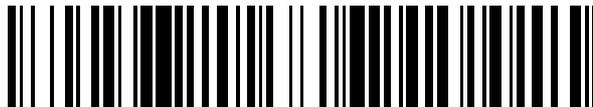


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 670 743**

51 Int. Cl.:

**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 07117678 (8)

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.04.2018** EP 1872883

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:

**31.05.2018**

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:

**ELZABURU, S.L.P**

**ES 2 670 743 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

**Antecedentes de la invención****1. Campo técnico**

5 Esta invención se refiere a lingotes de metal compuestos.

**2. Antecedentes de la invención**

10 Durante muchos años, los lingotes de metal, en particular los lingotes de aluminio o aleación de aluminio, se han producido por un proceso de colada semicontinuo conocido como colada por enfriamiento directo. 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.

15 Tal sistema se usa comúnmente para producir grandes lingotes de sección rectangular para la producción de productos laminados, por ejemplo, productos de hoja de aleación de aluminio. Hay un gran mercado para los 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 tal 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.

20 El acercamiento convencional a tal hoja de revestimiento ha sido laminar en caliente planchas de aleaciones diferentes conjuntamente para "juntarlas", luego seguir laminando para producir el producto acabado. Esto tiene la desventaja de que la interfaz entre las planchas no es en general metalúrgicamente limpia y la unión de las capas puede ser un problema.

25 También ha habido interés en colar lingotes en capas para producir un lingote compuesto preparado para laminado. Esto se ha realizado típicamente usando colada por enfriamiento directo (DC), por solidificación simultánea de dos corrientes de aleación o solidificación secuencial donde un metal es solidificado antes de ser contactado por un segundo metal fundido. Se describen en la literatura varios de tales métodos que han alcanzado grados de éxito variables.

30 En Binczewski, Patente US 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 es colada alrededor de una capa interior con una temperatura de sólido más baja. La descripción afirma que la capa exterior debe ser "totalmente sólida y sana" para cuando la aleación de temperatura de sólido más baja entra en contacto con ella.

35 Keller, Patente alemana 844 806, publicada el 24 de Julio de 1952 describe un solo molde para colada de una estructura en capas donde un núcleo interior es colado con anterioridad a la capa exterior. En este procedimiento, la capa exterior está completamente solidificada antes de contactar la aleación interior.

40 En Robinson, Patente US 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 termina en la "zona pastosa" justo encima de la porción solidificada del lingote. Dentro de la "zona pastosa", la aleación puede mezclarse libremente bajo el extremo del deflector para formar 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 de sumidero, que es controlada indirectamente por el sistema de refrigeración.

45 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 de sumidero del deflector es controlada para permitir que la mezcla de fase líquido de la zona de interfaz cree un gradiente de concentración continuo a través de la interfaz.

50 En Robertson y colaboradores, Patente británica GB 1.174.764, publicada el 21 de Diciembre de 1965, se dispone un deflector móvil para dividir un sumidero 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 colar dos hilos separados.

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.

Takeuchi y colaboradores, Patente US 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.

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

5 Steen y colaboradores, Patente US 5.947.184, describe un molde similar al de Veillette pero permite más control de la forma.

Takeda y colaboradores, Patente US 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 la realimentación al control de flujo de metal.

10 Odegard y colaboradores, Patente US 5.526.870, describe un sistema de control de nivel de metal usando una sonda de detección remota (radar).

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

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

15 **Descripción de la invención**

La invención se define en la reivindicación 1. Las reivindicaciones dependientes están dirigidas a características opcionales y a realizaciones preferidas. Se describe aquí un método para colar un lingote de metal compuesto que comprende al menos dos capas formadas de una o más composiciones de aleaciones. 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 está adyacente a al menos otra cámara de alimentación. Por cada par de cámaras de alimentación adyacentes, una primera corriente de una primera aleación es alimentada a una del par de cámaras de alimentación para formar un baño de metal en la primera cámara y una segunda corriente de una segunda aleación es alimentada a través de la segunda 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 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 entonces en contacto con el primer baño de modo que el segundo baño contacta 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 enfrían formando un lingote compuesto.

Preferiblemente, la segunda aleación contacta inicialmente la superficie de autosoporte de la primera aleación cuando la temperatura de la segunda aleación está por encima de 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.

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.

40 La superficie de autosoporte se puede generar enfriando el primer baño de aleación de tal manera que la temperatura superficial en el punto donde la segunda aleación contacta primero la superficie de autosoporte está entre la temperatura de líquido y sólido.

También se divulga aquí un método para la colada de un lingote de metal compuesto incluyendo al menos dos capas formadas de una o más composiciones de aleaciones. 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 está adyacente a al menos otra cámara de alimentación. Por cada par de cámaras de alimentación adyacentes, una primera corriente de una primera aleación es alimentada a una del par de cámaras de alimentación para formar un baño de metal en la primera cámara y una segunda corriente de una segunda aleación es alimentada a través de la segunda 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 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 entonces en contacto con el primer baño de modo que el segundo baño primero contacta la superficie de autosoporte del primer baño en un punto donde la temperatura de la superficie de autosoporte está por debajo de la temperatura de sólido de la primera aleación para

formar una interfaz entre las dos aleaciones. La interfaz se recalienta a una temperatura entre la temperatura de sólido y líquido de la primera aleación de modo que los dos baños de aleación se unen por ello como dos capas y enfrían formando un lingote compuesto.

5 En este método el recalentamiento se logra preferiblemente permitiendo que el calor latente dentro de los baños de aleación primero o segundo recaliente la superficie.

Preferiblemente la segunda aleación contacta inicialmente la superficie de autoaporte 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.

10 Preferiblemente, la superficie superior de la segunda aleación contacta la superficie de autoaporte del primer baño en un punto donde la temperatura de la superficie de autoaporte está entre las temperaturas de sólido y líquido de la primera aleación.

15 La superficie de autoaporte también puede tener una capa de óxido formada en ella. Es suficientemente fuerte para soportar las fuerzas de extensión que normalmente hacen que el metal se difunda cuando no esté confinado. Estas fuerzas de extensión incluyen las fuerzas creadas por la altura metalostática de la primera corriente, y la expansión de la superficie en el caso donde el enfriamiento se extiende debajo del sólido seguido de 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 segunda capa de aleación y la primera aleación se forma por ello antes de que la primera capa de aleación haya desarrollado una envuelta rígida quiere decir 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 la fisuración.

25 La interfaz entre la primera y la segunda aleación se mantiene, en una longitud corta del lingote emergente, a una temperatura entre la temperatura de sólido y líquido de la primera aleación. En un procedimiento particular, la segunda aleación es alimentada 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 dicho requisito. En un procedimiento alternativo, la interfaz es recalentada a una temperatura entre la temperatura de sólido y líquido poco después de que la superficie superior de la segunda aleación contacta la superficie de autoaporte de la primera aleación. Preferiblemente, la segunda aleación está por encima de su temperatura de líquido cuando contacta primero la superficie de la primera aleación. Cuando esto tiene lugar, la integridad de la interfaz se mantiene, pero, al mismo tiempo, algunos componentes de aleación son suficientemente móviles a través de la interfaz de modo que se facilita la unión metalúrgica.

