

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 610 599**

51 Int. Cl.:

B22D 11/103 (2006.01)

B22D 11/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.06.2004** **E 10180062 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.12.2016** **EP 2279815**

54 Título: **Método para colar un lingote compuesto**

30 Prioridad:

24.06.2003 US 482229 P

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

28.04.2017

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**ANDERSON, MARK DOUGLAS;
KUBO, KENNETH TAKEO;
BISCHOFF, TODD F.;
FENTON, WAYNE J.;
REEVES, ERIC W.;
SPENDLOVE, BRENT y
WAGSTAFF, ROBERT BRUCE**

74 Agente/Representante:

UNGRÍA LÓPEZ, Javier

ES 2 610 599 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

Método para colar un lingote compuesto

5 **Antecedentes de la invención**

1. Campo técnico

10 Esta invención se refiere a un método y aparato para colar lingotes metálicos compuestos tal como se describe, por ejemplo, en US-A-3353934, GB-A-1174764, EP-A-219581, SU-A1-1447544 y JP-A-55/068156.

2. Antecedentes de la invención

15 Durante muchos años se han producido lingotes de metal, en particular lingotes de aluminio o aleación de aluminio, por un proceso de colada semicontinua conocido como colada en coquilla directa. En este procedimiento, se vierte metal fundido a la parte superior de un molde de extremos abiertos y se aplica un refrigerante, típicamente agua, directamente a la superficie de solidificación del metal cuando sale del molde.

20 Tal sistema se usa de ordinario para producir lingotes de sección rectangular grande para la producción de productos laminados, por ejemplo productos de hoja de aleación de aluminio. Hay un gran mercado para lingotes compuestos que constan de dos o más capas de aleaciones diferentes. Tales lingotes se usan para producir, después del laminado, hoja de revestimiento para varias aplicaciones como hoja de soldadura dura, chapa para aviones y otras aplicaciones donde se desea que las propiedades de la superficie sean diferentes de la del núcleo.

25 El acercamiento convencional para tal hoja de revestimiento ha sido laminar en caliente planchones de aleaciones diferentes para "unirlos", siguiendo laminando luego para producir el producto acabado. Esto tiene la desventaja de que la interfaz entre los planchones no es por lo general metalúrgicamente limpia y la unión de las capas puede ser un problema.

30 También ha habido interés por colar lingotes en capas para producir un lingote compuesto preparado para laminado. Esto se ha llevado a cabo típicamente usando colada en coquilla directa (DC), o por solidificación simultánea de dos corrientes de aleación o solidificación secuencial donde un metal se solidifica antes de ser contactado por un segundo metal fundido. Se describen en la literatura varios de tales métodos que han tenido diversos grados de éxito.

35 En Binczewski, Patente de Estados Unidos 4.567.936, concedida el 4 de Febrero de 1986, se describe un método para producir un lingote compuesto por Colada DC donde una capa exterior de temperatura de sólido más alta se funde alrededor de una capa interior con una temperatura de sólido más baja. La descripción afirma que la capa exterior debe ser "plenamente sólida y sana" antes del tiempo en el que la aleación de temperatura de sólido más baja entra en contacto con ella.

40 Keller, Patente alemana 844 806, publicada el 24 de Junio de 1952 describe un solo molde para colar una estructura en capas donde se cuela un núcleo interior antes que la capa exterior. En este procedimiento, la capa exterior solidifica completamente antes de que la aleación interior contacte con ella.

45 En Robinson, Patente de Estados Unidos 3.353.934, concedida el 21 de Noviembre de 1967, se describe un sistema de colada donde se coloca un tabique interno dentro de la cavidad de molde para separar sustancialmente zonas de composiciones de aleación diferentes. El extremo del deflector está diseñado de modo que termine en la "zona pastosa" justo encima de la porción solidificada del lingote. Dentro de la "zona pastosa", la aleación se mezcla libremente bajo el extremo del deflector formando una unión entre las capas. Sin embargo, el método no es controlable en el sentido de que el deflector usado es "pasivo" y la colada depende del control de la posición del pozo, que es controlada indirectamente por el sistema de refrigeración.

50 En Matzner, Patente alemana DE 44 20 697, publicada el 21 de Diciembre de 1995, se describe un sistema de colada usando un tabique interno similar al de Robinson, en el que la posición del pozo del deflector es controlada para permitir la mezcla de la fase líquido de la zona de interfaz creando un gradiente de concentración continuo a través de la interfaz.

55 En Robertson y colaboradores, Patente británica GB 1.174.764, publicada el 21 de Diciembre de 1965, se facilita un deflector móvil para dividir un pozo de colada común y permitir la colada de dos metales disimilares. El deflector es móvil para permitir en un límite que los metales se entremezclen completamente y en el otro límite para fundir dos torones separados.

60 En Kilmer y colaboradores, publicación WO 2003/035305, publicada el 1 de Mayo de 2003, se describe un sistema de colada usando un material de barrera en forma de una hoja fina entre dos capas de aleación diferentes. La hoja fina tiene un punto de fusión suficientemente alto que permanece intacto durante la colada, y se incorpora al

producto final.

5 Takeuchi y colaboradores, Patente de Estados Unidos 4.828.015, concedida el 9 de Mayo de 1989, describe un método de colar dos aleaciones líquidas en un solo molde creando un tabique en la zona de líquido por medio de un campo magnético y alimentando aleaciones separadas a las dos zonas. La aleación que se alimenta a la parte superior de la zona forma por ello una envuelta alrededor del metal alimentado a la porción inferior.

10 Veillette, Patente de Estados Unidos 3.911.996, describe un molde que tiene una pared exterior flexible para ajustar la forma del lingote durante la colada.

10 Steen y colaboradores, Patente de Estados Unidos 5.947.194, describe un molde similar al de Veillette pero permitiendo más control de forma.

15 Takeda y colaboradores, Patente de Estados Unidos 4.498.521, describe un sistema de control de nivel de metal usando un flotador en la superficie del metal para medir el nivel de metal y realimentarlo al control de flujo de metal.

Odegard y colaboradores, Patente de Estados Unidos 5.526.870, describe un sistema de control de nivel de metal usando una sonda detectora remota (radar).

20 Wagstaff, Patente de Estados Unidos 6.260.602, describe un molde que tiene una pared ahusada de forma variable para controlar la forma externa de un lingote.

25 Un objeto de la presente invención es producir un lingote de metal compuesto que consta de dos o más capas que tienen una unión metalúrgica mejorada entre capas contiguas.

Otro objeto de la presente invención es proporcionar un medio para controlar la temperatura de interfaz donde dos o más capas se unen en un lingote compuesto para mejorar la unión metalúrgica entre capas contiguas.

30 Otro objeto de la presente invención es proporcionar un medio para controlar la forma de interfaz donde dos o más aleaciones se combinan en un lingote de metal compuesto.

Otro objeto de la presente invención es proporcionar un método sensible para controlar el nivel de metal en un molde de lingote que es especialmente útil en espacios reducidos.

35 **Descripción de la invención**

La invención se define por las reivindicaciones anexas siguientes. Las reivindicaciones dependientes se refieren a características opcionales y realizaciones preferidas de la invención.

40 Aquí se describe un método para la colada de un lingote de metal compuesto incluyendo al menos dos capas formadas de una o varias composiciones de aleación. El método incluye proporcionar un molde anular de extremos abiertos que tiene un extremo de alimentación y un extremo de salida donde se añade metal fundido en el extremo de alimentación y se extrae un lingote solidificado del extremo de salida. Se usan paredes divisorias para dividir el extremo de alimentación en al menos dos cámaras de alimentación separadas, terminando las paredes divisorias encima del extremo de salida del molde, y donde cada cámara de alimentación es adyacente a al menos otra cámara de alimentación. Por cada par de cámaras de alimentación adyacentes se alimenta una primera corriente de una primera aleación a una cámara del par de cámaras de alimentación para formar un baño de metal en la primera cámara y se alimenta una segunda corriente de una segunda aleación a través de la segunda cámara del par de cámaras de alimentación para formar un baño de metal en la segunda cámara. La primera baño de metal contacta la pared divisoria entre el par de cámaras para enfriar el primer baño con el fin de formar una superficie de autosoporte adyacente a la pared divisoria. El segundo baño de metal se pone después en contacto con el primer baño de modo que el segundo baño contacte primero la superficie de autosoporte del primer baño en un punto donde la temperatura de la superficie de autosoporte está entre las temperaturas de sólido y líquido de la primera aleación. Los dos baños de aleación se unen por ello como dos capas y se enfrían formando un lingote compuesto.

55 En el método descrito, preferiblemente la segunda aleación contacta inicialmente la superficie de autosoporte de la primera aleación cuando la temperatura de la segunda aleación es superior a la temperatura de líquido de la segunda aleación. Las aleaciones primera y segunda pueden tener la misma composición de aleación o pueden tener composiciones de aleación diferentes.

60 En el método descrito, preferiblemente la superficie superior de la segunda aleación contacta la superficie de autosoporte del primer baño en un punto donde la temperatura de la superficie de autosoporte está entre las temperaturas de sólido y líquido de la primera aleación.

65 Se describe que la superficie de autosoporte se puede generar enfriando el baño de primera aleación de tal manera que la temperatura superficial en el punto donde la segunda aleación primero contacta la superficie de autosoporte

esté entre la temperatura de líquido y sólido.

También se describe un método para la colada de un lingote de metal compuesto incluyendo al menos dos capas formadas de una o varias composiciones de aleación. Este método incluye proporcionar un molde anular de extremos abiertos que tiene un extremo de alimentación y un extremo de salida donde se añade metal fundido en el extremo de alimentación y se extrae un lingote solidificado del extremo de salida. Se usan paredes divisorias para dividir el extremo de alimentación en al menos dos cámaras de alimentación separadas, terminando las paredes divisorias encima del extremo de salida del molde, y donde cada cámara de alimentación es adyacente a al menos otra cámara de alimentación. Por cada par de cámaras de alimentación adyacentes se alimenta una primera corriente de una primera aleación a una cámara del par de cámaras de alimentación para formar un baño de metal en la primera cámara y se alimenta una segunda corriente de una segunda aleación a través de la segunda cámara del par de cámaras de alimentación para formar un baño de metal en la segunda cámara. El primer baño de metal contacta la pared divisoria entre el par de cámaras enfriando el primer baño con el fin de formar una superficie de autosuporte adyacente a la pared divisoria. El segundo baño de metal se pone entonces en contacto con el primer baño de modo que el segundo baño contacte primero la superficie de autosuporte del primer baño en un punto donde la temperatura de la superficie de autosuporte es inferior a la temperatura de sólido de la primera aleación para formar una interfaz entre las dos aleaciones. La interfaz se recalienta entonces a una temperatura entre la temperatura de sólido y líquido de la primera aleación de modo que los dos baños de aleación se unan por ello como dos capas y enfrién formando un lingote compuesto.

Se describe que el recalentamiento se logra preferiblemente permitiendo que el calor latente dentro de los baños de aleación primero o segundo recaliente la superficie.

En el método descrito, preferiblemente la segunda aleación contacta inicialmente la superficie de autosuporte de la primera aleación cuando la temperatura de la segunda aleación es superior a la temperatura de líquido de la segunda aleación. Las aleaciones primera y segunda pueden tener la misma composición de aleación o pueden tener composiciones de aleación diferentes.

En el método descrito, preferiblemente la superficie superior de la segunda aleación contacta la superficie de autosuporte del primer baño en un punto donde la temperatura de la superficie de autosuporte está entre las temperaturas de sólido y líquido de la primera aleación.

La superficie de autosuporte también puede tener una capa de óxido formada en ella. Es suficientemente fuerte para soportar las fuerzas de dispersión que normalmente hacen que el metal se difunda cuando no esté confinado. Estas fuerzas de dispersión incluyen las fuerzas creadas por la carga metalostática de la primera corriente, y la expansión de la superficie en el caso donde el enfriamiento se extiende debajo del sólido seguido del recalentamiento de la superficie. Poniendo la segunda aleación líquida en primer contacto con la primera aleación mientras que la primera aleación todavía está en el estado semisólido o, y en la realización alternativa, asegurando que la interfaz entre las aleaciones se recaliente a un estado semisólido, se forma una capa de interfaz distinta, pero de unión, entre las dos aleaciones. Además, el hecho de que la interfaz entre la capa de segunda aleación y la primera aleación se forme por ello antes de que la capa de primera aleación haya desarrollado una envuelta rígida significa que los esfuerzos creados por la aplicación directa de refrigerante a la superficie exterior del lingote se controlan mejor en el producto acabado, lo que es especialmente ventajoso al colar aleaciones propensas a fisuras.

El resultado es que la interfaz entre la primera y la segunda aleación se mantiene, sobre una longitud corta del lingote emergente, a una temperatura entre la temperatura de sólido y líquido de la primera aleación. Se describe que la segunda aleación se alimenta al molde de modo que la superficie superior de la segunda aleación en el molde esté en contacto con la superficie de la primera aleación donde la temperatura superficial está entre la temperatura de sólido y líquido y así se forma una interfaz que cumple este requisito. Se describe que la interfaz se recalienta a una temperatura entre la temperatura de sólido y líquido poco después de que la superficie superior de la segunda aleación contacte la superficie de autosuporte de la primera aleación.

En el método descrito, preferiblemente la segunda aleación está por encima de su temperatura de líquido cuando contacta en primer lugar la superficie de la primera aleación. Cuando esto tiene lugar, se mantiene la integridad de la interfaz, pero, al mismo tiempo, ciertos componentes de aleación son suficientemente móviles a través de la interfaz de modo que se facilita la unión metalúrgica.

