



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 297 431**

51 Int. Cl.:
B22D 11/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Número de solicitud europea: **04737866 .6**

86 Fecha de presentación : **23.06.2004**

87 Número de publicación de la solicitud: **1638715**

87 Fecha de publicación de la solicitud: **29.03.2006**

54 Título: **Procedimiento para colar un lingote compuesto.**

30 Prioridad: **24.06.2003 US 482229 P**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
01.05.2008

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
01.05.2008

73 Titular/es: **Novelis Inc.**
191 Evans Avenue
Toronto, ON M8Z 1J5, CA

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: **Carpintero López, Francisco**

ES 2 297 431 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

Procedimiento para colar un lingote compuesto.

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

Esta invención se refiere a un procedimiento y aparato para colar lingotes de metales compuestos, además de
10 novedosos lingotes de metales compuestos así obtenidos.

2. **Técnica anterior**

Durante muchos años, los lingotes de metales, particularmente lingotes de aluminio o aleaciones de aluminio, se
15 han producido mediante un procedimiento de colada semicontinua conocido como colada por enfriamiento directo.
En este procedimiento, el metal fundido se vierte en la parte superior de un molde de extremos abiertos y se aplica un
refrigerante, normalmente agua, directamente a la superficie en solidificación del metal que sale del molde.

Un sistema tal se usa comúnmente para producir grandes lingotes de sección rectangular para la producción de
20 productos laminados, por ejemplo productos de chapa de aleaciones de aluminio. Hay un gran mercado para lingotes
de materiales compuestos constituidos por dos o más capas de diferentes aleaciones. Tales lingotes se usan para
producir, después del laminado, chapa plaqueada para diversas aplicaciones tales como chapa para soldadura fuerte,
placa para aviones y otras aplicaciones en las que se desea que las propiedades de la superficie sean diferentes de las
del núcleo.

La aproximación convencional a tal chapa plaqueada ha sido laminar en caliente desbastes planos de diferentes
aleaciones junto con "sujetar" las dos juntas, luego continuar laminando para producir el producto acabado. Esto tiene
una desventaja porque la superficie de separación entre los desbastes planos no está generalmente metalúrgicamente
limpia y el unir las capas puede ser un problema.

También ha habido interés en colar lingotes en capas para producir un lingote de material compuesto listo para
laminar. Esto se ha llevado a cabo normalmente usando colada por enfriamiento directo (DC), bien mediante solidi-
ficación simultánea de dos corrientes de aleaciones o bien solidificación secuencial, en la que un metal se solidifica
antes de ponerse en contacto con un segundo metal fundido. Varios procedimientos tales se describen en la bibliografía
35 que se ha encontrado con grados variables de éxito.

Binczewski, patente de los EE.UU. 4.567.936, concedida el 4 de febrero de 1986, describe un procedimiento para
producir un lingote de material compuesto mediante colada DC en el que una capa exterior de temperatura solidus
superior se cuela alrededor de una capa interior con una temperatura solidus inferior. La descripción expone que la
40 capa exterior debe estar "completamente maciza y sólida" para el momento en que la aleación de temperatura solidus
inferior se pone en contacto con ella.

Keller, patente alemana 844806, publicada en 24 de julio de 1952, describe un molde de una sola cavidad para
colar una estructura en capas en el que un núcleo interior se cuela antes que la capa exterior. En este procedimiento, la
45 capa exterior se solidifica completamente antes de que la aleación interior se ponga en contacto con ella.

Robinson, patente de los EE.UU. 3.353.934, concedida el 21 de noviembre de 1967, describe un sistema de co-
lada en el que dentro de la cavidad del molde se coloca una partición interna para separar sustancialmente zonas de
composiciones de aleaciones diferentes. El extremo del deflector está diseñado para que termine en la "zona pastosa"
50 justamente encima de la parte solidificada del lingote. Dentro de la "zona pastosa", la aleación es libre para mezcla-
se debajo del extremo del deflector para formar una unión entre las capas. Sin embargo, el procedimiento no puede
controlarse en el sentido de que el deflector usado es "pasivo" y la colada depende del control de la localización del
sumidero - que está indirectamente controlado por el sistema de refrigeración.

Matzner, patente alemana DE4420697, publicada el 21 de diciembre de 1995, describe un sistema de colada que
usa una partición interna similar a Robinson, en el que la posición del sumidero del deflector se controla para permitir
el mezclado de la fase líquida de la zona de la superficie de separación para crear un gradiente de concentración
continuo a lo largo de la superficie de separación.

Robertson y col., patente británica GB1.174.764, presentada el 21 de diciembre de 1965, publicada el 17 de di-
ciembre de 1969, proporciona un deflector móvil para dividir un sumidero de colada común y permitir la colada de
dos metales distintos. El deflector es móvil para permitir en un límite que los metales se entremezclen completamente
y en el otro límite que se cuele dos cordones separados.

Kilmer y col., publicación WO2003/035305, publicada el 1 de mayo de 2003, describe un sistema de colada que
usa un material de barrera en forma de una chapa fina entre dos capas de aleaciones diferentes. La chapa fina tiene un
punto de fusión suficientemente alto que permanece intacto durante la colada, y se incorpora al producto final.

Takeuchi y col., patente de los EE.UU. 4.828.015, concedida el 9 de mayo de 1989, describe un procedimiento para colar dos aleaciones líquidas en un molde de una sola cavidad creando una partición en la zona líquida por medio de un campo magnético y alimentando las dos zonas con aleaciones separadas. La aleación que se alimenta a la parte superior de la zona forma de ese modo una cáscara alrededor del metal alimentado a la parte inferior.

5

Veillette, patente de los EE.UU. 3.911.996, describe un molde que tiene una pared flexible exterior para ajustar la forma del lingote durante la colada.

10

Steen y col., patente de los EE.UU. 5.947.184, describe un molde similar a Veillette pero que permite más control de la forma.

Takeda y col., patente de los EE.UU. 4.498.521, describe un sistema de control del nivel de metal que usa un flotador en la superficie del metal para medir el nivel de metal y realimentación al control del flujo de metal.

15

Odegard y col., patente de los EE.UU. 5.526.870, describe un sistema de control del nivel de metal que usa una sonda de detección remota (radar).

20

Wagstaff, patente de los EE.UU. 6.260.602, describe un molde que tiene una pared variablemente cónica para controlar la forma externa de un lingote.

Binczewski, solicitud de patente europea nº EP0219581A1, describe un procedimiento y sistema para colar continuamente un artículo de metal compuesto en un molde de enfriamiento directo. El metal fundido se alimenta a diferentes lados de un divisor en el molde y el contacto inicial de los metales es entre el metal fundido en un núcleo y el metal completamente solidificado en un componente de plaqueado.

25

Es un objeto de la presente invención producir un lingote de metal compuesto que está constituido por dos o más capas que tienen una unión metalúrgica mejorada entre capas adyacentes.

30

Otro objeto de la presente invención es proporcionar un medio para controlar la temperatura de la superficie de separación en la que dos o más capas se unen en un lingote de material compuesto para mejorar la unión metalúrgica entre capas adyacentes.

35

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

Otro objeto de la presente invención es proporcionar un procedimiento sensible para controlar el nivel de metal en una lingotera que es particularmente útil en espacios confinados.

Descripción de la invención

40

Una realización de la presente invención es un procedimiento para la colada de un lingote de metal compuesto que comprende al menos dos capas formadas por una o más composiciones de aleaciones. El procedimiento comprende proporcionar un molde anular de extremos abiertos que tiene un extremo de alimentación y un extremo de salida en el que el metal fundido se añade al extremo de alimentación y del extremo de salida se extrae un lingote solidificado. Las paredes divisorias se usan para dividir el extremo de alimentación en al menos dos cámaras de alimentación separadas, terminando las paredes divisorias por encima del extremo de salida del molde, y en el que cada cámara de alimentación es adyacente al menos a otra cámara de alimentación. Para 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 una segunda corriente de una segunda aleación se alimenta por la segunda del par de cámaras de alimentación para formar un baño de metal en la segunda cámara. El primer baño de metal se pone en contacto con la pared divisoria entre el par de cámaras para enfriar el primer baño para que se forme una superficie autoportante adyacente a la pared divisoria. Entonces, el segundo baño de metal se pone en contacto con el primer baño de manera que el segundo baño se pone primero en contacto con la superficie autoportante del primer baño en un punto en el que la temperatura de la superficie autoportante está entre las temperaturas solidus y liquidus de la primera aleación. Los dos baños de aleaciones se unen así como dos capas y se enfrían para formar un lingote de material compuesto.

55

Preferentemente, la segunda aleación se pone en contacto inicialmente con la superficie autoportante de la primera aleación cuando la temperatura de la segunda aleación está por encima de la temperatura liquidus de la segunda aleación. La primera y segunda aleaciones pueden tener la misma composición de aleaciones o pueden tener composiciones de aleaciones diferentes.

60

Preferentemente, la superficie superior de la segunda aleación se pone en contacto con la superficie autoportante del primer baño en un punto en el que la temperatura de la superficie autoportante está entre las temperaturas solidus y liquidus de la primera aleación.

65

En esta realización de la invención, la superficie autoportante puede generarse enfriando el primer baño de aleación de forma que la temperatura superficial en el punto en el que la segunda aleación se pone primero en contacto con la superficie autoportante está entre la temperatura liquidus y solidus.

ES 2 297 431 T3

Otra realización de la presente invención comprende un procedimiento para colar un lingote de metal compuesto que comprende al menos dos capas formadas por una o más composiciones de aleaciones. Este procedimiento comprende proporcionar un molde anular de extremos abiertos que tiene un extremo de alimentación y un extremo de salida en el que el metal fundido se añade al extremo de alimentación y del extremo de salida se extrae un lingote solidificado. Las paredes divisorias se usan para dividir el extremo de alimentación en al menos dos cámaras de alimentación separadas, terminando las paredes divisorias por encima del extremo de salida del molde, y en el que cada cámara de alimentación es adyacente al menos a otra cámara de alimentación. Para 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 una segunda corriente de una segunda aleación se alimenta por la segunda del par de cámaras de alimentación para formar un baño de metal en la segunda cámara. El primer baño de metal se pone en contacto con la pared divisoria entre el par de cámaras para enfriar el primer baño de manera que se forme una superficie autoportante adyacente a la pared divisoria. Entonces, el segundo baño de metal se pone en contacto con el primer baño para que el segundo baño se ponga primero en contacto con la superficie autoportante del primer baño en un punto en el que la temperatura de la superficie autoportante está por debajo de la temperatura solidus de la primera aleación para formar una superficie de separación entre las dos aleaciones. Entonces, la superficie de separación se recalienta hasta una temperatura entre la temperatura solidus y liquidus de la primera aleación para que los dos baños de aleaciones se unan así como dos capas y se enfríen para formar un lingote de material compuesto.

En esta realización, el recalentamiento se logra preferentemente permitiendo que el calor latente dentro del primer o segundo baño de aleación recaliente la superficie.

Preferentemente, la segunda aleación se pone en contacto inicialmente con la superficie autoportante de la primera aleación cuando la temperatura de la segunda aleación está por encima de la temperatura liquidus de la segunda aleación. La primera y segunda aleaciones pueden tener la misma composición de aleación o pueden tener composiciones de aleaciones diferentes.

Preferentemente, la superficie superior de la segunda aleación se pone en contacto con la superficie autoportante del primer baño en un punto en el que la temperatura de la superficie autoportante está entre las temperaturas solidus y liquidus de la primera aleación.

La superficie autoportante también puede tener una capa de óxido formada sobre ella. Es suficientemente fuerte para soportar las fuerzas de dilatación, produciendo normalmente que el metal se disperse cuando no está confinado. Estas fuerzas de dilatación incluyen las fuerzas creadas por la presión metalostática de la primera corriente y la expansión de la superficie en el caso en el que el enfriamiento se extienda por debajo del solidus, seguido por recalentamiento de la superficie. Poniendo primero en contacto la segunda aleación líquida con la primera aleación, mientras que la primera aleación está todavía en estado semisólido o, y en la realización alternativa, asegurando que la superficie de separación entre las aleaciones se recalienta hasta un estado semisólido, se forma una capa de superficie de separación distinta, pero de unión, entre las dos aleaciones. Además, el hecho de que la superficie de separación entre la segunda capa de aleación y la primera aleación se forme así antes de que la primera capa de aleación haya desarrollado una cáscara rígida significa que las tensiones creadas por la aplicación directa del refrigerante a la superficie exterior del lingote se controlan mejor en el producto acabado, que es particularmente ventajoso cuando se cuelean aleaciones con tendencia a grietas.

El resultado de la presente invención es que la superficie de separación entre la primera y segunda aleación se mantiene, durante una corta longitud del lingote saliente, a una temperatura entre la temperatura solidus y liquidus de la primera aleación. En una realización particular, la segunda aleación se alimenta en el molde para que la superficie superior de la segunda aleación en el molde esté en contacto con la superficie de la primera aleación cuando la temperatura superficial está entre la temperatura solidus y liquidus y, por tanto, se forme una superficie de separación que ha satisfecho este requisito. En una realización alternativa, la superficie de separación se recalienta hasta una temperatura entre la temperatura solidus y liquidus poco después de que la superficie superior de la segunda aleación se ponga en contacto con la superficie autoportante de la primera aleación. Preferentemente, la segunda aleación está por encima de su temperatura liquidus cuando se pone primero en contacto con la superficie de la primera aleación. Cuando se hace esto se mantiene la integridad de la superficie de separación pero, al mismo tiempo, ciertos componentes de aleaciones son suficientemente móviles a través de la superficie de separación de manera que se facilita la unión metalúrgica.

Si la segunda aleación se pone en contacto cuando la temperatura de la superficie de la primera aleación es suficientemente inferior a la solidus (por ejemplo, después de que se haya formado una cáscara de sólido significativa) y hay calor latente insuficiente para recalentar la superficie de separación hasta una temperatura entre las temperaturas solidus y liquidus de la primera aleación, entonces la movilidad de los componentes de aleaciones está muy limitada y se forma una mala unión metalúrgica. Esto puede producir la separación de capas durante el procesamiento posterior.

Si la superficie autoportante no se forma en la primera aleación antes de que la segunda aleación se ponga en contacto con la primera aleación, entonces las aleaciones están libres para mezclarse y se forma una capa difusa o gradiente de concentración de aleación en la superficie de separación, haciendo menos diferente la superficie de separación.