35 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, 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.

40 Si la superficie de autoaporte no se forma en la primera aleación antes de que la segunda aleación contacte la primera aleación, 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.

45 Se prefiere particularmente que la superficie superior de la segunda aleación se mantenga en una posición 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 peligro de que la segunda aleación pueda perturbar la superficie de autoaporte de la primera aleación o incluso de que funda de nuevo completamente la superficie produciendo un calor latente excesivo. Si esto sucede, puede haber mezcla excesiva de aleaciones en la interfaz, o en algunos casos agotamiento y fallo de la colada. Si la segunda aleación contacta la pared divisoria en particular muy por encima del borde inferior, incluso puede enfriarse prematuramente a un punto donde el contacto con la superficie de autoaporte de la primera aleación ya no forma una unión metalúrgica fuerte. En determinados casos puede ser ventajoso, sin embargo, 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 removedor de óxido para evitar que 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 oxidación. En cualquier caso, la posición de la 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.

55 En todos los métodos precedentes es especialmente ventajoso 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 repentino aumento en la fuerza de par necesaria para cortar 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, pág. 210.

También se describe aquí un aparato para colada de 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 está adyacente al menos a 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 de tal manera que, en pares de cámaras adyacentes, el nivel de metal en una cámara pueda mantenerse en una posición encima del extremo inferior de la pared divisoria entre las cámaras y en la otra cámara pueda mantenerse 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 metal en la primera cámara adyacente a la pared divisoria y 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 la superficie superior del metal en la segunda cámara pueda mantenerse.

La temperatura de la capa de autosoporte puede controlarse con esmero quitando calor de la pared divisoria con un fluido de control de temperatura que se pasa a través de una porción de la pared divisoria o que se pone en contacto con la pared divisoria en su extremo superior para controlar la temperatura de la capa de autosoporte.

También se describe aquí 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 medios para dividir el extremo de alimentación en al menos dos cámaras de alimentación separadas, donde cada cámara de alimentación está adyacente a al menos otra cámara de alimentación. Por cada par de cámaras de alimentación adyacentes, una primera corriente de una primera aleación es alimentada a través de una de las cámaras de alimentación adyacentes a dicho molde, una segunda corriente de una segunda aleación es alimentada a través de otra de las cámaras de alimentación adyacentes. Una pared divisoria de control de temperatura está dispuesta entre las cámaras de alimentación adyacentes de tal manera que el punto en la interfaz donde la primera y la segunda aleación inicialmente contactan entre sí 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.

La segunda aleación se pone preferiblemente en contacto con la primera aleación inmediatamente debajo de la parte inferior de la pared divisoria sin antes contactar 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, puede enfriarse de forma prematura 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 de modo que esto no suceda, la altura metalostática que habrá puede hacer que la segunda aleación sea alimentada al espacio entre la primera aleación y la pared divisoria y produzca defectos o fallo de colada. Cuando se desea que la superficie superior de la segunda aleación esté por encima del borde inferior de la pared divisoria (por ejemplo para quitar óxidos), debe controlarse con esmero y colocarse lo más cerca 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 usarse 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 tienen geometrías específicas que pueden laminarse con menos desperdicio. La pared divisoria entre pares adyacentes de cámaras de alimentación se puede hacer flexible y puede ajustarse para

asegurar que la interfaz entre las dos capas de aleación en el producto fundido y laminado final sea recta independientemente de las aleaciones usadas y que sea recta incluso en la sección de inicio.

5 También se describe aquí un aparato para colada de lingotes compuestos de 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 ajustarse 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 es 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.

10 También se describe aquí 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 medios para dividir el extremo de alimentación en al menos dos cámaras de alimentación separadas, donde cada cámara de alimentación está adyacente a al menos otra cámara de alimentación. Para los pares adyacentes de las cámaras de alimentación, una primera corriente de una primera aleación es alimentada a través de una de las cámaras de alimentación adyacentes al molde, y una segunda corriente de una segunda aleación es alimentada 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 están unidas como dos capas. Las capas de aleación unidas se enfrían entonces para formar un lingote compuesto.

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

20 También se describe aquí 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 tasa suficientemente lenta para mantener el tubo sin congelarse. 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.

25 También se describe aquí 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 previsto 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 facilita un sensor de nivel de metal incluyendo un tubo de suministro de gas montado en 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 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.

30 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. Puede usarse 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 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.

35 La presente divulgación 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 medios 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 para formar una superficie de

5 autosoporte que se extiende por debajo del extremo inferior de la pared divisoria y la segunda aleación se pone en contacto con la superficie de autosoporte de la primera aleación en una posición donde la temperatura de la superficie de autosoporte se mantiene entre la temperatura de sólido y líquido de la primera aleación, por lo que las dos corrientes de aleación están unidos como dos capas. Las capas de aleación unidas se enfrían entonces para formar un lingote compuesto.

Preferiblemente, 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.

10 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.

15 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 es alimentada a través de la cámara central. Con esta disposición, la colada se inicia en las cámaras de alimentación laterales, alimentándose la segunda aleación a través de la cámara central y contactando el par de primeras aleaciones inmediatamente debajo de las paredes divisorias.

20 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 pueden variar dentro del lingote.

25 La invención es 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 autosoporte y la segunda aleación se pone en contacto con esta superficie mientras la temperatura superficial está entre la temperatura de sólido líquido de la primera aleación.

30 Las partículas dispersadas tienen preferiblemente un diámetro inferior a aproximadamente 20  $\mu\text{m}$  y se encuentran en una región de hasta aproximadamente 200  $\mu\text{m}$  desde la interfase.

35 La unión puede caracterizarse 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 autosoporte 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  $\mu\text{m}$  en la segunda aleación desde la interfaz.

40 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, permanece 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 es típicamente de 4 a 8 mm de grueso.

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

50 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 en ella con su posterior dispersión o exudación a la segunda aleación después de que contacta la superficie. La exudación de compuestos intermetálicos es asistida por fuerzas de extensión presentes en la interfaz.

