

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 398 633**

51 Int. Cl.:

B22D 11/10 (2006.01)

B22D 11/117 (2006.01)

B22D 21/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.02.2010 E 10707100 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **31.10.2012 EP 2398609**

54 Título: **Procedimiento de colada para aleaciones de aluminio**

30 Prioridad:

20.02.2009 FR 0900780
15.12.2009 US 286594 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
20.03.2013

73 Titular/es:

CONSTELLIUM FRANCE (100.0%)
40-44, rue Washington
75008 Paris , FR

72 Inventor/es:

BES, GUILLAUME;
REY-FLANDRIN ROBERT;
RIBAUD, OLIVIER y
VERNEDE, STÉPHANE

74 Agente/Representante:

MIR PLAJA, Mireia

ES 2 398 633 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 de colada para aleaciones de aluminio

5 Ámbito de la invención

La invención se refiere a la colada de las aleaciones de aluminio, especialmente a la colada de las aleaciones que contienen magnesio y/o litio sensibles a la oxidación.

10 Estado de la técnica

La oxidación de las aleaciones de aluminio en estado líquido tiene consecuencias nefastas en el procedimiento de fundición. En los hornos y canales de distribución, la oxidación del metal tiene como primer resultado una pérdida neta de metal, llamada merma. Además, durante la colada, una oxidación del metal líquido demasiado importante engendra defectos en la superficie del lingote colado que perjudican la utilización de los productos. Estos problemas son particularmente marcados en las aleaciones que contienen magnesio y/o litio.

El principal defecto es el surco vertical que suele ser generado por arrugamientos de la piel de óxido en la superficie del foso de colada. En algunos casos, y en particular durante la colada de las aleaciones 7xxx, este problema es particularmente importante porque los surcos, sobre todo cuando son largos y profundos, inician fácilmente grietas superficiales. Por lo general, se deben eliminar los surcos y grietas antes de la transformación de los lingotes obtenidos durante la colada. Por ejemplo, los defectos se pueden eliminar por mecanizado, lo que puede ser económicamente muy desfavorable tanto debido al costo de la operación como a la pérdida significativa de metal que resulta. En algunos casos, el lingote llega a ser inutilizable debido a la presencia de grietas y es necesario refundirlo.

Se sabe de antaño que la adición de algunos elementos permite limitar la oxidación y mejorar la calidad de la superficie.

30 A partir de 1943, la patente US 2 336 512 describe la adición de muy pequeñas cantidades de berilio en aleaciones de aluminio que contienen magnesio, para limitar la oxidación de la superficie del metal líquido.

La solicitud internacional WO 02/30822 describe la sustitución de berilio por calcio con el mismo objeto de limitación de la oxidación.

35 Sin embargo, la adición de elementos adicionales puede ser la causa de otros problemas. Así, el berilio presenta cierta toxicidad que llevó, entre otras cosas, a su supresión en las aleaciones de aluminio utilizadas para los envases alimentarios. Por su parte, el calcio puede originar grietas de borde durante el laminado en caliente.

40 También se propusieron diferentes artefactos para proteger la superficie del metal líquido.

La patente US 4 582 118 propone utilizar una atmósfera no reactiva y no combustible, tal como por ejemplo una atmósfera de argón, de helio, de neón, o de kriptón o también de nitrógeno o de dióxido de carbono, para la colada de las aleaciones aluminio-litio. Sin embargo, el uso de tales procedimientos es muy costoso.

45 La solicitud de patente EP 0 109 170 A1 describe el uso de un deflector en la periferia de la máquina de colada para barrer la superficie de metal líquido con un gas inerte (habitualmente nitrógeno y/o argón, con o sin cloro, u otro halógeno). Sin embargo, el uso de estos gases es delicado y aumenta significativamente el costo de las operaciones.

50 El uso de dióxido de carbono o gas de combustión para limitar la oxidación es conocido también por C.N. Cochran, D.L. Belitskus y D.L. Kinosz, Metallurgical Transactions B, Volumen 8B, 1977, páginas 323-331.