Si la segunda aleación es contactada donde la temperatura de la superficie de la primera aleación está suficientemente por debajo del sólido (por ejemplo después de haberse formado una envuelta sólida significativa), y hay insuficiente calor latente para recalentar la interfaz a una temperatura entre las temperaturas de sólido y líquido de la primera aleación, entonces la movilidad de los componentes de aleación es muy limitada y se forma una unión metalúrgica pobre. Esto puede producir separación de capa durante el procesado posterior.

Si no se forma la superficie de autosuporte en la primera aleación antes de que la segunda aleación contacte la primera aleación, entonces las aleaciones se mezclan libremente y se forma una capa de difusión o gradiente de concentración de aleación en la interfaz, haciendo la interfaz menos distinta. En el método descrito se prefiere

especialmente que la superficie superior de la segunda aleación se mantenga en una posición por debajo del borde inferior de la pared divisoria. Si la superficie superior de la segunda aleación en el molde está por encima del punto de contacto con la superficie de la primera aleación, por ejemplo, por encima del borde inferior de la pared divisoria, entonces hay un peligro de que la segunda aleación pueda perturbar la superficie de autosoporte de la primera aleación o incluso volver a fundir completamente la superficie a causa del calor latente excesivo. Si esto sucede, puede haber una mezcla excesiva de aleaciones en la interfaz, o en algunos casos desajuste y fallo de la colada. Si la segunda aleación contacta la pared divisoria especialmente lejos por encima del borde inferior, incluso puede enfriarse prematuramente a un punto donde el contacto con la superficie de autosoporte de la primera aleación ya no forma una unión metalúrgica fuerte. Sin embargo, en algunos casos puede ser ventajoso mantener la superficie superior de la segunda aleación cerca del borde inferior de la pared divisoria, pero ligeramente por encima del borde inferior de modo que la pared divisoria pueda actuar como un limpiador de óxido para evitar que los óxidos de la superficie de la segunda capa se incorporen en la interfaz entre las dos capas.

Esto es especialmente ventajoso donde la segunda aleación es propensa a la oxidación. Se describe que en cualquier caso la posición de superficie superior debe controlarse con cuidado para evitar los problemas indicados anteriormente, y no deberá estar más de aproximadamente 3 mm por encima del extremo inferior del divisor.

Aquí se describe poner la segunda aleación en contacto con la primera a una temperatura entre la temperatura de sólido y coherencia de la primera aleación o recalentar la interfaz entre las dos a una temperatura entre la temperatura de sólido y coherencia de la primera aleación. El punto de coherencia, y la temperatura (entre la temperatura de sólido y líquido) a la que tiene lugar, es una etapa intermedia en la solidificación del metal fundido. Cuando las dendritas aumentan de tamaño en un metal fundido en enfriamiento y empiezan a chocar una con otra, se forma una red sólida continua en todo el volumen de aleación. El punto en el que hay un aumento repentino en la fuerza de torsión necesaria para romper la red sólida se conoce como el "punto de coherencia". La descripción del punto de coherencia y su determinación se puede ver en Solidification Characteristics of Aluminum Alloys, Volume 3 Dendrite Coherency, Pg 210.

También se describe que se facilita un aparato para colar metal incluyendo un molde anular de extremos abiertos que tiene un extremo de alimentación y un extremo de salida y un bloque inferior que puede encajar dentro del extremo de salida y es móvil en una dirección a lo largo del eje del molde anular. El extremo de alimentación del molde se divide en al menos dos cámaras de alimentación separadas, donde cada cámara de alimentación es adyacente a al menos otra cámara de alimentación y donde las cámaras de alimentación adyacentes están separadas por una pared divisoria de temperatura controlada que puede añadir o quitar calor. La pared divisoria termina encima del extremo de salida del molde. Cada cámara incluye un aparato de control de nivel de metal tal que, en pares adyacentes de cámaras, el nivel de metal en una cámara se puede mantener en una posición por encima del extremo inferior de la pared divisoria entre las cámaras y en la otra cámara se puede mantener en una posición diferente del nivel de la primera cámara.

Preferiblemente, el nivel en la otra cámara se mantiene en una posición debajo del extremo inferior de la pared divisoria.

La pared divisoria está diseñada de modo que el calor extraído o añadido sea calibrado con el fin de crear una superficie de autosoporte en el metal en la primera cámara adyacente a la pared divisoria y de controlar la temperatura de la superficie de autosoporte del metal en la primera cámara de manera que esté entre la temperatura de sólido y líquido en un punto donde se pueda mantener la superficie superior del metal en la segunda cámara.

La temperatura de la capa de autosoporte puede controlarse con cuidado quitando calor de la pared divisoria pasando un fluido de control de temperatura a través de una porción de la pared divisoria o poniéndolo en contacto con la pared divisoria en su extremo superior para controlar la temperatura de la capa de autosoporte.

También se describe un método para la colada de un lingote de metal compuesto incluyendo al menos dos aleaciones diferentes, que incluye proporcionar un molde anular de extremos abiertos que tiene un extremo de alimentación y un extremo de salida y un medio para dividir el extremo de alimentación en al menos dos cámaras de alimentación separadas, donde cada cámara de alimentación es adyacente a al menos otra cámara de alimentación. Por cada par de cámaras de alimentación adyacentes, se alimenta una primera corriente de una primera aleación a través de una de las cámaras de alimentación adyacentes a dicho molde, se alimenta una segunda corriente de una segunda aleación a través de la otra de las cámaras de alimentación adyacentes. Entre las cámaras de alimentación adyacentes se ha dispuesto una pared divisoria de control de temperatura de tal manera que el punto en la interfaz donde las aleaciones primera y segunda contactan inicialmente una con otra se mantenga a una temperatura entre las temperaturas de sólido y líquido de la primera aleación por medio de la pared divisoria de control de temperatura, por lo que las corrientes de aleación se unen como dos capas. Las capas de aleación unidas se enfrían formando un lingote compuesto. Se describe que la segunda aleación se pone preferiblemente en contacto con la primera aleación inmediatamente debajo de la parte inferior de la pared divisoria sin contactar primero con la pared divisoria. En cualquier caso, la segunda aleación deberá contactar la primera aleación no menos de aproximadamente 2 mm por debajo del borde inferior de la pared divisoria, pero no más de 20 mm y preferiblemente de aproximadamente 4 a 6 mm por debajo del borde inferior de la pared divisoria.

Si la segunda aleación contacta la pared divisoria antes de contactar la primera aleación, se puede enfriar prematuramente a un punto donde el contacto con la superficie de autosoporte de la primera aleación ya no forma una unión metalúrgica fuerte. Aunque la temperatura de líquido de la segunda aleación sea suficientemente baja para que esto no suceda, la carga metalostática que habrá puede hacer que la segunda aleación se alimente hasta el espacio entre la primera aleación y la pared divisoria y produzca defectos o fallo de colada. Cuando se desee que la superficie superior de la segunda aleación esté por encima del borde inferior de la pared divisoria (por ejemplo para separar óxidos), debe controlarse con cuidado y colocarse lo más cerca que sea prácticamente posible del borde inferior de la pared divisoria para evitar estos problemas.

La pared divisoria entre pares adyacentes de cámaras de alimentación puede estar ahusada y el ahusamiento puede variar a lo largo de la longitud de la pared divisoria. La pared divisoria puede tener además una forma curvilínea. Estas características pueden ser usadas para compensar las diferentes propiedades térmicas y de solidificación de las aleaciones usadas en las cámaras separadas por la pared divisoria y por ello realizar el control de la geometría de interfaz final dentro del lingote emergente. La pared de forma curvilínea también puede servir para formar lingotes con capas que tengan geometrías específicas que se puedan laminar con menos desperdicio. La pared divisoria entre pares adyacentes de cámaras de alimentación se puede hacer flexible y se puede ajustar para asegurar que la interfaz entre las dos capas de aleación en el producto colado y laminado final sea recta independientemente de las aleaciones usadas y sea recta incluso en la sección de inicio.

La invención reivindicada más adelante se lleva a cabo en un aparato para colada de lingotes metálicos compuestos, que incluye un molde anular de extremos abiertos que tiene un extremo de alimentación y un extremo de salida y un bloque inferior que puede encajar dentro del extremo de salida y moverse a lo largo del eje del molde. El extremo de alimentación del molde se divide en al menos dos cámaras de alimentación separadas, donde cada cámara de alimentación está adyacente a al menos otra cámara de alimentación y donde las cámaras de alimentación adyacentes están separadas por una pared divisoria. La pared divisoria es flexible, y un dispositivo de colocación está montado en la pared divisoria de modo que la curvatura de pared en el plano del molde se pueda variar una cantidad predeterminada durante la operación.

La invención reivindicada más adelante también se realiza en un método para la colada de un lingote de metal compuesto que incluye al menos dos aleaciones diferentes, método que incluye proporcionar un molde anular de extremos abiertos que tiene un extremo de alimentación y un extremo de salida y un medio para dividir el extremo de alimentación en al menos dos cámaras de alimentación separadas, donde cada cámara de alimentación es adyacente a al menos otra cámara de alimentación. Por pares adyacentes de las cámaras de alimentación, se alimenta una primera corriente de una primera aleación a través de una de las cámaras de alimentación adyacentes al molde, y se alimenta una segunda corriente de una segunda aleación a través de otra de las cámaras de alimentación adyacentes. Una pared divisoria flexible está dispuesta entre cámaras de alimentación adyacentes y la curvatura de la pared divisoria flexible se ajusta durante la colada para controlar la forma de la interfaz donde las aleaciones se unen como dos capas. Las capas de aleación unidas se enfrían después formando un lingote compuesto.

La alimentación de metal requiere un control de nivel esmerado y un método es proporcionar un flujo lento de gas, preferiblemente inerte, a través de un tubo con una abertura en un punto fijo con respecto al cuerpo del molde anular. La abertura se sumerge en el uso debajo de la superficie del metal en el molde, se mide la presión del gas y por ello se determina la carga metalostática encima de la abertura de tubo. Por lo tanto, la presión medida puede ser usada para controlar directamente el flujo de metal al molde con el fin de mantener la superficie superior del metal a un nivel constante.

También se describe un método de colar un lingote de metal que incluye proporcionar un molde anular de extremos abiertos que tiene un extremo de alimentación y un extremo de salida, y alimentar una corriente de metal fundido al extremo de alimentación de dicho molde para crear un baño de metal dentro de dicho molde que tiene una superficie. El extremo de un tubo de suministro de gas se sumerge en el baño de metal desde el extremo de alimentación del tubo de molde en una posición predeterminada con respecto al cuerpo de molde y se burbujea un gas inerte a través del tubo de suministro de gas a una velocidad suficientemente lenta para mantener el tubo sin congelar. La presión del gas dentro de dicho tubo se mide para determinar la posición de la superficie de metal fundido con respecto al cuerpo de molde.

También se describe un aparato para colar un lingote de metal que incluye un molde anular de extremos abiertos que tiene un extremo de alimentación y un extremo de salida y un bloque inferior que encaja en el extremo de salida y es móvil a lo largo del eje del molde. Se ha dispuesto un dispositivo de control de flujo de metal para controlar la tasa a la que puede fluir metal al molde desde una fuente externa, y también se ha dispuesto un sensor de nivel de metal incluyendo un tubo de suministro de gas unido a una fuente de gas por medio de un controlador de flujo de gas y que tiene un extremo abierto colocado en una posición predefinida debajo del extremo de alimentación del molde, de tal manera que, en el uso, el extremo abierto del tubo esté normalmente por debajo del nivel de metal en el molde. También se facilita un medio para medir la presión del gas en el tubo de suministro de gas entre el controlador de flujo y el extremo abierto del tubo de suministro de gas, estando adaptada la presión medida del gas

para controlar el dispositivo de control de flujo de metal con el fin de mantener a un nivel predeterminado el metal en el que se coloca el extremo abierto del tubo de suministro de gas.

Este método y aparato para medir el nivel de metal es especialmente útil al medir y controlar el nivel de metal en un espacio confinado tal como en algunas o todas las cámaras de alimentación en un diseño de molde de cámaras múltiples. Se puede usar en unión con otros sistemas de control de nivel de metal que usan flotadores o supervisores similares de posición de superficie, donde, por ejemplo, se usa un tubo de gas en las cámaras de alimentación más pequeñas y un sistema de control de alimentación en base a un flotador o dispositivo similar en las cámaras de alimentación más grandes.

También se describe un método para colar un lingote compuesto que tiene dos capas de aleaciones diferentes, donde una aleación forma una capa en la cara más ancha o "de laminado" de un lingote de sección transversal rectangular formado de otra aleación. Para este procedimiento se facilita un molde anular de extremos abiertos que tiene un extremo de alimentación y un extremo de salida y un medio para dividir el extremo de alimentación en cámaras de alimentación adyacentes separadas por una pared divisoria de temperatura controlada. La primera corriente de una primera aleación es alimentada a través de una de las cámaras de alimentación al molde y una segunda corriente de una segunda aleación es alimentada a través de otra de las cámaras de alimentación, teniendo esta segunda aleación una temperatura de líquido más baja que la primera aleación. La primera aleación es enfriada por la pared divisoria de temperatura controlada formando una superficie de autoaporte que se extiende debajo del extremo inferior de la pared divisoria y la segunda aleación se pone en contacto con la superficie de autoaporte de la primera aleación en una posición donde la temperatura de la superficie de autoaporte se mantiene entre la temperatura de sólido y líquido de la primera aleación, por lo que las dos corrientes de aleación se unen como dos capas. Las capas de aleación unidas se enfrían después formando un lingote compuesto.