55 Otra característica de la interfaz entre las 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 por lo 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 puede difundirse una distancia corta (típicamente aproximadamente 50  $\mu\text{m}$ ) 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 se encontrarán 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.
- 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 restringidos y no afectan a la naturaleza generalmente distinta de la interfaz general.
- Independientemente de cómo se forma 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 laminación a hoja sin problemas asociados con la deslaminación o contaminación de la interfaz.
- En aún una realización adicional de la invención, está un lingote de metal compuesto, incluyendo al menos dos capas de metal, donde pares de capas adyacentes se han formado poniendo en contacto 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. Las dos capas metálicas están compuestas de aleaciones diferentes.
- También se describe aquí un lingote de metal compuesto, incluyendo al menos dos capas de metal, donde pares de capas adyacentes se han formado poniendo la segunda capa de metal en contacto 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 de entre la temperatura de sólido y líquido de la primera aleación. Preferiblemente, las dos capas metálicas están compuestas de aleaciones diferentes.
- En una realización preferida, 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.
- En una realización particularmente preferida, la aleación del núcleo es una aleación de aluminio-manganeso y la aleación superficial es una aleación de aluminio-silicio. Tal lingote compuesto cuando se lamina en caliente y frío para formar una hoja de soldadura dura de metal compuesto puede someterse a una operación de soldadura dura para hacer una estructura con soldadura dura resistente a la corrosión.
- En otra realización particularmente preferida, el núcleo de aleación es una aleación de aluminio desechado 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.
- Aún en otra realización particularmente preferida, 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 bronce 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 automóvil que luego pueden soldarse con soldadura fuerte o unirse de forma similar.
- Aún en otra realización particularmente preferida, 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 avión. La aleación pura puede seleccionarse 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.
- Aún en otra realización preferida, 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 hoja metálica compuesta adecuada para cierres de automóvil. La aleación pura puede seleccionarse por la resistencia a la corrosión o el acabado superficial y deberá tener preferiblemente una temperatura de sólido superior a la temperatura de sólido de la aleación de núcleo.

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

## 5 Breve descripción de los dibujos

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.

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

10 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.

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

15 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.

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

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

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

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

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

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.

30 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.

35 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 fundida 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 fundida 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.

40 La figura 18 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 fundida usando el método de la presente invención, y que ilustra la presencia de componentes de aleación difundidos como en la figura 17.

45 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 fundida 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 rectangular de colada 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 distribución 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 distribución 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 son ajustados de forma manual 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 antes de iniciar una colada y a continuación se baja para poder formar el lingote.
- Como se muestra más claramente con referencia a la figura 2, en la primera cámara de alimentación, el cuerpo de metal fundido 18 se enfría gradualmente con el fin de formar una superficie de autosoporte 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 zona pulposa debajo de esta zona pulposa o semisólida hay una aleación metálica sólida 20. A la segunda cámara de alimentación se alimenta un segundo flujo líquido de 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 autosoporte 27 experimenta típicamente una ligera contracción cuando el metal se separa de la pared divisoria 14, luego una ligera expansión cuando las fuerzas de extensión producidas, por ejemplo, por la altura metalostática del metal 18 llegan a apoyar. La superficie de autosoporte tiene resistencia suficiente para retener tales fuerzas 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 distribución 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 autosoporte 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 autosoporte 27 se mantiene de tal manera que la superficie 34 del metal 21 contacte esta superficie de autosoporte 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 autosoporte 27 del metal 18 dentro del rango deseado se determina por lo general de forma empírica 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 el metal 18 es distribuido al extremo de entrada de la cámara de alimentación) forma parte de la práctica de colada para tal 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 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 en 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 pueden colocarse de forma diferente y el control de la temperatura puede diferir con respecto a las dos paredes divisorias dependiendo de los requisitos particulares para la colada y la creación de 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 se alimente una corriente de segunda aleación a la cámara de alimentación central.
- La figura 5 representa varias disposiciones de cámara más complejas en vista en planta. 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 térmicamente controlada de tal manera que se mantengan las condiciones para la 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 controlarse a diferentes temperaturas y los niveles de metal en cada cámara pueden controlarse a diferentes niveles según los requisitos de la práctica de colada.

5 Es ventajoso hacer la pared divisoria 14 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 inicio 14 y la posición de estado constante 14' con el fin de mantener una interfaz constante durante toda la colada. Esto se logra por medio de un brazo 25 montado en un extremo encima 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.

10 Las propiedades térmicas de las aleaciones varían considerablemente y la cantidad y el grado de variación en la curvatura se predetermina en base a las aleaciones seleccionadas para las varias capas del lingote. En general, se determinan empíricamente como parte de una práctica de colada para un producto concreto.

15 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 puede establecerse usando principios, por ejemplo, como los descritos en US 6.260.602 (Wagstaff) y de nuevo dependerá de las aleaciones seleccionadas para las capas adyacentes.

20 La pared divisoria 14 se fabrica a partir de metal (acero o aluminio, por ejemplo) y puede fabricarse en parte de grafito, por ejemplo usando un inserto de grafito 46 en la superficie ahusada. También se puede usar canales 48 y ranuras 47 de distribución de aceite para suministrar lubricantes o sustancias divisorias. Naturalmente, los insertos y las configuraciones de distribución de aceite pueden usarse en las paredes exteriores de manera conocida en la técnica.

25 Una pared divisoria preferida particular 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 tal pared divisoria puede laminarse para mantener mejor la forma del revestimiento sobre la anchura de la hoja que tiene lugar en procesos de laminado-revestimiento más convencionales. El ahusamiento descrito en la figura 8 también puede aplicarse a este diseño, donde puede usarse, por ejemplo, un alto grado de ahusamiento en la superficie curvada 45 y un grado medio de ahusamiento en la sección recta 44.

30 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, sea o no para colar lingotes en capas, pero es especialmente útil para controlar el nivel de metal en espacios confinados como los que puede haber en algunas cámaras de metal en moldes para la colada de 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 por 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.

35 40 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. A su vez, este transductor de presión 56 produce una señal que puede compararse 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. Por ejemplo, puede usarse un tope refractario ajustable 57 en un tubo refractario 58 alimentado, a su vez, desde un canal de distribución de metal 59. En el uso, el flujo de gas se ajusta a un nivel bajo justo lo 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 es controlado por lo tanto para mantener la superficie de metal en una posición predeterminada con respecto a la posición de referencia.

45 50 El controlador de flujo y el transductor de presión son dispositivos comúnmente disponibles. Sin embargo, se prefiere en especial 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 de nivel de metal (a dentro de 1 mm) en la presente divulgación y la combinación proporciona un buen control incluso en vista de ligeras fluctuaciones en 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 divulgación. Se muestra 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 puede usarse para producir una superficie de revestimiento en un lingote. En este sistema de alimentación, un canal 60 está dispuesto adyacente a la cámara de alimentación que tiene varios pequeños picos de vertido 61 conectados a él 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 pico de vertido 61 para mejorar la uniformidad de la distribución y la temperatura del metal. El canal es alimentado, a su vez, desde una artesa 68 en la que un solo pico de vertido 69 se extiende al metal en el canal y en el que se ha insertado un tope de control de flujo (no representado) de diseño convencional. El canal está colocado y nivelado de modo que el metal fluya uniformemente a todas las posiciones.

La figura 12 representa otra disposición preferida de paredes divisorias 14 para colada de un lingote de sección transversal rectangular revestido 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 (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. De nuevo esto es útil para mantener la forma del revestimiento sobre la anchura de la hoja que tiene lugar en procesos de laminado-revestimiento más convencionales. Aunque se ilustra para revestimiento en dos caras, puede usarse igual de bien 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 (X- 904 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 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 una superficie de autosoporte había sido establecida en la aleación de Al-Mn, pero su temperatura estaba entre las temperaturas de sólido y líquido de la aleación de Al-Mn.

Hay una interfaz clara en la muestra que no indica mezcla 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 MnAl<sub>6</sub> y alfa-AlMn.