55 La solicitud de patente EP 1 964 628 A1 describe un método para producir lingotes de aluminio en el que se maneja por lo menos una etapa del procedimiento en una atmósfera que contiene un gas fluorado. Sin embargo, el uso de gases fluorados es delicado y crea riesgos importantes para las personas.

La patente US 5 415 220 describe el uso de sales fundidas de cloruro de litio y de cloruro de potasio para proteger la superficie de aleaciones aluminio-litio durante la colada.

60 Sin embargo, el inconveniente de las sales fundidas radica en el riesgo de contaminación por impurezas del metal líquido, así como en su dificultad de uso.

65 La patente US 7 267 158 describe la adición forzada de un gas húmedo, que contiene más de 0,005 kg/m³ de agua, a la superficie del metal fundido para mejorar la calidad superficial de los lingotes colados. Sin embargo, este

procedimiento presenta el inconveniente de poner en contacto el vapor de agua y el aluminio líquido, a pesar de los riesgos de explosión relacionados con el contacto entre el agua y el aluminio líquido.

5 Además, se sabe por la solicitud EP 0 216 393 A1 cómo usar aire seco en una cuchara de tratamiento del aluminio líquido para evitar la penetración de hidrógeno en el metal fundido cuando un gas de tratamiento se inyecta en el metal líquido y provoca la ruptura de la capa de óxido que protege la superficie del mismo.

10 El documento US-A-2005/000677 divulga un procedimiento de colada de una aleación de aluminio que contiene por lo menos un 0,1 % en peso de Mg, en el que se ponen en contacto durante la solidificación una superficie líquida de la correspondiente aleación y un gas desecado que comprende por lo menos aproximadamente un 2 % en volumen de oxígeno y cuya presión parcial de agua presenta un punto de rocío de 0 °C.

15 El problema planteado consiste en encontrar un procedimiento de colada adaptado a las aleaciones de aluminio más oxidables, en particular las aleaciones de aluminio que contienen magnesio y/o litio, que no presente estos inconvenientes y permita obtener lingotes colados libres de defectos superficiales y contaminaciones, con toda seguridad.

Descripción de la invención

20 Un primer objeto de la invención es un procedimiento de colada de una aleación de aluminio que contiene por lo menos aproximadamente un 0,1 % de Mg y/o por lo menos aproximadamente un 0,1 % de Li, en el que, durante la mayor parte de la solidificación, se ponen en contacto una superficie líquida de la correspondiente aleación y un gas desecado que comprende por lo menos aproximadamente un 2 % en volumen de oxígeno y cuya presión parcial de agua es inferior a unos 150 Pa.

25 Un segundo objeto de la invención es el uso en una instalación de colada de aleaciones de aluminio que contienen por lo menos aproximadamente un 0,1 % de Mg y/o por lo menos aproximadamente un 0,1 % de Li, de un gas desecado que comprende por lo menos aproximadamente un 2 % en volumen de oxígeno y cuya presión parcial de agua es inferior a unos 150 Pa en una superficie líquida de la correspondiente aleación de aluminio, para minimizar su oxidación.

Descripción de las figuras

35 Figura 1: esquema general de una instalación de colada semicontinua vertical.

Figura 2: esquema de una instalación de colada vertical que incluye un dispositivo de alimentación de un flujo de gas desecado.

40 Figura 3: esquema de un dispositivo de alimentación de un flujo de gas desecado para la colada de placas.

Figura 4: esquema de la termobalanza utilizada en el ejemplo 1.

45 Figura 5: evolución de la toma de peso en el tiempo para las experiencias realizadas con la aleación 7449 en el ejemplo 1.

Figura 6: evolución de la toma de peso en el tiempo para las experiencias realizadas con la aleación AA5182 en el ejemplo 1.

50 Figura 7: evolución de la toma de peso en el tiempo para las experiencias realizadas con la aleación AA2196 en el ejemplo 1.

Figura 8: fotografías de las superficies obtenidas después de las pruebas N°7 (Fig. 8a) y N°5 (Fig. 8b) del ejemplo 1.

