6 metros por minuto.

10 **Antecedentes de la invención**

La colada continua de metales tales como las aleaciones de aluminio se lleva a cabo en sistemas de colada con dos rodillos, sistemas de colada con bloques y sistemas de colada en cintas. La colada con dos rodillos de las aleaciones de aluminio ha disfrutado de buen éxito y aplicación comercial a pesar de las tasas de producción relativamente bajas, factibles hasta la fecha. La presente invención está dirigida a un método de colada continua de aluminio que supera la productividad de la colada con dos rodillos y que alcanza un nivel comparable a, o mejor que, la productividad de la colada en cintas.

La colada con dos rodillos, tradicionalmente, es una técnica de solidificación y deformación combinadas que implican introducir metal fundido en la zona de mordedura entre un par de rodillos refrigerados que giran al contrario, en la que se inicia la solidificación cuando el metal fundido entra en contacto con los rodillos. El metal solidificado forma como un “frente solidificado” del metal fundido dentro de la zona de mordedura de los rodillos, y el metal sólido avanza hacia la zona de pasada, el punto de mínima separación entre los rodillos. El metal sólido pasa a través de la zona de pasada como una lámina sólida. La lámina sólida es deformada por los rodillos (laminado en caliente) y sale de los rodillos.

Las aleaciones de aluminio han sido sometidas con éxito a colada con rodillos dando láminas de 6,3 mm de espesor a aproximadamente 1,2-1,8 metros por minuto, o a aproximadamente 0,89-1,25 kg/h/mm de anchura de colada. Los intentos para aumentar la velocidad de la colada con rodillos fallan normalmente debido a la segregación en el eje longitudinal. Aunque generalmente se acepta que, potencialmente, se podrá producir una lámina de calibre reducido (por ejemplo menos de aproximadamente 6,3 mm de espesor) más rápidamente que una lámina de mayor calibre, en un sistema de colada con rodillos, ha sido difícil de conseguir una capacidad para colar aluminio con rodillos a velocidades significativamente por encima de aproximadamente 1,25 kg/h/mm.

La operación típica de un sistema de colada con dos rodillos está descrita en la Patente de EE.UU. N° 5.518.064, y representada en las Figuras 1 y 2. Una cámara H que contiene el metal fundido está conectada a un vertedero T de alimentación que descarga el metal fundido M entre los dos rodillos, R_1 y R_2 , que giran en la dirección de las flechas, A_1 y A_2 , respectivamente. Los rodillos, R_1 y R_2 , tienen respectivas superficies lisas, U_1 y U_2 , cualquier rugosidad sobre ellas es una partícula de la técnica de rectificación con rodillos empleada durante su fabricación. Los ejes longitudinales de los rodillos R_1 y R_2 están en un plano vertical L, o generalmente vertical (por ejemplo, hasta aproximadamente 15° de la vertical), de forma que la banda metálica colada S se forma en una trayectoria generalmente horizontal. Otras versiones de este método producen bandas metálicas en una dirección verticalmente hacia arriba. La anchura de la banda metálica colada S viene determinada por la anchura del vertedero T. El plano L pasa a través de una región de separación mínima entre los rodillos R_1 y R_2 , referida como zona de pasada N de los rodillos. Existe una región de solidificación entre la banda metálica colada S sólida y el metal fundido M, e incluye una región X de fase sólida-líquida mixta. Se define un frente solidificado F entre la región X y la banda metálica colada S como una línea de solidificación completa.

En la colada convencional con rodillos, el calor del metal fundido M es transferido a los rodillos R_1 y R_2 , de forma que la posición del frente solidificado F se mantiene aguas arriba de la zona de pasada N. De esta manera, el metal fundido M solidifica en un espesor superior a la dimensión de la zona de pasada N. La banda metálica colada S se deforma mediante los rodillos R_1 y R_2 hasta conseguir el espesor final de la banda metálica. El laminado en caliente de la banda metálica solidificada entre los rodillos R_1 y R_2 , según la colada convencional con rodillos, produce propiedades únicas en la banda metálica, características de la banda metálica de aleación de aluminio colada con rodillos. En concreto, una zona central a través del espesor de la banda metálica se llega a enriquecer en elementos que forman eutécticos (formadores de eutécticos) en la aleación, tales como Fe, Si, Ni, Zn y similares y a reducirse en elementos que forman peritécticos (Ti, Cr, V, y Zr). Este enriquecimiento de formadores de eutécticos (es decir, de elementos aleantes distintos del Ti, Cr, V y Zr) en la zona central, tiene lugar debido a que esa porción de la banda metálica S corresponde a una región del frente solidificado F, donde la solidificación tiene lugar al final y es conocida como “segregación en el eje longitudinal”. La extensa segregación en el eje longitudinal en la banda metálica recién colada es un factor que restringe la velocidad de los sistemas convencionales de colada con rodillos. La banda metálica recién colada muestra también signos de la acción de los rodillos. Los granos que se forman durante la solidificación del metal aguas arriba de la zona de pasada se aplanan mediante los rodillos. Por lo tanto, el aluminio colado con rodillos incluye granos con estructura multiaxial (no equiaxial).

La separación entre rodillos en la zona de pasada N se puede reducir con el fin de producir una banda metálica S de calibre más delgado. Sin embargo, a medida que la separación entre los rodillos se reduce, la fuerza de separación de los rodillos, generada por el metal sólido entre los rodillos R_1 y R_2 , aumenta. La cantidad de fuerza de separación de

los rodillos se ve afectada por la posición del frente solidificado F en relación con la zona de pasada N de los rodillos. A medida que la separación entre los rodillos se reduce, el porcentaje de reducción de la lámina metálica aumenta, y la fuerza de separación de los rodillos aumenta. En algún punto, las posiciones relativas de los rodillos, R_1 y R_2 , para conseguir la distancia deseada entre los rodillos no puede superar la fuerza de separación de los rodillos, y se ha conseguido el espesor de calibre mínimo para esa posición del frente solidificado F.

La fuerza de separación de los rodillos se puede reducir aumentando la velocidad de los rodillos con el fin de mover el frente solidificado F aguas abajo hacia la zona de pasada N. Cuando el frente solidificado se mueve aguas abajo (hacia la zona de pasada N), la separación entre los rodillos se puede reducir. Este movimiento del frente solidificado F disminuye la relación entre el espesor de la banda metálica en el punto inicial de solidificación y la separación entre los rodillos en la zona de pasada N, disminuyendo de esa forma la fuerza de separación de los rodillos, ya que el metal proporcionalmente menos solidificado está siendo comprimido y laminado en caliente. De esta manera, a medida que la posición del frente de solidificación F se mueve hacia la zona de pasada N, una cantidad proporcionalmente mayor de metal se solidifica y es luego laminada en caliente a calibres más delgados. Según la práctica convencional, la colada con rodillos de una banda metálica de calibre delgado se realiza en primer lugar colando con rodillos una banda metálica de calibre relativamente alto, disminuyendo el calibre hasta que se alcanza una fuerza de separación entre rodillos máxima, haciendo avanzar el frente solidificado para reducir la fuerza de separación entre los rodillos (aumentando la velocidad de los rodillos) y disminuyendo más el calibre hasta que se alcanza de nuevo la máxima fuerza de separación de los rodillos, y repitiendo el proceso de hacer avanzar el frente solidificado y disminuyendo el calibre, de manera iterativa, hasta que se consigue el calibre delgado deseado. Por ejemplo, una banda metálica S de 10 milímetros puede ser laminada y el espesor se puede reducir hasta que la fuerza de separación de los rodillos sea excesiva (por ejemplo, a 6 milímetros) necesitando un aumento de la velocidad de los rodillos.

El procedimiento de aumentar la velocidad del rodillo se puede poner en práctica únicamente hasta que el frente solidificado F alcance una posición predeterminada, aguas abajo. La práctica convencional dicta que el frente solidificado F no progrese hacia delante en la zona de pasada N de los rodillos para asegurar que la banda metálica sólida sea laminada en la zona de pasada N. Se ha aceptado, de forma general, que se necesita la laminación de una banda metálica sólida en la zona de pasada N para impedir el fallo de la banda metálica S colada que se está laminando en caliente y proporcionar suficiente resistencia a la tracción en la banda metálica S que sale para resistir la fuerza de arrastre de una bobinadora, de los rodillos de arrastre o similares, aguas arriba. En consecuencia, la fuerza de separación de los rodillos de un sistema de colada con dos rodillos que funcionan convencionalmente, en el que una banda metálica sólida de aleación de aluminio es laminada en caliente en la zona de pasada N, es del orden de hasta varias toneladas por centímetro de anchura. Aunque es posible alguna reducción en el calibre, la operación a tan altas fuerzas de separación de los rodillos para asegurar la deformación de la banda metálica en la zona de pasada N, hace muy difícil una reducción adicional del calibre de la banda metálica. La velocidad de un sistema de colada con rodillo está restringida por la necesidad de mantener el frente solidificado F aguas arriba de la zona de pasada, e impedir la segregación en el eje longitudinal. Por lo tanto, la velocidad de la colada con rodillos para las aleaciones de aluminio ha sido relativamente baja.

En la Patente de EE.UU. N° 6.193.818 se describe alguna reducción en la fuerza de separación de los rodillos para obtener una microestructura aceptable en aleaciones que tienen alto contenido de elementos aleantes. Las aleaciones que tienen de 0,5 a 13%, en peso, de Si, son coladas con rodillos en forma de bandas metálicas de aproximadamente 1,27 a 5,08 mm de espesor con fuerzas de separación de los rodillos de aproximadamente 89 a 714 kg/mm, a velocidades de aproximadamente 1,5 a 2,7 m/minuto. Aunque esto representa un avance en la reducción de las fuerzas de separación de los rodillos, estas fuerzas todavía plantean significativos desafíos al proceso. Además, la productividad permanece comprometida y la banda metálica producida según la patente 6.193.818 exhibe, evidentemente, alguna segregación en el eje longitudinal y la elongación del grano, como se muestra en la Figura 3.

Un impedimento muy importante para colar con rodillos, a alta velocidad, es la dificultad de conseguir una transferencia uniforme de calor desde el metal fundido a las superficies lisas, U_1 y U_2 . En realidad, las superficies U_1 y U_2 incluyen diversas imperfecciones que alteran las propiedades de transferencia de calor de los rodillos. A altas velocidades de laminación, esta uniformidad en la transferencia de calor se hace problemática. Por ejemplo, áreas de las superficies U_1 y U_2 , con transferencia de calor apropiada, enfriarán el metal fundido M en la posición deseada aguas arriba de la zona de pasada N, mientras que áreas con insuficientes propiedades de transferencia de calor permitirán que una porción del metal fundido avance más allá de la posición deseada y creen faltas de uniformidad en la banda metálica colada.

Se han colado con rodillos, bandas de acero de calibre delgado, con éxito, en sistemas de colada vertical a altas velocidades (hasta aproximadamente 122 m/minuto) y bajas fuerzas de separación de rodillos. Los rodillos de un sistema de colada vertical con rodillos están colocados uno al lado del otro, de manera que la banda metálica se forma en una dirección aguas abajo. En esta orientación vertical, el acero fundido es cargado, en la zona de mordedura entre los rodillos para formar una balsa de acero fundido. La superficie superior de la balsa de acero fundido está, con frecuencia, protegida de la atmósfera por medio de un gas inerte. Aunque la colada vertical con dos rodillos desde una balsa de metal fundido tiene éxito con el acero, las aleaciones de aluminio no se pueden colar desde una balsa de aleación de aluminio fundida. El aluminio fundido en una balsa semejante, en la zona de mordedura de los rodillos verticales, se oxidaría fácilmente incluso cuando estuviese protegido. Esto cambiaría las propiedades de la aleación que se está colando. Las aleaciones de acero son mucho menos susceptibles a los problemas de oxidación, y con la protección apropiada contra la oxidación, se pueden colar con rodillos, con éxito.

Una sugerencia para superar este problema del aluminio oxidado en la colada vertical con rodillos, a escala de laboratorio, está descrito por Haga y colaboradores en "High Speed Roll Caster for Aluminum Alloy Strip" (Sistema de colada con rodillos, al alta velocidad, para banda metálicas de aleaciones de aluminio), *Proceeding of ICAA-6, Aluminum Alloys*, Vol. 1, páginas 327-332 (1988). Según ese método, una corriente de aleación de aluminio fundido es lanzada desde una boquilla, presurizada con gas, directamente sobre uno, o ambos, de los dos rodillos en un sistema de colada vertical con rodillos. Aunque se informa de la colada a alta velocidad de una banda metálica de aleación de aluminio, un inconveniente muy importante de esta técnica es que la velocidad de descarga de la aleación de aluminio fundida se debe controlar con cuidado para asegurar la uniformidad de la banda metálica colada. Cuando se lanza una única corriente sobre un rodillo, esa corriente se solidifica en forma de banda metálica. Si se lanza una corriente sobre cada rodillo, cada corriente se convierte en la mitad del espesor de la banda metálica colada. En ambos casos, cualquier variación en la presión del gas o en la velocidad de descarga de la aleación de aluminio fundida, da como resultado la no uniformidad de la banda metálica colada. Los parámetros de control, para este tipo de colada con rodillos, de una aleación de aluminio, no son prácticos a escala comercial.