La figura 14 es una microfotografía a una ampliación 200X que representa la interfaz 80 de la misma combinación de aleación que en la figura 13 donde la temperatura de superficie propia no se dejó caer por debajo de la temperatura de sólido de la aleación de Al-Mn antes de que la aleación de Al-Si la contactase. Se observó un penacho o exudado 88 que se extendía desde la interfaz 80 a la aleación Al-Si 82 desde la aleación de Al-Mn 81 y el penacho o exudado tenía 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. 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 indicando que se formó por ello 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 aleación según el proceso de la presente divulgación. 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 y 3 metros de largo y luego se procesaron mediante precalentamiento convencional, laminado en caliente y laminado en frío. Las combinaciones de aleación coladas se exponen en la tabla 1 siguiente. Usando convención terminología, 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 en primer lugar y la segunda aleación es la aleación que se pone 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 autoaporte, pero donde la temperatura superficial todavía estaba dentro del rango L-S indicado anteriormente. Esto puede compararse 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 autoaporte 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 una ampliación 50X. En cada imagen, la capa de "revestimiento" aparece a la izquierda y la capa de "núcleo" a la derecha.
- 5 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 de la estructura de grano al pasar del material de revestimiento a la capa de núcleo relativamente más aleada.
- 10 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 se representa por la línea de puntos 94 en la figura. En esta figura, hay componentes de aleación de la aleación 2124 en los límites de grano de la aleación 1200 dentro de una distancia corta de la interfaz. Estos aparecen como "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 pm, que corresponde típicamente a un solo grano de la aleación 1200 en estas condiciones.
- 15 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.
- 20

**REIVINDICACIONES**

1. Un lingote colado de metal compuesto que comprende una pluralidad de capas (20, 23) sustancialmente paralelas longitudinalmente, estando formadas capas adyacentes de primera y segunda aleaciones (81, 82) de diferentes composiciones, en donde la interfaz (80) entre capas de aleación adyacentes está en forma de una unión metalúrgica sustancialmente continua, caracterizado por la presencia de partículas (85) que tienen una o más composiciones intermetálicas de la primera de las aleaciones adyacentes dispersadas dentro de una región de la segunda de las aleaciones adyacentes a la interfaz y caracterizado, además, por componentes de la aleación de la segunda de las aleaciones adyacentes que están presentes entre los límites de los granos de dicha primera de las aleaciones adyacentes a la interfaz en una distancia de hasta 50  $\mu\text{m}$  desde dicha interfaz, en donde la interfaz (80) se forma cuando la segunda aleación 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.
2. Un lingote colado de metal compuesto de acuerdo con la reivindicación 1, en donde dicha región está hasta 200  $\mu\text{m}$  de la interfaz (80).
3. Un lingote colado de metal compuesto de acuerdo con la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en donde dichas partículas (85) son menores que 20  $\mu\text{m}$  de diámetro.