Descripción detallada de la invención

55 La denominación de las aleaciones cumple con los requisitos de las reglas de The Aluminum Association, conocidas por el especialista. La composición química de aleaciones de aluminio normalizadas se define por ejemplo en la norma EN 573-3.

60 Salvo indicación contraria, se aplican las definiciones de la norma europea EN 12258-1. A continuación, se llama "instalación de colada" al conjunto de los dispositivos que permite transformar un metal de forma cualquiera en semiproducto de forma bruta, pasando por la fase líquida. Una instalación de colada puede comprender numerosos dispositivos tales como uno o varios hornos necesarios para la fusión del metal y/o su mantenimiento a temperatura y/o para operaciones de preparación del metal líquido y de ajuste de la composición, una o varias cubas (o "cucharas") destinadas a efectuar un tratamiento de eliminación de las impurezas disueltas y/o en suspensión en el metal líquido, este tratamiento puede consistir en filtrar el metal líquido por un medio filtrante en una "bolsa de

filtración” o en introducir en el baño un gas llamado “de tratamiento” que puede ser inerte o reactivo en una “cuchara de desgasificación”, un dispositivo de solidificación del metal líquido (o “máquina de colada”), por ejemplo por colada semicontinua vertical con enfriamiento directo, colada horizontal, colada continua de hilo, colada continua entre cilindros de bandas, colada continua entre orugas de bandas, que puede comprender dispositivos tales como un molde (o “lingotera”), un dispositivo de alimentación de metal líquido (o “boquilla”), un sistema de enfriamiento, dichos diferentes hornos, cubas y dispositivos de solidificación estando unidos entre sí por canales llamados “canaletas” por los que se puede transportar el metal líquido.

De manera asombrosa, los presentes inventores observaron que, puesta en contacto con un gas desecado que comprende por lo menos aproximadamente un 2 % en volumen de oxígeno y cuya presión parcial de agua es inferior a unos 150 Pa, una superficie de aluminio líquido se oxida poco, lo que permite realizar coladas libres de defectos superficiales redhibitorios. Este resultado es asombroso porque es comúnmente admitido que, al contrario, la humedad contenida en el aire permite limitar la oxidación de las aleaciones de aluminio en estado líquido.

En un primer modo de realización de la invención, este efecto asombroso se utiliza en un procedimiento de colada.

El procedimiento según la invención es útil para aleaciones de aluminio muy oxidables que contienen por lo menos aproximadamente un 0,1 % de Mg y/o por lo menos aproximadamente un 0,1 % de Li. El procedimiento según la invención es particularmente útil para las aleaciones de las familias 2XXX, 3XXX, 5XXX, 6XXX, 7XXX o 8XXX, especialmente cuando dichas aleaciones no contienen una adición voluntaria de berilio y/o calcio. El procedimiento según la invención es particularmente ventajoso para las aleaciones que contienen menos de 3 ppm de berilio o incluso menos de 1 ppm de berilio y/o menos de 15 ppm de calcio o incluso menos de 5 ppm de calcio. Ejemplos de aleaciones para las que el procedimiento según la invención es particularmente ventajoso son, en la familia de las aleaciones 2XXX, las aleaciones AA2014, AA2017, AA2024, AA2024A, AA2027, AA2139, AA2050, AA2195, AA2196, AA2098, AA2198, AA2214, AA2219, AA2524, en la familia de las aleaciones 3XXX las aleaciones AA3003, AA3005, AA3104, AA3915, en la familia de las aleaciones 5XXX las aleaciones AA5019, AA5052, AA5083, AA5086, AA5154, AA5182, AA5186, AA5383, AA5754, AA5911 y, en la familia de las aleaciones 7XXX, las aleaciones AA7010, AA7020, AA7040, AA7140, AA7050, AA7055, AA7056, AA7075, AA7449, AA7450, AA7475, AA7081, AA7085, AA7910, AA7975.