La colada continua de aleaciones de aluminio se ha conseguido sobre sistemas de colada en cinta a velocidades de aproximadamente 6,0 a 7,6 metros por minuto, con un calibre de aproximadamente 19 mm, alcanzando un nivel de productividad de aproximadamente 250 kg por hora y centímetro de anchura. En la colada con cinta convencional, como se describe en la Patente de EE.UU. Nº 4.002.197, se introduce el metal fundido en una región de colada entre porciones opuestas de un par de cintas metálicas flexibles giratorias. Cada una de las dos cintas flexibles de colada gira en un recorrido definido por los rodillos aguas arriba, situados en un extremo de la región de colada, y los rodillos agua abajo situados en el otro extremo de la región de colada. De esta manera, las cintas de colada convergen directamente, de forma opuesta una de otra, alrededor de los rodillos aguas arriba para formar una entrada a la región de colada en la zona de pasada entre los rodillos aguas arriba. El metal fundido se introduce directamente en la zona de pasada. El metal fundido se confina entre las cintas que se mueven y se solidifica a medida que es transportado. El calor liberado por el metal que se solidifica es retirado a través de las porciones de las dos cintas que son adyacentes al metal que se esta colando. Este calor es retirado enfriando las superficies opuestas de las cintas por medio de películas de agua, sustancialmente continuas, que se mueven rápidamente fluyendo a la contra y que se comunican con estas superficies opuestas.

Los parámetros de funcionamiento para la colada con cintas son significativamente diferentes a los de la colada con rodillos. En concreto, no hay laminado en caliente deliberado de la banda metálica. La solidificación del metal se completa en una distancia de aproximadamente 30-38 centímetros aguas arriba de la zona de pasada, para un espesor de 19 milímetros. Las cintas están expuestas a altas temperaturas cuando están en contacto con el metal fundido sobre una superficie y son enfriadas con agua por la superficie interior. Esto puede conducir a la distorsión de las cintas. Se debe ajustar la tensión en la cinta para explicar la expansión o contracción de la cinta debido a las fluctuaciones de la temperatura, con el fin de conseguir una calidad parecida en la superficie de la banda metálica. La colada de aleaciones de aluminio en sistemas de colada con cinta se ha usado para determinar principalmente la antigüedad de productos que tienen requisitos mínimos de calida superficial o de productos que posteriormente se van a pintar.

El problema de la inestabilidad térmica de las cintas se evita en los sistemas de colada con bloques. Los sistemas de colada con bloques incluyen una pluralidad de bloques refrigerantes montados, adyacentes unos a otros, en un par de carriles opuestos. Cada conjunto de bloques refrigerantes gira en la dirección opuesta para formar una región de colada entre ellos en el que se descarga el metal fundido. Los bloques refrigerantes actúan como sumideros de calor a medida que el calor del metal fundido es transferido a ellos. La solidificación del metal se completa aproximadamente 305-381 milímetros aguas abajo de la entrada a la región de colada con un espesor de 19 milímetros. El calor transferido a los bloques refrigerantes se retira durante el circuito de retorno. A diferencia de las cintas, los bloques refrigerantes no se distorsionan funcionalmente por la transferencia de calor. Sin embargo, los sistemas de colada con bloques precisan el control dimensional para impedir las separaciones los bloques que originan una falta de uniformidad y defectos en la banda metálica colada.

Este concepto de transferir el calor del metal fundido a una superficie de colada se ha empleado en ciertos sistemas de colada con cintas modificados, como se describe en las Patentes de EE.UU. números 5.515.908 y 5.564.491. En un sistema de colada con cinta, con sumidero de calor, el metal fundido se descarga en las cintas (la superficie de colada) aguas arriba de la zona de pasada, iniciándose la solidificación antes de la zona de pasada y continúa la transferencia de calor desde el metal hasta las cintas aguas debajo de la zona de pasada. En este sistema, se suministra el metal fundido a las cintas a lo largo de la curva de los rodillos aguas arriba, de forma que el metal se solidifica sustancialmente durante el tiempo que tarda en alcanzar la zona de pasada entre los rodillos aguas arriba. El calor del metal fundido y de la banda metálica colada se transfiere a las cintas dentro de la región de colada (que incluye aguas abajo de la zona de pasada). Luego, se retira el calor de las cintas mientras que las cintas dejan de estar en contacto con el metal fundido y con la banda metálica colada. De esta manera, las porciones de las cintas dentro de la región de colada (en contacto con el metal fundido y con la banda metálica colada) no están sometidas a grandes variaciones de temperatura, como ocurre en los sistemas convencionales de colada con cintas. El espesor de la banda metálica puede estar limitado por la capacidad calorífica de las cintas entre las que tiene lugar la colada. Se han conseguido velocidades de producción de 43 kg/h/mm para una banda metálica de 2-2,5 mm. El documento JP 01202334 describe un aparato de colada con dos rodillos que cuela y lamina delgadas planchas de aleación de aluminio directamente a partir de metal fundido, con capacidad de enfriamiento mejorada de los rodillos de colada.

Sin embargo, persisten los problemas asociados a las cintas usadas en la colada convencional con cintas. En particular, la uniformidad de la banda metálica colada depende de la estabilidad de (es decir, la tensión en) las cintas. Para algunos sistemas de colada con cintas, el tipo de convención o de sumidero de calor, el contacto del metal fundido caliente con las cintas y la transferencia de calor desde el metal que se solidifica a las cintas crea inestabilidad en las cintas. Además, las cintas necesitan ser cambiadas en intervalos regulares de tiempo, lo que interrumpe la producción.

Por consiguiente, persiste la necesidad de un método de colada continua, a alta velocidad, de aleaciones de aluminio, sin usar un par de cintas, y que consiga la uniformidad en la superficie de la banda metálica colada.

Sumario de la invención

Por consiguiente, la presente invención proporciona un método para colar, de forma continua, una banda metálica de aleación de aluminio que comprende los pasos de proporcionar un par de rodillos que tienen una superficie texturizada que definen una zona de pasada entre ellos; descargar en los rodillos la aleación de aluminio fundida; hacer girar los rodillos para que avance la aleación de aluminio fundido hacia la zona de pasada; cepillar las superficies de los rodillos; solidificar la aleación de aluminio fundida para producir una capa exterior sólida de aleación de aluminio adyacente a cada rodillo y una capa central semisólida de aleación de aluminio entre las capas sólidas; hacer avanzar las capas exteriores sólidas y la capa central semisólida hacia la zona de pasada; aplicar por parte de los rodillos una fuerza de separación a la aleación de aluminio que pasa a través de la zona de pasada de entre 4,4 y 53,1 kg/cm de anchura de la banda; solidificar la capa central dentro de la zona de pasada para producir una banda metálica sólida de aleación de aluminio que comprende la capa central y las capas exteriores; y retirar de la zona de pasada una banda metálica de aleación de aluminio sólida, en la que la banda de metal sale de la zona de pasada a una velocidad de 7,6 a 112 m/minuto.

Además, la presente invención proporciona también un método para colar de forma continua una banda metálica de aleación de aluminio que comprende los pasos de proporcionar un par de rodillos que definen una zona de pasada entre ellos, descargar aleación de aluminio fundida a los rodillos, hacer girar los rodillos para que avance la aleación de aluminio fundida hacia la zona de pasada, cepillar las superficies de los rodillos; solidificar la aleación fundida para producir una capa exterior sólida de aleación de aluminio que tiene una estructura de grano inicial adyacente a cada uno de los rodillos, y una capa central semisólida de aleación de aluminio entre las capas sólidas, en la que la capa central semisólida incluye un componente sólido y un componente fundido; hacer avanzar las capas exteriores sólidas y la capa central semisólida hacia la zona de pasada; aplicar mediante los rodillos suficiente fuerza de separación de los rodillos sobre las capas exteriores sólidas en la zona de pasada para comprimir el componente fundido de la capa central semisólida, sin deformar sustancialmente la banda metálica o cambiar sustancialmente la estructura de grano inicial de las capas sólidas; solidificar la capa central dentro de la zona de pasada para producir una banda metálica sólida de aleación de aluminio que comprende la capa sólida central y las capas sólidas exteriores; y retirar de la zona de pasada la banda metálica de aleación de aluminio sólida.

La invención proporciona también una banda metálica de aleación de aluminio que comprende: un par de capas exteriores de una aleación de aluminio y una capa central de dicha aleación de aluminio situada entre dichas capas exteriores, habiéndose producido dichas capas exteriores y dicha capa central, en una banda metálica, mediante colada continua de una composición de aleación de aluminio, entre un par de rodillos, en la que las capas exteriores de la banda metálica se solidifican para producir una estructura de grano inicial y la región central solidifica posteriormente en la zona de pasada de los rodillos, habiéndose efectuado dicha solidificación mientras que se aplica por parte de los rodillos una suficiente fuerza de separación de los rodillos sobre las capas exteriores sólidas en la zona de pasada para comprimir el componente fundido de la capa central semisólida sin deformar sustancialmente la banda metálica o cambiar sustancialmente la estructura de grano inicial de las capas exteriores; comprendiendo la aleación de aluminio fundida elementos aleantes formadores de eutécticos en una concentración inicial, en la que la concentración de dichos elementos aleantes formadores de eutécticos en dicha capa central es inferior a la concentración de dichos elementos aleantes formadores de eutécticos en cada una de las capas exteriores.

Los métodos incluyen descargar una aleación de aluminio fundida yuxtapuesta, y en comunicación con, un par de rodillos refrigerados con agua dispuestos en un plano generalmente horizontal. Se hace avanzar una reserva de aleación de aluminio fundida hacia la zona de pasada entre los rodillos. Sobre cada uno de los rodillos se forman las capas exteriores de la aleación de aluminio sólida, y la capa de aluminio semisólida se produce en el centro, entre las capas sólidas. La capa semisólida incluye un componente fundido y un componente sólido de brazos dendríticos rotos, separados del frente de solidificación. Las capas exteriores sólidas y el componente sólido de la aleación de aluminio semisólida pasa a través de la zona de pasada, de forma que de la zona de pasada sale una banda metálica de aleación de aluminio sólida, mientras que el componente fundido de la aleación de aluminio es empujado aguas arriba desde la zona de pasada. La banda metálica que sale de la zona de pasada incluye una capa central sólida segregada, emparedada entre las capas exteriores sólidas de aleación de aluminio conformadas. Bajo condiciones normales, el espesor de la capa central es de aproximadamente 20 a aproximadamente 30% del espesor máximo de la banda metálica. De esta manera, no se produce una banda metálica sólida de aleación de aluminio hasta que la aleación alcanza el punto de formación de la zona de pasada. Además, a diferencia de los sistemas de colada convencionales con dos rodillos, los rodillos no deforman sustancialmente la banda metálica de aluminio colado, uno de cuyos resultados es que el proceso funciona con una fuerza de separación de rodillos muy baja.

La aleación de aluminio fundida tiene una concentración inicial de elementos aleantes formadores de eutécticos. Un resultado de producir la porción segregada de los brazos dendríticos rotos de la aleación es que esta porción segregada está empobrecida en elementos aleantes formadores de eutécticos. La concentración de elementos aleantes formadores de eutécticos en la capa intermedia es menor que la concentración de elementos aleantes formadores de eutécticos, en cada una de las capas exteriores, desde aproximadamente un 5 a aproximadamente un 20%.

La banda metálica puede salir de la zona de pasada a una velocidad de aproximadamente 30 a aproximadamente 92 metros por minuto. La velocidad lineal a la que se produce la banda metálica sólida es superior a la velocidad lineal a la que la aleación de aluminio fundido se descarga en los rodillos, como aproximadamente cuatro veces superior a la velocidad lineal de la aleación de aluminio fundida. Los rodillos están dispuestos para colar la banda metálica en una configuración generalmente horizontal y tienen una textura con irregularidades superficiales (por ejemplo, hendiduras, concavidades o estrías) de aproximadamente 5 a aproximadamente 50 micrómetros de altura, y espaciados de forma que haya de aproximadamente 8 a 47 por centímetro, para aumentar la transferencia de calor. La fuerza de separación de los rodillos puede ser de aproximadamente 0,45 a aproximadamente 3,6 kg/mm de anchura, o de aproximadamente 1,8 kg/mm de anchura. La banda metálica sólida se puede producir en espesores de aproximadamente 1,8 a 6,4 mm o de aproximadamente 2,0 a aproximadamente 2,4 mm. Los rodillos están refrigerados internamente y las superficies de contacto se pueden oxidar antes de usarlos para proporcionar una capa uniforme de óxido sobre ellos. Los rodillos se cepillan periódicamente, o de forma continua, para retirar restos que se puedan depositar durante la colada. Se pueden usar barreras de borde fijas y barreras electromagnéticas para impedir fugas del metal fundido por los lados.