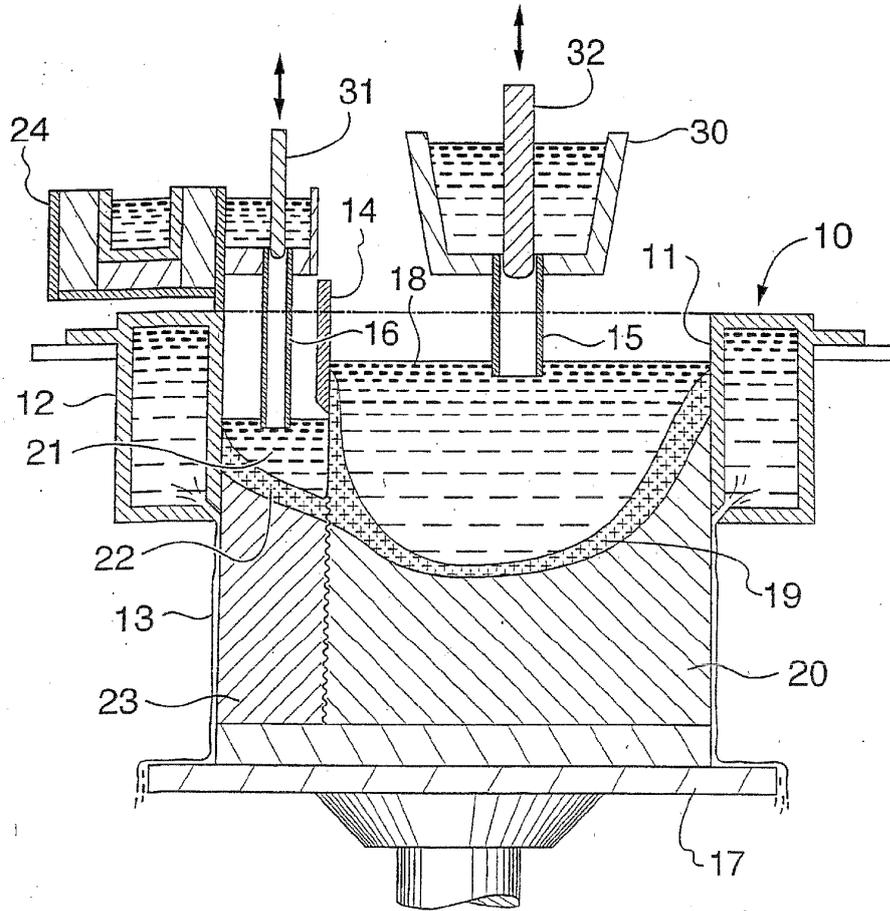


FIG. 1

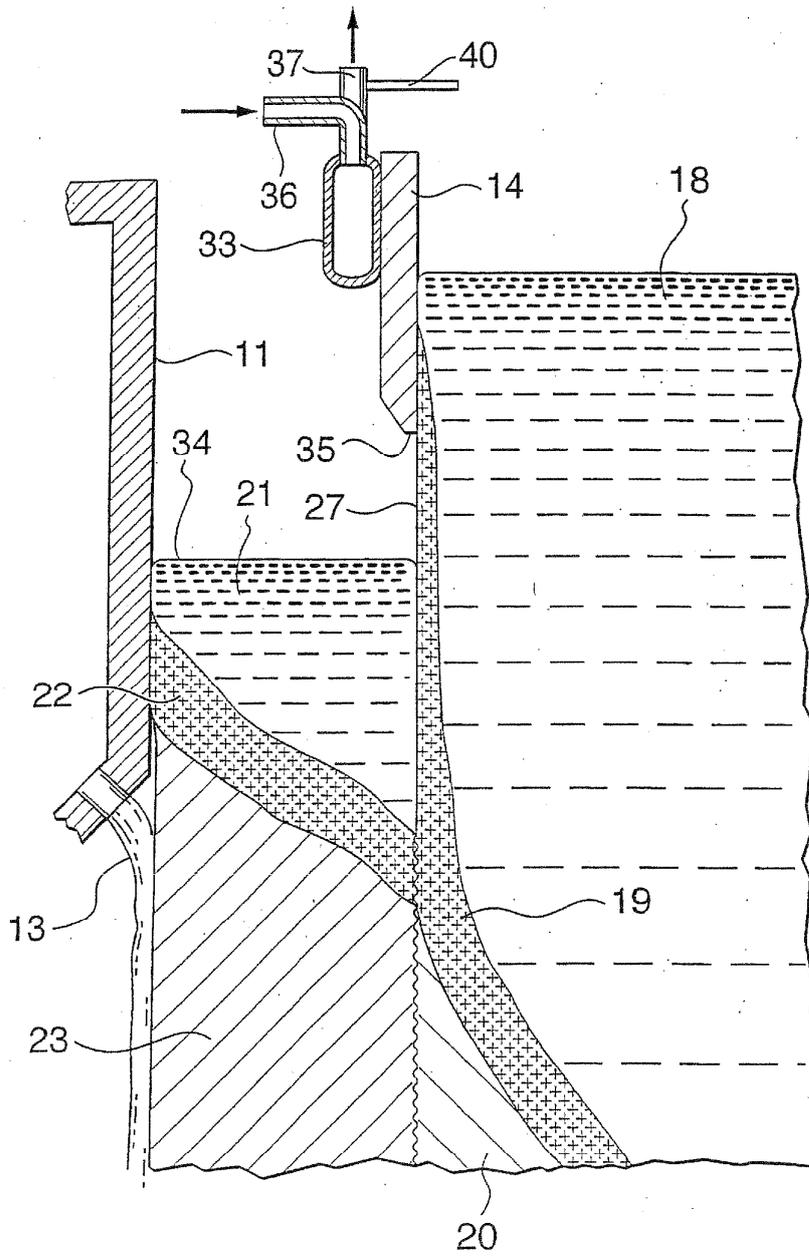


FIG. 2

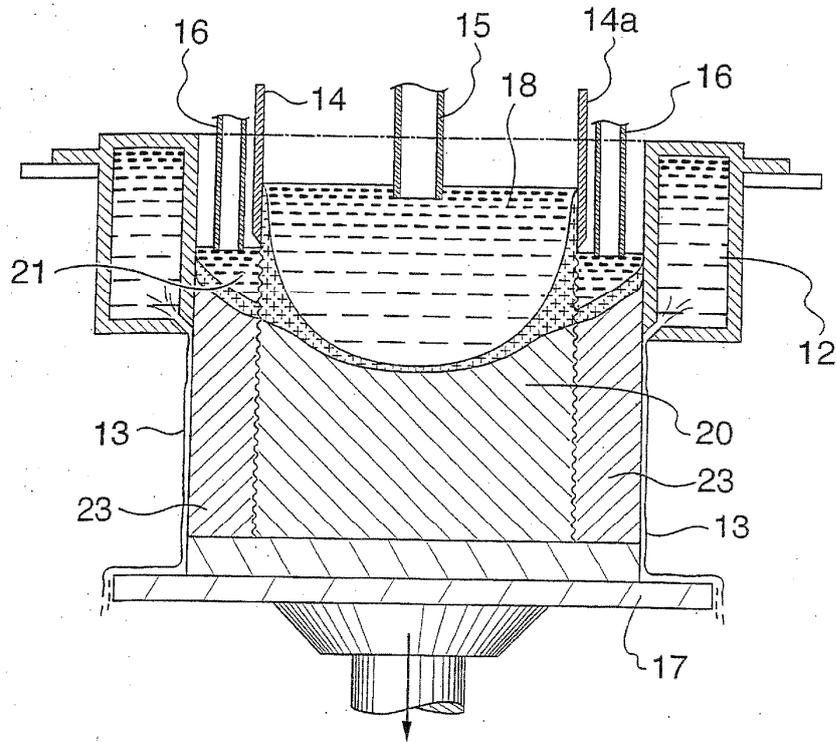


FIG. 3

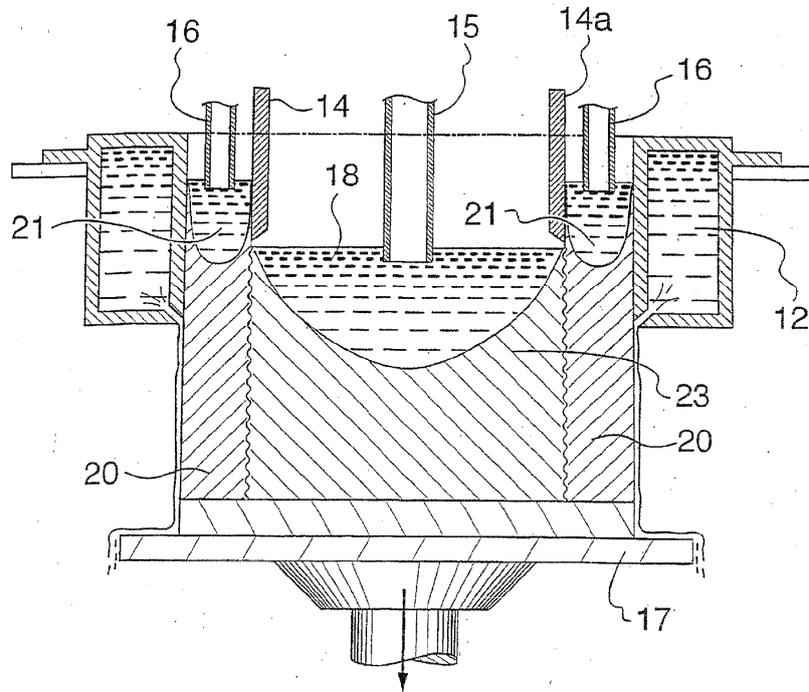
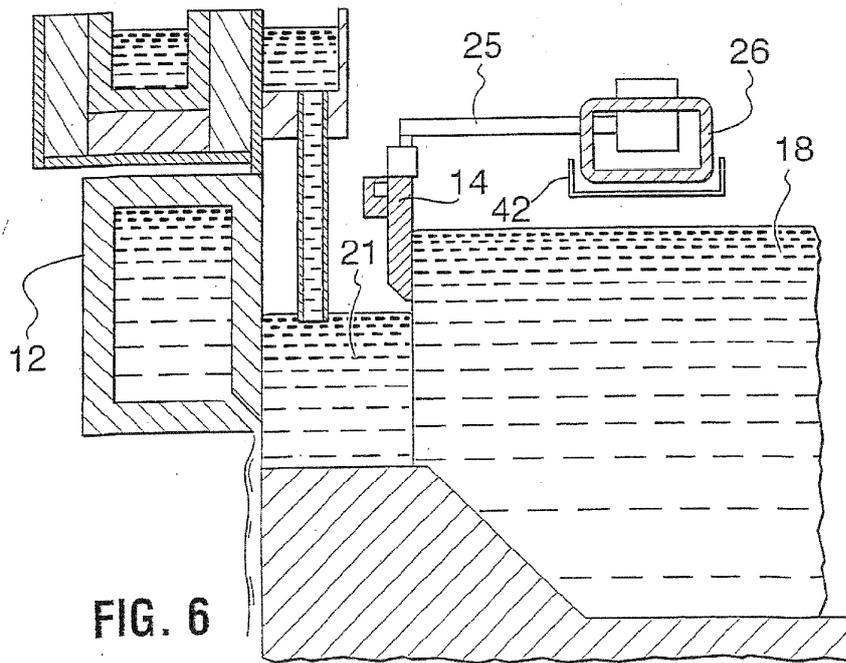
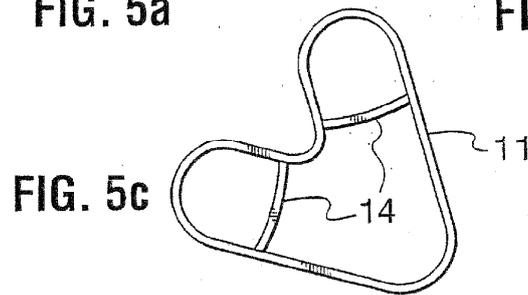
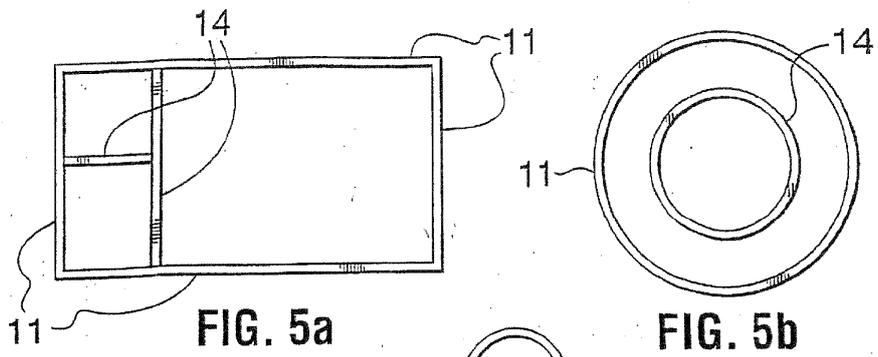