ES 2 297 431 T3

Se prefiere particularmente 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 existe el riesgo de que la segunda aleación pueda afectar la superficie autoportante de la primera aleación o incluso volver a fundir completamente la superficie debido al exceso de calor latente. Si esto ocurre, puede haber un mezclado excesivo de aleaciones en la superficie de separación, o en algunos casos fuga y fallo de la primera aleación. Si la segunda aleación se pone en contacto con la pared divisoria particularmente lejos por encima del extremo inferior, incluso puede enfriarse prematuramente hasta un punto en el que el contacto con la superficie autoportante de la primera aleación ya no forme una fuerte unión metalúrgica. Sin embargo, en ciertos casos puede ser ventajoso mantener la superficie superior de la segunda aleación próxima al borde inferior de la pared divisoria, pero ligeramente por encima del borde inferior, para que la pared divisoria pueda actuar como un espumador de óxido para evitar que los óxidos de la superficie de la segunda capa se incorporen en la superficie de separación entre las dos capas. Esto es particularmente ventajoso cuando la segunda aleación tiene tendencia a la oxidación. En cualquier caso, la posición de la superficie superior debe controlarse cuidadosamente para evitar los problemas anotados anteriormente, y no debería estar a más de aproximadamente 3 mm por encima del extremo inferior del divisor.

En todas las realizaciones precedentes es particularmente ventajoso poner en contacto la segunda aleación con la primera a una temperatura entre la temperatura solidus y de coherencia de la primera aleación o recalentar la superficie de separación entre las dos hasta una temperatura entre la temperatura solidus y de coherencia de la primera aleación. El punto de coherencia y la temperatura (entre la temperatura solidus y liquidus) a la que se produce es una etapa intermedia en la solidificación del metal fundido. Como las dendritas crecen en tamaño un metal fundido en enfriamiento y empiezan a incidir entre sí, por todo el volumen de la aleación se forma una red sólida continua. El punto en el que se produce un aumento repentino en la fuerza del par de torsión necesaria para romper la red sólida se conoce como el "punto de coherencia". La descripción del punto de coherencia y su determinación puede encontrarse en Solidification Characteristics of Aluminum Alloys, volumen 3, Dendrite Coherency, pág. 210.

En otra realización de la invención se proporciona un aparato para colar metal que comprende 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 es móvil en una dirección a lo largo del eje del molde anular. El extremo de alimentación del molde está dividido en al menos dos cámaras de alimentación separadas, en el que cada cámara de alimentación es adyacente al menos a otra cámara de alimentación y en el que las cámaras de alimentación adyacentes están separadas por una pared divisoria controlada por temperatura que puede añadir o eliminar calor. La pared divisoria termina por encima del extremo de salida del molde. Cada cámara incluye un aparato de control del nivel de metal de forma que en pares adyacentes de cámaras el nivel de metal en una cámara puede mantenerse en una posición por encima del extremo inferior de la pared divisoria entre las cámaras y en la otra cámara puede mantenerse en una posición diferente del nivel en la primera cámara.

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

La pared divisoria está diseñada para que el calor extraído o añadido se calibre de manera que se cree una superficie autoportante sobre el metal en la primera cámara adyacente a la pared divisoria y se controle que la temperatura de la superficie autoportante del metal en la primera cámara está entre la temperatura solidus y liquidus en un punto en el que puede mantenerse la superficie superior del metal en la segunda cámara.

La temperatura de la capa autoportante puede controlarse cuidadosamente eliminando calor de la pared divisoria mediante un fluido de control de la temperatura que se hace pasar por una parte 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 autoportante.

Otra realización de la invención es un procedimiento para colar un lingote de metal compuesto que comprende al menos dos aleaciones diferentes, que comprende 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, en el que cada cámara de alimentación es adyacente al menos a otra cámara de alimentación. Para cada par de cámaras de alimentación adyacentes, una primera corriente de una primera aleación se alimenta por una de las cámaras de alimentación adyacentes en dicho molde, una segunda corriente de una segunda aleación se alimenta por otra de las cámaras de alimentación adyacentes. Entre las cámaras de alimentación adyacentes se proporciona una pared divisoria de control de la temperatura de forma que el punto en la superficie de separación en el que la primera y segunda aleación se ponen inicialmente en contacto entre sí se mantiene a una temperatura entre las temperaturas solidus y liquidus de la primera aleación por medio de la pared divisoria de control de la temperatura a través de la cual las corrientes de aleaciones se unen como dos capas. Las capas de aleaciones unidas se enfrían para formar un lingote de material compuesto.

La segunda aleación se pone preferentemente en contacto con la primera aleación inmediatamente por debajo de la parte inferior de la pared divisoria sin ponerse primero en contacto con la pared divisoria. En cualquier caso, la segunda aleación debería ponerse en contacto con la primera aleación a no menos de aproximadamente 2 mm por debajo del borde inferior de la pared divisoria, pero no a más de 20 mm y preferentemente a aproximadamente de 4 a 6 mm por debajo del borde inferior de la pared divisoria.

ES 2 297 431 T3

Si la segunda aleación se pone en contacto con la pared divisoria antes de ponerse en contacto con la primera aleación, puede enfriarse prematuramente hasta un punto en el que el contacto con la superficie autoportante de la primera aleación ya no forme una fuerte unión metalúrgica. Aunque la temperatura liquidus de la segunda aleación fuera lo suficientemente baja para que esto no ocurriera, la presión metalostática que existiera podría producir que la segunda aleación se alimentara en el espacio entre la primera aleación y la pared divisoria y produjera defectos o fallo de la colada. Si se desea que la superficie superior de la segunda aleación esté por encima del borde inferior de la pared divisoria (por ejemplo para espumar óxidos), debe controlarse cuidadosamente y posicionarse tan próxima como sea prácticamente posible al borde inferior de la pared divisoria para evitar estos problemas.

La pared divisoria entre pares adyacentes de cámaras de alimentación puede ser cónica y el cono puede variar a lo largo de la longitud de la pared divisoria. La pared divisoria puede tener además una forma curvilínea. Estos rasgos pueden usarse para compensar las diferentes propiedades térmicas y de solidificación de las aleaciones usadas en las cámaras separadas por la pared divisoria y así proporcionar el control de la geometría de la superficie de separación final en el lingote saliente. La pared de forma curvilínea también puede servir para formar lingotes con capas que tienen geometrías específicas que pueden laminarse con menos desechos. La pared divisoria entre pares adyacentes de cámaras de alimentación puede hacerse flexible y puede ajustarse para garantizar que la superficie de separación entre las dos capas de aleaciones en la colada final y el producto laminado sea recta respecto a las aleaciones usadas y sea recta incluso en la sección inicial.

Otra realización de la invención es un aparato para colar lingotes de metales compuestos, que comprende 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 está dividido en al menos dos cámaras de alimentación separadas, en el que cada cámara de alimentación es adyacente al menos a otra cámara de alimentación y en el que las cámaras de alimentación adyacentes están separadas por una pared divisoria. La pared divisoria es flexible, y un dispositivo de posicionamiento está unido a la pared divisoria para que la curvatura de la pared en el plano del molde pueda variarse una cantidad predeterminada durante la operación.

Otra realización de la invención es un procedimiento para colar un lingote de metal compuesto que comprende al menos dos aleaciones diferentes, que comprende 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, en el que cada cámara de alimentación es adyacente al menos a otra cámara de alimentación. Para pares adyacentes de las cámaras de alimentación, una primera corriente de una primera aleación se alimenta por una de las cámaras de alimentación adyacentes en el molde, y una segunda corriente de una segunda aleación se alimenta por otra de las cámaras de alimentación adyacentes. Entre las cámaras de alimentación adyacentes se proporciona una pared divisoria flexible y la curvatura de la pared divisoria flexible se ajusta durante la colada para controlar la forma de la superficie de separación en la que las aleaciones se unen como dos capas. Entonces, las capas de aleaciones unidas se enfrían para formar un lingote de material compuesto.

La alimentación de metal requiere un cuidadoso control del nivel y un procedimiento tal es para proporcionar un flujo lento de gas, preferentemente inerte, por un tubo con una abertura en un punto fijo con respecto al cuerpo del molde anular. La abertura se sumerge en uso por debajo de la superficie del metal en el molde, se mide la presión del gas y así se determina la presión metalostática por encima de la abertura del tubo. Por tanto, la presión medida puede usarse para controlar directamente el flujo de metal en el molde de manera que la superficie superior del metal se mantenga a un nivel constante.

Otra realización de la invención es un procedimiento para colar un lingote de metal que comprende 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 en el extremo de alimentación de dicho molde para crear un baño metálico dentro de dicho molde que tiene una superficie. El extremo de un tubo de suministro de gas se sumerge en el baño metálico del extremo de alimentación del tubo del molde en una posición predeterminada con respecto al cuerpo del molde y se burbujea un gas inerte por el tubo de suministro de gas a una velocidad lenta suficiente para mantener el tubo sin congelar. La presión del gas dentro de dicho tubo se mide para determinar la posición de la superficie del metal fundido con respecto al cuerpo del molde.

Otra realización de la invención es un aparato para colar un lingote de metal que comprende un molde anular de extremos abiertos que tiene un extremo de alimentación y un extremo de salida y un bloque inferior que se ajusta en el extremo de salida y es móvil a lo largo del eje del molde. Se proporciona un dispositivo de control del flujo de metal para controlar la velocidad a la que el metal puede fluir en el molde desde una fuente externa, y también se proporciona un sensor de nivel de metal que comprende 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 posicionado en una localización predefinida por debajo del extremo de alimentación del molde de forma que, en uso, el extremo abierto del tubo estaría normalmente por debajo del nivel de metal en el molde. También se proporciona 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, adaptándose la presión medida del gas para controlar el dispositivo de control del flujo de metal de manera que se mantenga el metal en el que se coloca el extremo abierto del tubo de suministro de gas a un nivel predeterminado.

ES 2 297 431 T3

Este procedimiento y aparato para medir el nivel de metal es particularmente útil en la medición y el control del nivel de metal en un espacio confinado tal como en alguna o todas las cámaras de alimentación en un diseño de molde de múltiples cámaras. Puede usarse conjuntamente con otros sistemas de control del nivel de metal que usan flotadores o monitores de posición de la superficie similares en los que, por ejemplo, en cámaras de alimentación más pequeñas se usa un tubo de gas y en cámaras de alimentación más grandes un sistema de control de la alimentación basado en un flotador o dispositivo similar.

En una realización preferida de la presente invención se proporciona un procedimiento para colar un lingote de material compuesto que tiene dos capas de diferentes aleaciones, en el que 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 proporciona 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 separadas adyacentes separadas por una pared divisoria controlada por temperatura. La primera corriente de una primera aleación se alimenta por una de las cámaras de alimentación en el molde y una segunda corriente de una segunda aleación se alimenta por otra de las cámaras de alimentación, teniendo esta segunda aleación una temperatura liquidus inferior a la de la primera aleación. La primera aleación se enfría por la pared divisoria controlada por temperatura para formar una superficie autoportante que se extiende por debajo del extremo inferior de la pared divisoria y la segunda aleación se pone en contacto con la superficie autoportante de la primera aleación en una localización en la que la temperatura de la superficie autoportante se mantiene entre la temperatura solidus y liquidus de la primera aleación, a través de la cual las dos corrientes de aleaciones se unen como dos capas. Entonces, las capas de aleaciones unidas se enfrían para formar un lingote de material compuesto.

En otra realización preferida, las dos cámaras se configuran para que una cámara exterior rodee completamente la cámara interior, a través de la cual se forma un lingote que tiene una capa de una aleación que rodea completamente un núcleo de una segunda aleación.

Una realización preferida incluye dos paredes divisorias controladas por temperatura lateralmente separadas que forman tres cámaras de alimentación. Por tanto, hay una cámara de alimentación central con una pared divisoria a cada lado y un par de cámaras de alimentación exteriores a cada lado de la cámara de alimentación central. Una corriente de la primera aleación puede alimentarse por la cámara de alimentación central, alimentándose las corrientes de la segunda aleación en las dos cámaras laterales. Una disposición tal se usa normalmente para proporcionar dos capas de plaqueado en un material de núcleo central.

También es posible invertir el procedimiento de forma que las corrientes de la primera aleación se alimentan por las cámaras laterales, mientras que una corriente de la segunda aleación se alimenta por la cámara central. Con esta disposición, la colada empieza en las cámaras de alimentación laterales, alimentándose la segunda aleación por la cámara central y poniéndose en contacto el par de primeras aleaciones inmediatamente por debajo de las paredes divisorias.

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

Otra realización de la invención es un producto de lingote de colada que está constituido por un lingote alargado que comprende, en sección transversal, dos o más capas de aleaciones separadas de composición diferente, en el que la superficie de separación entre capas de aleaciones adyacentes es en forma de una unión metalúrgica sustancialmente continua. Esta unión se caracteriza por la presencia de partículas dispersas de una o más composiciones intermetálicas de la primera aleación en una región de la segunda aleación adyacente a la superficie de separación. Generalmente, en la presente invención, la primera aleación es aquella sobre la que primero se forma una superficie autoportante y la segunda aleación se pone en contacto con esta superficie mientras que la temperatura superficial esté entre la temperatura solidus y liquidus de la primera aleación, o la superficie de separación se recalienta posteriormente hasta una temperatura entre la temperatura solidus y liquidus de la primera aleación. Las partículas dispersas son preferentemente inferiores a aproximadamente $20\ \mu\text{m}$ de diámetro y se encuentran en una región de hasta aproximadamente $200\ \mu\text{m}$ de la superficie de separación.

La unión puede caracterizarse adicionalmente por la presencia de penachos o exudados de una o más composiciones intermetálicas de la primera aleación que se extienden desde la superficie de separación hasta la segunda aleación en la región adyacente a la superficie de separación. Este rasgo se forma particularmente cuando la temperatura de la superficie autoportante no se ha reducido por debajo de la temperatura solidus antes de ponerse en contacto con la segunda aleación.

Los penachos o exudados penetran preferentemente menos de aproximadamente $100\ \mu\text{m}$ en la segunda aleación desde la superficie de separación.

Si las composiciones intermetálicas de la primera aleación se dispersan o exudan en la segunda aleación, en la primera aleación permanece, adyacente a la superficie de separación entre la primera y segunda aleación, una capa que contiene una cantidad reducida de partículas intermetálicas y que, por consiguiente, puede formar una capa que

ES 2 297 431 T3

es más noble que la primera aleación y puede conferir resistencia a la corrosión al material plaqueado. Esta capa es normalmente de 4 a 8 mm de espesor.

Esta unión puede caracterizarse adicionalmente por la presencia de una capa difusa de componentes de aleaciones de la primera capa de aleación en la segunda capa de aleación adyacente a la superficie de separación. Este rasgo se forma particularmente en casos en los que la superficie de la primera aleación se enfría por debajo de la temperatura solidus de la primera aleación y entonces la superficie de separación entre la primera y segunda aleación se recalienta hasta entre las temperaturas solidus y liquidus.

Aunque no se desea quedar ligado a ninguna teoría, se cree que la presencia de estos rasgos se produce por la formación de segregaciones de compuestos intermetálicos de la primera aleación en la superficie autoportante formada sobre ella con su posterior dispersión o exudación en la segunda aleación después de que se ponga en contacto con la superficie. La exudación de compuestos intermetálicos es ayudada por fuerzas de dilatación presentes en la superficie de separación.