También se describe que las dos cámaras están configuradas de modo que una cámara exterior rodee completamente la cámara interior por lo que se forma un lingote que tiene una capa de una aleación rodeando completamente un núcleo de una segunda aleación.

Una realización preferida incluye dos paredes divisorias de temperatura controlada lateralmente espaciadas formando tres cámaras de alimentación. Así, hay una cámara de alimentación central con una pared divisoria en cada lado y un par de cámaras de alimentación exteriores en cada lado de la cámara de alimentación central. Una corriente de la primera aleación puede ser alimentada a través de la cámara de alimentación central, alimentándose corrientes de la segunda aleación a las dos cámaras laterales. Tal disposición se usa típicamente para proporcionar dos capas de revestimiento sobre un material de núcleo central.

También es posible invertir el procedimiento de tal manera que las corrientes de la primera aleación sean alimentadas a través de las cámaras laterales mientras que una corriente de la segunda aleación se alimenta a través de la cámara central. Con esta disposición, la colada se inicia en las cámaras laterales de alimentación, alimentándose la segunda aleación a través de la cámara central y contactando el par de primeras aleaciones inmediatamente debajo de las paredes divisorias.

La forma en sección transversal del lingote puede ser cualquier forma conveniente (por ejemplo circular, cuadrada, rectangular o cualquier otra forma regular o irregular) y las formas en sección transversal de las capas individuales también se pueden variar dentro del lingote.

La invención facilita un producto de lingote colado que consta de un lingote alargado incluyendo, en sección transversal, dos o más capas de aleación separadas de diferente composición, donde la interfaz entre capas de aleaciones adyacentes tiene forma de una unión metalúrgica sustancialmente continua. Esta unión se caracteriza por la presencia de partículas dispersadas de una o varias composiciones intermetálicas de la primera aleación en una región de la segunda aleación adyacente a la interfaz. En general, en la presente invención, la primera aleación es aquella en la que primero se forma una superficie de autoaporte y la segunda aleación se pone en contacto con esta superficie mientras la temperatura superficial está entre la temperatura de sólido y líquido de la primera aleación, o la interfaz se recalienta posteriormente a una temperatura entre la temperatura de sólido y líquido de la primera aleación. Las partículas dispersadas tienen preferiblemente un diámetro de menos de aproximadamente 20 μm y se encuentran en una región de hasta aproximadamente 200 μm de la interfaz.

La unión se puede caracterizar además por la presencia de penachos o exudados de una o varias composiciones intermetálicas de la primera aleación que se extiende desde la interfaz a la segunda aleación en la región adyacente a la interfaz. Esta característica se forma en particular cuando la temperatura de la superficie de autoaporte no se ha reducido por debajo de la temperatura de sólido antes del contacto con la segunda aleación.

Los penachos o exudados penetran preferiblemente menos de aproximadamente 100 μm en la segunda aleación desde la interfaz.

Donde las composiciones intermetálicas de la primera aleación están dispersadas o exudadas a la segunda aleación, en la primera aleación, adyacente a la interfaz entre las aleaciones primera y segunda, queda una capa

que contiene una cantidad reducida de las partículas intermetálicas y que en consecuencia puede formar una capa que es más noble que la primera aleación y puede impartir resistencia a la corrosión al material de revestimiento. Esta capa tiene típicamente un grosor de 4 a 8 mm.

5 Esta unión se puede caracterizar además por la presencia de una capa difusa de componentes de aleación de la primera aleación en la capa de segunda aleación adyacente a la interfaz. Esta característica se forma en especial en los casos donde la superficie de la primera aleación se enfría por debajo de la temperatura de sólido de la primera aleación y luego la interfaz entre la primera y la segunda aleación se recalienta a entre las temperaturas de sólido y líquido.

10 Aunque no se desea quedar vinculados por ninguna teoría, se considera que la presencia de estas características se produce por la formación de segregados de compuestos intermetálicos de la primera aleación en la superficie de autosoporte formada encima con su posterior dispersión o exudación a la segunda aleación después de contactar la superficie. La exudación de compuestos intermetálicos es asistida por las fuerzas de dispersión presentes en la interfaz.

15 Otra característica de la interfaz entre capas formadas por los métodos de esta invención es la presencia de componentes de aleación de la segunda aleación entre los límites de grano de la primera aleación inmediatamente adyacente a la interfaz entre las dos aleaciones. Se considera que estos surgen cuando la segunda aleación (todavía en general por encima de su temperatura de líquido) entra en contacto con la superficie de autosoporte de la primera aleación (a una temperatura entre la temperatura de sólido y líquido de la primera aleación). En estas condiciones específicas, el componente de aleación de la segunda aleación se puede difundir una distancia corta (típicamente aproximadamente 50 μm) a lo largo de los límites de grano todavía líquidos, pero no a los granos ya formados en la superficie de la primera aleación. Si la temperatura de interfaz está por encima de la temperatura de líquido de ambas aleaciones, se producirá mezcla general de las aleaciones, y los componentes de la segunda aleación estarán dentro de los granos así como los límites de grano. Si la temperatura de interfaz está por debajo de la temperatura de sólido de la primera aleación, no habrá oportunidad de que se produzca difusión de límite de grano.

20 25 30 Las características interfaciales específicas descritas son características específicas producidas por difusión de estado sólido, o difusión o movimiento de elementos a lo largo de recorridos de líquido restringido y no afectan a la naturaleza generalmente distinta de la interfaz general.

35 Independientemente de cómo se forme la interfaz, la estructura única de la interfaz proporciona una unión metalúrgica fuerte en la interfaz y por lo tanto hace que la estructura sea adecuada para laminado en hoja sin problemas asociados con la deslaminación o contaminación de la interfaz.

40 La invención facilita un lingote de metal compuesto, incluyendo al menos dos capas de metal, donde se forman pares de capas adyacentes contactando la segunda capa de metal con la superficie de la primera capa de metal de tal manera que, cuando la segunda capa de metal contacte primero la superficie de la primera capa de metal, la superficie de la primera capa de metal esté a una temperatura entre su temperatura de líquido y sólido y la temperatura de la segunda capa de metal esté por encima de su temperatura de líquido. Preferiblemente las dos capas metálicas están compuestas de aleaciones diferentes.

45 50 Igualmente, la invención facilita un lingote de metal compuesto, incluyendo al menos dos capas de metal, donde se forman pares de capas adyacentes contactando la segunda capa de metal con la superficie de la primera capa de metal de tal manera que, cuando la segunda capa de metal contacte primero la superficie de la primera capa de metal, la superficie de la primera capa de metal esté a una temperatura por debajo de su temperatura de sólido y la temperatura de la segunda capa de metal esté por encima de su temperatura de líquido, y la interfaz formada entre las dos capas metálicas se recalienta posteriormente a una temperatura entre la temperatura de sólido y líquido de la primera aleación. Preferiblemente las dos capas metálicas están compuestas de aleaciones diferentes.

55 Se describe que el lingote es de sección transversal rectangular e incluye un núcleo de la primera aleación y al menos una capa superficial de la segunda aleación, aplicándose la capa superficial al lado largo de la sección transversal rectangular. Este lingote de metal compuesto se lamina preferiblemente en caliente y frío para formar una hoja metálica compuesta.

60 Se describe que la aleación del núcleo es una aleación de aluminio-manganeso y la aleación de superficie es una aleación de aluminio-silicio. Tal lingote compuesto se lamina en caliente y frío para formar una hoja de soldadura dura de metal compuesto que se puede someter a una operación de soldadura dura para hacer una estructura soldada resistente a la corrosión.

65 Se describe que el núcleo de aleación es una aleación de aluminio de desecho y la aleación de superficie una aleación de aluminio puro. Tales lingotes compuestos cuando se laminan en caliente y frío para formar hoja metálica compuesta proporcionan productos reciclados baratos que tienen mejores propiedades de resistencia a la corrosión, capacidad de acabado superficial, etc. En este contexto, una aleación de aluminio puro es una aleación de aluminio

que tiene una conductividad térmica superior a 190 vatios/m/K y un rango de solidificación de menos de 50°C.

5 Se describe que el núcleo de aleación es una aleación no termotratable de alta resistencia (tal como una aleación de Al-Mg) y la aleación de superficie es una aleación soldable (tal como una aleación de Al-Si). Tales lingotes compuestos, cuando se laminan en caliente y frío para formar hoja metálica compuesta, pueden someterse a una operación de formación y usarse para estructuras de automoción que luego se pueden soldar o unir igualmente.

10 Se describe que el núcleo de aleación es una aleación termotratable de alta resistencia (tal como una aleación 2xxx) y la aleación de superficie es una aleación de aluminio puro. Tales lingotes compuestos, cuando se laminan en caliente y frío, forman una hoja metálica compuesta adecuada para estructuras de aviones. La aleación pura se puede seleccionar para resistencia a la corrosión o acabado superficial y deberá tener preferiblemente una temperatura de sólido superior a la temperatura de sólido de la aleación de núcleo.

15 Se describe que el núcleo de aleación es una aleación termotratable de resistencia media (tal como una aleación de Al-Mg-Si) y la aleación de superficie es una aleación de aluminio puro. Tales lingotes compuestos, cuando se laminan en caliente y frío, forman una hoja metálica compuesta adecuada para cierres de automóvil. La aleación pura se puede seleccionar para resistencia a la corrosión o acabado superficial y deberá tener preferiblemente una temperatura de sólido superior a la temperatura de sólido de la aleación de núcleo.

20 Se describe que el lingote es de sección transversal cilíndrica e incluye un núcleo de la primera aleación y una capa superficial concéntrica de la segunda aleación. En otra realización preferida, el lingote es de sección transversal rectangular o cuadrada e incluye un núcleo de la segunda aleación y una capa superficial anular de la primera aleación.

25 **Breve descripción de los dibujos**

En los dibujos que ilustran algunas realizaciones preferidas de esta invención:

30 La figura 1 es una vista en alzado en sección parcial que representa una sola pared divisoria.

La figura 2 es una ilustración esquemática del contacto entre las aleaciones.

35 La figura 3 es una vista en alzado en sección parcial similar a la figura 1, pero que representa un par de paredes divisorias.

La figura 4 es una vista en alzado en sección parcial similar a la figura 3, pero teniendo la segunda aleación una temperatura de líquido más baja que la primera aleación alimentada a la cámara central.

40 Las figuras 5a, 5b y 5c son vistas en planta que representan algunas disposiciones alternativas de la cámara de alimentación que pueden ser usadas con la presente invención.

La figura 6 es una vista ampliada en sección parcial de una porción de la figura 1 que representa un sistema de control de curvatura.

45 La figura 7 es una vista en planta de un molde que representa los efectos de la curvatura variable de la pared divisoria.

50 La figura 8 es una vista ampliada de una porción de la figura 1 que ilustra una pared divisoria ahusada entre aleaciones.

La figura 9 es una vista en planta de un molde que representa una configuración especialmente preferida de una pared divisoria.

55 La figura 10 es una vista esquemática que representa el sistema de control de nivel de metal de la presente invención.

La figura 11 es una vista en perspectiva de un sistema de alimentación para una de las cámaras de alimentación de la presente invención.

60 La figura 12 es una vista en planta de un molde que representa otra configuración preferida de la pared divisoria.

La figura 13 es una microfotografía de una sección a través de la cara de unión entre un par de aleaciones adyacentes usando el método de la presente invención que representa la formación de partículas intermetálicas en la aleación opuesta.

65 La figura 14 es una microfotografía de una sección a través de la misma cara de unión que en la figura 13 que

representa la formación de penachos o exudados intermetálicos.

La figura 15 es una microfotografía de una sección a través de la cara de unión entre un par de aleaciones adyacentes procesadas en condiciones fuera del alcance de la presente invención.

La figura 16 es una microfotografía de una sección a través de la cara de unión entre una capa de aleación de revestimiento y una aleación de núcleo colada usando el método de la presente invención.

La figura 17 es una microfotografía de una sección a través de la cara de unión entre una capa de aleación de revestimiento y una aleación de núcleo colada usando el método de la presente invención, y que ilustra la presencia de componentes de aleación de núcleo únicamente a lo largo de límites de grano de la aleación de revestimiento en la cara de unión.

La figura 18 una microfotografía de una sección a través de la cara de unión entre una capa de aleación de revestimiento y una aleación de núcleo colada usando el método de la presente invención, y que ilustra la presencia de componentes de aleación difundidos como en la figura 17.

Y la figura 19 es una microfotografía de una sección a través de la cara de unión entre una capa de aleación de revestimiento y una aleación de núcleo colada usando el método de la presente invención, y que también ilustra la presencia de componentes de aleación difundidos como en la figura 17.

Mejores modos de llevar a la práctica la invención

Con referencia a la figura 1, el conjunto de molde de colada rectangular 10 tiene paredes de molde 11 que forman parte de una camisa de agua 12 desde la que se dispensa una corriente de agua refrigerante 13.

La porción de alimentación del molde está dividida por una pared divisoria 14 en dos cámaras de alimentación. Un canal de suministro de metal fundido 30 y una boquilla de distribución 15 equipada con un estrangulador ajustable 32 alimenta una primera aleación a una cámara de alimentación y un segundo canal de suministro de metal 24 equipado con un canal lateral, una boquilla de distribución 16 y un estrangulador ajustable 31 alimenta una segunda aleación a una segunda cámara de alimentación. Los estranguladores ajustables 31, 32 se ajustan manualmente o en respuesta a alguna señal de control para regular el flujo de metal a las respectivas cámaras de alimentación. Una unidad de bloque inferior verticalmente móvil 17 soporta el lingote compuesto embrionario que se está formando y encaja en el extremo de salida del molde anterior para iniciar una colada y a continuación se baja para poder formar el lingote.