FIG. 4



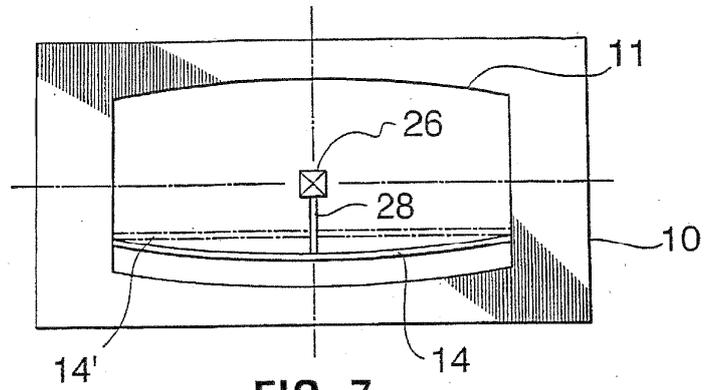


FIG. 7

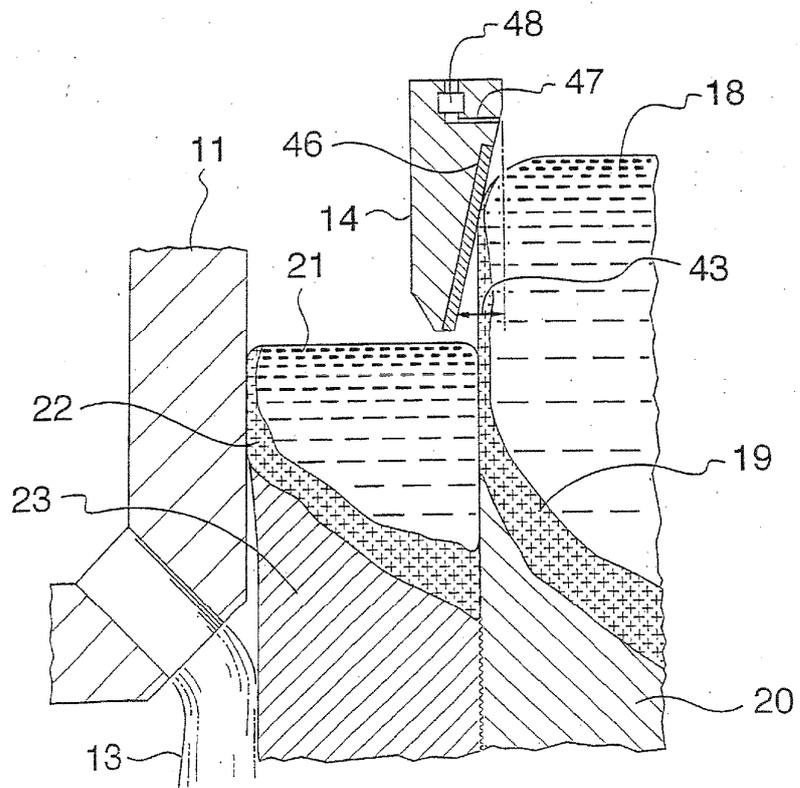


FIG. 8

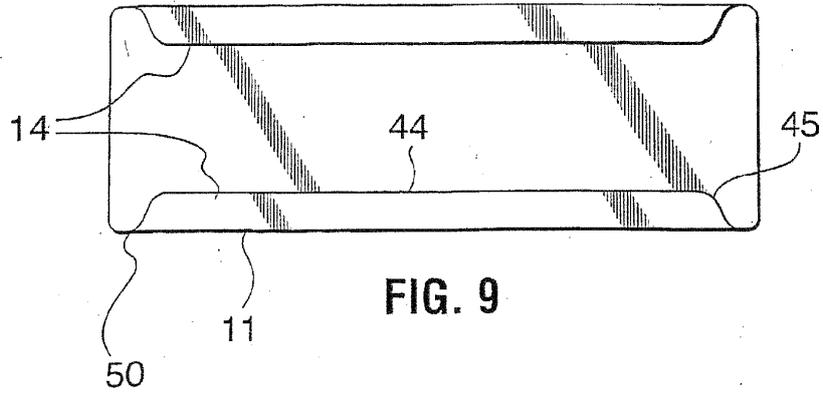


FIG. 9

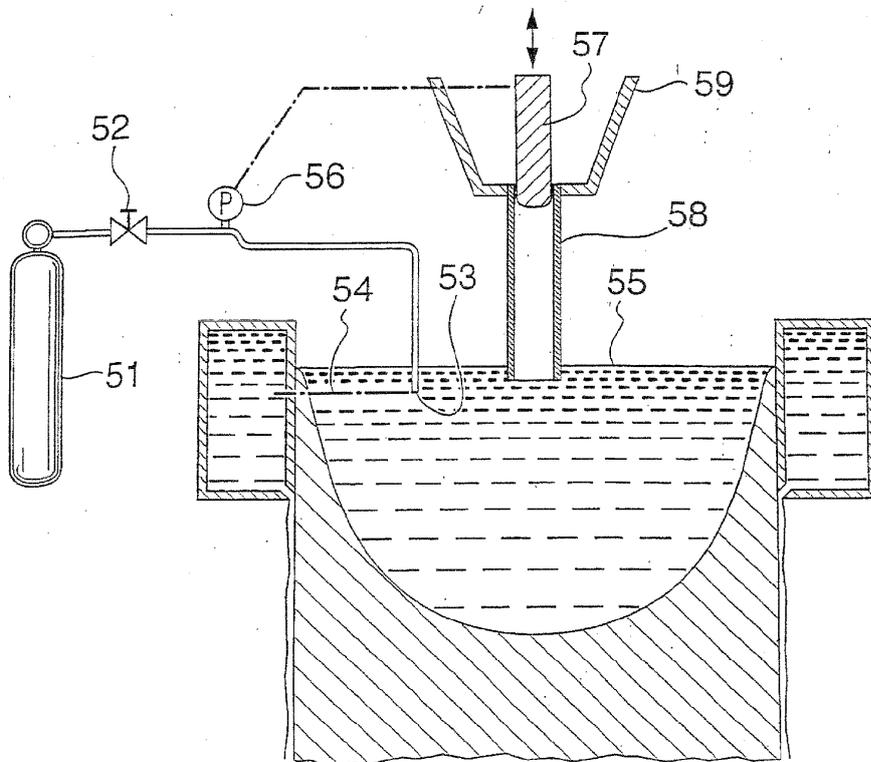


FIG. 10