Breve descripción de los dibujos

Se obtendrá una completa comprensión de la invención a partir de la siguiente descripción cuando se use junto con las figuras de los dibujos que la acompañan, en los que los caracteres de referencia iguales identifican totalmente partes iguales.

La Figura 1 es una representación esquemática de una porción de un sistema de colada con un vertedero de descarga del metal fundido y un par de rodillos;

La Figura 2 es una representación esquemática aumentada de un corte transversal del vertedero de descarga del metal fundido y los rodillos, mostrados en la Figura 1, que se hace funcionar según la técnica anterior.

La Figura 3 es una representación esquemática aumentada de un corte transversal del vertedero de descarga del metal fundido y los rodillos, mostrados en la Figura 1, que se hace funcionar según la presente invención.

La Figura 4 es una representación gráfica de la fuerza por unidad de anchura, frente a la velocidad de colada, para el método de la presente invención, para una aleación de aluminio con Si-Fe-Ni-Zn;

la Figura 5 es una representación gráfica de la fuerza por unidad de anchura, frente a la velocidad de colada, para el método de la presente invención, para una aleación de aluminio con Mg-Mn-Cu-Fe-Si;

la Figura 6 es una representación gráfica de la concentración de elementos aleantes formadores de eutécticos, frente a la profundidad de la banda metálica, en una banda metálica de aleación de aluminio con Si-Fe-Ni-Zn producida según la presente invención;

la Figura 7 es una representación gráfica de la concentración de elementos aleantes formadores de peritéticos, frente a la profundidad de la banda metálica, en una banda metálica de aleación de aluminio con Si-Fe-Ni-Zn producida según la presente invención;

la Figura 8a es una fotomicrografía, a 25 aumentos, de un corte transversal de una banda metálica de aleación de aluminio con Si-Fe-Ni-Zn, producida según la presente invención;

la Figura 8b es una fotomicrografía, a 100 aumentos, de la banda metálica mostrada en la Figura 8a;

la Figura 9a es una fotomicrografía, a 25 aumentos, de un corte transversal de una banda metálica de aleación de aluminio con Mg-Mn-Cu-Fe-Si, producida según la presente invención;

la Figura 9b es una fotomicrografía, a 100 aumentos, de la porción del centro de la banda metálica mostrada en la Figura 9a;

la Figura 10 es una representación gráfica de la concentración de elementos aleantes formadores de eutécticos, frente a la profundidad de la banda metálica, en una banda metálica de aleación de aluminio con Mg-Mn-Cu-Fe-Si, producida según la presente invención;

la Figura 11 es una representación gráfica de la concentración de elementos aleantes formadores de peritéticos, frente a la profundidad de la banda metálica, en una banda metálica de aleación de aluminio con Mg-Mn-Cu-Fe-Si, producida según la presente invención;

la Figura 12 es una fotomicrografía, a 50 aumentos, de un corte transversal de la banda metálica anodinada de aleación de aluminio con Mg-Mn-Cu-Fe-Si, producida según la presente invención;

la Figura 13a es una representación esquemática de un sistema de colada hecho según la presente invención, con un mecanismo de soporte de la banda metálica y medios opcionales de enfriamiento; y

la Figura 13b es una representación esquemática de un sistema de colada hecho según la presente invención, con otro mecanismo de soporte de la banda metálica y medios opcionales de enfriamiento.

10 Descripción detallada de la invención

A efectos de la descripción, de aquí en adelante, se entenderá que la invención puede suponer diversas variaciones alternativas y secuencias de pasos, excepto donde expresamente se especifique lo contrario. También se comprenderá que los dispositivos y procedimientos ilustrados en los dibujos que se adjuntan, y que se describen en la siguiente memoria descriptiva, son simplemente realizaciones de la invención puestas como ejemplos. Por lo tanto, las dimensiones específicas y otras características físicas relacionadas con las realizaciones aquí descritas no se van a considerar como limitadoras.

La presente invención incluye un método para colar continuamente una aleación de aluminio, yuxtapuesta y en comunicación con un par de rodillos refrigerados internamente. Los sistemas de colada convencional con dos rodillos, para aleaciones de aluminio, son hechos funcionar a velocidades de aproximadamente 1-2 metros por minuto o a aproximadamente 0,89-1,25 kg/h/mm de anchura de colada. La presente invención se describe, en parte, en referencia a los sistemas de colada convencionales con rodillos. Se contempla que una porción del equipo y de los parámetros de control del procedimiento para la colada convencional de aleaciones de aluminio con dos rodillos, se pueden usar cuando se pone en práctica la presente invención. Sin embargo, la presente invención requiere la salida de varios aspectos de la colada convencional con rodillos, como se detalla más adelante.

Haciendo referencia a la Figura 1 (que describe de forma general la colada continua horizontal según la técnica anterior y según la presente invención), la presente invención se pone en práctica usando un par de rodillos, R_1 y R_2 , refrigerados, que giran en sentido contrario, que giran en la dirección de las flechas, A_1 y A_2 , respectivamente. Por el término horizontal se entiende que la banda metálica se produce en una orientación horizontal o en un ángulo de más o menos aproximadamente 30° de la horizontal. Como se muestra con más detalle en la Figura 3, un vertedero T de alimentación, que puede estar hecho de material cerámico, distribuye metal fundido M en la dirección de la flecha B directamente sobre los rodillos, R_1 y R_2 , que giran en la dirección de las flechas, A_1 y A_2 , respectivamente. Los espacios G_1 y G_2 entre el vertedero T de alimentación y los respectivos rodillos, R_1 y R_2 , se mantienen tan pequeños como sea posible para evitar la fuga del metal fundido y minimizar la exposición del metal fundido a la atmósfera a lo largo de los rodillos, R_1 y R_2 , y evitar, con todo, el contacto entre el vertedero T y los rodillos R_1 y R_2 . Un tamaño adecuado de los espacios G_1 y G_2 es de aproximadamente 0,25 mm. Un plano L a través del eje longitudinal de los rodillos R_1 y R_2 atraviesa una región de espacio libre entre los rodillos R_1 y R_2 , referido como la zona de pasada N del rodillo.

El metal fundido M está directamente en contacto con los rodillos refrigerados, R_1 y R_2 , en las regiones 2 y 4, respectivamente. Con el contacto con los rodillos R_1 y R_2 , el metal M empieza a enfriarse y a solidificar. El metal que se enfría produce una costra superior 6 de metal solidificado adyacente al rodillo R_1 y una costra inferior 8 de metal solidificado, adyacente al rodillo R_2 . El espesor de las costras 6 y 8 aumenta a medida que el metal M avanza hacia la zona de pasada N. Se producen grandes dendritas 10 de metal solidificado (no mostradas a escala) en las interfases entre cada uno de las costras 6 y 8, superior e inferior, y el metal fundido M. Las grandes dendritas 10 se rompen y son arrastradas hacia la porción central 12 de la corriente de metal fundido M, que se mueve más lentamente, y son transportadas en la dirección de las flechas C_1 y C_2 . La acción de arrastre de la corriente puede originar que las grandes dendritas 10 que se vayan a romper en dendritas 14 más pequeñas (no mostradas a escala). En la porción central 12 aguas arriba de la zona de pasada N, referida como una región 16, el metal M es semisólido e incluye un componente sólido (las pequeñas dendritas solidificadas 14) y un componente de metal fundido. El metal M en la región 16 tiene una consistencia blanda debida en parte a la dispersión de las pequeñas dendritas 14 en él. En la posición de la zona de pasada N, algo del metal fundido es comprimido hacia atrás, en una dirección opuesta a las flechas C_1 y C_2 . La rotación hacia adelante de los rodillos R_1 y R_2 en la zona de pasada N, hace avanzar sustancialmente sólo la porción sólida del metal (las costras 6 y 8, superior e inferior, y las pequeñas dendritas 14 en la porción central 12) mientras que fuerza al metal fundido de la porción central 12 aguas arriba de la zona de pasada N de forma que el metal es completamente sólido a medida que abandona el punto de la zona de pasada N. Aguas abajo de la zona de pasada N, la porción central 12 es una capa sólida central 18 que contiene las pequeñas dendritas 14 emparedadas entre la costra superior 6 y la costra inferior 8. En la capa central 18, las pequeñas dendritas 14 pueden tener un tamaño de aproximadamente 20 a aproximadamente 50 micrómetros, y tienen una forma generalmente globular.

Las tres capas de las costras 6 y 8, superior e inferior, y la capa central 18 solidificada, constituyen una banda metálica sólida 20 colada. La capa central 18 sólida constituye aproximadamente del 20 a aproximadamente el 30 por ciento del espesor total de la banda metálica 20. La concentración de pequeñas dendritas 14 es superior en la capa central 18 sólida de la banda metálica 20 que en la región semisólida 16 de la corriente. La aleación de aluminio fundida tiene una concentración inicial de elementos aleantes, que incluyen elementos aleantes formadores de peritéticos y elementos aleantes formadores de eutécticos. Los elementos aleantes que son formadores de peritéticos con el aluminio son el Ti, V, Zr, y Cr. Todos los otros elementos aleantes son formadores de eutécticos con el aluminio, como

por ejemplo el Si, Fe, Ni, Zn, Mg, Cu y Mn. Durante la solidificación de una masa fundida de aleación de aluminio, las dendritas tienen, normalmente, una concentración inferior de formadores de eutécticos que la masa fundida madre que lo rodea y una concentración superior de formadores de peritéticos. En la región 16, en la región central aguas arriba de la zona de pasada, las pequeñas dendritas 14 están, por eso, parcialmente empobrecidas en formadores de eutécticos mientras que el metal fundido que rodea a las pequeñas dendritas está algo enriquecido en formadores de eutécticos. En consecuencia, la capa central 18 sólida de la banda metálica 20, que contiene una gran población de dendritas, está empobrecida en formadores de eutécticos (normalmente hasta aproximadamente el 20 por ciento en peso, por ejemplo de aproximadamente 5 a aproximadamente 20% en peso) y está enriquecido en formadores de peritéticos (normalmente hasta aproximadamente el 45 por ciento, por ejemplo de aproximadamente 5 a aproximadamente 45% en peso) en comparación con la concentración de los formadores de eutécticos y de los formadores de peritéticos en cada una de costras de metal M, la superior 6 y la inferior 8.

Cuando se hace referencia a algún intervalo numérico de valores, se entiende que estos intervalos incluyen cada uno y todos los números y/o fracciones entre el mínimo y el máximo del intervalo establecido. Un intervalo de aproximadamente 5 a 20% en peso de formadores de eutéctico, por ejemplo, incluirá expresamente todos los valores intermedios de aproximadamente 5,1; 5,2; 5,3 y 5,5%, todo el tramo y hasta incluir 19,5; 19,7 y 19,9% en peso de formadores de eutécticos. Lo mismo se aplica a cada uno de las otras propiedades numéricas, tales como el espesor, el espesor relativo, la concentración y/o los parámetros del procedimiento aquí establecidos.

Los rodillos R_1 y R_2 sirven como sumideros de calor para el calor del metal fundido M. En la presente invención, el calor se transfiere desde el metal fundido M a los rodillos R_1 y R_2 de una manera uniforme con el fin de asegurar la uniformidad de la superficie de la banda metálica colada 20. Las superficies, D_1 y D_2 , de los respectivos rodillos, R_1 y R_2 , pueden estar hechas de acero o de cobre y tiene una textura, e incluyen irregularidades en la superficie (no mostradas) que están en contacto con el metal fundido M. Las irregularidades superficiales pueden servir para aumentar la transferencia de calor desde las superficies D_1 y D_2 , e imponiendo un grado controlado de falta de uniformidad en las superficies D_1 y D_2 , dar como resultado una transferencia de calor uniforme a través de las superficies D_1 y D_2 . Las irregularidades superficiales pueden estar en forma de hendiduras, concavidades, estrías u otras estructuras y pueden estar espaciadas según un patrón regular de aproximadamente 8 a 47 irregularidades superficiales por centímetro, o aproximadamente 24 irregularidades por centímetro. Las irregularidades superficiales pueden tener una altura de aproximadamente 5 a aproximadamente 50 micrómetros, o aproximadamente 30 micrómetros. Los rodillos R_1 y R_2 pueden estar revestidos con un material para aumentar la separación de la banda metálica colada respecto a los rodillos R_1 y R_2 , como por ejemplo cromo o níquel.