Como se representa más claramente con referencia a la figura 2, en la primera cámara de alimentación, el cuerpo de metal fundido 18 se enfría gradualmente de manera que forme una superficie de autoaporte 27 adyacente al extremo inferior de la pared divisoria y luego forma una zona 19 que está entre líquido y sólido y a menudo se denomina como una zona pulposa. Debajo de esta zona pulposa o semisólida hay una aleación metálica sólida 20. A la segunda cámara de alimentación se alimenta un flujo líquido de segunda aleación 21 que tiene una temperatura de líquido más baja que la primera aleación 18. Este metal también forma una zona pulposa 22 y eventualmente una porción sólida 23.

La superficie de autoaporte 27 experimenta típicamente una ligera contracción cuando el metal se separa de la pared divisoria 14, luego una ligera expansión cuando las fuerzas de dispersión producidas, por ejemplo, por la carga metalostática del metal 18 llegan a apoyar. La superficie de autoaporte tiene resistencia suficiente para restringir tales fuerzas incluso aunque la temperatura de la superficie pueda ser superior a la temperatura de sólido del metal 18. Una capa de óxido en la superficie puede contribuir a este equilibrio de fuerzas.

La temperatura de la pared divisoria 14 se mantiene a una temperatura deseada predeterminada por medio de un fluido de control de temperatura que pasa a través de un canal cerrado 33 que tiene una entrada 36 y una salida 37 para suministro y extracción de fluido de control de temperatura que extrae calor de la pared divisoria con el fin de crear una interfaz enfriada que sirve para controlar la temperatura de la superficie de autoaporte 27 debajo del extremo inferior de la pared divisoria 35. La superficie superior 34 del metal 21 en la segunda cámara se mantiene entonces en una posición debajo del borde inferior 35 de la pared divisoria 14 y al mismo tiempo la temperatura de la superficie de autoaporte 27 se mantiene de tal manera que la superficie 34 del metal 21 contacte dicha superficie de autoaporte 27 en un punto donde la temperatura de la superficie 27 está entre la temperatura de sólido y líquido del metal 18. Típicamente la superficie 34 se controla en un punto ligeramente por debajo del borde inferior 35 de la pared divisoria 14, generalmente dentro de aproximadamente 2 a 20 mm del borde inferior. La capa de interfaz así formada entre las dos corrientes de aleación en este punto forma una unión metalúrgica muy fuerte entre las dos capas sin mezcla excesiva de las aleaciones.

El flujo de refrigerante (y la temperatura) requerido para establecer la temperatura de la superficie de autoaporte 27 del metal 18 dentro del rango deseado se determina por lo general empíricamente utilizando pequeños termopares que se incrustan en la superficie 27 del lingote de metal cuando se forma y, una vez establecido para una

- composición y temperatura de colada dadas para el metal 18 (siendo la temperatura de colada la temperatura a la que se suministra el metal 18 al extremo de entrada de la cámara de alimentación), forma parte de la práctica de colada de dicha aleación. Se ha hallado en particular que, a un flujo de refrigerante fijo a través del canal 33, la temperatura del refrigerante que sale del canal de refrigerante de pared divisoria medida en la salida 37 se correlaciona bien con la temperatura de la superficie de autosoporte del metal en posiciones predeterminadas debajo del borde inferior de la pared divisoria, y por lo tanto proporciona un medio simple y efectivo de controlar dicha temperatura crítica proporcionando un dispositivo de medición de temperatura tal como un termopar o termistor 40 en la salida del canal de refrigerante.
- La figura 3 es esencialmente el mismo molde que el de la figura 1, pero en este caso se usa un par de paredes divisorias 14 y 14a que dividen la boca del molde en tres cámaras de alimentación. Hay una cámara central para la primera aleación metálica y un par de cámaras de alimentación exteriores para una segunda aleación metálica. Las cámaras de alimentación exteriores pueden estar adaptadas para una segunda y una tercera aleación metálica, en cuyo caso los extremos inferiores de las paredes divisorias 14 y 14a se pueden colocar de forma diferente y el control de temperatura puede diferir con respecto a las dos paredes divisorias dependiendo de los requisitos particulares de colada y crear interfaces fuertemente unidas entre las aleaciones primera y segunda y entre las aleaciones primera y tercera.
- Como se representa en la figura 4, también es posible invertir las aleaciones de modo que las corrientes de primera aleación sean alimentadas a las cámaras de alimentación exteriores y una corriente de segunda aleación sea alimentada a la cámara de alimentación central.
- La figura 5 representa en vista en planta varias disposiciones de cámara más complejas. En cada una de estas disposiciones hay una pared exterior 11 representada para el molde y las paredes divisorias interiores 14 que separan las cámaras individuales. Cada pared divisoria 14 entre cámaras adyacentes debe estar colocada y controlada térmicamente de tal manera que se mantengan las condiciones de colada aquí descritas. Esto quiere decir que las paredes divisorias pueden extenderse hacia abajo de la entrada del molde y terminar en posiciones diferentes y pueden ser controladas a diferentes temperaturas y los niveles de metal en cada cámara pueden controlarse a diferentes niveles según los requisitos de la práctica de colada.
- Con la invención reivindicada más adelante, la pared divisoria 14 es flexible o capaz de tener una curvatura variable en el plano del molde como se representa en las figuras 6 y 7. La curvatura se cambia normalmente entre la posición de arranque 14' y la posición de estado de régimen 14 con el fin de mantener una interfaz constante durante toda la colada. Esto se logra por medio de un brazo 25 unido en un extremo a la parte superior de la pared divisoria 14 y movido en una dirección horizontal por un accionador lineal 26. Si es necesario, el accionador está protegido por un protector térmico 42.
- Las propiedades térmicas de las aleaciones varían considerablemente y la cantidad y el grado de variación de la curvatura se predetermina en base a las aleaciones seleccionadas para las varias capas en el lingote. Por lo general, se determinan empíricamente como parte de una práctica de colada para un producto concreto.
- Como se representa en la figura 8, la pared divisoria 14 también puede estar ahusada 43 en la dirección vertical en el lado del metal 18. Este ahusamiento puede variar a lo largo de la longitud de la pared divisoria 14 para controlar más la forma de la interfaz entre capas de aleación adyacentes. El ahusamiento también se puede usar en la pared exterior 11 del molde. Este ahusamiento o forma se pueden establecer usando principios, por ejemplo, como los descritos en US 6.260.602 (Wagstaff) y de nuevo dependerán de las aleaciones seleccionadas para las capas adyacentes.
- La pared divisoria 14 se fabrica a partir de metal (acero o aluminio por ejemplo) y se puede fabricar en parte a partir de grafito, por ejemplo usando un inserto de grafito 46 en la superficie ahusada. También se puede usar canales de suministro de aceite 48 y ranuras 47 para proporcionar lubricantes o sustancias divisorias. Naturalmente, los insertos y las configuraciones de suministro de aceite pueden usarse en las paredes exteriores de manera conocida en la técnica.
- Una realización preferida particular de la pared divisoria se representa en la figura 9. La pared divisoria 14 se extiende sustancialmente paralela a la pared lateral de molde 11 a lo largo de una o ambas caras largas (de laminado) de un lingote de sección transversal rectangular. Cerca de los extremos de los lados largos del molde, la pared divisoria 14 tiene curvas de 90° 45 y termina en posiciones 50 en la pared lateral larga 11, en vez de extenderse completamente a las paredes laterales cortas. El lingote de revestimiento colado con dicha pared divisoria se puede laminar para mantener mejor la forma del revestimiento sobre la anchura de la hoja que tiene lugar en procesos más convencionales de revestimiento por laminado. El ahusamiento descrito en la figura 8 también puede aplicarse a este diseño, donde, por ejemplo, se puede usar un alto grado de ahusamiento en la superficie curvada 45 y un grado medio de ahusamiento en la sección recta 44.
- La figura 10 representa un método de controlar el nivel de metal en un molde de colada que puede ser usado en cualquier molde de colada, ya sea o no para colada en lingotes en capas, pero es especialmente útil para controlar

el nivel de metal en los espacios reducidos que puede haber en algunas cámaras de metal en moldes para colar lingotes de capas múltiples. Un suministro de gas 51 (típicamente un cilindro de gas inerte) está montado en un controlador de flujo 52 que suministra un flujo pequeño de gas a un tubo de suministro de gas con un extremo abierto 53 que está colocado en una posición de referencia 54 dentro del molde. El diámetro interior del tubo de suministro de gas en su salida es típicamente de entre 3 y 5 mm. La posición de referencia se selecciona de manera que esté debajo de la superficie superior del metal 55 durante una operación de colada, y esta posición de referencia puede variar dependiendo de los requisitos de la práctica de colada.

Un transductor de presión 56 está montado en el tubo de suministro de gas en un punto entre el controlador de flujo y el extremo abierto con el fin de medir la contrapresión de gas en el tubo. Este transductor de presión 56 produce, a su vez, una señal que se puede comparar con una señal de referencia para controlar el flujo de metal que entra en la cámara por medios conocidos por los expertos en la técnica. Se puede usar, por ejemplo, un tapón refractario ajustable 57 en un tubo refractario 58 alimentado, a su vez, desde un canal de suministro de metal 59. En el uso, el flujo de gas se ajusta a un nivel bajo suficiente para mantener abierto el extremo del tubo de suministro de gas. Se usa una pieza de fibra refractaria insertada en el extremo abierto del tubo de suministro de gas para amortiguar las fluctuaciones de presión producidas por la formación de burbujas. La presión medida determina entonces el grado de inmersión del extremo abierto del tubo de suministro de gas debajo de la superficie del metal en la cámara y por lo tanto el nivel de la superficie de metal con respecto a la posición de referencia y la tasa de flujo de metal a la cámara se controla por lo tanto para mantener la superficie de metal en una posición predeterminada con respecto a la posición de referencia.

El controlador de flujo y el transductor de presión son dispositivos comúnmente disponibles. Sin embargo, se prefiere en particular que el controlador de flujo sea capaz de control de flujo fiable en el rango de 5 a 10 cc/minuto de flujo de gas. Un transductor de presión capaz de medir presiones a aproximadamente 0,1 psi (0,689 kPa) proporciona una buena medida de control del nivel de metal (dentro de 1 mm) en la presente invención y la combinación proporciona un buen control incluso en vista de ligeras fluctuaciones de la presión producidas por el lento burbujeo a través del extremo abierto del tubo de suministro de gas.

La figura 11 representa una vista en perspectiva de una porción de la parte superior del molde de la presente invención. Se representa un sistema de alimentación para una de las cámaras de metal, especialmente adecuado para alimentar metal a una cámara de alimentación estrecha como la que se puede usar para producir una superficie de revestimiento en un lingote. En este sistema de alimentación, se facilita junto a la cámara de alimentación un canal 60 al que están conectados varios labios de colada descendentes pequeños 61 que terminan debajo de la superficie del metal. Bolsas de distribución 62 hechas de tejido refractario por medios conocidos en la técnica están instaladas alrededor de la salida de cada labio de colada descendente 61 para mejorar la uniformidad de la distribución y temperatura del metal. A su vez, el canal es alimentado desde un canal 68 en el que un solo labio de colada descendente 69 se extiende al metal en el canal y en el que se inserta un tapón de control de flujo (no representado) de diseño convencional. El canal se coloca y nivela de modo que el metal fluya uniformemente a todas las posiciones.

La figura 12 muestra otra disposición preferida de paredes divisorias 14 para colar un revestimiento de lingote de sección transversal rectangular en dos caras. Las paredes divisorias tienen una sección recta 44 sustancialmente paralela a la pared lateral de molde 11 a lo largo de una o ambas caras largas (de laminado) de un lingote de sección transversal rectangular. Sin embargo, en este caso cada pared divisoria tiene porciones de extremo curvadas 49 que intersecan la pared de extremo más corta del molde en las posiciones 41. Esto es útil de nuevo para mantener la forma del revestimiento sobre la anchura de la hoja que tiene lugar en procesos más convencionales de revestimiento por laminado. Aunque se ilustra para revestimiento en dos caras, se puede usar igualmente para revestimiento en una sola cara del lingote.

La figura 13 es una microfotografía a ampliación 15X que representa la interfaz 80 entre una aleación de Al-Mn 81 (X904 conteniendo 0,74% en peso de Mn, 0,55% en peso de Mg, 0,3% en peso de Cu, 0,17% en peso, 0,07% en peso de Si y el equilibrio Al e impurezas inevitables) y una aleación de Al-Si 82(AA4147 conteniendo 12% en peso de Si, 0,19% en peso de Mg y el equilibrio Al e impurezas inevitables) colada en las condiciones de la presente invención. La aleación de Al-Mn tenía una temperatura de sólido de 1190°F (643°C) y una temperatura de líquido de 1215°F (657°C). La aleación de Al-Si tenía una temperatura de sólido de 1070°F (576°C) y una temperatura de líquido de 1080°F (582°C). La aleación de Al-Si se alimentó al molde de colada de tal manera que la superficie superior del metal se mantuviese de modo que contactase la aleación de Al-Mn en una posición donde se estableció una superficie de autosoporte en la aleación de Al-Mn, pero su temperatura estaba entre las temperaturas de sólido y líquido de la aleación de Al-Mn.

Hay en la muestra una interfaz clara que indica mezcla no general de aleaciones, pero además, partículas de compuestos intermetálicos conteniendo Mn 85 son visibles en una banda de aproximadamente 200 μm dentro de la aleación de Al-Si 82 adyacente a la interfaz 80 entre las aleaciones de Al-Mn y Al-Si. Los compuestos intermetálicos son principalmente MnAl₆ y alpha-AlMn.