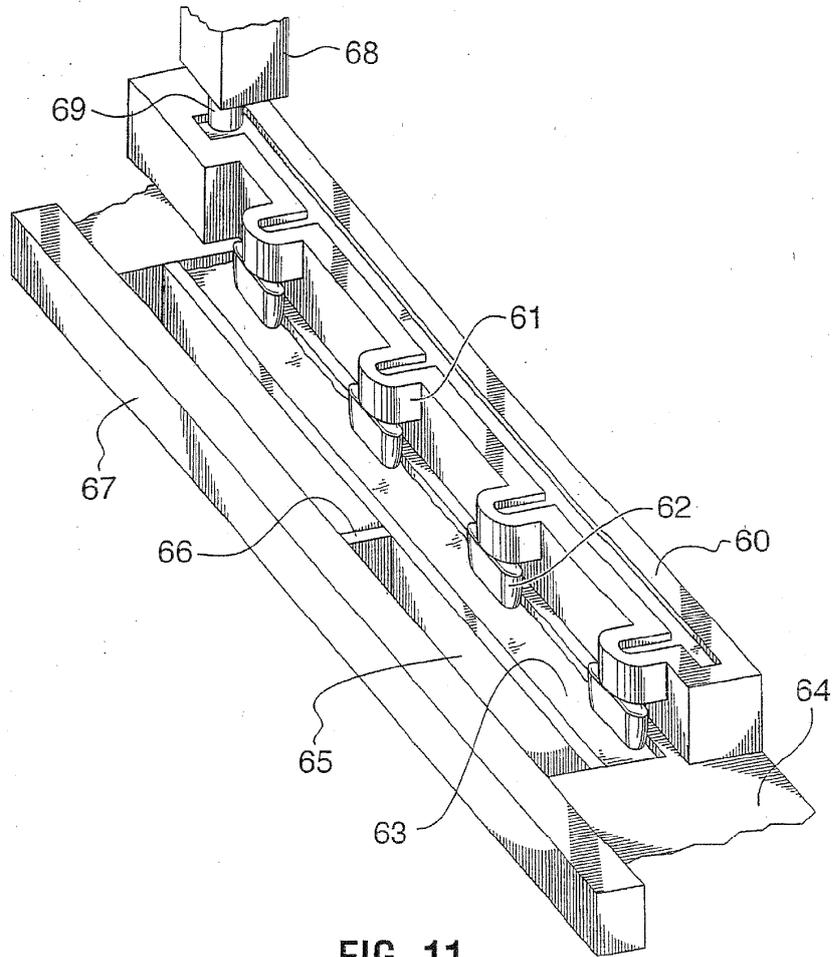
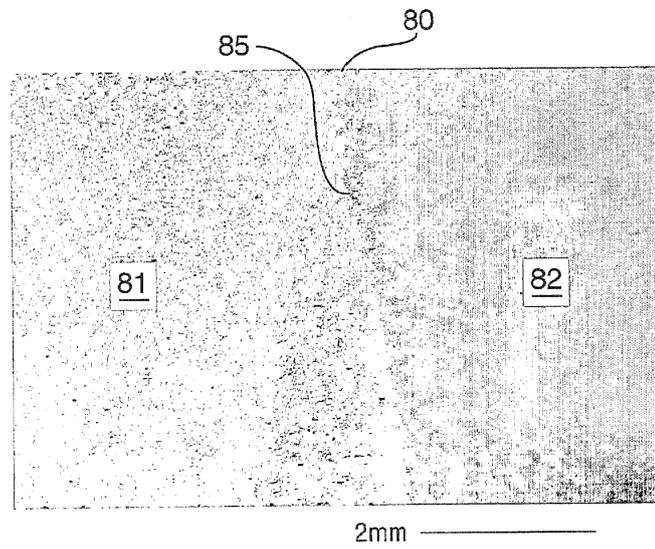
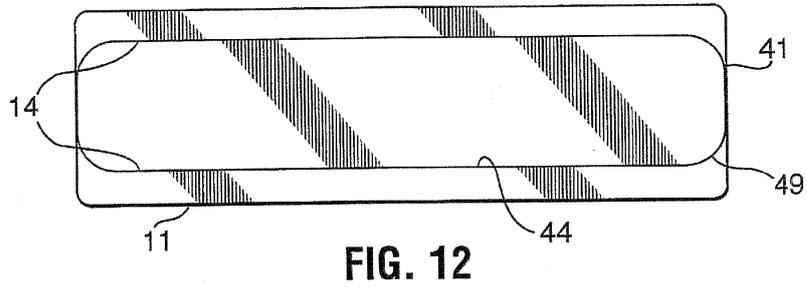
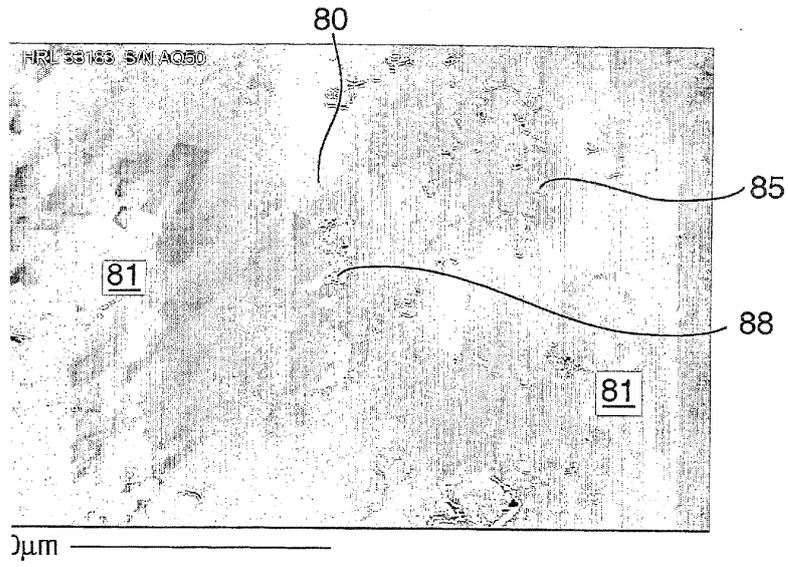
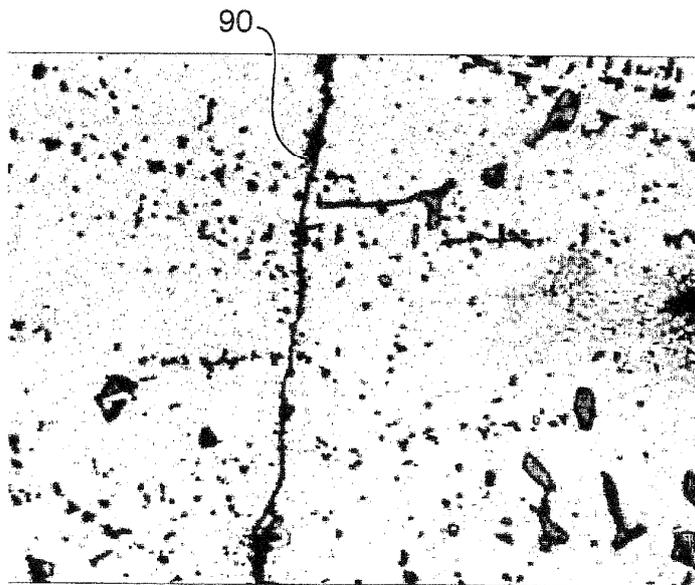