Otro rasgo de la superficie de separación entre capas formadas por los procedimientos de esta invención es la presencia de componentes de aleaciones de la segunda aleación entre los límites de grano de la primera aleación inmediatamente adyacente a la superficie de separación entre las dos aleaciones. Se cree que esto se produce cuando la segunda aleación (todavía generalmente por encima de su temperatura liquidus) se pone en contacto con la superficie autoportante de la primera aleación (a una temperatura entre la temperatura solidus y liquidus de la primera aleación). En estas condiciones específicas, el componente de aleación de la segunda aleación puede difundir una distancia corta (normalmente aproximadamente $50\ \mu\text{m}$) a lo largo de los límites de grano todavía líquidos, pero no en los granos ya formados en la superficie de la primera aleación. Si la temperatura de la superficie de separación está por encima de la temperatura liquidus de ambas aleaciones, se producirá el mezclamiento general de las aleaciones, y los componentes de la segunda aleación se encontrarán dentro de los granos, además de los límites de grano. Si la temperatura de la superficie de separación está por debajo de la temperatura solidus de la primera aleación, no habrá oportunidad de que se produzca la difusión del límite de grano.

Los rasgos de la superficie de separación específicos descritos son rasgos específicos producidos por la difusión en estado sólido, o difusión o movimiento de elementos a lo largo de trayectorias líquidas restringidas y no afectan la naturaleza generalmente distinta de la superficie de separación global.

Sin tener en cuenta cómo se forma la superficie de separación, la única estructura de la superficie de separación proporciona una fuerte unión metalúrgica en la superficie de separación y, por tanto, hace adecuada la estructura para laminar para dar chapas sin problemas asociados con la deslaminación o contaminación de la superficie de separación.

En todavía otra realización de la invención hay un lingote de metal compuesto que comprende al menos dos capas de metal, en el que pares de capas adyacentes se forman poniendo en contacto la segunda capa de metal con la superficie de la primera capa de metal de forma que cuando la segunda capa de metal se pone primero en contacto con la superficie de la primera capa de metal, la superficie de la primera capa de metal está a una temperatura entre su temperatura liquidus y solidus y la temperatura de la segunda capa de metal está por encima de su temperatura liquidus. Preferentemente, las dos capas de metal están compuestas por diferentes aleaciones.

Similarmente, en todavía otra realización de la invención hay un lingote de metal compuesto que comprende al menos dos capas de metal, en el que pares de capas adyacentes se forman poniendo en contacto la segunda capa de metal con la superficie de la primera capa de metal de forma que cuando la segunda capa de metal se pone primero en contacto con la superficie de la primera capa de metal, la superficie de la primera capa de metal está a una temperatura por debajo de su temperatura solidus y la temperatura de la segunda capa de metal está por encima de su temperatura liquidus, y la superficie de separación formada entre las dos capas de metal se recalienta posteriormente hasta una temperatura entre la temperatura solidus y liquidus de la primera aleación. Preferentemente, las dos capas de metal están compuestas por diferentes aleaciones.

En una realización preferida, el lingote es de sección transversal rectangular y comprende 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 preferentemente en caliente y en frío para formar una chapa de metal compuesto.

En una realización particularmente preferida, la aleación del núcleo es una aleación de aluminio-manganeso y la aleación de la superficie es una aleación de aluminio-silicio. Tal lingote de material compuesto, cuando se lamina en caliente y en frío para formar una chapa de soldadura fuerte de metal compuesto, puede someterse a una operación de soldadura fuerte para hacer una estructura de soldadura fuerte resistente a la corrosión.

En otra realización particularmente preferida, el núcleo de la aleación es una aleación de chatarra de aluminio y la aleación de la superficie una aleación de aluminio puro. Tales lingotes de materiales compuestos, cuando se laminan en caliente y en frío para formar chapa de metal compuesto, proporcionan productos reciclados baratos que tienen propiedades mejoradas de resistencia a la corrosión, capacidad de acabado superficial, etc. En el presente contexto, una aleación de aluminio puro es una aleación de aluminio que tiene una conductividad térmica superior a 90 vatios/m/K y un intervalo de solidificación inferior a 50°C .

ES 2 297 431 T3

En todavía otra realización particularmente preferida, el núcleo de la aleación es una aleación no tratable térmicamente de alta resistencia (tal como una aleación de Al-Mg) y la aleación de la superficie es una aleación que puede someterse a soldadura fuerte (tal como una aleación de Al-Si). Tales lingotes de materiales compuestos, cuando se laminan en caliente y en frío para formar chapa de metal compuesto, pueden someterse a una operación de moldeo y se usan para estructuras de automóviles que entonces pueden someterse a soldadura fuerte o unirse similarmente.

En todavía otra realización particularmente preferida, el núcleo de la aleación es una aleación tratable térmicamente de alta resistencia (tal como una aleación 2xxx) y la aleación de la superficie es una aleación de aluminio puro. Tales lingotes de materiales compuestos, cuando se laminan en caliente y en frío, forman chapa de metal compuesto adecuada para estructuras para aviones. La aleación pura puede seleccionarse para resistencia a la corrosión o acabado superficial y preferentemente debería tener una temperatura solidus superior a la temperatura solidus de la aleación del núcleo.

En todavía otra realización particularmente preferida, el núcleo de la aleación es una aleación tratable térmicamente de resistencia media (tal como una aleación de Al-Mg-Si) y la aleación de la superficie es una aleación de aluminio puro. Tales lingotes de materiales compuestos, cuando se laminan en caliente y en frío, forman chapa de metal compuesto adecuada para cierres para automóviles. La aleación pura puede seleccionarse para resistencia a la corrosión o acabado superficial y preferentemente debería tener una temperatura solidus superior a la temperatura solidus de la aleación del núcleo.

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

Breve descripción de los dibujos

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

la fig. 1 es una vista en alzado en sección parcial que muestra una única pared divisoria;

la fig. 2 es una ilustración esquemática del contacto entre las aleaciones;

la fig. 3 es una vista en alzado en sección parcial similar a la fig. 1, pero que muestra un par de paredes divisorias;

la fig. 4 es una vista en alzado en sección parcial similar a la fig. 3, pero la segunda aleación tiene una temperatura liquidus inferior a la de la primera aleación que se alimenta en la cámara central;

las figs. 5a, 5b y 5c son vistas en planta que muestran algunas disposiciones alternativas de la cámara de alimentación que puede usarse con la presente invención;

la fig. 6 es una vista a escala ampliada en sección parcial de una parte de la fig. 1 que muestra un sistema de control de la curvatura;

la fig. 7 es una vista en planta de un molde que muestra los efectos de curvatura variable de la pared divisoria;

la fig. 8 es una vista a escala ampliada de una parte de la fig. 1 que ilustra una pared divisoria cónica entre aleaciones;

la fig. 9 es una vista en planta de un molde que muestra una configuración particularmente preferida de una pared divisoria;

la fig. 10 es una vista esquemática que muestra el sistema de control del nivel de metal de la presente invención;

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

la fig. 12 es una vista en planta de un molde que muestra otra configuración preferida de la pared divisoria;

la fig. 13 es una microfotografía de una sección a través de la cara de unión entre un par de aleaciones adyacentes usando el procedimiento de la presente invención que muestra la formación de partículas intermetálicas en la aleación opuesta;

la fig. 14 es una microfotografía de una sección a través de la misma cara de unión que en la fig. 13 que muestra la formación de penachos o exudados intermetálicos;

la fig. 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;

ES 2 297 431 T3

la fig. 16 es una microfotografía de una sección a través de la cara de unión entre una capa de aleación de plaqueado y una aleación del núcleo de colada usando el procedimiento de la presente invención;

5 la fig. 17 es una microfotografía de una sección a través de la cara de unión entre una capa de aleación de plaqueado y una aleación del núcleo de colada usando el procedimiento de la presente invención y que ilustra la presencia de componentes de aleación del núcleo exclusivamente a lo largo de límites de grano de la aleación de plaqueado en la cara de unión;

10 la fig. 18 es una microfotografía de una sección a través de la cara de unión entre una capa de aleación de plaqueado y una aleación del núcleo de colada usando el procedimiento de la presente invención y que ilustra la presencia de componentes de aleaciones difusos como en la figura 17; y

15 la fig. 19 es una microfotografía de una sección a través de la cara de unión entre una capa de aleación de plaqueado y una aleación del núcleo de colada usando el procedimiento de la presente invención y que también ilustra la presencia de componentes de aleaciones difusos como en la figura 17.

Mejores modos de llevar a cabo la invención

20 Con referencia a la fig. 1, un montaje 10 de molde de colada rectangular tiene paredes 11 de molde que forman parte de una camisa 12 de agua de la que se distribuye una corriente de agua 13 de enfriamiento.

25 La parte de alimentación del molde está dividida por una pared 14 divisoria en dos cámaras de alimentación. Una canaleta 30 de suministro de metal fundido y boquilla 15 de suministro equipada con un estrangulador 32 ajustable alimenta una primera aleación en una cámara de alimentación y una segunda canaleta 24 de suministro de metal equipada con un canal lateral, boquilla 16 de suministro y estrangulador 31 ajustable alimenta una segunda aleación en una segunda cámara de alimentación. Los estranguladores 31, 32 ajustables se ajustan o bien manualmente o en respuesta a alguna señal de control para ajustar el flujo de metal en las cámaras de alimentación respectivas. Una unidad 17 de bloque inferior verticalmente móvil soporta el lingote de material compuesto embrionario que se está formando y se ajusta en el extremo de salida del molde antes de empezar una colada y a partir de entonces se baja para permitir que se forme el lingote.

30 Como se muestra más claramente con referencia a la figura 2, en la primera cámara de alimentación, el cuerpo de metal 18 fundido se enfría gradualmente de manera que se forma una superficie 27 autoportante adyacente al extremo inferior de la pared divisoria y luego se forma una zona 19 que está entre líquida y sólida y frecuentemente se denomina una zona pastosa. Por debajo de esta zona pastosa o semisólida está una aleación 20 de metal sólido. En la segunda cámara de alimentación se alimenta un segundo flujo 21 líquido de aleación que tiene una temperatura liquidus inferior a la de la primera aleación 18. Este metal también forma una zona 22 pastosa y eventualmente una parte 23 sólida.

35 La superficie 27 autoportante normalmente experimenta una ligera contracción cuando el metal se separa de la pared 14 divisoria, así que se llega a tener una ligera expansión cuando se producen las fuerzas de dilatación, por ejemplo, por la presión metalostática del metal 18. La superficie autoportante tiene suficiente resistencia para contener tales fuerzas aún cuando la temperatura de la superficie pueda estar por encima de la temperatura solidus del metal 18. Una capa de óxido sobre la superficie puede contribuir a este equilibrio de fuerzas.

40 La temperatura de la pared 14 divisoria se mantiene a una temperatura diana predeterminada por medio de un fluido de control de la temperatura que pasa por un canal 33 cerrado que tiene una entrada 36 y salida 37 para el suministro y eliminación del fluido de control de la temperatura que extrae calor de la pared divisoria de manera que crea una superficie de separación enfriada que sirve para controlar la temperatura de la superficie 27 autoportante por debajo del extremo inferior de la pared 14 divisoria. Entonces, la superficie 34 superior del metal 21 en la segunda cámara se mantiene en una posición por debajo del borde 35 inferior de la pared 14 divisoria y al mismo tiempo la temperatura de la superficie 27 autoportante se mantiene de forma que la superficie 34 del metal 21 se ponga en contacto con esta superficie 27 autoportante en un punto en el que la temperatura de la superficie 27 esté entre la temperatura solidus y liquidus del metal 18. Normalmente, la superficie 34 se controla en un punto ligeramente por debajo del borde 35 inferior de la pared 14 divisoria, generalmente en aproximadamente de 2 a 20 mm del borde inferior. La capa de la superficie de separación así formada entre las dos corrientes de aleaciones forma en este punto una unión metalúrgica muy fuerte entre las dos capas sin mezclado excesivo de las aleaciones.

45 El flujo (y temperatura) del refrigerante requerido para establecer la temperatura de la superficie 27 autoportante de metal 18 dentro del intervalo deseado se determina generalmente empíricamente mediante el uso de pequeños termopares que están incrustados en la superficie 27 del lingote de metal cuando se forma y una vez establecido para una composición y temperatura de colada dada para el metal 18 (siendo la temperatura de colada la temperatura a la que el metal 18 se suministra al extremo de entrada de la cámara de alimentación) forma parte de la práctica de colada para una aleación tal. En particular se ha encontrado que a un flujo de refrigerante fijo por el canal 33, la temperatura del refrigerante que sale por el canal de refrigerante de la pared divisoria medida a la salida 37 guarda una buena relación con la temperatura de la superficie autoportante del metal en localizaciones predeterminadas por debajo del borde inferior de la pared divisoria, y de ahí que proporcione un medio sencillo y eficaz para controlar esta temperatura crítica proporcionando un dispositivo de medición de temperatura tal como un termopar 40 o termistor en la salida del canal de refrigerante.

ES 2 297 431 T3

La fig. 3 es esencialmente el mismo molde que en la fig. 1, pero en este caso se usa un par de paredes 14 y 14a divisorias que dividen la boca del molde en tres cámaras de alimentación. Hay una cámara central para la primera aleación de metal y un par de cámaras de alimentación exteriores para una segunda aleación de metal. Las cámaras de alimentación exteriores pueden adaptarse para una segunda y tercera aleación de metal, en cuyo caso los extremos inferiores de las paredes 14 y 14a divisorias pueden posicionarse de manera diferente y el control de la temperatura puede diferir para las dos paredes divisorias dependiendo de los requisitos particulares para colar y crear superficies de separación fuertemente unidas entre la primera y segunda aleación y entre la primera y tercera aleación.

Como se muestra en la fig. 4, también es posible invertir las aleaciones para que las primeras corrientes de aleación se alimenten en las cámaras de alimentación exteriores y una segunda corriente de aleación se alimente en la cámara de alimentación central.

La figura 5 muestra en vista en planta varias disposiciones de cámaras más complejas. En cada una de estas disposiciones hay una pared 11 exterior mostrada para el molde y las paredes 14 divisorias interiores que separan las cámaras individuales. Cada pared 14 divisoria entre cámaras adyacentes debe posicionarse y controlarse térmicamente de forma que se mantengan las condiciones de colada descritas en este documento. Esto significa que las paredes divisorias pueden extenderse hacia abajo desde la entrada del molde y terminar en diferentes posiciones 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.