La figura 14 es una microfotografía a ampliación 200X que representa la interfaz 80 de la misma combinación de

aleaciones que en la figura 13 donde la temperatura de la autosuperficie no se dejó por debajo de la temperatura de sólido de la aleación de Al-Mn antes de la aleación de Al-Si contactase con ella. Se observó un penacho o exudado 88 que se extendía desde la interfaz 80 a la aleación de Al-Si 82 desde la aleación de Al-Mn 81 y el penacho o exudado tiene una composición intermetálica conteniendo Mn que es similar a las partículas de la figura 13. Los penachos o exudados se extienden típicamente hasta 100 μm al metal contiguo. La unión resultante entre las aleaciones es una unión metalúrgica fuerte. Las partículas de compuestos intermetálicos conteniendo Mn 85 también son visibles en esta microfotografía y tienen un tamaño típicamente de hasta 20 μm.

La figura 15 es una microfotografía (a ampliación 300X) que representa la interfaz entre una aleación de Al-Mn (AA3003) y una aleación de Al-Si (AA4147), pero donde la superficie de autosoporte de Al-Mn se enfrió más de aproximadamente 5°C por debajo de la temperatura de sólido de la aleación de Al-Mn, punto en el que la superficie superior de la aleación de Al-Si contactó la superficie de autosoporte de la aleación de Al-Mn. La línea de unión 90 entre las aleaciones es claramente visible, lo que indica que por ello se formó una unión metalúrgica pobre. También hay una ausencia de exudados o composiciones intermetálicas dispersadas de la primera aleación en la segunda aleación.

Se colaron varias combinaciones de aleaciones según el proceso de la presente invención. Las condiciones se ajustaron de modo que la temperatura superficial de la primera aleación estuviese entre su temperatura de sólido y líquido en la superficie superior de la segunda aleación. En todos los casos, las aleaciones se colaron a lingotes de 690 mm x 1590 mm x 3 metros de largo y luego se procesaron mediante precalentamiento convencional, laminado en caliente y laminado en frío. Las combinaciones de aleaciones coladas se indican en la tabla 1 siguiente. Usando terminología convencional, el "núcleo" es la capa de soporte más gruesa en un compuesto de dos aleaciones y el "revestimiento" es la capa superficial funcional. En la tabla, la primera aleación es la aleación colada primero y la segunda aleación es la aleación puesta en contacto con la superficie de autosoporte de la primera aleación.

Tabla 1

| Colada | Primera aleación | | | Segunda aleación | | |
|--------|---------------------|-----------------|----------------------------|---------------------|-----------------|----------------------------|
| | Posición y aleación | Rango L-S (° C) | Temperatura de colada (°C) | Posición y aleación | Rango L-S (° C) | Temperatura de colada (°C) |
| 051804 | Revestimiento 0303 | 660-659 | 664-665 | Núcleo 3104 | 654-629 | 675-678 |
| 030826 | Revestimiento 1200 | 657-646 | 685-690 | Núcleo 2124 | 638-502 | 688-690 |
| 031013 | Revestimiento 0505 | 660-659 | 692-690 | Núcleo 6082 | 645-563 | 680-684 |
| 030827 | Revestimiento 1050 | 657-646 | 695-697 | Núcleo 6111 | 650-560 | 686-684 |

En cada uno de estos ejemplos, el revestimiento era la primera aleación a solidificar y la aleación de núcleo se aplicó a la aleación de revestimiento en un punto donde se había formado una superficie de autosoporte, pero donde la temperatura superficial todavía estaba dentro del rango L-S indicado anteriormente. Esto se puede comparar con el ejemplo anterior para hoja de soldadura dura donde la aleación de revestimiento tenía un rango de fusión más bajo que la aleación de núcleo, en cuyo caso la aleación de revestimiento (la "segunda aleación") se aplicó a la superficie de autosoporte de la aleación de núcleo (la "primera aleación"). Se tomaron microfotografías de la interfaz entre el revestimiento y el núcleo en las cuatro coladas anteriores. Las microfotografías se tomaron a ampliación 50X. En cada imagen, la capa de "revestimiento" aparece a la izquierda y la capa de "núcleo" a la derecha.

La figura 16 representa la interfaz de Colada #051804 entre la aleación de revestimiento 0303 y la aleación de núcleo 3104. La interfaz es clara a partir del cambio en la estructura de grano al pasar del material de revestimiento a la capa de núcleo relativamente más aleada.

La figura 17 representa la interfaz de Colada #030826 entre la aleación de revestimiento 1200 y la aleación de núcleo 2124. La interfaz entre las capas la representa la línea de puntos 94 en la figura. En esta figura, los componentes de aleación de la aleación 2124 están presentes en los límites de grano de la aleación 1200 dentro de una distancia corta de la interfaz. Parecen "dedos" espaciados de material en la figura, de los que se ilustra uno con el número 95. Se puede ver que los componentes de aleación 2124 se extienden una distancia de aproximadamente 50 μm, que corresponde típicamente a un solo grano de la aleación 1200 en estas condiciones.

La figura 18 representa la interfaz de Colada #031013 entre la aleación de revestimiento 0505 y la aleación de núcleo 6082 y la figura 19 representa la interfaz de Colada #030827 entre la aleación de revestimiento 1050 y la aleación de núcleo 6111. En cada una de estas figuras, la presencia de componentes de aleación de la aleación de núcleo es visible de nuevo en los límites de grano de la aleación de revestimiento inmediatamente adyacente a la

interfaz.

- 5 1. Un método para la colada de un lingote de metal compuesto incluyendo al menos dos capas formadas de una o varias composiciones de aleación, que incluye proporcionar un molde anular de extremos abiertos que tiene un extremo de alimentación y un extremo de salida donde se añade metal fundido en el extremo de alimentación y se extrae un lingote solidificado del extremo de salida, y paredes divisorias para dividir el extremo de alimentación en al menos dos cámaras de alimentación separadas, terminando las paredes divisorias encima del extremo de salida de dicho molde, estando cada cámara de alimentación adyacente a al menos otra cámara de alimentación, donde por cada par de las cámaras de alimentación adyacentes se alimenta una primera corriente de una primera aleación a una cámara del par de cámaras de alimentación para formar un baño de metal en la primera cámara y se alimenta una segunda corriente de una segunda aleación a través de la segunda cámara del par de cámaras de alimentación para formar un baño de metal en la segunda cámara, teniendo cada uno de los baños de metal una superficie superior, contactando el baño de primera aleación con la pared divisoria entre el par de cámaras para enfriar por ello el baño de primera aleación para formar una superficie de autosoporte adyacente a la pared divisoria y permitir que el baño de segunda aleación contacte el baño de primera aleación de tal manera que el baño de segunda aleación contacte primero la superficie de autosoporte del baño de primera aleación en un punto donde la temperatura de la superficie de autosoporte está entre las temperaturas de sólido y líquido de la primera aleación, por lo que los dos baños de aleación se unen como dos capas y enfrían las capas de aleación unidas formando un lingote compuesto.
- 20 2. Un método según 1, donde las aleaciones primera y segunda tienen la misma composición.
3. Un método según 1, donde la primera aleación y las segundas aleaciones tienen composiciones diferentes.
- 25 4. Un método según 1, donde la superficie superior de la segunda aleación contacta la superficie de autosoporte de la primera aleación en una posición donde la temperatura de la superficie de autosoporte de la primera aleación está entre sus temperaturas de sólido y líquido.
- 30 5. Un método según 4, donde la superficie superior de la segunda aleación contacta la superficie de autosoporte de la primera aleación en una posición donde la temperatura de la superficie de autosoporte de la primera aleación está entre sus temperaturas de sólido y coherencia.
- 35 6. Un método según 1, donde la temperatura de la segunda aleación cuando contacta primero la superficie de autosoporte de la primera aleación es mayor o igual a la temperatura de líquido de la segunda aleación.
7. Un método según alguno de 1-6, donde las paredes divisorias para dividir el extremo de alimentación constan de paredes divisorias de temperatura controlada entre cada cámara del par de cámaras.
- 40 8. Un método según 7, donde las paredes divisorias de temperatura controlada sirven para controlar la temperatura de la superficie de autosoporte de la primera aleación en la posición donde la superficie superior de la segunda aleación contacta la superficie de autosoporte.
9. Un método según 7, donde un fluido de control de temperatura se pone en contacto con la pared divisoria de temperatura controlada para controlar el calor quitado o añadido mediante la pared divisoria.
- 45 10. Un método según 9, donde el fluido de control de temperatura fluye a través de un canal cerrado y la temperatura de la superficie de autosoporte se controla midiendo la temperatura de salida del fluido que sale del canal.
- 50 11. Un método según alguno de 1-10, donde la superficie superior del baño de segunda aleación se mantiene a un nivel por debajo del extremo inferior de la pared divisoria.
12. Un método según 11, donde la superficie superior del baño de segunda aleación se mantiene dentro de 2 mm del borde inferior de la pared divisoria.
- 55 13. Un método según alguno de 1-12, donde la curvatura de la pared divisoria se varía durante la colada.
14. Un método según alguno de 1-12, donde la pared divisoria está provista de un ahusamiento hacia fuera en la cara en contacto con la primera aleación.
- 60 15. Un método según 14, donde el ahusamiento varía a lo largo de la longitud de la pared divisoria.
- 65 16. Un método según 1, donde la posición de una o varias de las superficies superiores de baño de metal se controla proporcionando una fuente de gas, suministrando el gas por medio de un tubo de extremos abiertos donde el extremo abierto es la posición en un punto de referencia dentro de una cámara de tal manera que, en el uso, el extremo abierto estará debajo de la superficie superior en dicha cámara, controlando la tasa de flujo del gas para mantener una tasa lenta de flujo de gas a través del tubo a una tasa suficiente para mantener el tubo abierto,

mediendo la presión del gas en el tubo, comparando la presión medida con un objetivo predeterminado y ajustando el flujo de metal a la cámara para mantener la superficie superior en una posición deseada.

- 5 17. Un método según 1, donde el molde tiene una sección transversal rectangular e incluye dos cámaras de alimentación de diferentes tamaños orientadas paralelas a la cara larga del molde rectangular con el fin de formar un lingote rectangular con revestimiento en una cara.
18. Un método según 17, donde la primera aleación es alimentada a la mayor de las dos cámaras de alimentación.
- 10 19. Un método según 17, donde la segunda aleación es alimentada a la mayor de las dos cámaras de alimentación.
20. Un método según 17, 18 o 19, donde la pared divisoria es sustancialmente paralela a la cara larga del molde con porciones de extremo curvadas que terminan en las paredes largas del molde.
- 15 21. Un método según 17, 18 o 19, donde la pared divisoria es sustancialmente paralela a la cara larga del molde con porciones de extremo curvadas que terminan en las paredes de extremo cortas del molde.
22. Un método según 1, donde el molde tiene una sección transversal rectangular e incluye tres cámaras de alimentación orientadas paralelas a la cara larga del molde rectangular, donde la cámara central es mayor que cualquiera de las dos cámaras laterales con el fin de formar un lingote rectangular con revestimiento en dos caras.
- 20 23. Un método según 22, donde la primera aleación es alimentada a la cámara central.
24. Un método según 22, donde la segunda aleación es alimentada a la cámara central.
- 25 25. Un método según 22, 23 o 24, donde la pared divisoria es sustancialmente paralela a la cara larga del molde con porciones de extremo curvadas que terminan en las paredes largas del molde.
26. Un método según 22, 23 o 24, donde la pared divisoria es sustancialmente paralela a la cara larga del molde con porciones de extremo curvadas que terminan en las paredes de extremo cortas del molde.
- 30 27. Un método para la colada de un lingote de metal compuesto incluyendo al menos dos capas formadas de una o varias composiciones de aleación, que incluye proporcionar un molde anular de extremos abiertos que tiene un extremo de alimentación y un extremo de salida, donde se añade metal fundido en el extremo de alimentación y se extrae un lingote solidificado del extremo de salida, y paredes divisorias para dividir el extremo de alimentación en al menos dos cámaras de alimentación separadas, terminando las paredes divisorias encima del extremo de salida del molde, siendo cada cámara de alimentación adyacente a al menos otra cámara de alimentación, donde por cada par de cámaras de alimentación adyacentes se alimenta una primera corriente de una primera aleación a una cámara del par de cámaras de alimentación para formar un baño de metal en la primera cámara y se alimenta una segunda corriente de una segunda aleación a través de la segunda cámara del par de cámaras de alimentación para formar un baño de metal en la segunda cámara, teniendo cada uno de los baños de metal una superficie superior, contactar el baño de primera aleación con la pared divisoria entre el par de cámaras para enfriar por ello el baño de primera aleación para formar una superficie de autosoporte adyacente a la pared divisoria y permitir que el baño de segunda aleación contacte el baño de primera aleación de tal manera que el baño de segunda aleación contacte la superficie de autosoporte del baño de primera aleación en un punto donde la temperatura de la superficie de autosoporte está por debajo de las temperaturas de sólido de la primera aleación para formar una interfaz entre la primera aleación y la segunda aleación, y recalentar la interfaz a una temperatura entre la temperatura de sólido y líquido de la primera aleación, por lo que los dos baños de aleación se unen como dos capas y enfrían las capas de aleación unidas formando un lingote compuesto.
- 35 40 45 50 28. Un método según 27, donde la interfaz es recalentada por el calor latente de la primera aleación y la segunda aleación.
29. Un método según 27, donde la temperatura de la segunda aleación cuando contacta primero la superficie de autosoporte de la primera aleación es mayor o igual a la temperatura de líquido de la segunda aleación.
- 55 30. Aparato de colada para la producción de lingotes metálicos compuestos, incluyendo un molde anular de extremos abiertos que tiene un extremo de alimentación y un extremo de salida y un bloque inferior móvil adaptado para encajar dentro del extremo de salida y móvil en una dirección a lo largo del eje del molde anular, donde el extremo de alimentación del molde se divide en al menos dos cámaras de alimentación separadas, siendo cada cámara de alimentación adyacente a al menos otra cámara de alimentación, y donde pares adyacentes de cámaras de alimentación están separados por una pared divisoria de temperatura controlada que termina encima del extremo de salida del molde, un medio para suministrar metal a cada cámara de alimentación, un medio para controlar el flujo de metal a cada cámara de alimentación, y un aparato de control de nivel de metal por cada cámara de tal manera que en pares adyacentes de cámaras el nivel de metal en la primera cámara se pueda mantener en una posición encima del extremo inferior de dicha pared divisoria de temperatura controlada y en la segunda cámara se pueda
- 60 65

mantener en una posición diferente con relación al nivel de metal en la primera cámara.