El control, mantenimiento y selección de la velocidad apropiada de los rodillos R_1 y R_2 puede tener impacto en la operabilidad de la presente invención. La velocidad de los rodillos determina la velocidad con la que el metal fundido M avanza hacia la zona de pasada N. Si la velocidad es demasiado lenta, las grandes dendritas 10 no experimentarán suficientes fuerzas como para estar retenidas en la porción central 12 y romperse en pequeñas dendritas 14. Por consiguiente, la presente invención es adecuada para la operación a altas velocidades, como por ejemplo 7,6 a 122 metros por minuto, o aproximadamente 30,5 a 122 metros por minuto, o aproximadamente 45,7 a aproximadamente 91,4 metros por minuto. La velocidad lineal por unidad de área a la que se descarga el aluminio fundido en los rodillos, R_1 y R_2 , puede ser inferior a la velocidad de los rodillos, R_1 y R_2 , o aproximadamente la cuarta parte de la velocidad de los rodillos. La colada continua a alta velocidad, según la presente invención, se puede conseguir en parte porque las superficies texturizadas, D_1 y D_2 , aseguran una suficiente transferencia de calor desde el metal fundido M.

La fuerza de separación de los rodillos puede ser un parámetro en la práctica de la presente invención. Un beneficio significativo de la presente invención es que la banda metálica sólida no se produce hasta que el metal alcanza la zona de pasada N. El espesor está determinado por la dimensión de la zona de pasada N entre los rodillos R_1 y R_2 . La fuerza de separación de los rodillos puede ser suficientemente grande para comprimir el metal fundido aguas arriba y lejos de la zona de pasada N. Un metal fundido excesivo que pase a través de la zona de pasada N puede originar que las capas de las costras 6 y 8, superior e inferior, y la porción central 18 sólida se alejen unas de otras y llegar a desalinearse. Un metal fundido insuficiente, que alcance la zona de pasada N, origina que la banda metálica se forme prematuramente como ocurre en los procedimientos convencionales de colada con rodillos. Una banda metálica 20 formada prematuramente puede ser deformada por los rodillos R_1 y R_2 , y experimentar la segregación en el eje longitudinal. Unas fuerzas de separación de rodillos adecuadas son de aproximadamente 0,45 a 5,4 kg/mm de anchura de colada o aproximadamente 1,78 kg/mm de anchura de colada. En general, se pueden necesitar velocidades de colada más lentas al colar aleación de aluminio de calibre más grueso, con el fin de retirar el calor de la aleación gruesa. A diferencia de la colada convencional con rodillos, estas velocidades de colada más lentas no dan como resultado unas excesivas fuerzas de separación de los rodillos en la presente invención porque la banda metálica de aluminio completamente sólida no se produce aguas arriba de la zona de pasada.

La banda metálica de aluminio producto, de calibre delgado, se puede colar según el método de la presente invención. La fuerza de separación de los rodillos ha sido un factor limitador al producir la banda metálica de aluminio producto, de bajo calibre, pero la presente invención no está limitada así porque las fuerzas de separación de los rodillos son de órdenes de magnitud inferior a las de los procedimientos convencionales. La banda metálica de aleación de aluminio se puede producir con espesores de aproximadamente 2,5 mm o menos, a velocidades de colada de 7,6 a aproximadamente 122 metros por minuto. La banda metálica de aleación de aluminio, de calibre más grueso, se puede producir también usando el método de la presente invención, por ejemplo con espesores de aproximadamente 6,33 mm.

Las superficies de los rodillos, D_1 y D_2 , se calientan durante la colada y son propensos a la oxidación a elevadas temperaturas. La oxidación no uniforme de las superficies de los rodillos durante la colada, puede cambiar las propiedades de transferencia de calor de los rodillos R_1 y R_2 . Por lo tanto, las superficies de los rodillos, D_1 y D_2 , se pueden oxidar antes de usarlos para minimizar sus cambios durante la colada. Puede ser beneficioso cepillar las superficies de los rodillos, D_1 y D_2 , de vez en cuando o de forma continua para retirar los restos que se forman durante la colada del aluminio y de las aleaciones de aluminio. Se pueden romper pequeños trozos de la banda metálica S y adherirse a las superficies, D_1 y D_2 , de los rodillos. Estos pequeños trozos de la banda metálica de aleación de aluminio son propensos a la oxidación, lo que da como resultado una falta de uniformidad en las propiedades de transferencia de calor de las superficies, D_1 y D_2 , de los rodillos. El cepillado de las superficies, D_1 y D_2 , de los rodillos evita los problemas de falta de uniformidad procedente de los restos que se pueden recoger sobre las superficies, D_1 y D_2 , de los rodillos.

La presente invención incluye además la colada en forma continua de una banda metálica de aleación de aluminio según la presente invención. La banda metálica 20 de aleación de aluminio incluye una primera capa de una aleación de aluminio y una segunda capa de la aleación de aluminio (correspondientes a las costras 6 y 8) con una capa intermedia (la capa central 18 solidificada) entre ellas. La concentración de elementos aleantes formadores de eutécticos en la capa intermedia es inferior a la de la primera y segunda capas, normalmente hasta aproximadamente un 20% en peso, como por ejemplo de aproximadamente 5 a aproximadamente 20%. La concentración de elementos aleantes formadores de peritéticos en la capa intermedia es superior a la de la primera y segunda capas, normalmente hasta aproximadamente 45% en peso, por ejemplo de aproximadamente 5 a aproximadamente 45%. Los granos en la banda metálica de aleación de aluminio están sustancialmente no deformados porque la fuerza aplicada por los rodillos es baja (5,4 kg/mm de anchura o menos). La banda metálica 20 no es sólida hasta que alcanza la zona de pasada N ; por lo tanto no se lamina en caliente a la manera de la colada convencional con dos rodillos y no recibe el típico tratamiento termomecánico. En ausencia del laminado convencional en caliente en el sistema de colada, los granos de la banda metálica 20 están sustancialmente no deformados y retienen su estructura inicial conseguida en la solidificación, es decir una estructura equiaxial, como por ejemplo globular.

Se contempla que los sistemas de colada convencionales con rodillos de una aleación de aluminio se pueden actualizar para su operación según la presente invención. La caja de engranajes, y componentes asociados, de un sistema de colada convencional con rodillos de una aleación de aluminio, normalmente no se puede acomodar a la alta velocidad de rotación de los rodillos, contemplada según la presente invención. Por lo tanto, estos componentes motrices de los rodillos pueden necesitar mejorarse con el fin de poner en práctica la presente invención. Se puede incluir una combinación de barreras fijas y barreras de bordes electromagnéticos sobre un sistema de colada continua operada según el método de la invención. Los rodillos también deberán estar texturizados y cepillados, como se describió anteriormente. Además, la banda metálica se puede enfriar y apoyar a la salida para evitar la fragilidad en caliente y se puede, posteriormente, laminar en caliente antes de bobinarla.

La colada continua de aleaciones de aluminio, según la presente invención, se consigue seleccionando inicialmente las dimensiones deseadas de la zona de pasada N correspondiente al calibre deseado de la banda metálica S . Se aumenta la velocidad de los rodillos, R_1 y R_2 , hasta una tasa de producción deseada a una velocidad que es inferior a la velocidad que origina que la fuerza de separación de los rodillos aumente hasta un nivel que indique que el laminado está teniendo lugar entre los rodillos R_1 y R_2 . La colada a las velocidades contempladas en la presente invención (es decir, aproximadamente 7,6 a 122 metros por minuto), solidifica la banda metálica de aleación de aluminio aproximadamente 1000 veces más rápidamente que la colada de la aleación de aluminio como un colada en lingote, y mejora las propiedades de la banda metálica sobre la colada de aleación de aluminio como un lingote. Aunque la invención se ha descrito anteriormente, de forma general, los siguientes ejemplos dan una ilustración adicional del producto y de las etapas del procedimiento normal de la presente invención.

Ejemplos

Se colaron, de forma continua, en un sistema de colada con cinta y sumidero de calor, aleaciones de aluminio fundido que tenían elementos aleantes presentes en los porcentajes en peso indicados en la Tabla 1, donde la cinta superior no estaba en contacto con el metal que se solidificaba aguas debajo de la zona de pasada.

Los ensayos aquí registrados no se realizaron en un sistema de colada con rodillos. Sin embargo, El procedimiento se diseñó para simular la colada sobre un par de rodillos sin trabajar el metal solidificado.

TABLA 1

Aleación	Elementos aleantes (% en peso)
1	0,6 Si - 1,4 Fe - 1,7 Ni - 0,6 Zn
2	0,9 Mg - 0,9 Mn - 0,5 Cu - 0,45 Fe - 0,3 Si
3	1,4 Mg - 0,25 Mn - 0,15 Cu - 0,30 Fe - 0,4 Si

ES 2 323 767 T3

La fuerza por unidad de anchura aplicada a las Aleaciones 1 y 2, frente a la velocidad del rodillo, para diversos posicionamientos de separación, se muestra gráficamente en las Figuras 4 y 5, respectivamente. En todos los casos, la fuerza aplicada por los rodillos fue inferior a 3,57 kg/mm de anchura.

Se analizó una banda metálica de Aleación 1 de 2,28 mm de espesor para ver la segregación de los elementos aleantes. La concentración de elementos aleantes a través del espesor de la banda metálica está representado gráficamente en la Figura 6 para elementos formadores de eutécticos (Si, Fe, Ni y Zn), y en la Figura 7 para elementos formadores de peritéticos (Ti, V y Zr). Los elementos aleantes formadores de eutécticos están parcialmente empobrecidos en la porción central de la banda metálica mientras que los elementos aleantes formadores de peritéticos están enriquecidos en la porción central de la banda metálica.

La Figura 8a es una fotomicrografía, a 25 aumentos, de un corte transversal a través de un apilamiento de tres bandas metálicas de la Aleación 1 producida a una velocidad de colada de 57,3 metros por minuto, un espesor medio de banda metálica de 2,39 mm y una anchura de la banda metálica de 393,7 mm, y una fuerza aplicada de 1,84 kg/mm de anchura. El espesor completo de una banda metálica se ve en la Figura 8a entre un par de bandas delgadas y oscuras. La banda central más oscura en la banda metálica completa, corresponde a la capa central 18 anteriormente descrita que está parcialmente empobrecida en elementos aleantes formadores de eutécticos, mientras que las porciones exteriores, más claras, de la banda metálica completa corresponde a las costras 6 y 8, superior e inferior, anteriormente descritas. La Figura 8b es una fotomicrografía de la banda metálica central de la Figura 8a, a 100 aumentos. La naturaleza globular de los granos en la banda central más oscura, indica que no se ha producido trabajo de la banda metálica en el sistema de colada.

La Figura 9a es una fotomicrografía, a 25 aumentos, de un corte transversal de un apilamiento de dos bandas metálicas de la Aleación 2 producidas a una velocidad de colada de 70,4 metros por minuto, una separación de rodillos de 2,35 mm, y una anchura de la banda metálica de 393,7 mm, y una fuerza aplicada de 1,7 kg/mm de anchura. El espesor completo de una banda metálica y una porción de la otra banda metálica se ven en la Figura 9a. La banda metálica de la Figura 9a exhibe también una banda central más oscura, empobrecida en elementos aleantes formadores de eutécticos. La Figura 9b es una fotomicrografía de la porción central de la banda metálica de la Figura 9a, a 100 aumentos. La naturaleza globular de los granos en la banda central más oscura, indica también que no se ha producido trabajo de la banda metálica en el sistema de colada.

Se analizó una banda metálica de la Aleación 2 (2,54 mm de espesor) para ver la segregación de elementos aleantes. La concentración de elementos aleantes a través del espesor de la banda metálica está representada gráficamente en la Figura 10 para elementos formadores de eutécticos (Mg, Mn, Cu, Fe, y Si) y en la Figura 11 para elementos formadores de peritéticos (Ti y V). Los elementos aleantes formadores de eutécticos están parcialmente empobrecidos en la porción central de la banda metálica, mientras que los elementos aleantes formadores de peritéticos están enriquecidos en la porción central de la banda metálica.