Es ventajoso hacer la pared 14 divisoria flexible o que pueda tener una curvatura variable en el plano del molde como se muestra en las figuras 6 y 7. La curvatura se cambia normalmente entre la posición 14' inicial y la posición 14 de estado estacionario de manera que se mantenga una superficie de separación constante a lo largo de toda la colada. Esto se logra por medio de un brazo 25 unido en un extremo a la parte superior de la pared 14 divisoria y accionado en una dirección horizontal mediante un actuador 26 lineal. Si fuera necesario, el actuador se protege mediante una pantalla 42 térmica.

Las propiedades térmicas de aleaciones varían considerablemente y la cantidad y grado de variación en la curvatura se predetermina basándose en las aleaciones seleccionadas para las diversas capas en el lingote. Generalmente, éstas se determinan empíricamente como parte de una práctica de colada para un producto particular.

Como se muestra en la figura 8, la pared 14 divisoria también puede ser cónica 43 en la dirección vertical en el lado del metal 18. Este cono puede variar a lo largo de la longitud de la pared 14 divisoria para controlar adicionalmente la forma de la superficie de separación entre la capa de aleación adyacente. El cono también puede usarse en la pared 11 exterior del molde. Este cono o forma puede establecerse usando principios, por ejemplo, como se describen en el documento U.S. 6.260.602 (Wagstaff) y dependerán de nuevo de las aleaciones seleccionadas para las capas adyacentes.

La pared 14 divisoria se fabrica de metal (acero o aluminio, por ejemplo) y puede fabricarse en parte de grafito, por ejemplo, usando un inserto 46 de grafito en la superficie cónica. Los canales 48 y muescas 47 de suministro de aceite también pueden usarse para proporcionar lubricantes o sustancias de separación. Por supuesto, los insertos y las configuraciones de suministro de aceite pueden usarse en las paredes exteriores del modo conocido en la técnica.

En la figura 9 se muestra una realización preferida particular de pared divisoria. La pared 14 divisoria se extiende sustancialmente paralela a la pared 11 lateral del molde 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 14 divisoria tiene curvas 45 de 90° y termina en localizaciones 50 en la pared 11 de lado largo en vez de extenderse completamente hasta las paredes de lado corto. La colada del lingote plaqueado con una pared divisoria tal puede laminarse para mantener mejor la forma del plaqueado respecto a la anchura de la chapa que lo que se produce en los procedimientos de laminado- plaqueado más convencionales. El cono descrito en la figura 8 también puede aplicarse a este diseño en el que, por ejemplo, puede usarse un alto grado de cono en la superficie 45 curva y un grado medio de cono en la reacción 44 recta.

La figura 10 muestra un procedimiento para controlar el nivel de metal en un molde de colada que puede usarse en cualquier molde de colada, sea o no para colar lingotes en capas, pero es particularmente útil para controlar el nivel de metal en espacios confinados como pueden encontrarse en algunas cámaras de metal en moldes para colar lingotes de múltiples capas. Un abastecimiento 51 de gas (normalmente un cilindro de gas inerte) está unido a un controlador 52 de flujo que suministra un pequeño flujo de gas a un tubo de suministro de gas con un extremo 53 abierto que está posicionado en una localización 54 de referencia dentro del molde. El diámetro interno del tubo de suministro de gas en su salida está normalmente entre 3 y 5 mm. La localización de referencia se selecciona de manera que esté por debajo de la superficie superior del metal 55 durante una operación de colada y esta localización de referencia puede variar dependiendo de los requisitos de la práctica de colada.

Un transductor 56 de presión está unido al tubo de suministro de gas en un punto entre el controlador de flujo y el extremo abierto de manera que se mida la contrapresión de gas en el tubo. Este transductor 56 de presión produce a su vez una señal que puede compararse con una señal de referencia para controlar el flujo de metal que entra en la cámara por medios conocidos para aquellos expertos en la materia. Por ejemplo, puede usarse un tapón 57 refractario ajustable en un tubo 58 refractario alimentado a su vez de una canaleta 59 de suministro de metal. En uso, el flujo de gas se

ES 2 297 431 T3

ajusta a un nivel bajo apenas suficiente para mantener abierto el extremo del tubo de suministro de gas. Para atenuar las fluctuaciones de presión producidas por la formación de burbujas se usa un trozo de fibra refractaria insertada en el extremo abierto del tubo de suministro de gas. Entonces, la presión medida determina el grado de inmersión del extremo abierto del tubo de suministro de gas por debajo de la superficie del metal en la cámara y de ahí el nivel de la superficie de metal con respecto a la localización de referencia y por tanto se controla la velocidad de flujo de metal en la cámara para mantener la superficie de metal en una posición predeterminada con respecto a la localización de referencia.

El controlador de flujo y el transductor de presión son dispositivos que son dispositivos comúnmente disponibles. Sin embargo, se prefiere particularmente que el controlador de flujo pueda controlar el flujo de manera fidedigna en el intervalo de 5 a 10 cm³/minuto de flujo de gas. Un transductor de presión que puede medir presiones hasta aproximadamente 0,1 psi (0,689 kPa) proporciona una buena medición del control del nivel de metal (hasta a 1 mm) en la presente invención y la combinación proporciona un buen control incluso en vista de ligeras fluctuaciones en la presión producidas por el lento burbujeo por el extremo abierto del tubo de suministro de gas.

La figura 11 muestra una vista en perspectiva de una parte de la parte superior del molde de la presente invención. Se muestra un sistema de alimentación para una de las cámaras de metal particularmente adecuado para alimentar metal en una cámara de alimentación estrecha como puede usarse para producir una superficie plaqueada en un lingote. En este sistema de alimentación se proporciona un canal 60 adyacente a la cámara de alimentación que tiene varios tubos 61 de bajada pequeños conectados a él que terminan por debajo de la superficie del metal. Las bolsas 62 de distribución hechas de tela refractaria por medios conocidos en la técnica se instalan alrededor de la salida de cada tubo 61 de bajada para mejorar la uniformidad de la distribución de metal y temperatura. El canal se alimenta a su vez de una canaleta 68 en la que un único tubo 69 de bajada se extiende en el metal en el canal y en el que se inserta un tapón de control de flujo (no mostrado) de diseño convencional. El canal está posicionado y nivelado para que el metal fluya uniformemente a todas las localizaciones.

La figura 12 muestra otra disposición preferida de paredes 14 divisorias para colar un lingote de sección transversal rectangular plaqueado en las dos caras. Las paredes divisorias tienen una sección 44 recta sustancialmente paralela a la pared 11 lateral del molde 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 partes 49 de extremos curvos que cruzan la pared del extremo más corto del molde en las localizaciones 41. Esto es de nuevo útil para mantener la forma del plaqueado respecto a la anchura de la chapa que lo que se produce en procedimientos de laminado-plaqueado más convencionales. Aunque se ilustra para el plaqueado en dos caras, puede usarse igualmente de bien para el plaqueado en una sola cara del lingote.

La figura 13 es una microfotografía a un aumento de 15X que muestra la superficie de separación 80 entre una colada de aleación 81 de Al-Mn (X- 904 que contiene 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 Al de equilibrio e impurezas inevitables) y aleación 82 de Al-Si (AA4147 que contiene 12% en peso de Si, 0,19% en peso de Mg y el Al de equilibrio e impurezas inevitables) en las condiciones de la presente invención. La aleación de Al-Mn tenía una temperatura solidus de 1190°F (643°C) y una temperatura liquidus de 1215°F (657°C). La aleación de Al-Si tenía una temperatura solidus de 1070°F (576°C) y una temperatura liquidus de 1080°F (582°C). La aleación de Al-Si se alimentó en el molde de colada de forma que la superficie superior del metal se mantuvo para que se pusiera en contacto con la aleación de Al-Mn en una localización en la que se había establecido una superficie autoportante en la aleación de Al-Mn, pero su temperatura estaba entre las temperaturas solidus y liquidus de la aleación de Al-Mn.

En la muestra está presente una superficie de separación limpia que indica que no hay mezclado general de aleaciones, pero además, las partículas de compuestos intermetálicos que contienen Mn 85 son visibles en una banda de aproximadamente 200 μm dentro de la aleación 82 de Al-Si adyacente a la superficie de separación 80 entre las aleaciones de Al-Mn y Al-Si. Los compuestos intermetálicos son principalmente MnAl₆ y alfa-AlMn.

La figura 14 es una microfotografía a un aumento de 200X que muestra la superficie 80 de separación de la misma combinación de aleaciones que en la figura 13 en la que la temperatura de la propia superficie no se dejó bajar por debajo de la temperatura solidus de la aleación de Al-Mn antes de ponerse en contacto con la aleación de Al-Si. Se observa un penacho 88 o exudado que se extiende desde la superficie 80 de separación hacia la aleación 82 de Al-Si de la aleación 81 de Al-Mn y el penacho o exudado tiene una composición intermetálica que contiene Mn que es similar a las partículas en la figura 13. Los penachos o exudados se extienden normalmente hasta 100 μm en el metal vecino. La unión resultante entre las aleaciones es una fuerte unión metalúrgica. Las partículas de compuestos intermetálicos que contienen Mn 85 también están visibles en esta microfotografía y tienen un tamaño de normalmente hasta 20 μm.

La figura 15 es una microfotografía (a un aumento de 300X) que muestra la superficie de separación entre una aleación de Al-Mn (AA3003) y una aleación de Al-Si (AA4147), pero en la que la superficie autoportante de Al-Mn se enfrió más de aproximadamente 5°C por debajo de la temperatura solidus de la aleación de Al-Mn, momento en el que la superficie superior de la aleación de Al-Si se puso en contacto con la superficie autoportante de la aleación de Al-Mn. La línea 90 de unión entre las aleaciones es claramente visible, indicando que así se formó una mala unión metalúrgica. También hay una ausencia de exudados o composiciones intermetálicas dispersas de la primera aleación en la segunda aleación.

ES 2 297 431 T3

Se colaron una variedad de combinaciones de aleaciones según el procedimiento de la presente invención. Las condiciones se ajustaron para que la temperatura superficial de la primera aleación estuviera entre su temperatura solidus y liquidus en la superficie superior de la segunda aleación. En todos los casos, las aleaciones se colaron en lingotes de 690 mm x 1590 mm y 3 metros de longitud y luego se procesaron mediante precalentamiento, laminado en caliente y laminado en frío convencional. Las coladas de combinaciones de aleaciones se facilitan en la tabla 1 de más adelante. Usando terminología convencional, el “núcleo” es la capa de soporte más gruesa en un material compuesto de dos aleaciones y el “plaqueado” es la capa funcional superficial. En la tabla, la primera aleación es la primera colada de aleaciones y la segunda aleación es la aleación puesta en contacto con la superficie autoportante de la primera aleación.

TABLA 1

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

En cada uno de estos ejemplos, el plaqueado fue la primera aleación en solidificar y la aleación del núcleo se aplicó a la aleación de plaqueado en un punto en el que se había formado una superficie autoportante, pero en el que la temperatura superficial todavía estaba dentro del intervalo L-S anteriormente facilitado. Esto puede compararse con el ejemplo anterior para chapa para soldadura fuerte en la que la aleación de plaqueado tuvo un menor intervalo de fusión que la aleación del núcleo, en cuyo caso la aleación de plaqueado (la “segunda aleación”) se aplicó a la superficie autoportante de la aleación del núcleo (la “primera aleación”). Se tomaron microfotografías de la superficie de separación entre el plaqueado y el núcleo en las cuatro coladas anteriores. Las microfotografías se tomaron a un aumento de 50X. En cada imagen, la capa de “plaqueado” aparece a la izquierda y la capa del “núcleo” a la derecha.

La figura 16 muestra la superficie de separación de la colada n° 051804 entre la aleación de plaqueado 0303 y la aleación del núcleo 3104. La superficie de separación es transparente desde el cambio en la estructura de grano, pasando por el material de plaqueado hasta la capa de núcleo relativamente más aleada.

La figura 17 muestra la superficie de separación de la colada n° 030826 entre la aleación de plaqueado 1200 y la aleación del núcleo 2124. La superficie de separación entre las capas se muestra en la figura por la línea 94 de puntos. En esta figura, la presencia de componentes de aleaciones de la aleación 2124 está presente en los límites de grano de la aleación 1200 a una distancia corta de la superficie de separación. Esto aparece en la figura como “dedos” separados de material, uno de los cuales se ilustra por el número 95. Puede verse que los componentes de aleaciones 2124 se extienden una distancia de aproximadamente 50 μm , que normalmente se corresponde con un único grano de la aleación 1200 en estas condiciones.

La figura 18 muestra la superficie de separación de la colada n° 031013 entre la aleación de plaqueado 0505 y la aleación del núcleo 6082 y la figura 19 muestra la superficie de separación de la colada n° 030827 entre la aleación de plaqueado 1050 y la aleación del núcleo 6111. En cada una de estas figuras, la presencia de componentes de aleaciones de la aleación del núcleo son granos visibles en los límites de grano de la aleación de plaqueado inmediatamente adyacente a la superficie de separación.

REIVINDICACIONES

5 1. Un procedimiento para colar un lingote de metal compuesto que comprende al menos dos capas formadas por una o más composiciones de aleaciones que comprende proporcionar un molde (10) anular de extremos abiertos que tiene un extremo de alimentación y un extremo de salida en el que el metal fundido (18, 21) se añade al extremo de alimentación y un lingote solidificado se extrae del extremo de salida, y paredes divisorias (14, 14a, 14') para dividir el extremo de alimentación en al menos dos cámaras de alimentación separadas, terminando las paredes divisorias en extremos inferiores (35) de las mismas posicionadas por encima del extremo de salida de dicho molde, con cada cámara de alimentación adyacente al menos a otra cámara de alimentación, en el que para cada par de las cámaras de alimentación adyacentes se alimenta una primera corriente de una primera aleación (18) 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 (21) se alimenta por 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, poner en contacto el primer baño de aleación con la pared divisoria entre el par cámaras para así enfriar el primer baño de aleación para formar una superficie autoportante (27) y permitir que el segundo baño de aleación se ponga en contacto con el primer baño de aleación para que la superficie superior (34) del segundo baño de aleación se ponga en contacto con la pared divisoria en una posición no superior a 3 mm por encima del extremo inferior de la pared divisoria o se ponga en contacto con la superficie autoportante del primer baño de aleación en un punto en el que la temperatura de la superficie autoportante esté entre las temperaturas solidus y liquidus de la primera aleación, a través del cual los dos baños de aleaciones se unen como dos capas (20, 23), y enfriar las capas de aleaciones unidas para formar un lingote compuesto.

2. Un procedimiento según la reivindicación 1, en el que la primera y segunda aleación tienen la misma composición.

25 3. Un procedimiento según la reivindicación 1, en el que la primera aleación y la segunda aleación tienen composiciones diferentes.

30 4. Un procedimiento según la reivindicación 1, en el que la superficie superior (34) de la segunda aleación se pone en contacto con la superficie autoportante (27) de la primera aleación en una posición en la que la temperatura de la superficie autoportante de la primera aleación está entre las temperaturas solidus y liquidus de la misma.