- 5 31. Un aparato de colada según 30, donde el nivel de metal en la segunda cámara se puede mantener en una posición debajo del extremo inferior de la pared divisoria.
32. Un aparato de colada según 30, donde un canal cerrado para fluido de control de temperatura que tiene una entrada y una salida está conectado con la pared divisoria de temperatura controlada.
- 10 33. Un aparato de colada según 32, donde un dispositivo medidor de temperatura está dispuesto en la salida de fluido.
34. Un aparato de colada según alguno de 30-33, incluyendo un accionador lineal y brazo de control montados en la pared divisoria de temperatura controlada de modo que la curvatura de la pared divisoria se pueda variar.
- 15 35. Un aparato de colada según alguno de 30-33, donde la pared divisoria de temperatura controlada está ahusada hacia fuera en la superficie que mira a la primera cámara.
36. Un aparato de colada según 35, donde el ahusamiento se varía a lo largo de la longitud de la pared divisoria.
- 20 37. Un aparato de colada según 30, incluyendo un inserto de grafito en la superficie de la pared divisoria de control de temperatura que mira a la primera cámara.
38. Un aparato de colada según 30, incluyendo un canal de distribución de fluido para proporcionar una capa lubricante o de separación a la superficie de la pared divisoria.
- 25 39. Un aparato de colada según 35, donde el grafito es poroso y se adopta uno o varios canales de suministro de fluido en la pared divisoria de temperatura controlada para suministrar fluido mediante el grafito poroso a la superficie de la pared divisoria que mira a la primera cámara.
- 30 40. Un aparato de colada según 30, donde el aparato de control de nivel de metal incluye una fuente de gas, un controlador de flujo para controlar el flujo de gas de la fuente, un tubo conectado al controlador de flujo en un extremo y abierto en el otro extremo, y un manómetro montado el tubo para medir la presión de gas en el tubo, estando colocado el extremo abierto del tubo dentro de la cámara en una posición predeterminada con respecto al cuerpo del molde, de tal manera que en el uso el extremo abierto del tubo esté sumergido en el metal en la cámara,
- 35 donde el medio para controlar el flujo de metal a la cámara es controlado en respuesta a la presión medida del manómetro para mantener el nivel de metal en una posición predeterminada.
41. Un aparato de colada según 30, donde el medio para suministrar metal a la cámara incluye un canal de suministro de metal y uno o varios tubos de suministro de metal de extremos abiertos conectados al canal.
- 40 42. Un aparato de colada según 41, donde el uno o varios tubos de extremos abiertos se colocan dentro de la cámara de modo que en el uso el extremo abierto esté sumergido en metal.
43. Un lingote colado de metal compuesto incluyendo una pluralidad de capas longitudinales sustancialmente paralelas con capas adyacentes formadas de aleaciones de composiciones diferentes donde la interfaz entre capas de aleaciones adyacentes tiene forma de una unión metalúrgica sustancialmente continua, caracterizado además por la presencia de partículas que tienen una o varias composiciones intermetálicas de una de las aleaciones adyacentes dispersadas dentro de una región de la segunda de las aleaciones adyacentes junto a la interfaz.
- 45 44. Un lingote colado de metal compuesto según 43, caracterizado además por la presencia de penachos o exudados que tienen una o varias composiciones intermetálicas en una de las aleaciones adyacentes que se extienden a la segunda de las aleaciones adyacentes de la interfaz.
- 50 45. Un lingote colado de metal compuesto según 43, caracterizado además por la presencia de una capa dentro de la segunda de las aleaciones adyacentes junto a dicha interfaz conteniendo elementos de la primera de las aleaciones adyacentes dispersadas dentro de la capa.
- 55 46. Un método para la colada de un lingote de metal compuesto incluyendo al menos dos capas formadas de aleaciones diferentes, que incluye proporcionar un molde anular de extremos abiertos que tiene un extremo de alimentación y un extremo de salida donde se añade metal fundido en el extremo de alimentación y se extrae un lingote solidificado del extremo de salida, y paredes divisorias para dividir el extremo de alimentación en al menos dos cámaras de alimentación separadas, terminando las paredes divisorias encima del extremo de salida de dicho molde, donde cada cámara de alimentación es adyacente a al menos otra cámara de alimentación, donde por cada par de cámaras de alimentación adyacentes se alimenta una primera corriente de una primera aleación a una cámara del par de cámaras de alimentación para formar un baño de metal en la primera cámara y se alimenta una segunda corriente de una segunda aleación a través de la segunda cámara del par de cámaras de alimentación para
- 60
- 65

- 5 formar un baño de metal en la segunda cámara, teniendo cada uno de los baños de metal una superficie superior y donde las paredes divisorias para dividir el extremo de alimentación constan de paredes divisorias de temperatura controlada entre cada cámara del par de cámaras de tal manera que la temperatura de la interfaz donde las dos corrientes entran en contacto debajo de la pared divisoria de temperatura controlada se mantenga a una temperatura por encima de la temperatura de sólido de ambas aleaciones, por lo que las dos corrientes de aleación se unen como dos capas y enfrían las capas de aleación unidas para formar un lingote compuesto.
- 10 47. Un método según 46, donde la temperatura de una de las dos corrientes de aleación donde las dos corrientes entran en contacto se mantiene a una temperatura por debajo de la temperatura de líquido.
- 15 48. Un método según 47, donde la temperatura de la otra de las dos corrientes de aleación donde las dos corrientes entran en contacto se mantiene a una temperatura por encima de la temperatura de líquido.
- 20 49. Un método para la colada de un lingote de metal compuesto incluyendo al menos dos capas formadas de aleaciones diferentes, que incluye proporcionar un molde anular de extremos abiertos que tiene un extremo de alimentación y un extremo de salida donde se añade metal fundido en el extremo de alimentación y se extrae un lingote solidificado del extremo de salida, y paredes divisorias para dividir el extremo de alimentación en al menos dos cámaras de alimentación separadas, terminando dichas paredes divisorias encima de dicho extremo de salida del molde, donde cada cámara de alimentación es adyacente a al menos otra cámara de alimentación, donde por cada par de cámaras de alimentación adyacentes se alimenta una primera corriente de una primera aleación a una cámara del par de cámaras de alimentación para formar un baño de metal en la primera cámara y se alimenta una segunda corriente de una segunda aleación a través de la segunda cámara del par de cámaras de alimentación para formar un baño de metal en la segunda cámara, teniendo cada uno de los baños de metal una superficie superior y donde las paredes divisorias para dividir el extremo de alimentación son flexibles y la forma de las paredes divisorias se ajusta durante el proceso de colada, por lo que las dos corrientes de aleación se unen como dos capas y enfrían las capas de aleación unidas para formar un lingote compuesto que tiene una interfaz uniforme en todo él.
- 25 50. Aparato de colada para la producción de lingotes metálicos compuestos, incluyendo un molde anular de extremos abiertos que tiene un extremo de alimentación y un extremo de salida y un bloque inferior móvil adaptado para encajar dentro del extremo de salida y móvil en una dirección a lo largo del eje del molde anular, donde el extremo de alimentación del molde está dividido en al menos dos cámaras de alimentación separadas, siendo cada cámara de alimentación adyacente a al menos otra cámara de alimentación, y donde pares adyacentes de cámaras de alimentación están separados por una pared divisoria que termina encima del extremo de salida del molde, donde la pared divisoria es flexible y se facilita uno o varios accionadores lineales y brazos de control montados en la pared divisoria para poder variar la forma de la pared divisoria durante una operación de colada.
- 30 51. Un método para la colada de un lingote de metal, que incluye proporcionar un molde anular de extremos abiertos que tiene un extremo de alimentación y un extremo de salida donde se añade metal fundido en el extremo de alimentación y se extrae un lingote solidificado del extremo de salida, donde se alimenta una corriente de metal fundido al extremo de alimentación para formar un baño de metal que tiene una superficie superior donde la posición de las superficies superiores es controlada proporcionando una fuente de gas, suministrar el gas por medio de un tubo de extremos abiertos donde el extremo abierto se coloca en un punto predeterminado de referencia dentro del molde de tal manera que el extremo abierto esté por debajo de la superficie superior del baño de metal, controlar la tasa de flujo del gas para mantener una tasa lenta de flujo de gas a través de dicho tubo a una tasa suficiente para mantener el tubo abierto, medir la presión del gas en el tubo, comparar la presión medida con un objetivo predeterminado y ajustar el flujo de metal al molde para mantener la superficie en una posición deseada.
- 35 40 45 52. Aparato de colada para la producción de lingotes de metal, incluyendo un molde anular de extremos abiertos que tiene un extremo de alimentación y un extremo de salida y un bloque inferior móvil adaptado para encajar dentro del extremo de salida y móvil en una dirección a lo largo del eje del molde anular, un medio para suministrar metal al molde, un medio para controlar el flujo de metal al molde, y un aparato de control de nivel de metal incluyendo una fuente de gas, un controlador de flujo para controlar el flujo del gas procedente de dicha fuente, un tubo conectado a dicho flujo controlado en un extremo y abierto en el otro extremo, un manómetro montado en el tubo para medir la presión de gas en el tubo, donde el extremo abierto del tubo se coloca dentro de la cámara en una posición predeterminada con respecto al cuerpo del molde, de tal manera que en el uso el extremo abierto del tubo esté sumergido en el metal en el molde, donde el medio para controlar el flujo de metal al molde se controla en respuesta a la presión medida del manómetro para mantener el nivel de metal en una posición predeterminada.
- 50 55 60 53. Un método de colar un lingote de metal compuesto, incluyendo al menos dos capas de diferente composición de aleación, donde pares de capas adyacentes que constan de una primera aleación y una segunda aleación se forman aplicando la segunda aleación en un estado fundido a la superficie de la primera aleación mientras la superficie de la primera aleación está a una temperatura de entre la temperatura de sólido y líquido de la primera aleación.
- 65 54. Un lingote de metal compuesto, incluyendo al menos dos capas de diferente composición de aleación, donde pares de capas adyacentes que constan de una primera aleación y una segunda aleación se forman aplicando la segunda aleación en un estado fundido a la superficie de la primera aleación mientras la superficie de la primera

aleación está a una temperatura de entre la temperatura de sólido y líquido de la primera aleación.

- 5 55. Un lingote de metal compuesto según 54, donde la sección transversal del lingote es rectangular y consta de una capa de núcleo de la primera aleación y al menos una capa superficial de la segunda aleación en el lado largo de la sección rectangular.
56. Un lingote de metal compuesto según 55, donde la primera aleación es una aleación de aluminio-manganeso y la segunda aleación es una aleación de aluminio-silicio.
- 10 57. Un producto de hoja compuesto que incluye un lingote de metal compuesto laminado en caliente y en frío como en 56.
58. Un producto de hoja compuesto según 57, donde el producto de hoja incluye una hoja de soldadura dura.
- 15 59. Un producto de hoja compuesto según la reivindicación 58, donde el producto de hoja se incorpora a una estructura soldada usando un método de soldadura dura a base de flujo o sin flujo.
- 20 60. Un lingote de metal compuesto como se reivindica en 55, donde la primera aleación es una aleación de aluminio de desecho y la segunda aleación es una aleación de aluminio que tiene una conductividad térmica superior a 190 W/m/K y un rango de solidificación de menos de 50°C.
61. Un producto de hoja compuesto que incluye un lingote de metal compuesto laminado en caliente y en frío como en 60.
- 25 62. Un lingote de metal compuesto según 55, donde la primera aleación es una aleación de aluminio-magnesio y la segunda aleación es una aleación de aluminio-silicio.
63. Un producto de hoja compuesto que incluye un lingote de metal compuesto laminado en caliente y en frío como en 62.
- 30 64. Un producto de hoja compuesto según 63, donde el producto de hoja incluye un elemento estructural soldable para automoción.
- 35 65. Un lingote de metal compuesto según 55, donde la primera aleación es una aleación termotratable de alta resistencia de aluminio y la segunda aleación es una aleación de aluminio que tiene una conductividad térmica superior a 190 W/m/K y un rango de solidificación de menos de 50°C.
- 40 66. Un producto de hoja compuesto que incluye un lingote de metal compuesto laminado en caliente y en frío como en 65.
67. Un producto de hoja compuesto según 66, donde el producto de hoja incluye una hoja resistente a la corrosión para avión.
- 45 68. Un lingote de metal compuesto según 55, donde la primera aleación es una aleación de aluminio-magnesio-silicio y la segunda aleación es una aleación de aluminio que tiene una conductividad térmica superior a 190 W/m/K y un rango de solidificación inferior a 50°C.
69. Un producto de hoja compuesto que incluye un lingote de metal compuesto laminado en caliente y en frío como en 68.
- 50 70. Un producto de hoja compuesto según 69, donde el producto de hoja incluye un panel de cierre de automóvil.
71. Un producto de lingote colado que consta de un lingote alargado incluyendo, en sección transversal, dos o más capas de aleación separadas de diferente composición de aleación, donde la interfaz entre aleaciones adyacentes tiene forma de una unión metalúrgica sustancialmente continua, caracterizado además por la presencia de partículas dispersadas de una o varias composiciones intermetálicas de una de las aleaciones adyacentes dentro de una región de la segunda de las aleaciones adyacentes junto a la interfaz.
- 55 72. Un producto de lingote colado según 71, caracterizado además por la presencia de penachos o exudados en una o varias composiciones intermetálicas de una de las aleaciones adyacentes que se extienden desde la interfaz a una región de la segunda de las aleaciones adyacentes junto a la interfaz.
- 60 73. Un producto de lingote colado según 71, caracterizado además por la presencia en el producto colado de una banda difusa adyacente a la interfaz y en la segunda de las capas de aleación adyacentes conteniendo elementos de aleación de la primera de las capas de aleación adyacentes.
- 65