La Figura 12 es una fotomicrografía, a 50 aumentos, de un corte transversal de una banda metálica anodizada de la Aleación 3 producida a una velocidad de colada de 59,7 metros por minuto, un espesor medio de la banda metálica de aproximadamente 2,49 mm, y una anchura de la banda metálica de 396,2 mm, y una fuerza aplicada de 1,25 kg/mm de anchura. La fotomicrografía muestra la porción central de la banda metálica emparejada entre las porciones superior e inferior, sin mostrar las superficies de arriba y de debajo de la banda metálica. La banda central, más ligera, de la banda metálica, corresponde a la capa central 18 anteriormente descrita que está parcialmente empobrecida en elementos aleantes formadores de eutécticos, mientras que las porciones exteriores, más oscuras, de la banda metálica completa corresponde a las costras 6 y 8, superior e inferior, anteriormente descritas. Los granos mostrados en la banda metálica son globulares, lo que indica ausencia de trabajo en ellos.

Al poner en práctica la presente invención, puede ser beneficioso soportar la banda metálica S caliente que sale de los rodillos R_1 y R_2 hasta que la banda metálica S se enfríe lo suficiente como para sostenerse por sí misma. Un mecanismo de soporte mostrado en la Figura 13a incluye una cinta transportadora B situada debajo de la banda metálica S que sale de los rodillos R_1 y R_2 . La cinta B se mueve alrededor de las poleas P y soporta la banda metálica S durante una distancia que puede ser de aproximadamente 3,0 m. La longitud de la cinta B entre las poleas P puede estar determinada por el procedimiento de colada, la temperatura de la banda metálica S, y la aleación de la banda metálica S. Los materiales adecuados para la cinta B incluyen fibra de vidrio y metal (por ejemplos acero) en forma sólida o como una malla. Como alternativa, según se muestra en la Figura 13b, el mecanismo de soporte puede incluir una superficie H de un soporte estacionario como por ejemplo una suela metálica sobre la que la banda metálica S viaja mientras se enfría. La suela H puede estar hecha de un material al que la banda metálica S no se adhiere fácilmente. En ciertos casos, donde la banda metálica está sometida a rotura al salir de los rodillos R_1 y R_2 , la banda metálica S se puede enfriar en las posiciones E con un fluido tal como aire o agua. Normalmente, la banda metálica S sale de los rodillos R_1 y R_2 a aproximadamente 593°C. Puede ser deseable disminuir la temperatura de la banda metálica hasta aproximadamente 538°C dentro de aproximadamente 20 a 25 cm de la zona de pasada N. Un mecanismo adecuado para enfriar la banda metálica en las posiciones E para conseguir esa cantidad de enfriamiento está descrito en la Patente de EE.UU. N° 4.823.860.

REIVINDICACIONES

1. Un método para colar, de forma continua, una banda metálica (20) aleación de aluminio que comprende los pasos de: proporcionar un par de rodillos (R_1 , R_2) que tienen una superficie texturizada que define una zona de pasa (N) entre ellos; descargar la aleación de aluminio fundida (6, 8) a los rodillos; hacer girar los rodillos para que avance la aleación de aluminio fundida (12) hacia la zona de pasada; cepillar las superficies de los rodillos; solidificar la aleación de aluminio fundida para producir una capa exterior sólida de aleación de aluminio, adyacente a cada rodillo, y una capa central semisólida de aleación de aluminio entre las capas sólidas; hacer avanzar las capas exteriores sólidas y la capa central semisólida hacia la zona de pasada; aplicar por parte de los rodillos una fuerza de separación de los rodillos a la aleación de aluminio, que pasa a través de la zona de pasada, de entre 4,4 y 53,1 kg/cm de anchura de la banda metálica; solidificar la capa central dentro de la zona de pasada para producir una banda metálica sólida de aleación de aluminio que comprende la capa central y las capas exteriores; y retirar una banda metálica de aleación de aluminio sólida de la zona de pasada, en la que la banda metálica sale de la zona de pasada a una velocidad de 7,6 a 112 m/minuto.
2. Un método según la reivindicación 1, en el que la capa central semisólida (12) incluye un componente sólido y un componente fundido.
3. Un método según la reivindicación 1 ó 2, en el que la aleación (M) de aluminio fundida tiene una concentración inicial de elementos aleantes formadores de eutécticos, y la concentración de elementos aleantes formadores de eutécticos en la capa central (12) es inferior a la concentración inicial de elementos aleantes formadores de eutécticos.
4. Un método según la reivindicación 3, en el que la concentración de elementos aleantes formadores de eutécticos en la capa central (12) es inferior a la concentración de elementos aleantes formadores de eutécticos en cada una de las capas exteriores (6, 8).
5. Un método según la reivindicación 4, en el que la concentración de elementos aleantes formadores de eutécticos en la capa central (12) es de 5 a 20% inferior a la concentración de elementos aleantes formadores de eutécticos en cada una de las capas exteriores (6, 8).
6. Un método según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que la aleación (M) de aluminio fundida tiene una concentración inicial de elementos aleantes formadores de peritéticos, y la concentración de elementos aleantes formadores de peritéticos en la capa central (12) es superior a la concentración inicial de elementos aleantes formadores de peritéticos.
7. Un método según la reivindicación 6, en el que la concentración de elementos aleantes formadores de peritéticos en la capa central (12) es superior a la concentración de elementos aleantes formadores de peritéticos en cada una de las capas exteriores.
8. Un método según la reivindicación 7, en el que la concentración de elementos aleantes formadores de peritéticos en la capa central (12) es de 5 a 45% superior a la concentración de elementos aleantes formadores de peritéticos en cada una de las capas exteriores (6, 8).
9. Un método según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que la banda metálica (20) sale de la zona de pasada (N) a una velocidad de 30,5 a 91,4 m/minuto.
10. Un método según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que una fuerza de separación de rodillos aplicada por los rodillos (R_1 , R_2) a la aleación de aluminio (M), que pasa a través de la zona de pasa (N), es de 4,4 a 35,4 kg/cm de anchura de la banda metálica (20).
11. Un método según la reivindicación 10, en el que la fuerza aplicada por los rodillos (R_1 , R_2) a la aleación de aluminio (M) que pasa a través de la zona de pasada (N) es de 17,7 kg por centímetro de anchura de la banda metálica (20).
12. Un método según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que la banda metálica (20) sólida tiene un espesor de 1,78 a 6,35 mm.
13. Un método según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que una velocidad lineal a la que la banda metálica (20) sólida se retira de la zona de pasada (N) es superior a la velocidad lineal a la que la aleación de aluminio (M) fundida se descarga en los rodillos (R_1 , R_2).
14. Un método según la reivindicación 13, en el que la velocidad lineal a la que la banda metálica (20) sólida se retira de la zona de pasada (N) es cuatro veces superior a la velocidad lineal a la que la aleación de aluminio (M) fundida se descarga en los rodillos (R_1 , R_2).
15. Un método según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que la banda metálica (20) sale horizontalmente de la zona de pasada (N).

ES 2 323 767 T3

16. Un método según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que la superficie texturizada incluye una pluralidad de irregularidades superficiales que tienen una altura de 5 a 50 micrómetros.
17. Un método según la reivindicación 13, en el que las irregularidades superficiales están espaciadas según un patrón regular de 8 a 47 irregularidades por centímetro.
18. Un método según la reivindicación 16 ó 17, en el que las irregularidades superficiales comprende hendiduras, concavidades o estrías definidas en la superficie del rodillo.
19. Un método según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que los rodillos (R_1 , R_2) comprenden un revestimiento de un material para aumentar la separación de la banda metálica (20) de los rodillos.
20. Un método según la reivindicación 19, en el que el revestimiento de los rodillos comprende cromo o níquel.
21. Un método según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, que comprende además proporcionar una barrera de borde fijo o una barrera electromagnética de ambos, adyacente al metal fundido (M).
22. Un método según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que dicho paso de descargar metal fundido (M) comprende colocar un vertedero (T) de descarga que contiene el metal fundido (M) a una distancia de 0,51 mm de los rodillos (R_1 , R_2).
23. Un método según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, que comprende además
- solidificar la aleación fundida para producir una capa exterior sólida de aleación de aluminio (6, 8) que tiene una estructura de grano inicial, adyacente a cada rodillo, y una capa central (12) semisólida de aleación de aluminio entre las capas sólidas, en el que la capa central semisólida incluye un componente sólido y un componente fundido;
- hacer avanzar las capas exteriores sólidas y la capa central semisólida hacia la zona de pasada;
- aplicar por parte de los rodillos suficiente fuerza de separación de los rodillos sobre las capas exteriores sólidas, en la zona de pasada, para comprimir el componente fundido de la capa central semisólida sin deformar sustancialmente la banda metálica o cambiar sustancialmente la estructura de grano inicial de las capas exteriores sólidas;
- solidificar la capa central dentro de la zona de pasada para producir una banda metálica sólida de aleación de aluminio que comprende la capa central sólida y las capas exteriores sólidas; y
- retirar la banda metálica de aleación de aluminio de la zona de pasada.
24. Una banda metálica (20) de aleación de aluminio hecha mediante el método según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, que comprende: un par de capas exteriores (6, 8) de una aleación de aluminio y una capa central (12) de dicha aleación de aluminio situada entre dichas capas exteriores, habiéndose producido dichas capas exteriores y dicha capa central en una banda metálica mediante colada continua de una composición de una aleación de aluminio fundido (M) entre un par de rodillos (R_1 , R_2), en la que las capas exteriores de la banda metálica se solidifican para producir una estructura de grano inicial y la región central se solidifica posteriormente en la zona de pasada (N) de los rodillos, habiéndose efectuado dicha solidificación de la región central mientras que se aplica, por parte de los rodillos, una fuerza de separación de los rodillos sobre las capas exteriores sólidas en la zona de pasada para comprimir en componente fundido de la capa central semisólida sin deformar sustancialmente la banda metálica, o cambiar sustancialmente la estructura de grano inicial de las capas exteriores sólidas; comprendiendo la aleación de aluminio fundida elementos aleantes formadores de eutécticos en una concentración inicial, en la que la concentración de elementos aleantes formadores de eutécticos en dicha capa central es inferior a la concentración de dichos elementos aleantes formadores de eutécticos en cada una de dichas capas exteriores.
25. Una banda metálica (20) según la reivindicación 24, en la que la concentración de dichos elementos aleantes formadores de eutécticos en dicha capa central (12) es de 5 a 20% inferior a la concentración de dichos elementos aleantes formadores de eutécticos en cada una de dichas capas exteriores (6, 8).
26. Una banda metálica (20) según la reivindicación 24 ó 25, en la que la concentración de dichos elementos aleantes formadores de eutécticos en dicha capa central (12) es inferior a la concentración inicial de dichos elementos aleantes formadores de eutécticos (6, 8).
27. Una banda metálica (20) según una cualquiera de las reivindicaciones 24 a 26, en la que dichos elementos aleantes formadores de eutécticos se seleccionan del grupo consistente en Si, Fe, Ni, Zn, Mg, Cu, y Mn.
28. Una banda metálica (20) según una cualquiera de las reivindicaciones 24 a 27, en la que la aleación de aluminio fundida (M) comprende elementos aleantes formadores de peritéticos en una concentración inicial y la concentración de dichos elementos aleantes formadores de peritéticos en dicha capa central (12) es superior a la concentración de dichos elementos aleantes formadores de peritéticos en cada una de dichas capas exteriores (6, 8).

ES 2 323 767 T3

29. Una banda metálica (20) según la reivindicación 28, en la que la concentración de dichos elementos aleantes formadores de peritéticos en dicha capa central (12) es de 5 a 45% superior a la concentración de dichos elementos aleantes formadores de peritéticos en cada una de dichas capas exteriores (6, 8).

5 30. Una banda metálica (20) según la reivindicación 28 ó 29, en la que la concentración de dichos elementos aleantes formadores de peritéticos en dicha capa central (12) es superior a la concentración inicial de dichos elementos aleantes formadores de peritéticos.

10 31. Una banda metálica (20) según una cualquiera de las reivindicaciones 24 a 30, en la que dichos elementos aleantes formadores de peritéticos se seleccionan del grupo consistente en Ti, Cr, V y Zr.

32. Una banda metálica (20) según una cualquiera de las reivindicaciones 24 a 31, en la que el espesor de dicha banda metálica es de 1,78 a 6,35 mm.

15 33. Una banda metálica (20) según la reivindicación 32, en la que el espesor de dicha capa central (12) comprende del 20 al 30% del espesor de dicha banda metálica.

20 34. Una banda metálica (20) según una cualquiera de las reivindicaciones 24 a 33, en la que dicha capa central (12) comprende dendritas globulares.

35. Una banda metálica (20) según la reivindicación 34, en la que dichas dendritas globulares no están trabajadas.

25 36. Una banda metálica (20) según una cualquiera de las reivindicaciones 34 a 35, en la que la concentración de elementos aleantes formadores de eutécticos en dichas dendritas (10) es inferior a la concentración de elementos formadores de eutécticos en dichas capas exteriores (6, 8).