35 5. Un procedimiento según la reivindicación 4, en el que la superficie superior (34) de la segunda aleación se pone en contacto con la superficie autoportante (27) de la primera aleación en una posición en la que la temperatura de la superficie autoportante de la primera aleación está entre las temperaturas solidus y de coherencia de la misma.

40 6. Un procedimiento según la reivindicación 1, en el que la temperatura de la segunda aleación cuando se pone primero en contacto con la superficie autoportante (27) de la primera aleación es mayor que o igual a la temperatura liquidus de la segunda aleación.

7. Un procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1-6, en el que las paredes divisorias (14, 14a, 14') para dividir el extremo de alimentación están constituidas por paredes divisorias controladas por temperatura entre cada uno de los pares de cámaras.

45 8. Un procedimiento según la reivindicación 7, en el que las paredes divisorias controladas por temperatura (14, 14a, 14') sirven para controlar la temperatura de la superficie autoportante (27) de la primera aleación (18) en la posición en la que la superficie superior (34) de la segunda aleación (21) se pone en contacto con la superficie autoportante.

50 9. Un procedimiento según la reivindicación 7, en el que un fluido de control de la temperatura se pone en contacto con la pared divisoria controlada por temperatura (14, 14a, 14') para controlar el calor eliminado o añadido por la pared divisoria.

55 10. Un procedimiento según la reivindicación 9, en el que el fluido de control de la temperatura fluye por un canal cerrado (33) y la temperatura de la superficie autoportante (27) se controla midiendo la temperatura de salida del fluido que abandona el canal.

11. Un procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1-10, en el que la superficie superior (34) del segundo baño de aleación se mantiene a un nivel por debajo del extremo inferior de la pared divisoria (14, 14a, 14').

60 12. Un procedimiento según la reivindicación 11, en el que la superficie superior (34) del segundo baño de aleación se mantiene a 2 mm del borde inferior de la pared divisoria (14, 14a, 14').

13. Un procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1-12, en el que la curvatura de la pared divisoria (14, 14') se hace variar durante la colada.

65 14. Un procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1-12, en el que la pared divisoria (14, 14a, 14') está provista de un ahusamiento hacia fuera en la cara en contacto con la primera aleación (18).

ES 2 297 431 T3

15. Un procedimiento según la reivindicación 14, en el que el ahusamiento varía a lo largo de la longitud de la pared divisoria (14, 14a, 14').

5 16. Un procedimiento según la reivindicación 1, en el que la posición de una o más de las superficies superiores del baño de metal se controla proporcionando una fuente de gas (51), suministrando el gas por medio de un tubo de extremo abierto en el que el extremo abierto (53) está posicionado en un punto de referencia (54) dentro de una cámara de forma que en uso el extremo abierto estará por debajo de la superficie superior (55) en esa cámara, controlando la velocidad de flujo del gas para mantener una velocidad de flujo lenta de gas por el tubo a una velocidad suficiente para mantener el tubo abierto, midiendo la presión del gas en el tubo, comparando la presión medida con una diana predeterminada y ajustando el flujo de metal en la cámara para mantener la superficie superior en una posición deseada.

15 17. Un procedimiento según la reivindicación 1, en el que el molde (10) tiene una sección transversal rectangular y comprende dos cámaras de alimentación de tamaños diferentes orientadas paralelas a la cara larga (11) del molde rectangular de manera que se forme un lingote rectangular con plaqueado en una cara.

18. Un procedimiento según la reivindicación 17, en el que la primera aleación (18) se alimenta en la mayor de las dos cámaras de alimentación.

20 19. Un procedimiento según la reivindicación 17, en el que la segunda aleación (21) se alimenta en la mayor de las dos cámaras de alimentación.

25 20. Un procedimiento según la reivindicación 17, 18 ó 19, en el que la pared divisoria (14, 14') es sustancialmente paralela (44) a la cara larga (11) del molde con partes de extremos curvos (45) que terminan (50) en las paredes largas del molde.

21. Un procedimiento según la reivindicación 17, 18 ó 19, en el que la pared divisoria (14, 14') es sustancialmente paralela a la cara larga (11) del molde con partes de extremos curvos que terminan en las paredes cortas del molde.

30 22. Un procedimiento según la reivindicación 1, en el que el molde (10) tiene una sección transversal rectangular y comprende tres cámaras de alimentación orientadas paralelas a la cara larga (11) del molde rectangular, en el que la cámara central es mayor que cualquiera de las dos cámaras laterales de manera que se forme un lingote rectangular con plaqueado (23) en las dos caras.

35 23. Un procedimiento según la reivindicación 22, en el que la primera aleación (18) se alimenta a la cámara central.

24. Un procedimiento según la reivindicación 22, en el que la segunda aleación (21) se alimenta a la cámara central.

40 25. Un procedimiento según la reivindicación 22, 23 ó 24, en el que la pared divisoria (14, 14') es sustancialmente paralela (44) a la cara larga (11) del molde con partes de extremos curvos (45) que terminan (50) en las paredes largas del molde.

45 26. Un procedimiento según la reivindicación 22, 23 ó 24, en el que la pared divisoria (14, 14') es sustancialmente paralela a la cara larga (11) del molde con partes de extremos curvos que terminan en las paredes de extremos cortos del molde.

50 27. Aparato para colada para la producción de lingotes de metales compuestos que comprende un molde anular (10) de extremos abiertos que tiene un extremo de alimentación y un extremo de salida y un bloque inferior móvil (17) adaptado para ajustarse dentro del extremo de salida y móvil en una dirección a lo largo del eje del molde anular, en el que el extremo de alimentación del molde está dividido en al menos dos cámaras de alimentación separadas, siendo cada cámara de alimentación adyacente al menos a otra cámara de alimentación, y en el que los pares adyacentes de cámaras de alimentación están separados por una pared divisoria controlada por temperatura (14, 14a, 14') que termina por encima del extremo de salida del molde, un medio (15, 16) para suministrar metal (18, 21) a cada cámara de alimentación, un medio (31, 32) para controlar el flujo de metal a cada cámara de alimentación y un aparato de control del nivel de metal (51, 52, 53, 56) para cada cámara de forma que en pares adyacentes de cámaras el nivel de metal en la primera cámara puede mantenerse en una posición por encima del extremo inferior (35) de dicha pared divisoria controlada por temperatura y en la segunda cámara puede mantenerse en una posición diferente respecto al nivel de metal en la primera cámara.

60 28. Un aparato para colada según la reivindicación 27, en el que el nivel de metal (34) en la segunda cámara puede mantenerse en una posición por debajo del extremo inferior (35) de la pared divisoria.

65 29. Un aparato para colada según la reivindicación 27, en el que un canal cerrado (33) para fluido de control de la temperatura que tiene una entrada (36) y una salida (37) está conectado con la pared divisoria controlada por temperatura (14, 14a, 14').

30. Un aparato para colada según la reivindicación 29, en el que se proporciona un dispositivo de medición de temperatura (40) en la salida de fluido (37).

ES 2 297 431 T3

31. Un aparato para colada según una cualquiera de las reivindicaciones 27-30 que comprende un actuador lineal (26) y brazo de control (25) unido a la pared divisoria controlada por temperatura (14) para que pueda variarse la curvatura de la pared divisoria.

5 32. Un aparato para colada según una cualquiera de las reivindicaciones 27-30, en el que la pared divisoria controlada por temperatura (14) es ahusada hacia el exterior en la superficie que está enfrente de la primera cámara.

33. Un aparato para colada según la reivindicación 32, en el que el ahusamiento varía a lo largo de la longitud de la pared divisoria.

10 34. Un aparato para colada según la reivindicación 27 que comprende un inserto de grafito (46) en la superficie de la pared divisoria controlada por temperatura (14) que está enfrente de la primera cámara.

15 35. Un aparato para colada según la reivindicación 27 que comprende un canal de suministro de fluido (48) para proporcionar una capa lubricante o de separación a la superficie de la pared divisoria.

20 36. Un aparato para colada según la reivindicación 34, en el que el inserto de grafito (46) es poroso y uno o más canales de suministro de fluido (48) en la pared divisoria controlada por temperatura (14) se adaptan para suministrar fluido mediante el inserto de grafito poroso a la superficie de la pared divisoria que está enfrente de la primera cámara.

25 37. Un aparato para colada según la reivindicación 27, en el que el aparato de control de nivel de metal comprende una fuente de gas (51), un controlador de flujo (52) 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 (53) y un indicador de presión (56) unido al tubo para medir la presión del gas en el tubo, estando posicionado el extremo abierto del tubo dentro de la cámara en una posición predeterminada (54) con respecto al cuerpo (10) del molde, de forma que en uso el extremo abierto del tubo se sumerge en el metal en la cámara, en el que el medio para controlar el flujo de metal a la cámara se controla en respuesta a la presión medida del indicador de presión para mantener el nivel de metal (55) en una posición predeterminada.

30 38. Un aparato para colada según la reivindicación 27, en el que el medio para suministrar metal a la cámara comprende una canaleta (59) de suministro de metal y uno o más tubos de suministro de metal de extremos abiertos (58) conectados a la canaleta.

35 39. Un aparato para colada según la reivindicación 38, en el que el uno o más tubos de extremo abierto está posicionado dentro de la cámara para que en uso el extremo abierto esté sumergido en el metal.