74. Un producto de lingote colado según 71, caracterizado además por la presencia en el producto colado de una capa que tiene una cantidad reducida de partículas intermetálicas dentro de la primera de las capas de aleación adyacentes en la interfaz entre las capas.
- 5 75. Un producto de lingote colado según 74, donde la capa que tiene una cantidad reducida de partículas intermetálicas tiene un grosor de entre 4 y 8 mm.
- 10 76. Un producto de lingote colado que consta de un lingote alargado incluyendo, en sección transversal, dos o más capas de aleación separadas de diferente composición de aleación en capas adyacentes, donde la interfaz entre aleaciones primera y segunda adyacentes tiene forma de una unión metalúrgica sustancialmente continua entre las aleaciones primera y segunda, estando presentes componentes de aleación de la segunda aleación únicamente con los límites de grano de la primera aleación adyacentes la interfaz.
- 15 77. Un producto de lingote colado según 76, donde los componentes de aleación de la segunda aleación formada con los límites de grano de la primera aleación son el resultado de aplicar la segunda aleación en un estado fundido a la superficie de la primera aleación mientras la superficie de la primera aleación está a una temperatura de entre la temperatura de sólido y líquido de la primera aleación.

REIVINDICACIONES

1. Un método para la colada de un lingote de metal compuesto incluyendo al menos dos capas formadas de aleaciones diferentes, que incluye proporcionar un molde anular de extremos abiertos que tiene un extremo de alimentación y un extremo de salida donde se añade metal fundido en el extremo de alimentación y se extrae un lingote solidificado del extremo de salida, y paredes divisorias para dividir el extremo de alimentación en al menos dos cámaras de alimentación separadas, terminando dichas paredes divisorias encima de dicho extremo de salida del molde, donde cada cámara de alimentación es adyacente a al menos otra cámara de alimentación, donde por cada par de cámaras de alimentación adyacentes se alimenta una primera corriente de una primera aleación a una del par de cámaras de alimentación para formar un baño de metal en la primera cámara y se alimenta una segunda corriente de una segunda aleación a través de la segunda del par de cámaras de alimentación para formar un baño de metal en la segunda cámara, teniendo cada uno de los baños de metal una superficie superior y
- caracterizado porque**
- las paredes divisorias para dividir el extremo de alimentación son flexibles y la forma de las paredes divisorias se ajusta durante el proceso de colada, por lo que las dos corrientes de aleación se unen como dos capas y enfrían las capas de aleación unidas para formar un lingote compuesto que tiene una interfaz uniforme en todo él.
2. Un método según la reivindicación 1, donde la curvatura de la pared divisoria se varía durante la colada.
3. Un método según la reivindicación 2, donde la curvatura se cambia entre una posición de arranque y una posición de estado de régimen para mantener una interfaz constante a través de una pieza fundida.
4. Un método según la reivindicación 1, la reivindicación 2 o la reivindicación 3, donde la pared divisoria está provista de un ahusamiento hacia fuera en la cara en contacto con la primera aleación.
5. Un método según la reivindicación 4, donde el ahusamiento varía a lo largo de la longitud de la pared divisoria.
6. Un método según cualquier reivindicación precedente, donde el molde tiene una sección transversal rectangular e incluye dos cámaras de alimentación de diferentes tamaños orientadas paralelas a la cara larga del molde rectangular con el fin de formar un lingote rectangular con revestimiento en una cara.
7. Un método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, donde el molde tiene una sección transversal rectangular e incluye tres cámaras de alimentación orientadas paralelas a la cara larga del molde rectangular, donde la cámara central es mayor que cualquiera de las dos cámaras laterales con el fin de formar un lingote rectangular con revestimiento en dos caras.
8. Un método según cualquier reivindicación precedente e incluyendo contactar el baño de primera aleación entre las temperaturas de sólido y líquido de la primera aleación.
9. Un método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7 e incluyendo el paso de recalentar la interfaz a una temperatura entre las temperaturas de sólido y líquido de la primera aleación.
10. Aparato de colada para la producción de lingotes metálicos compuestos, incluyendo un molde anular de extremos abiertos que tiene un extremo de alimentación y un extremo de salida y un bloque inferior móvil adaptado para encajar dentro del extremo de salida y móvil en una dirección a lo largo del eje del molde anular, donde el extremo de alimentación del molde se divide en al menos dos cámaras de alimentación separadas, estando cada cámara de alimentación adyacente a al menos otra cámara de alimentación, y donde pares de cámaras de alimentación adyacentes están separados por una pared divisoria que termina encima del extremo de salida del molde, donde la pared divisoria es flexible y se facilita uno o más accionadores lineales y brazos de control unidos a la pared divisoria para poder variar la forma de la pared divisoria durante una operación de colada.
11. Aparato según la reivindicación 10, donde dicho uno o varios accionadores lineales y brazos de control están unidos a la pared divisoria de modo que la curvatura de la pared divisoria se pueda variar.
12. Aparato según la reivindicación 10 o la reivindicación 11, donde la pared divisoria está ahusada hacia fuera en la superficie que mira a una primera cámara.
13. Aparato según la reivindicación 12, donde el ahusamiento se varía a lo largo de la longitud de la pared divisoria.