30 37. Una banda metálica (20) según una cualquiera de las reivindicaciones 34 a 36, en la que la concentración de elementos aleantes formadores de peritéticos en dichas dendritas (10) es superior a la concentración de elementos formadores de peritéticos en dichas capas exteriores (6, 8).

35

40

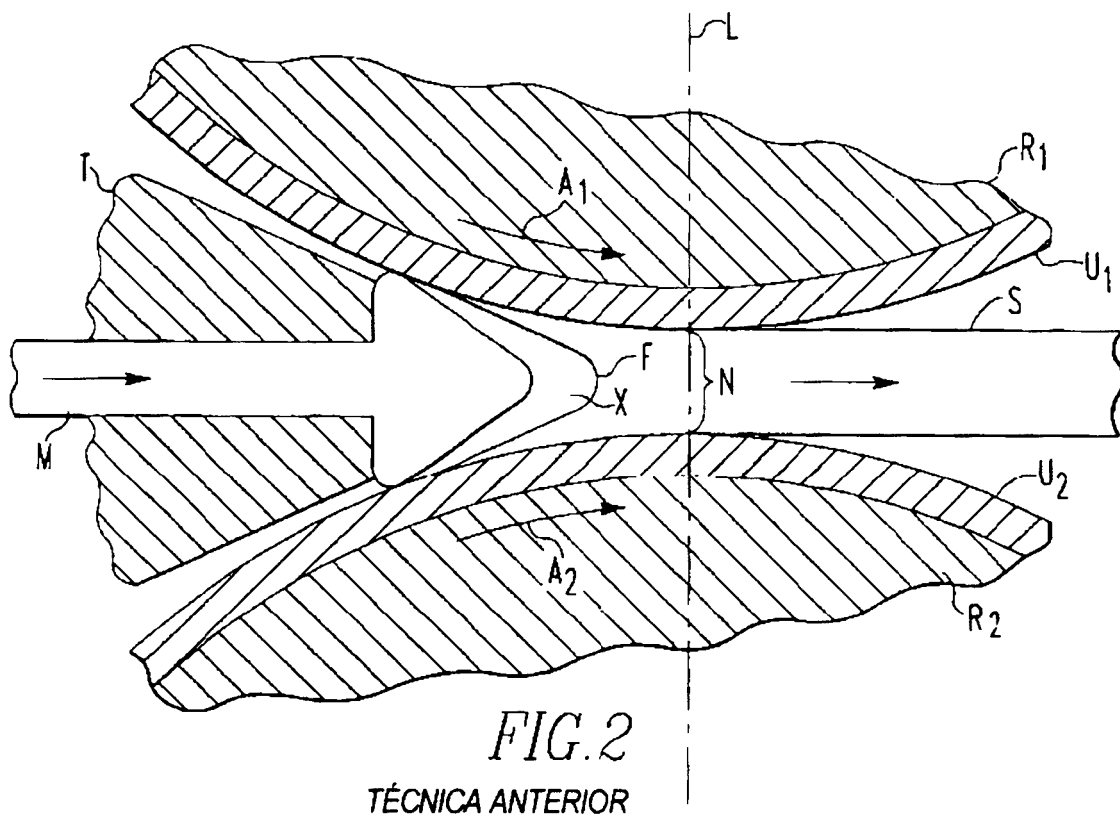
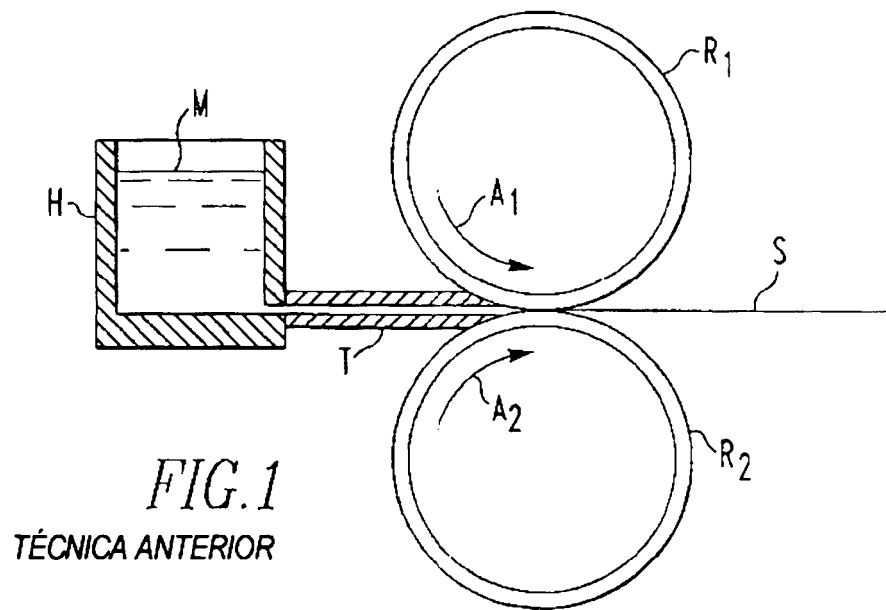
45

50

55

60

65



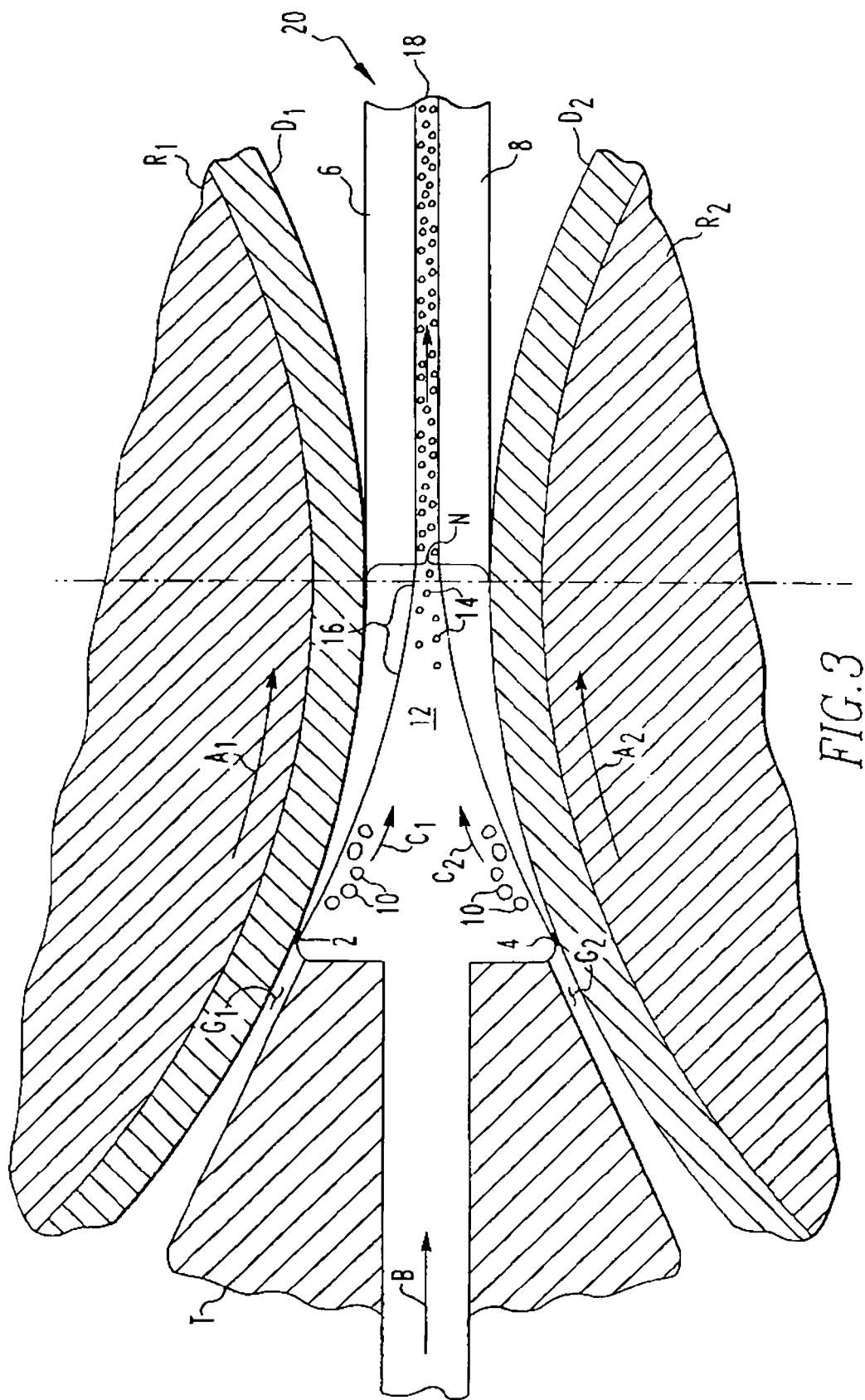


FIG. 3

Fig. 4
Desarrollo de la fuerza del rodillo para la Aleación 1 (Al-Fe-Ni-Si-Zn)

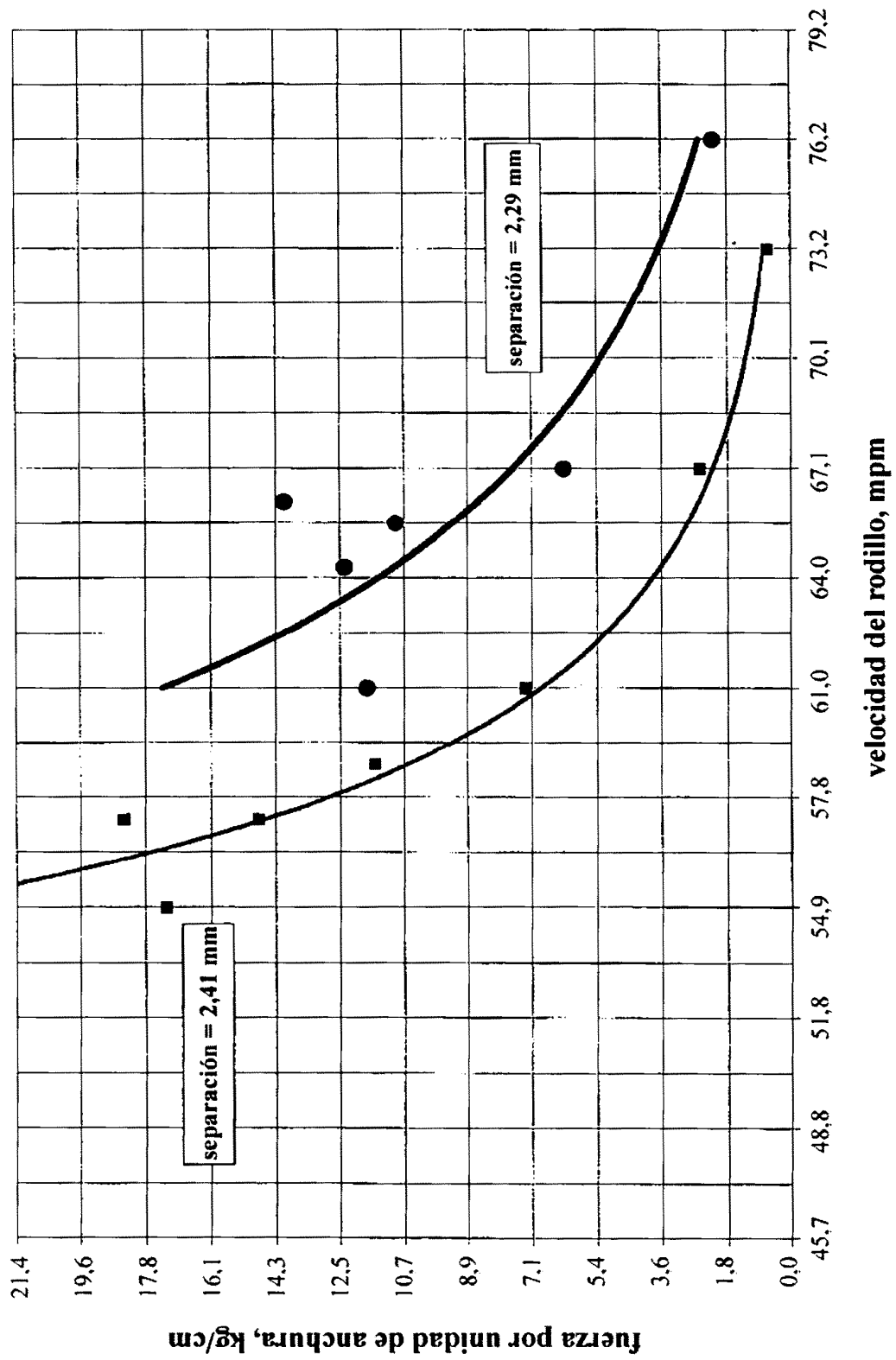


Fig. 5
Desarrollo de la fuerza del rodillo para la Aleación 2 (Al-Mg-Mn-Cu-Fe-Si)