40

45

50

55

60

65

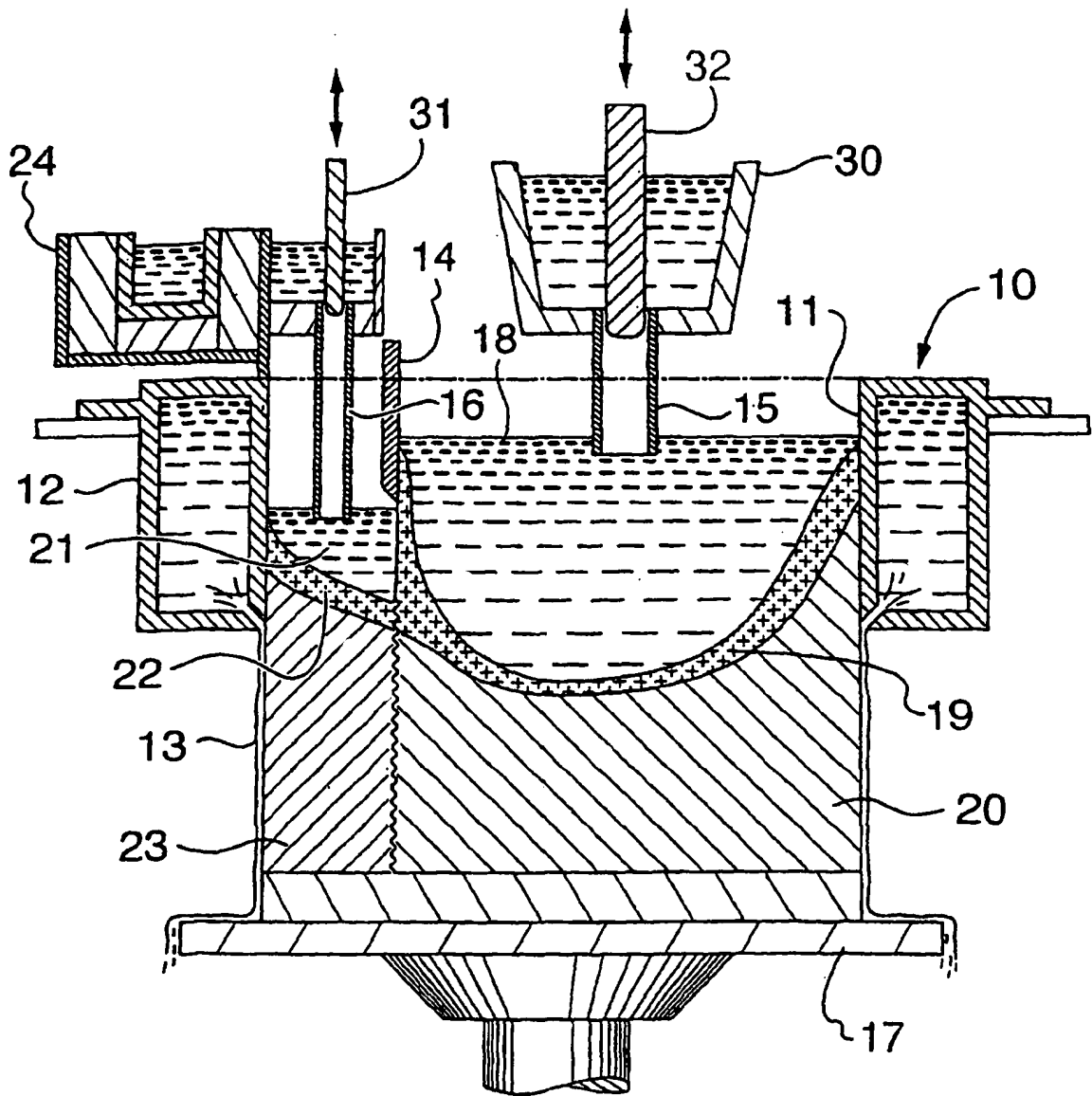


FIG. 1

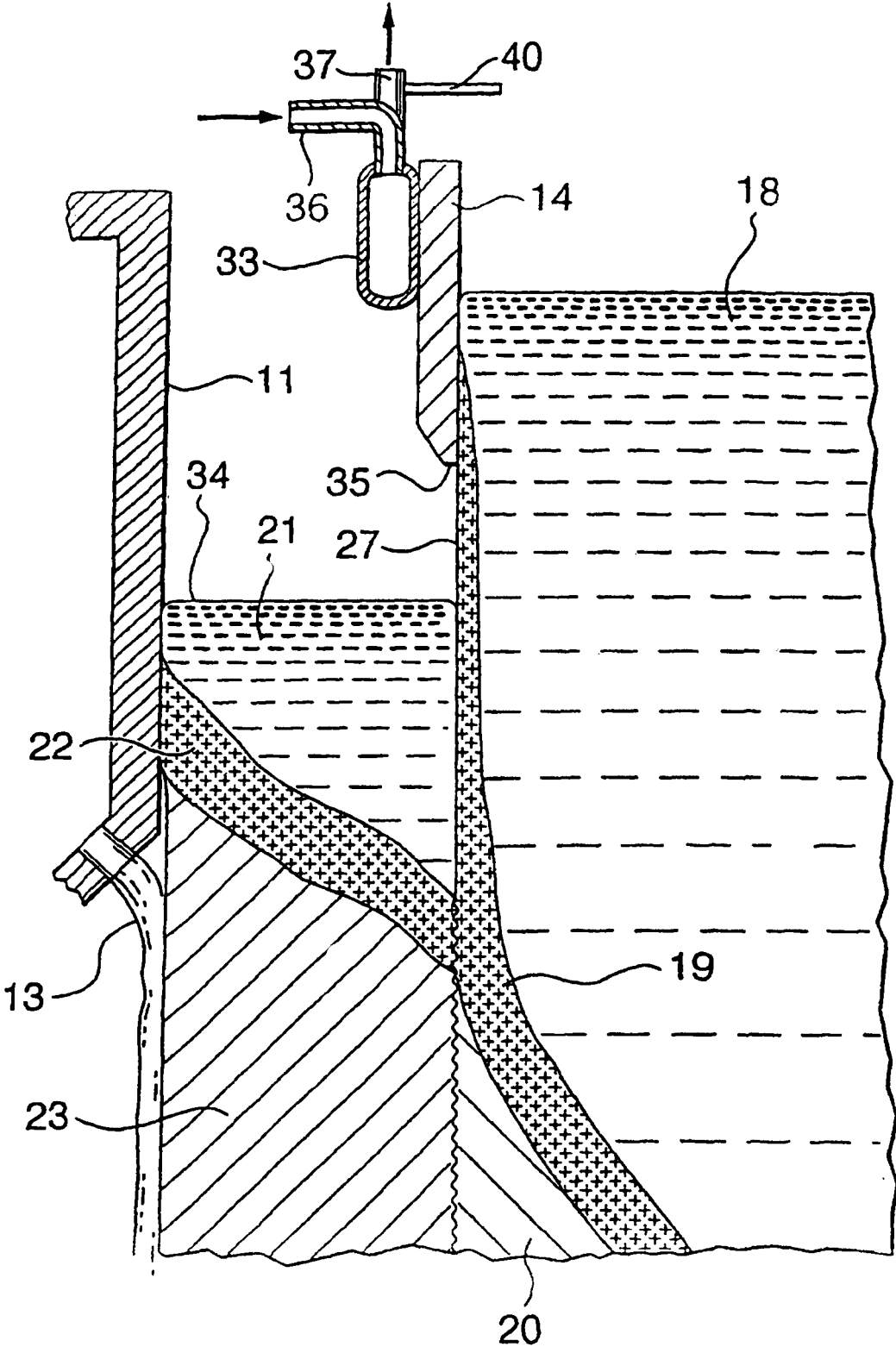


FIG. 2

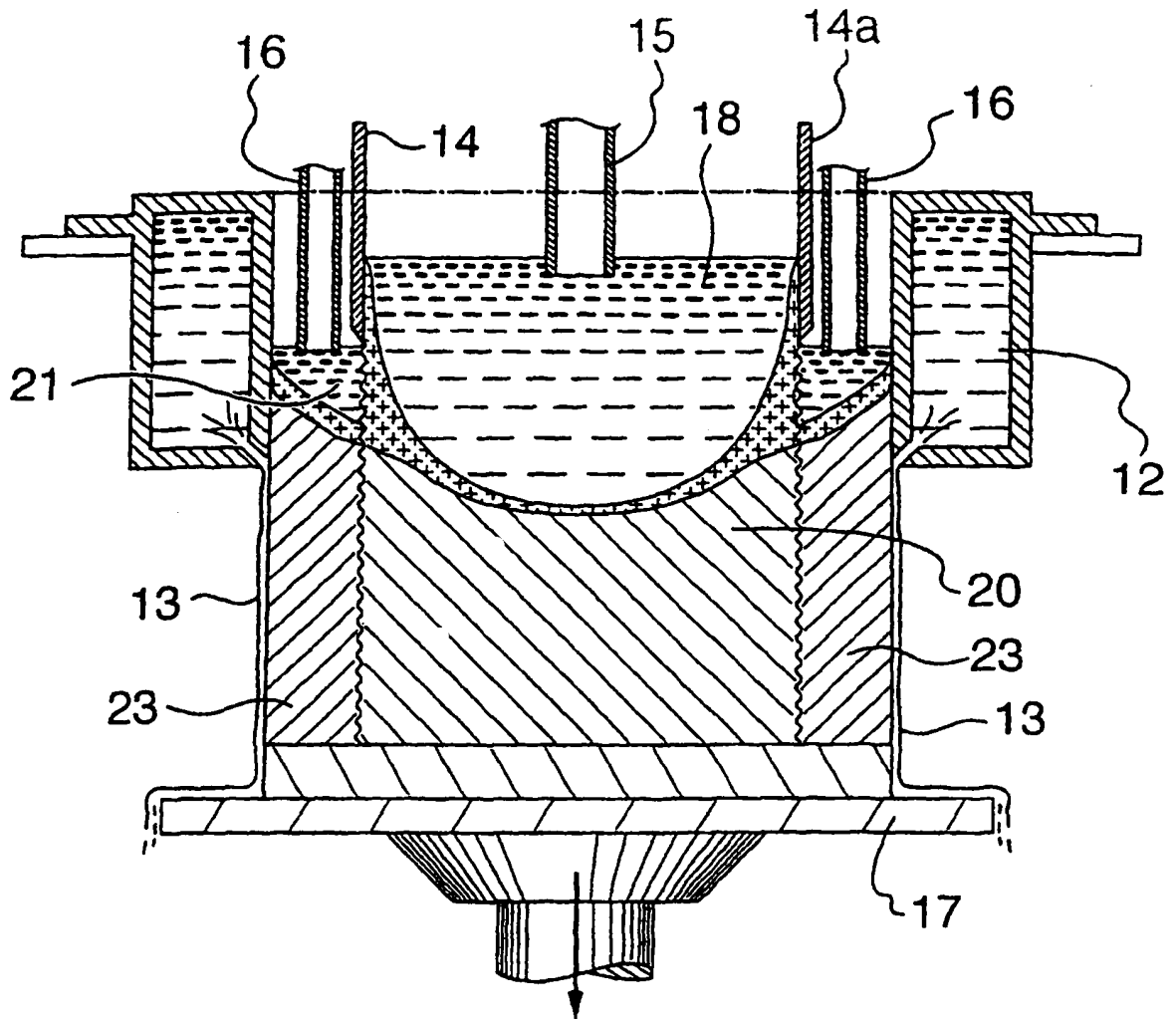


FIG. 3

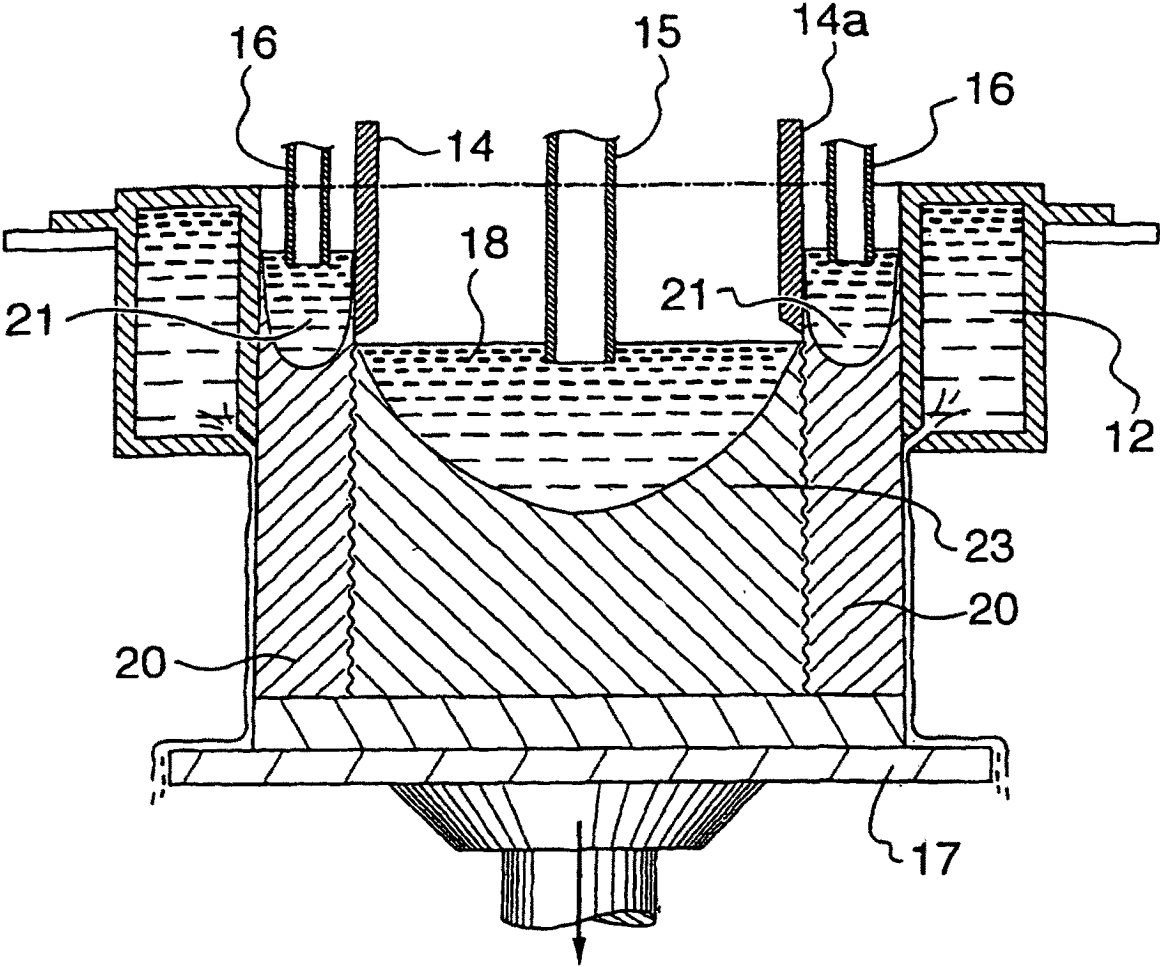


FIG. 4

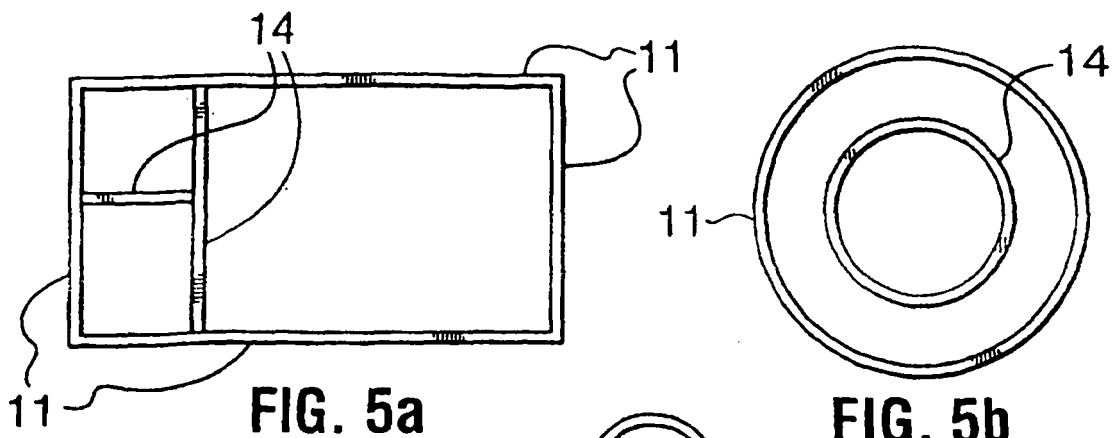


FIG. 5a

FIG. 5b

FIG. 5c

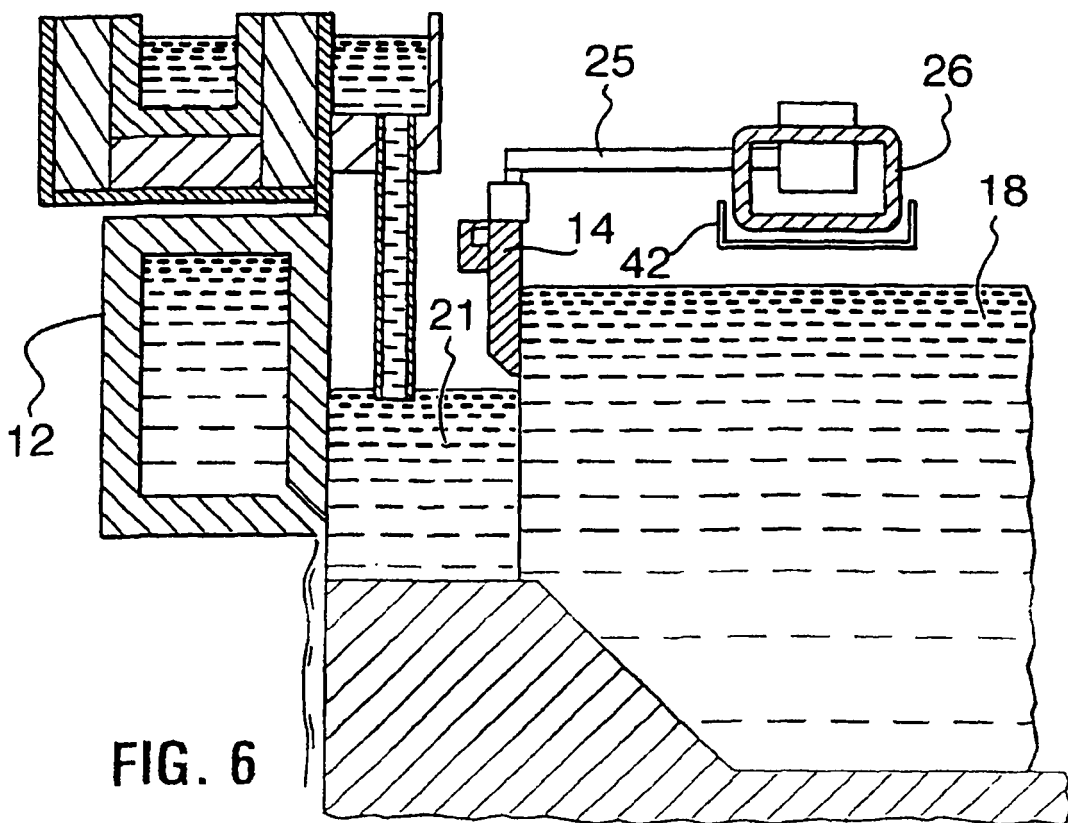
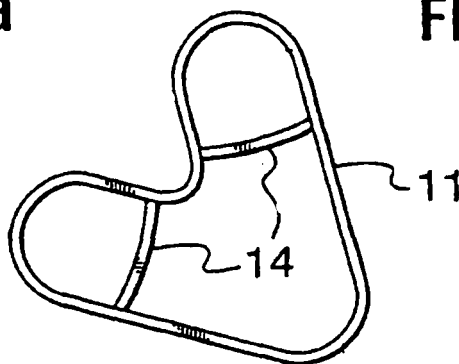