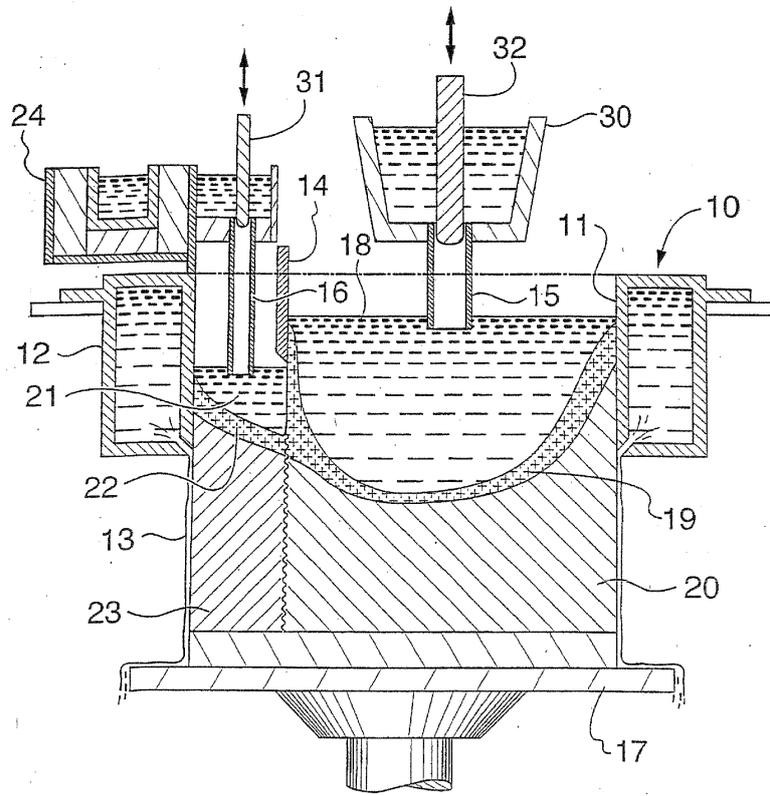


FIG. 1

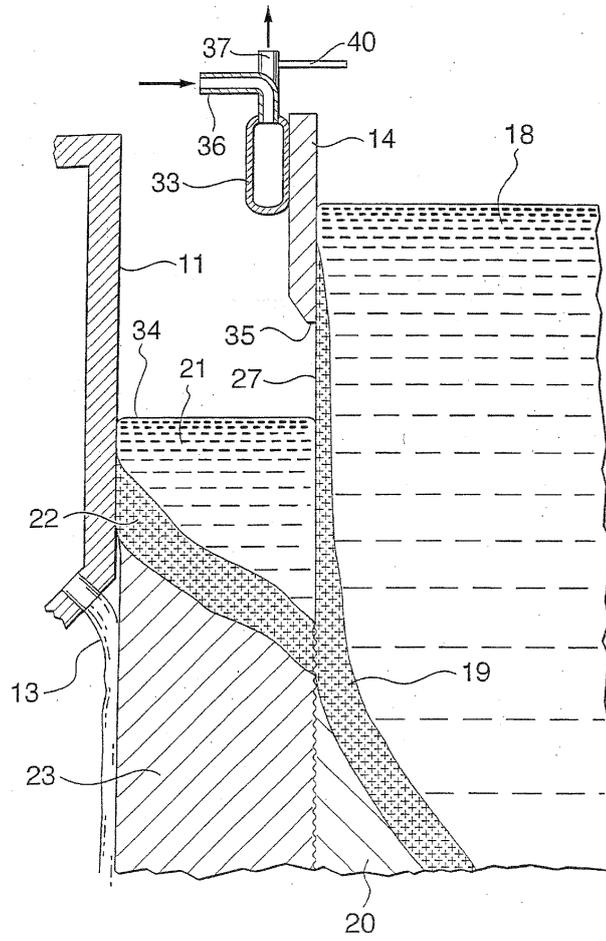


FIG. 2

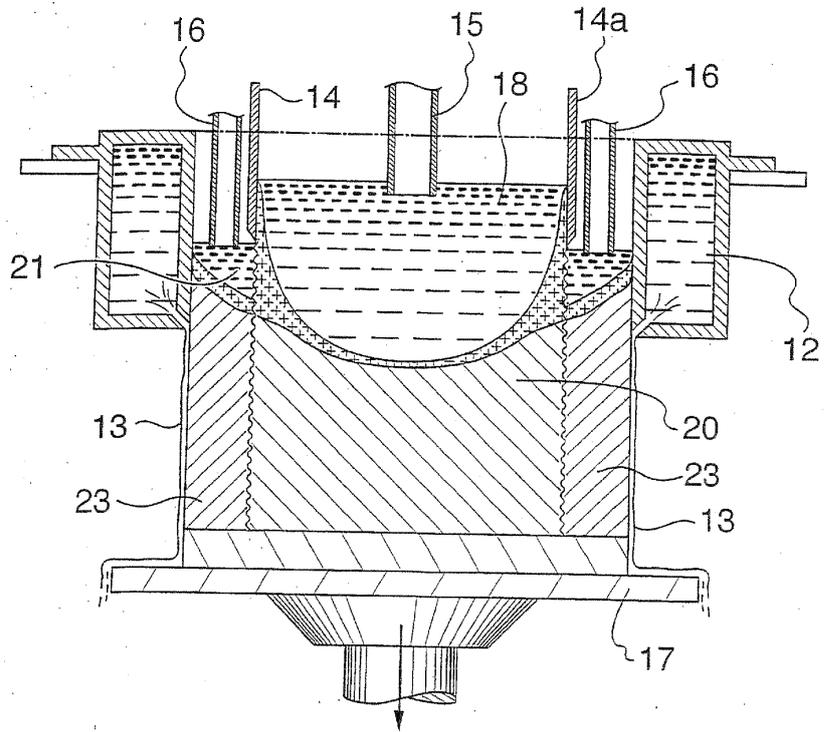


FIG. 3

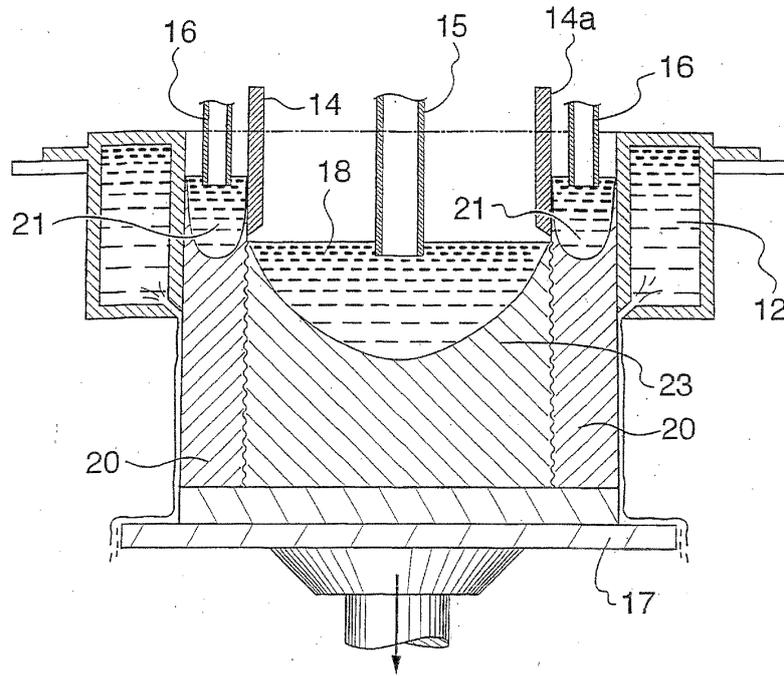
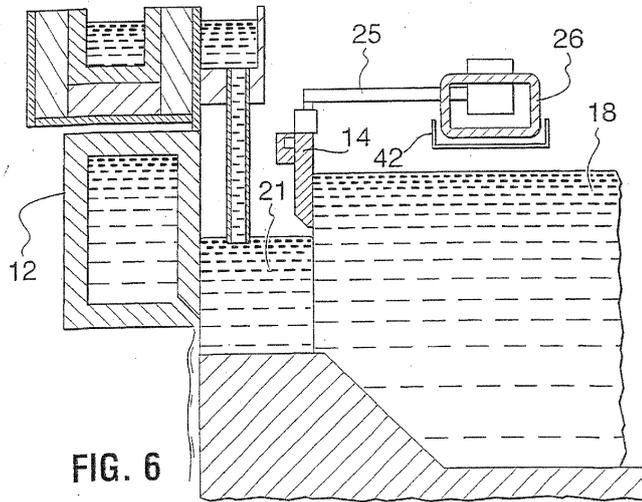
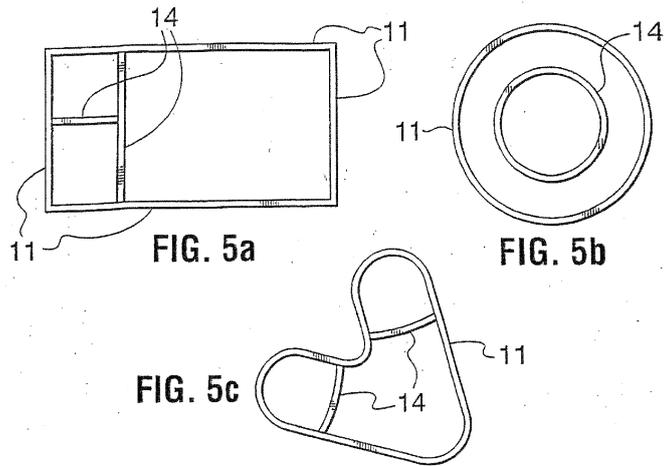
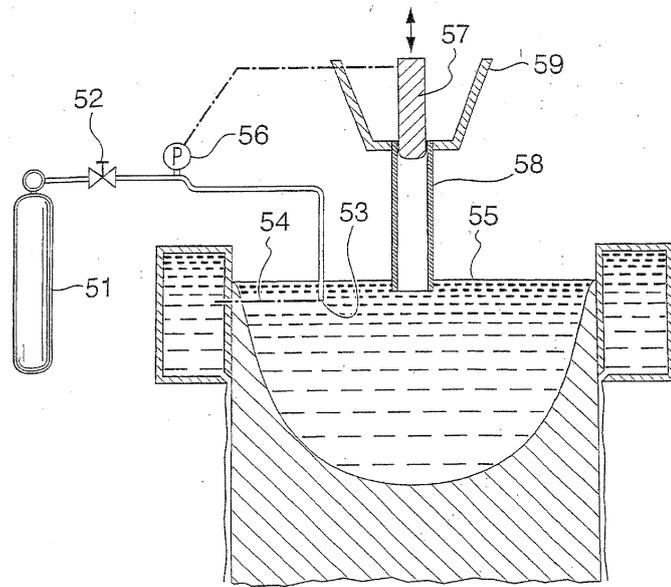
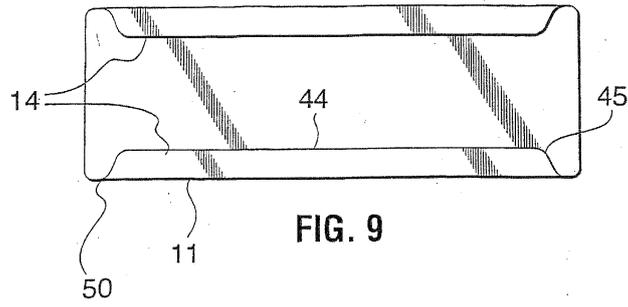


FIG. 4





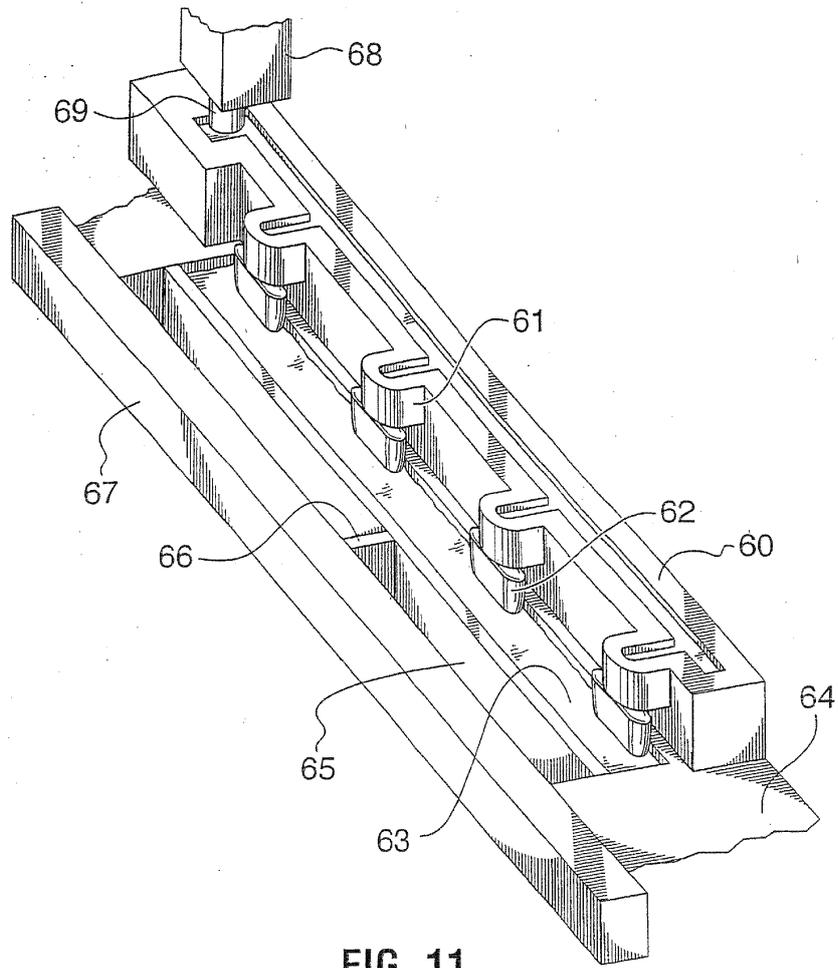


FIG. 11

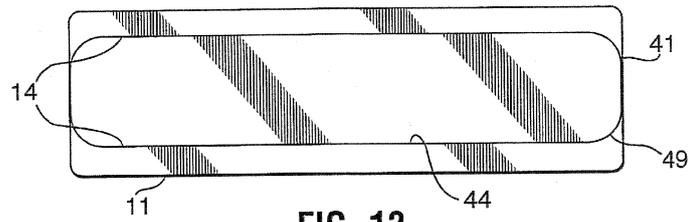


FIG. 12

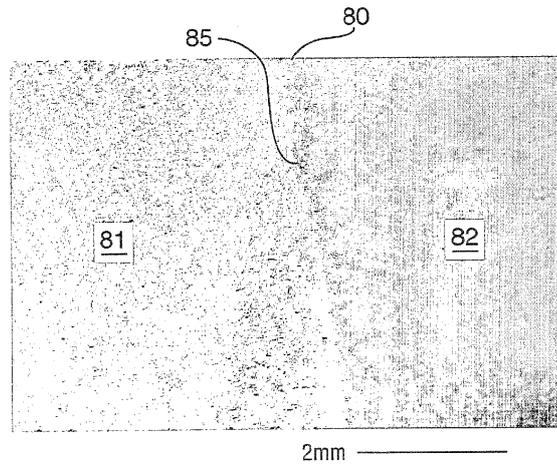


FIG. 13

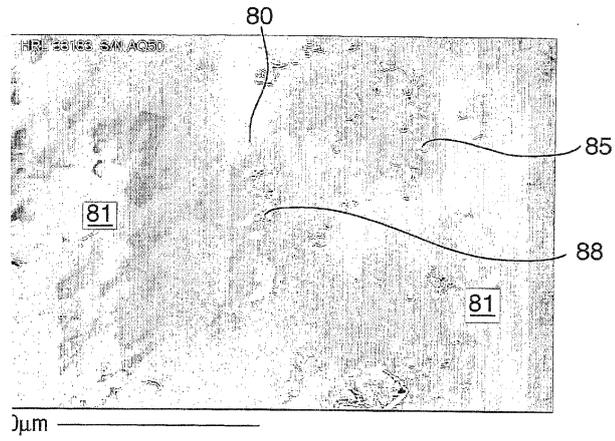


FIG. 14

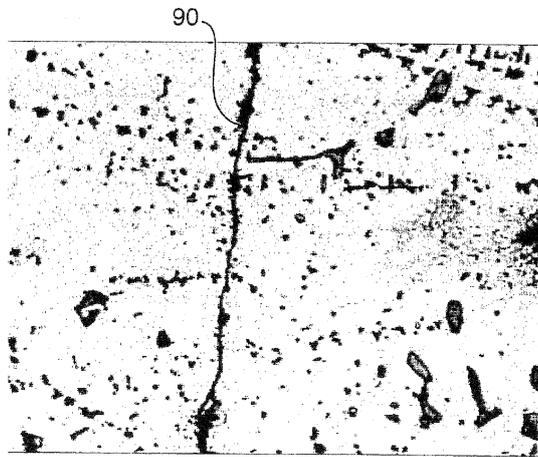


FIG. 15

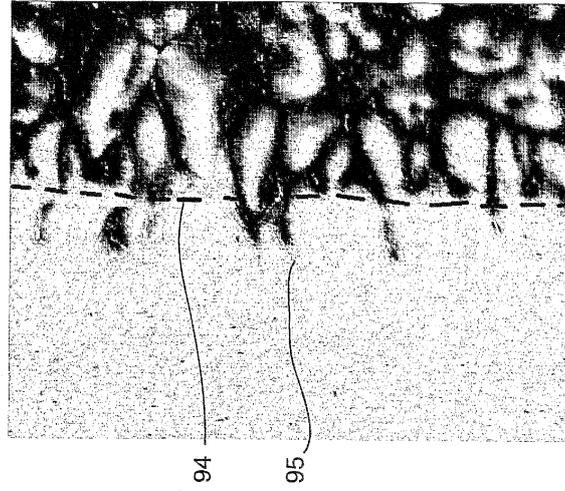


FIG. 17

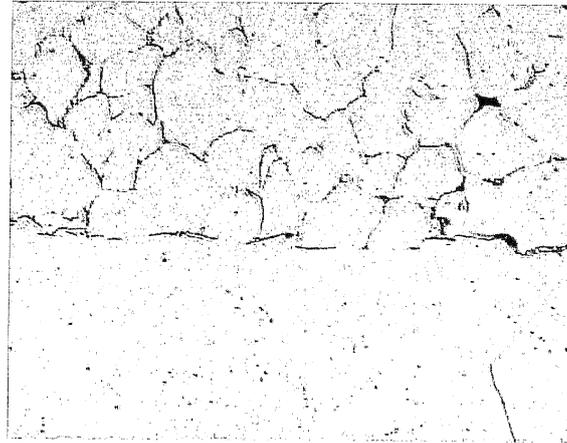


FIG. 16

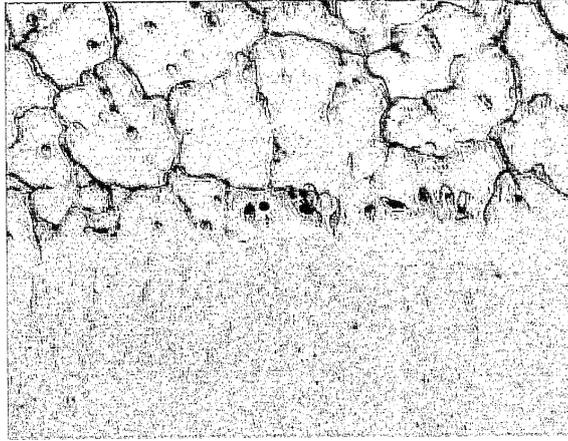


FIG. 19

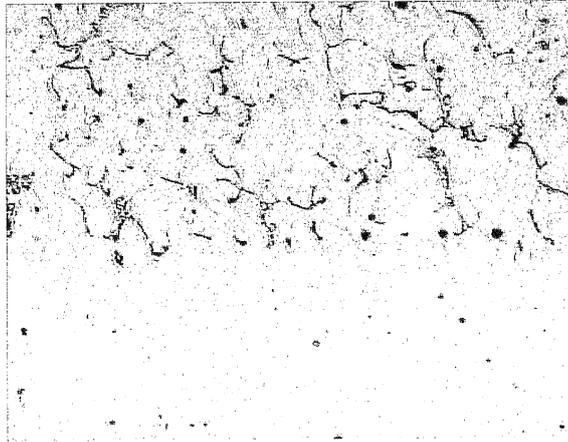


FIG. 18