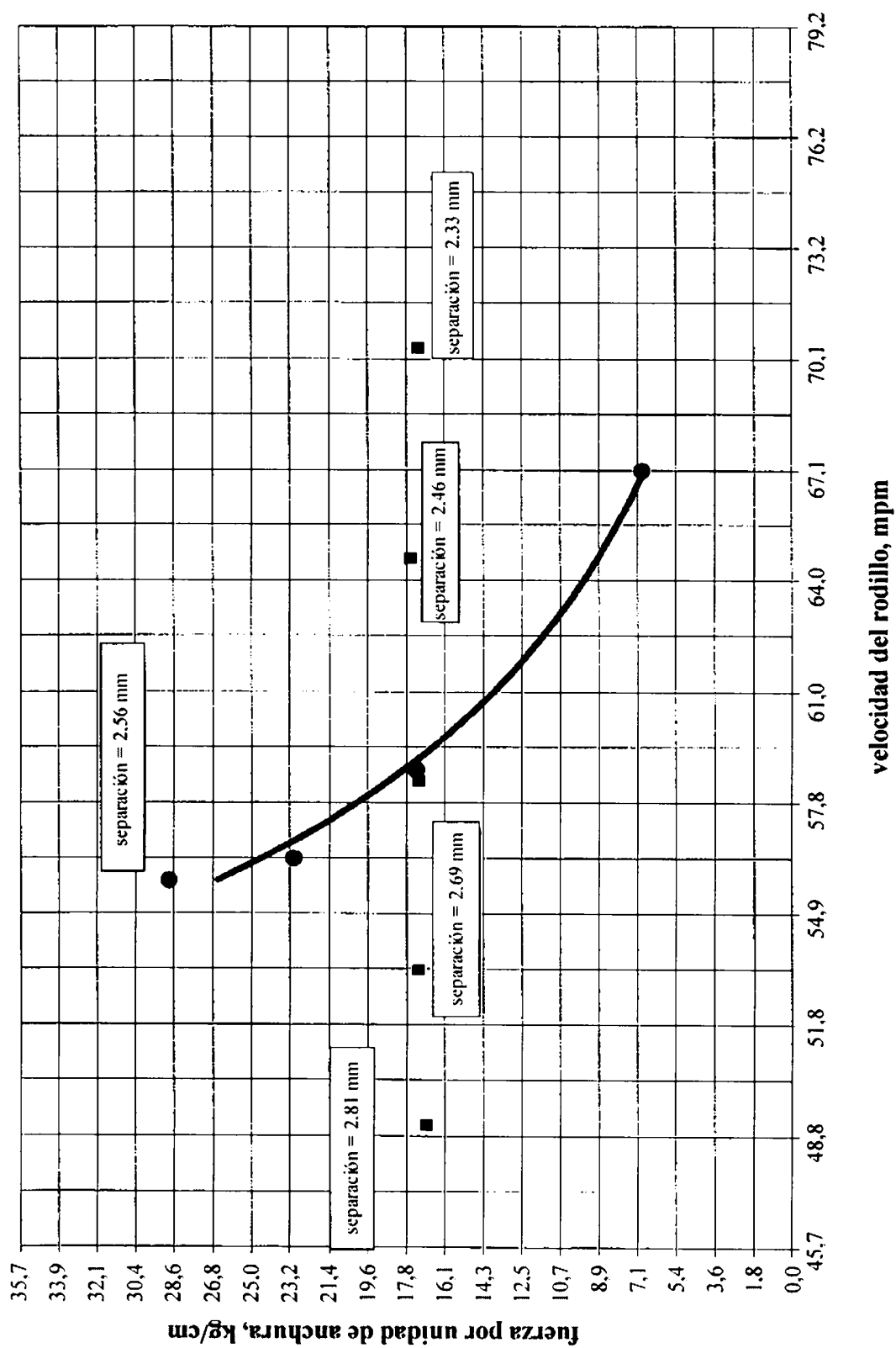


Fig. 6
Segregación de elementos formadores de eutécticos Si, Fe, Ni y Zn

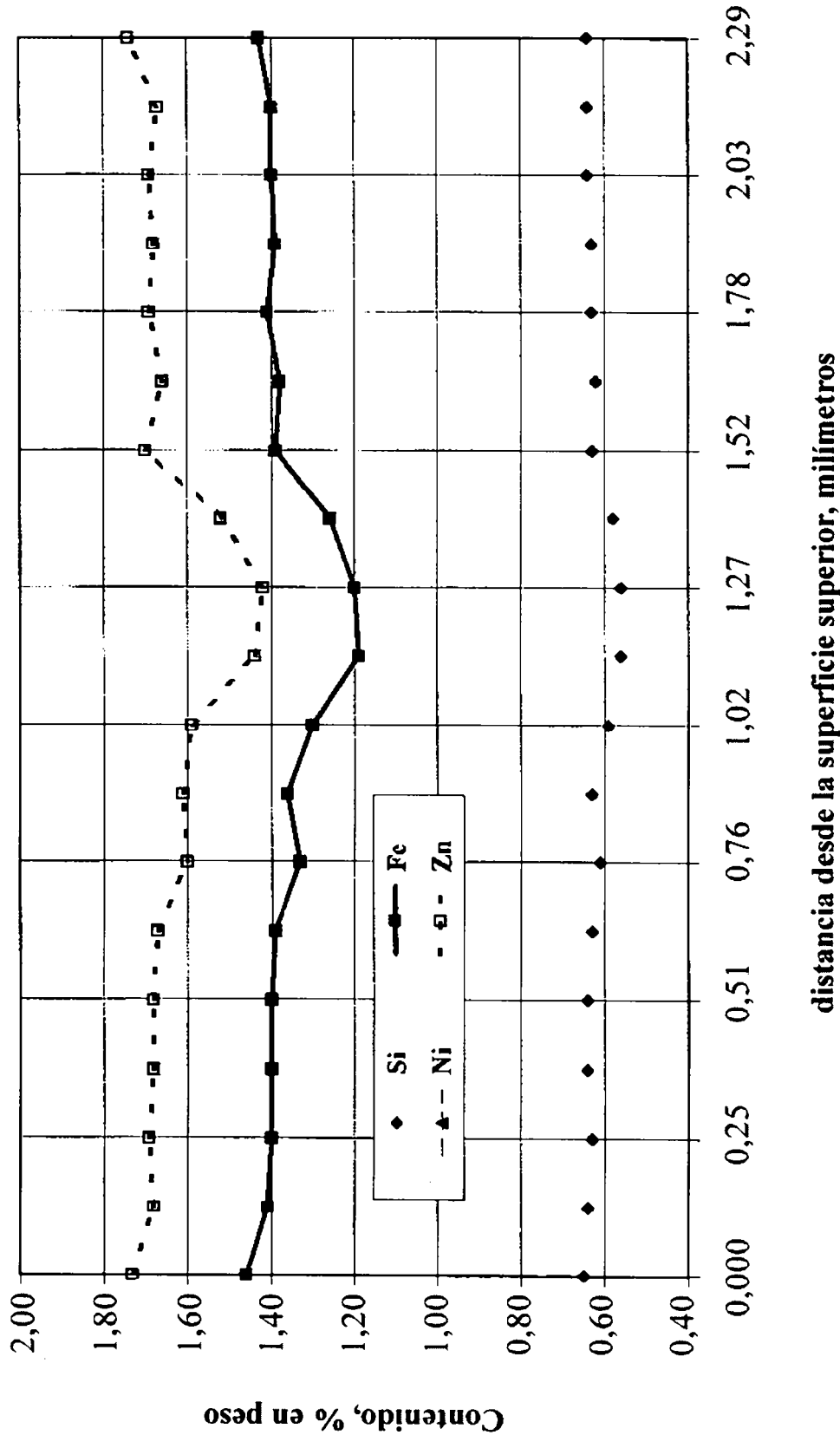
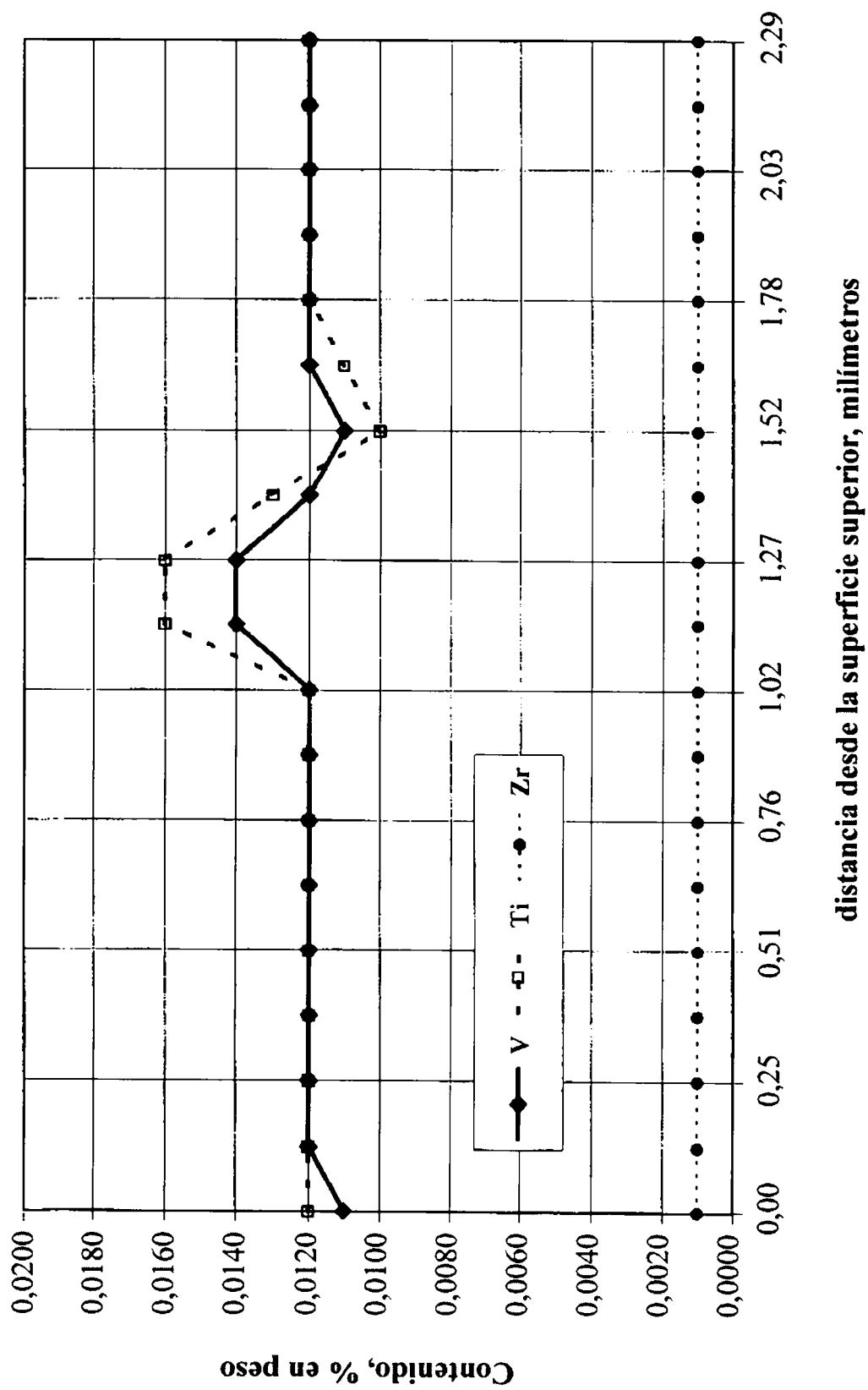