FIG. 6

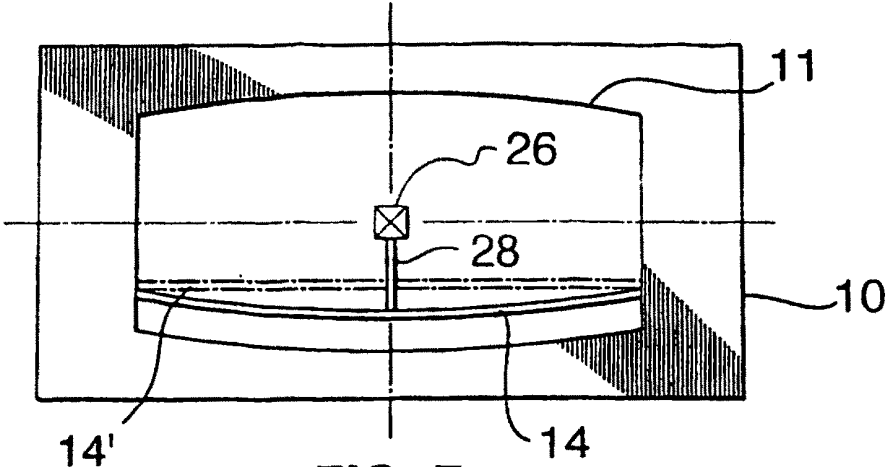


FIG. 7

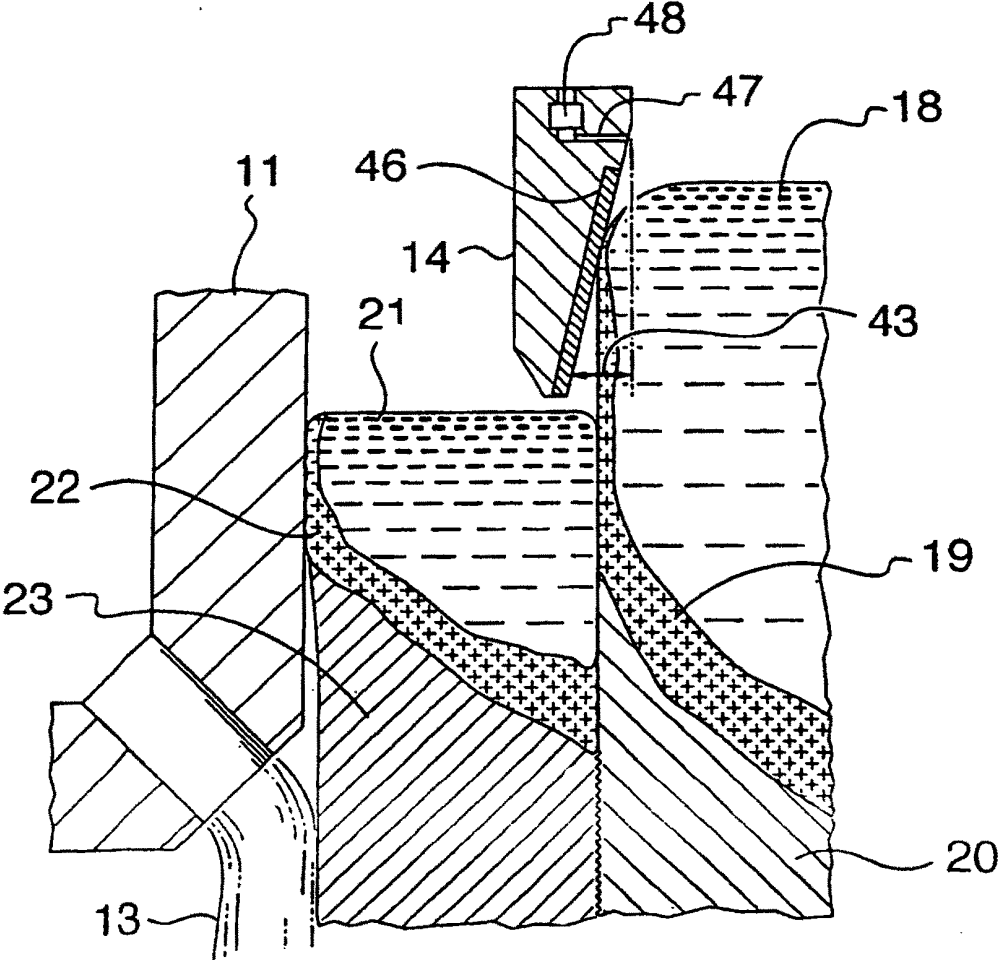
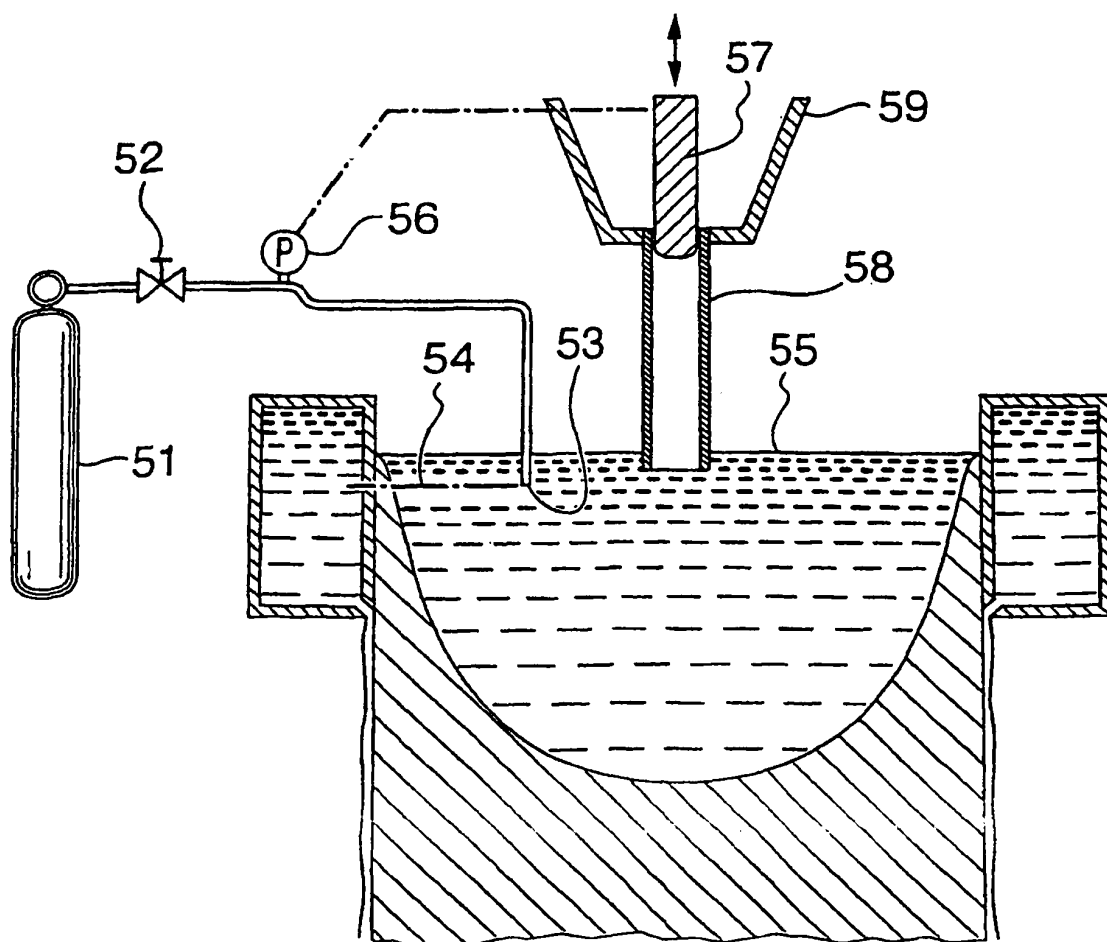
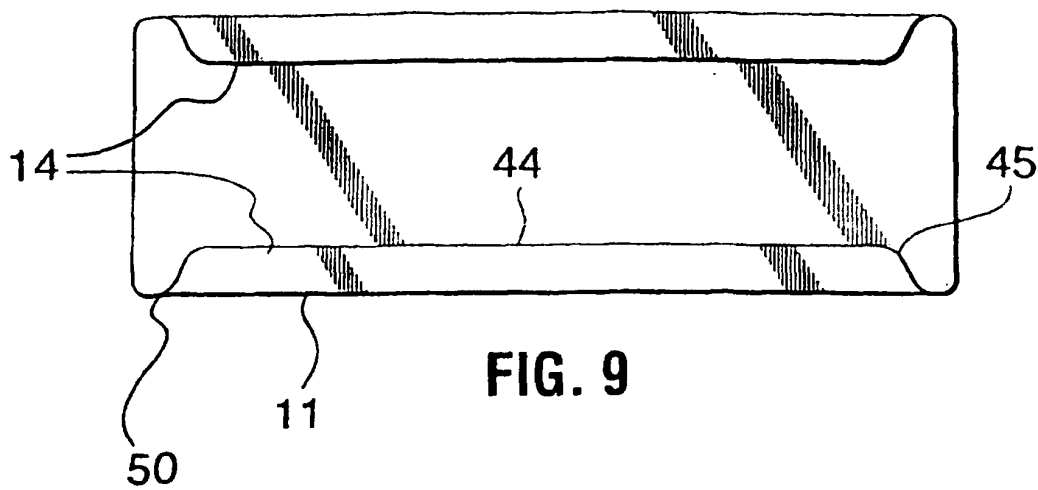


FIG. 8



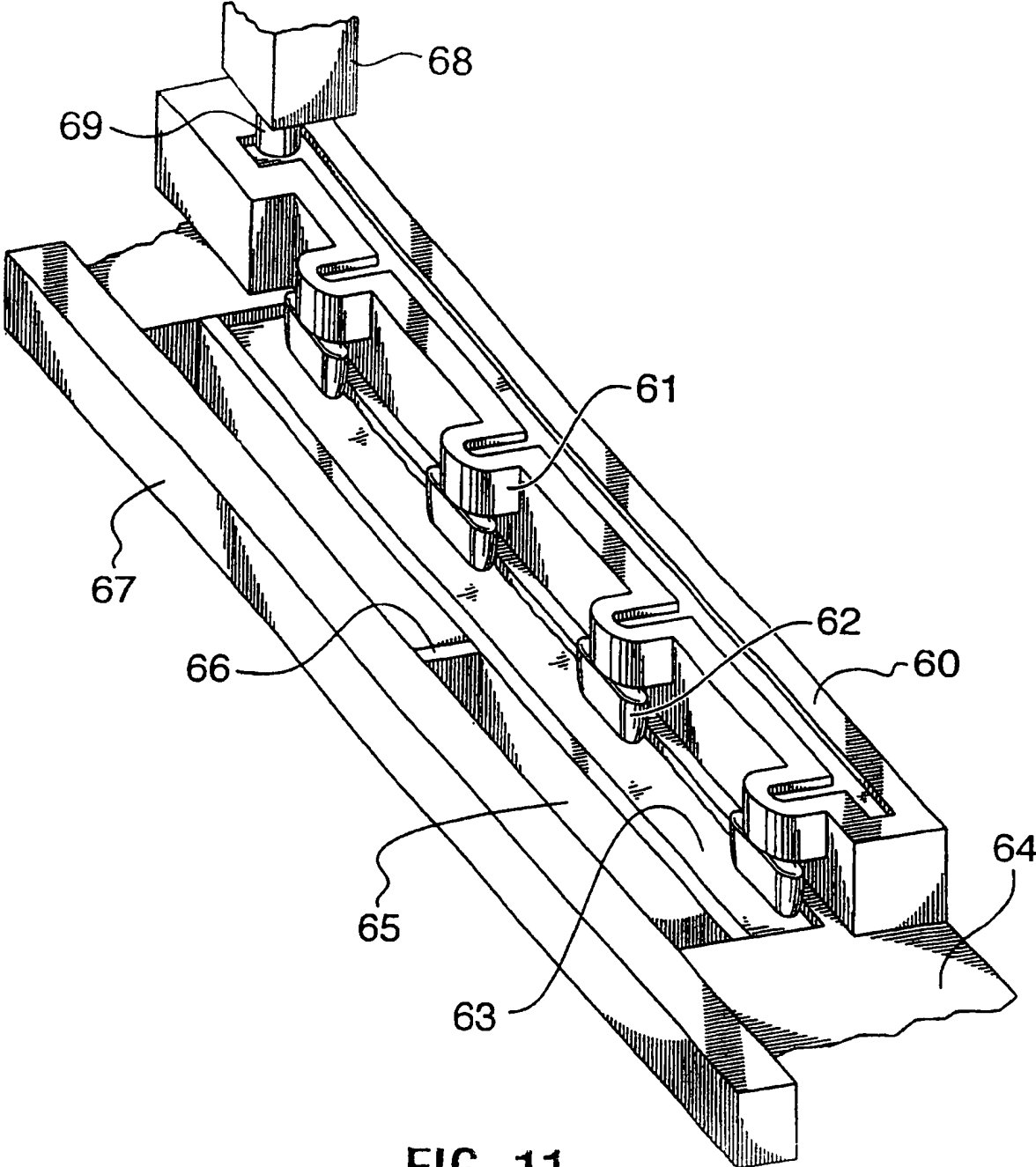


FIG. 11

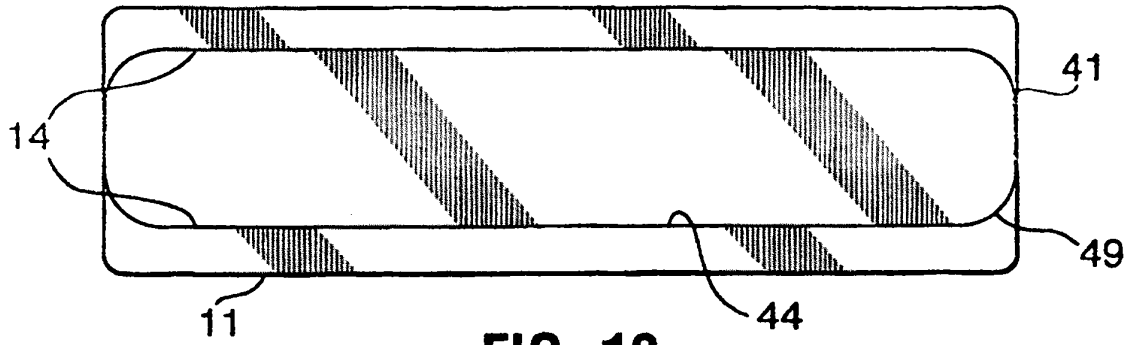
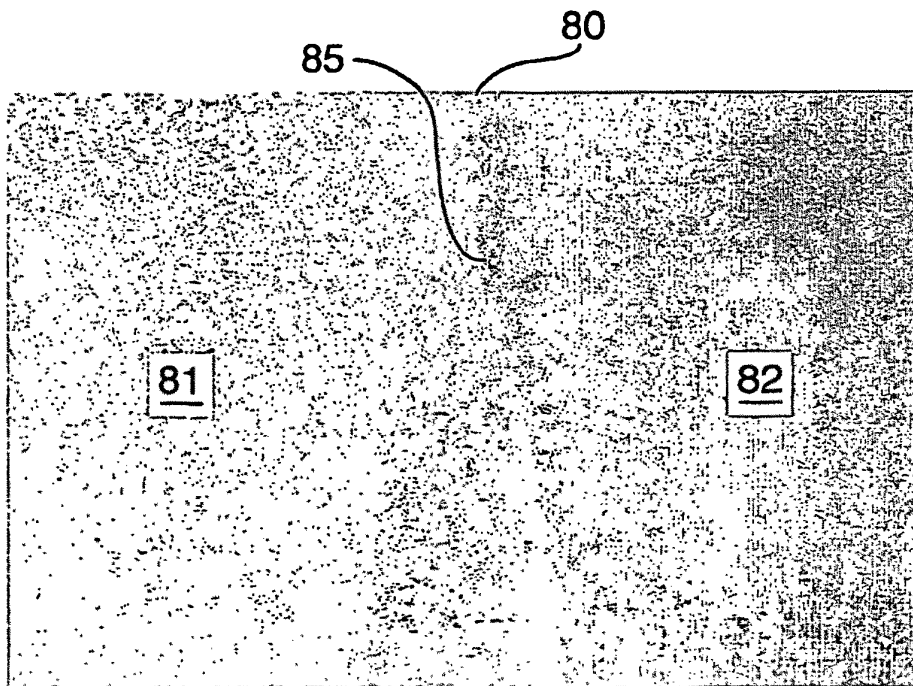