FIG. 11

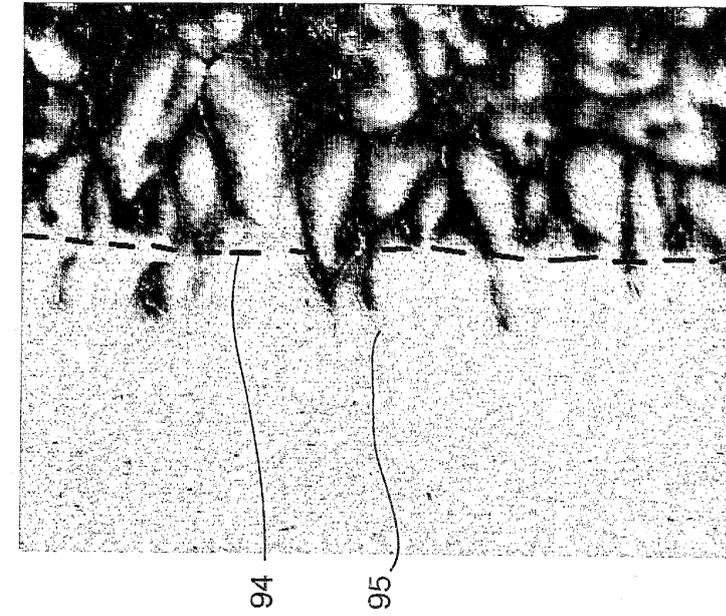




**FIG. 14**

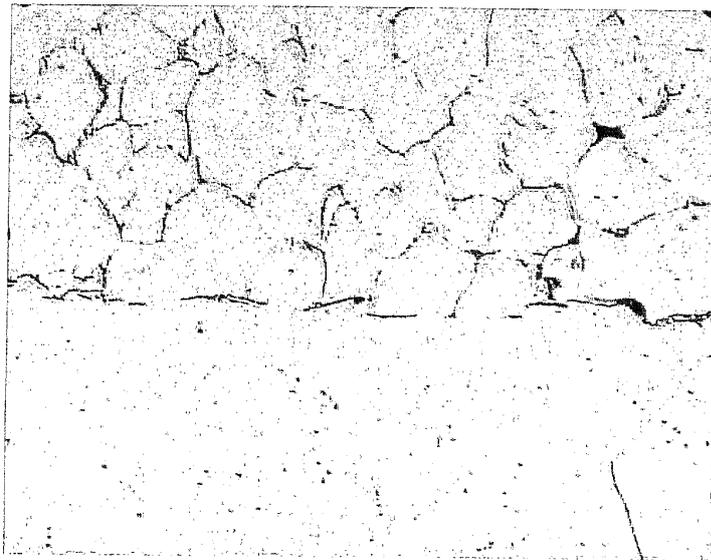


**FIG. 15**

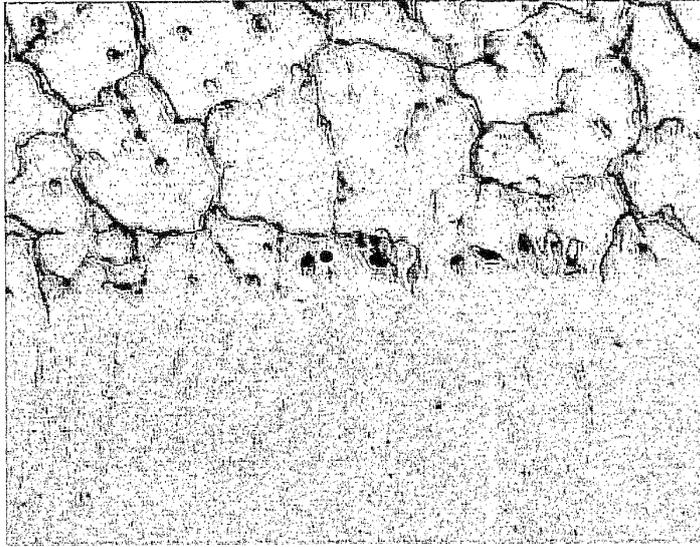


50μm

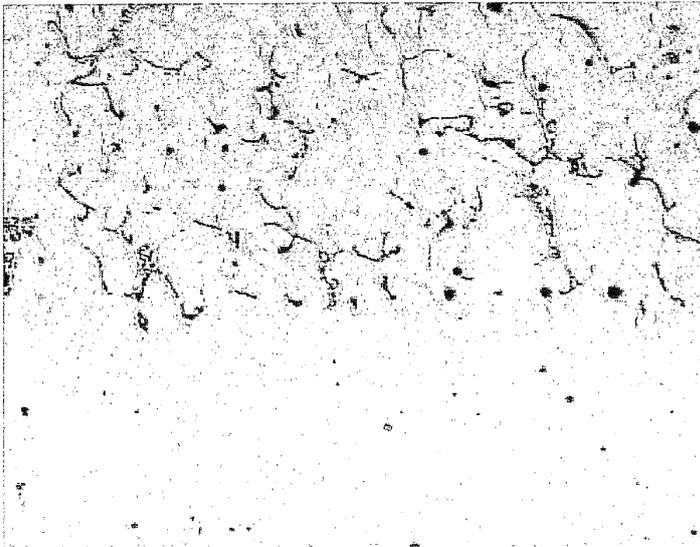
**FIG. 17**



**FIG. 16**



**FIG. 19**



**FIG. 18**