Fig. 7

Segregación de elementos formadores de peritéticos Ti, V y Zr



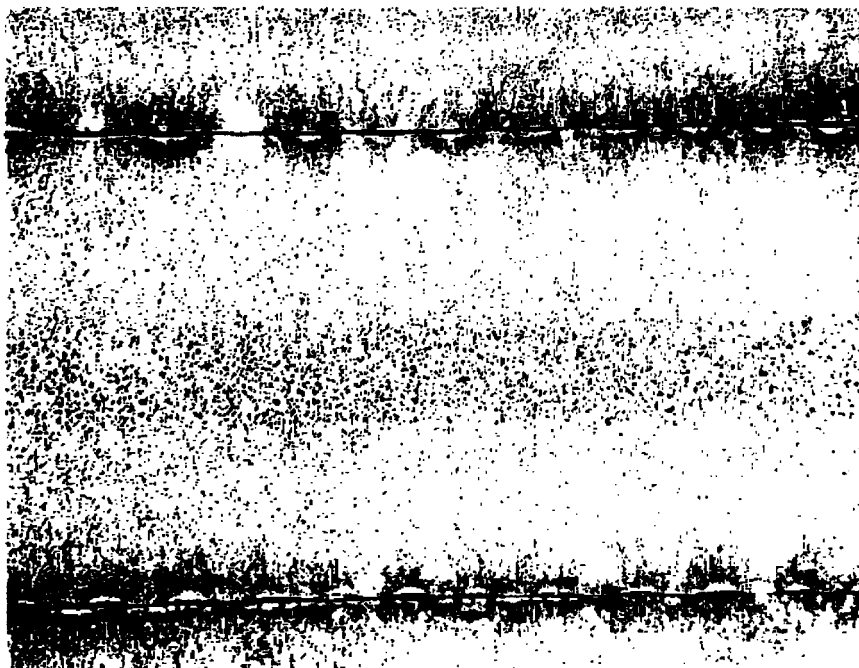


Fig. 8a

X25



Fig. 8b

X100

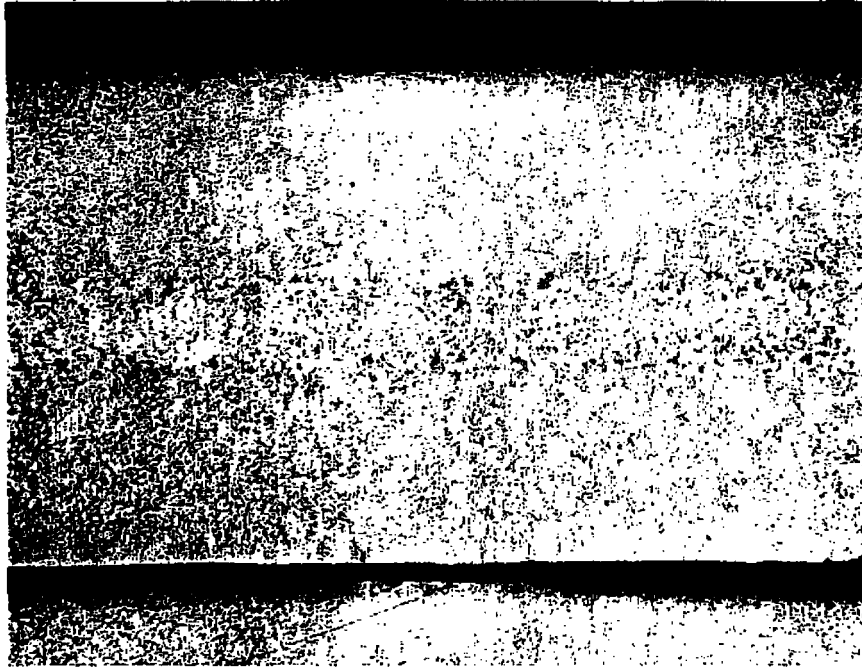


Fig. 9a

X25



Fig. 9b

X100

Fig. 10
Segregación de elementos formadores de eutécticos Mg, Mn, Cu, Fe y Si

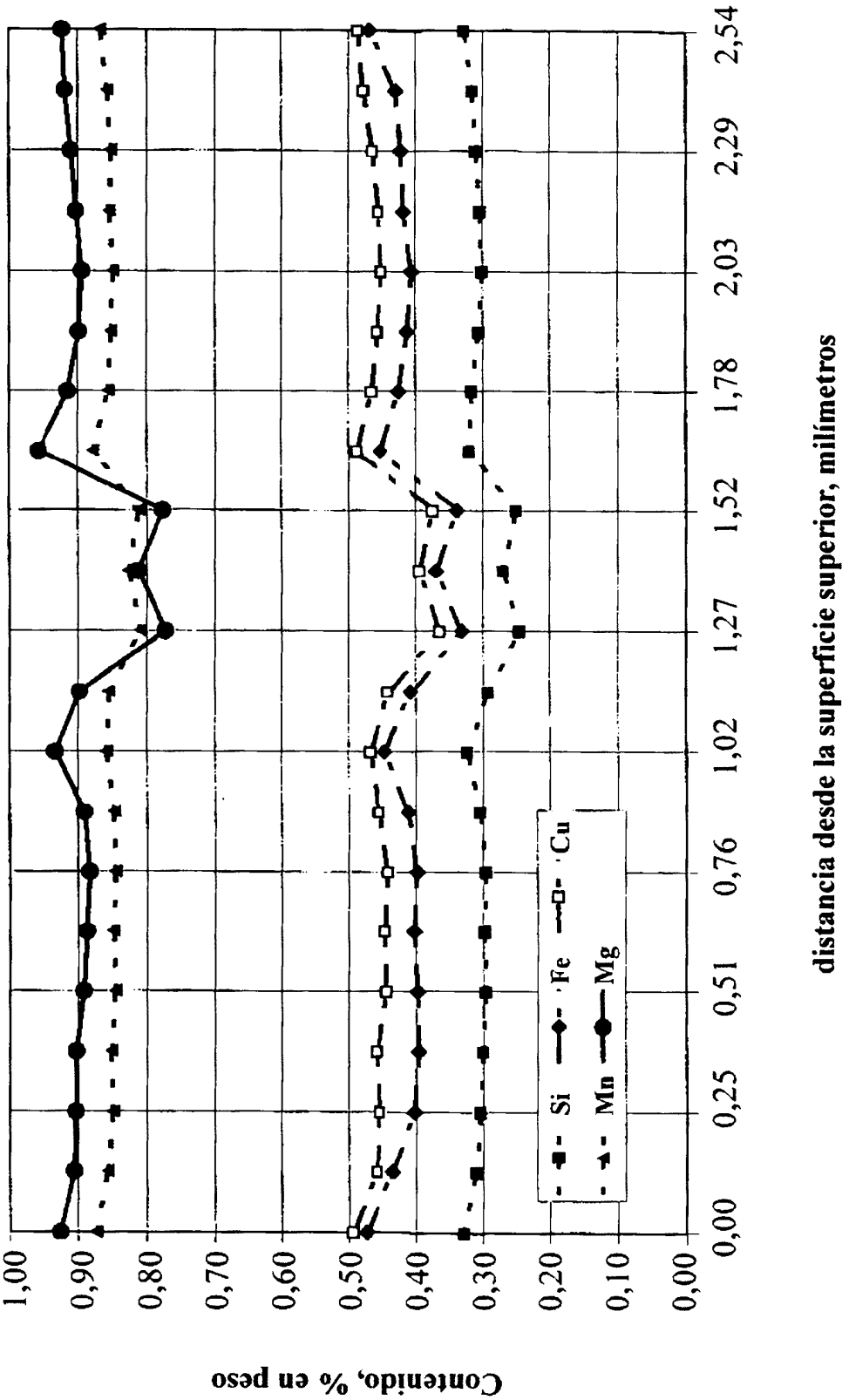
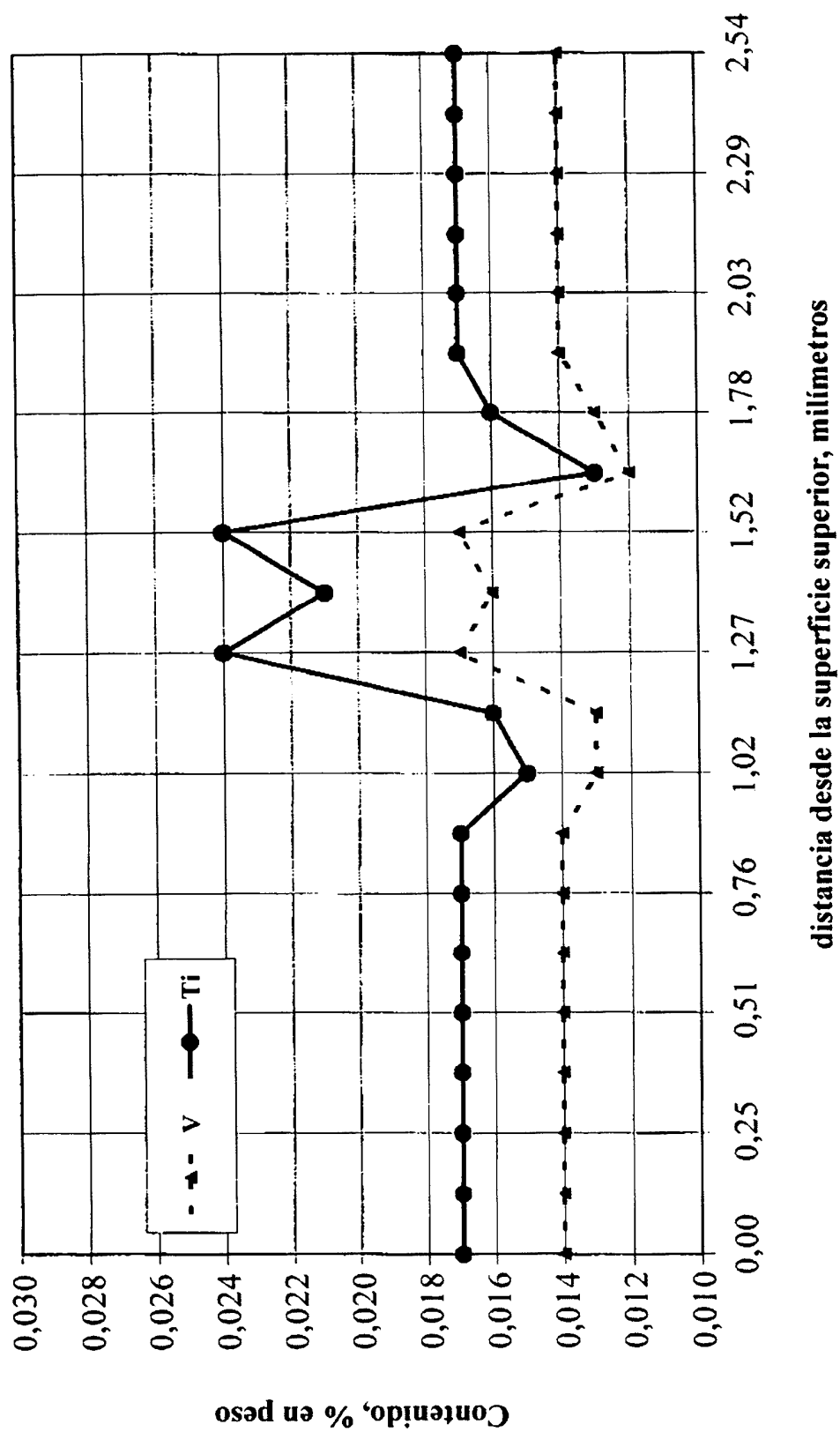


Fig. 11
Segregación de elementos formadores de peritéticos Ti y V



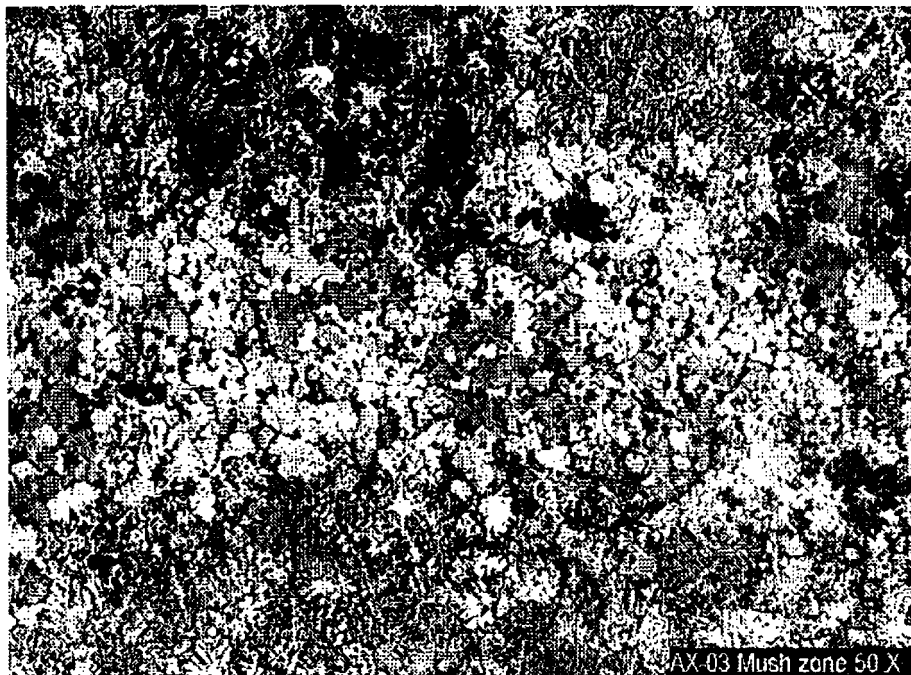


Fig. 12