FIG. 12



2mm —————

FIG. 13

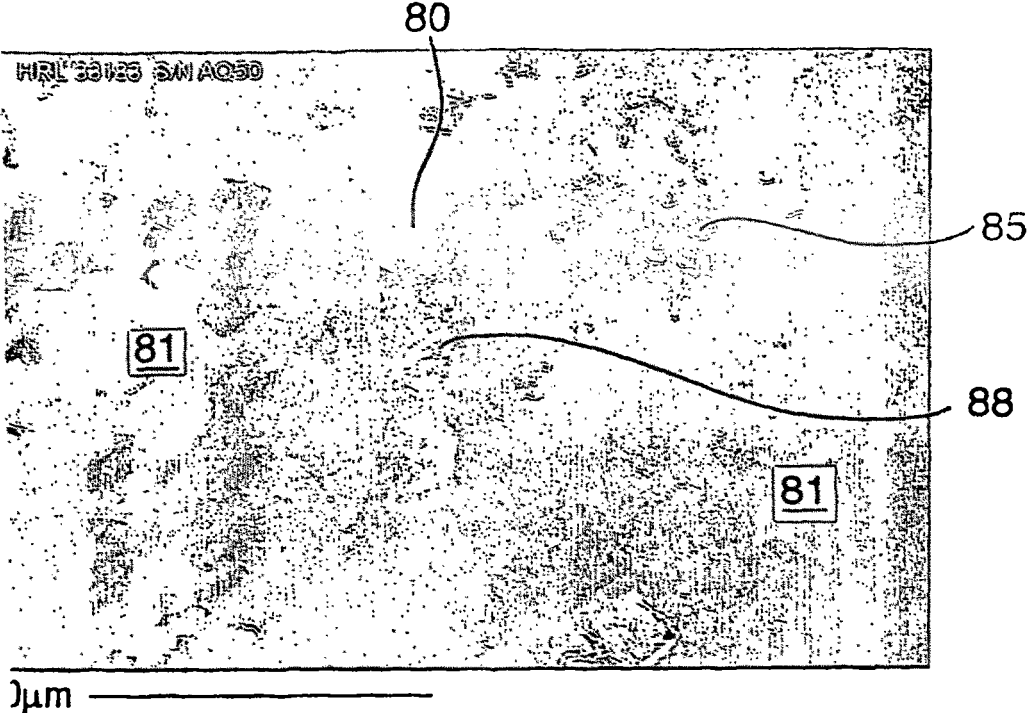


FIG. 14

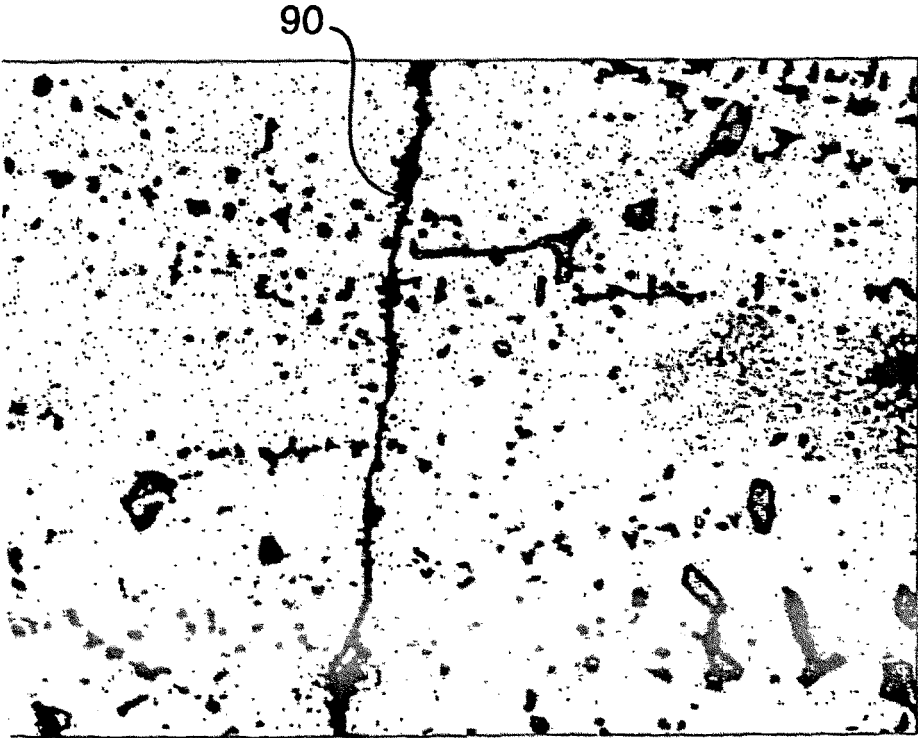
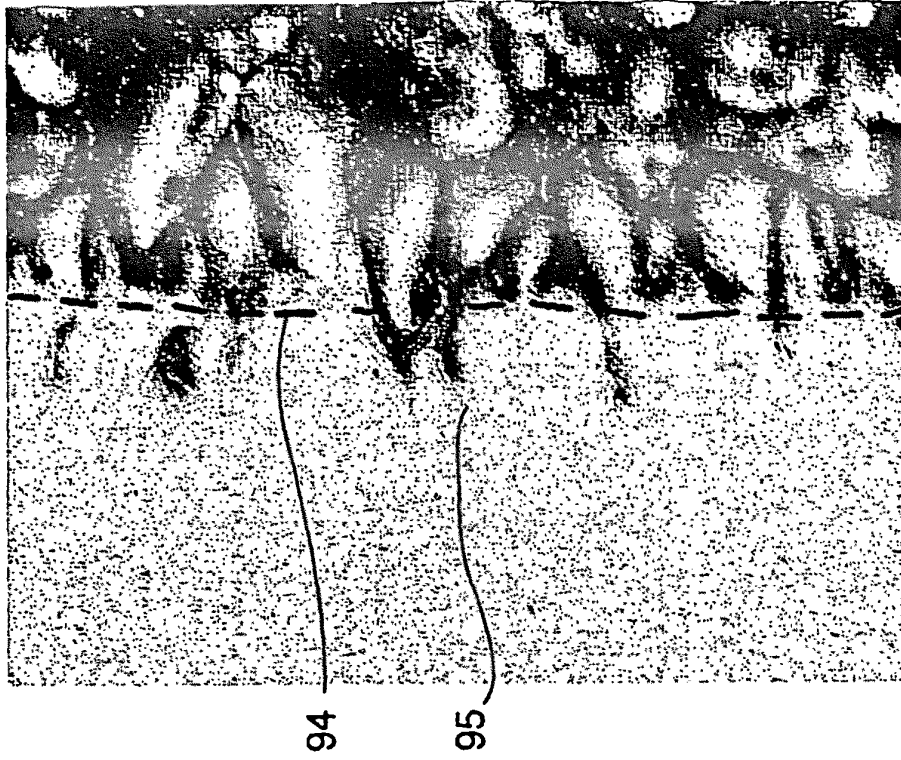


FIG. 15



50µm

FIG. 17

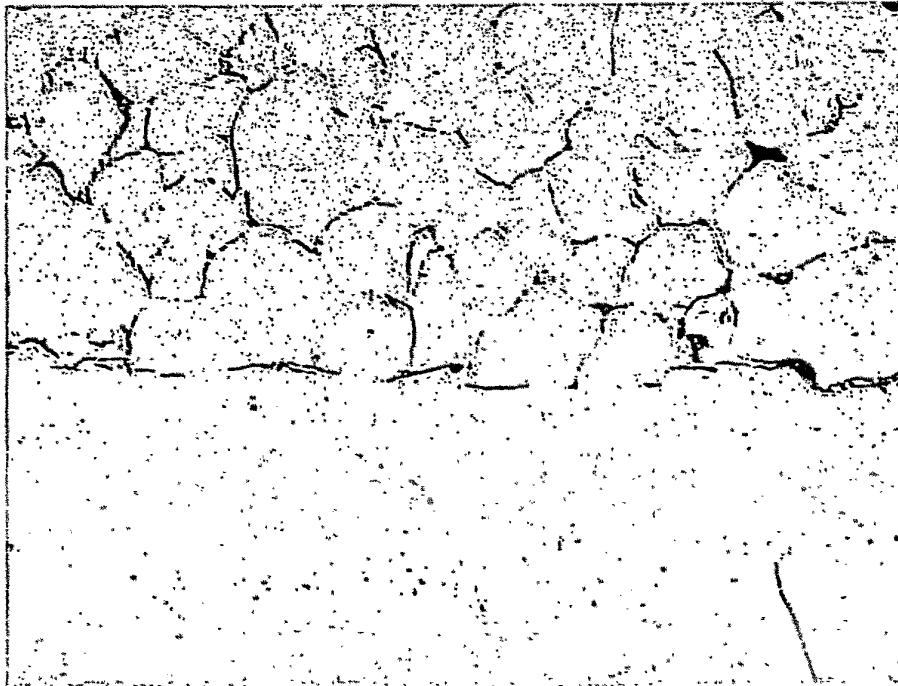


FIG. 16

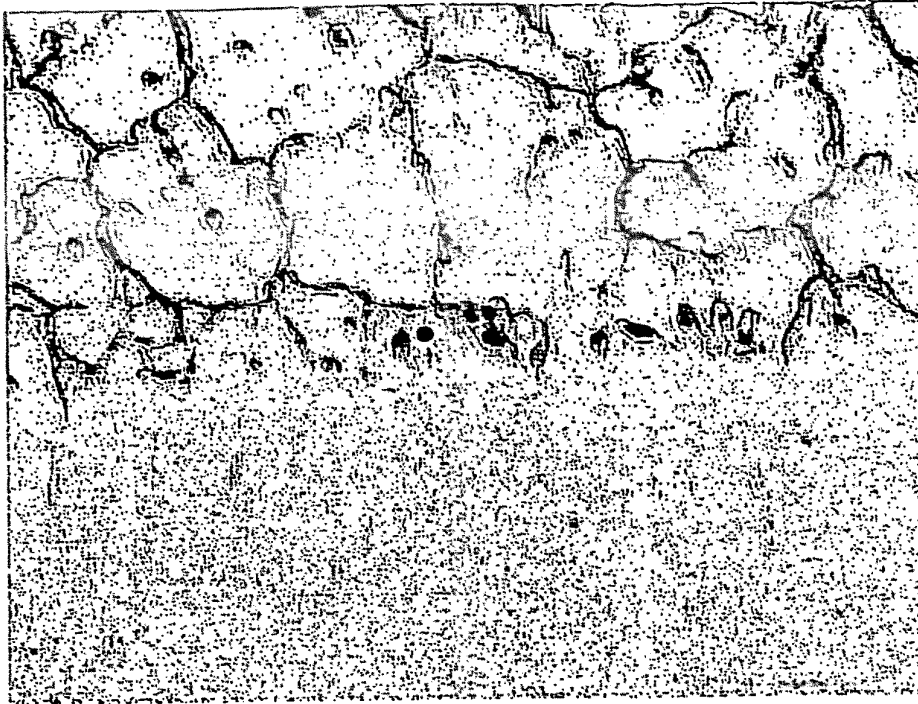


FIG. 19

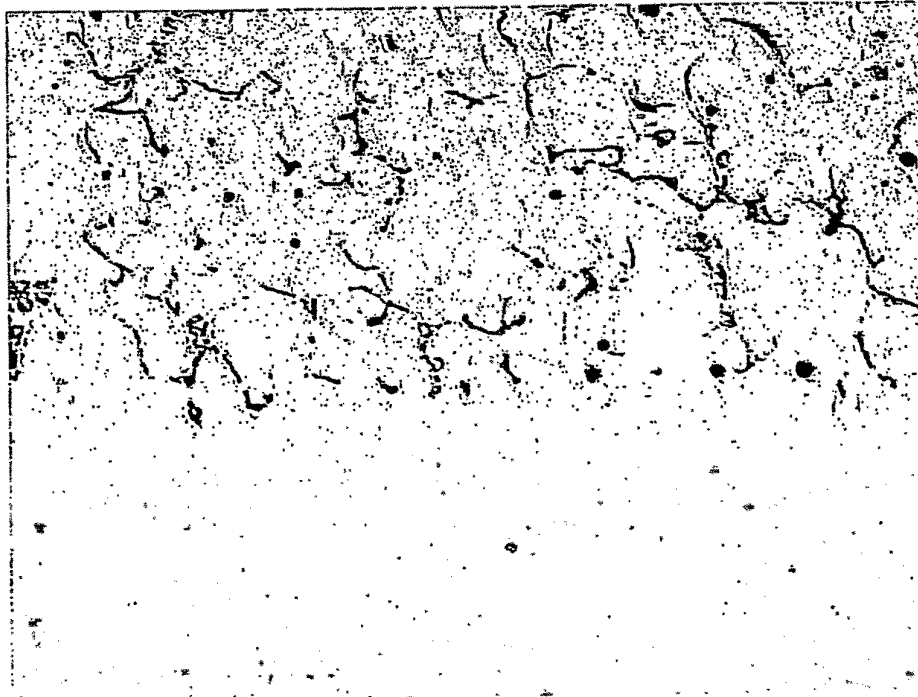


FIG. 18