El gas desecado debe contener por lo menos aproximadamente un 2 % en volumen de oxígeno y tener una presión parcial de agua inferior a unos 150 Pa, preferentemente inferior a los 100 Pa y más preferentemente inferior a los 70 Pa. Según un modo de realización de la invención particularmente ventajoso, la presión parcial de agua incluso es inferior a los 30 Pa, preferentemente inferior a los 5 Pa y más preferentemente inferior a 1 Pa. La presión parcial de agua de un gas también es conocida con el nombre de presión de vapor. La presión parcial de un gas perfecto i en una mezcla de gases perfectos de presión total P se define como la presión que las moléculas del gas i ejercerían si dicho gas ocupara él solo todo el volumen dejado para la mezcla. El punto de rocío de un gas es la temperatura a la que, mientras se conserven las condiciones barométricas corrientes, el gas se satura de vapor de agua. Se puede definir asimismo como la temperatura a la que la presión de vapor sería igual a la presión de vapor saturado. Una presión parcial de agua de 150 Pa corresponde a un punto de rocío de $-17,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ y a una cantidad de agua de $0,0013\text{ kg/m}^3$ a esta temperatura. Una presión parcial de agua de 100 Pa corresponde a un punto de rocío de $-22,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ y a una cantidad de agua de $0,0009\text{ kg/m}^3$ a esta temperatura. Una presión parcial de agua de 70 Pa corresponde a un punto de rocío de $-26,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ y a una cantidad de agua de $0,0006\text{ kg/m}^3$ a esta temperatura.

Ventajosamente, el gas desecado comprende también por lo menos un gas elegido entre aire, helio, argón, nitrógeno, dióxido de carbono, monóxido de carbono, productos de combustión del gas natural, metano, etano, propano, gas natural, compuestos fluorados orgánicos, compuestos clorados orgánicos. En algunos casos, la adición de dióxido de carbono al gas desecado puede mejorar el efecto antioxidante. Según un modo de realización de la invención, el gas desecado comprende entre 1 y 10 % en volumen de CO_2 . Sin embargo, dado que este efecto es limitado y esta adición tiene cierto costo, la cantidad de CO_2 del gas desecado es inferior al 1 % en volumen o incluso inferior al 0,1 % en volumen según otro modo de realización ventajoso de la invención. Según un modo de realización ventajoso de la invención, el correspondiente gas desecado es esencialmente aire desecado por cualquier método apropiado para alcanzar la presión parcial de agua requerida.

Según la invención, el gas desecado se pone en contacto con una superficie líquida de aleación de aluminio durante la mayor parte de la solidificación de la correspondiente aleación. Preferentemente, la puesta en contacto del gas y de la superficie se realiza de modo que se establezca, por encima de esta superficie, una atmósfera cuya cantidad de agua es sensiblemente igual, generalmente diferente de menos de un 10 % o un 20 %, a la del gas desecado, es decir de modo que se evite una difusión significativa de vapor de agua procedente del aire ambiente en la correspondiente atmósfera.

Así, cuando la puesta en contacto se realiza con ayuda de un flujo de gas desecado, es ventajoso que este flujo sea suficiente con respecto a la superficie líquida sometida al flujo desecado para que se establezca la correspondiente atmósfera. De ser demasiado pequeño este flujo, la composición de la correspondiente atmósfera puede estar demasiado influenciada por la atmósfera exterior y puede que su cantidad de agua no corresponda a la cantidad requerida.

Además, no suele ser necesario poner en contacto el gas desecado con toda la superficie líquida de la aleación de aluminio disponible, tal como se ilustra en la figura 1 (14, 15), para lograr el efecto ventajoso en la calidad superficial de los productos colados. Ventajosamente, la superficie líquida de la aleación de aluminio puesta en contacto con el gas desecado representa por lo menos un 10 %, preferentemente por lo menos un 25 % y más preferentemente por lo menos un 50 % de la totalidad de la superficie líquida de la correspondiente aleación de aluminio.

Una superficie líquida de la aleación de aluminio se mantiene en contacto con el gas desecado durante la mayor parte de la solidificación. Así, si no es necesario poner en contacto una superficie líquida y el gas desecado en cuanto se introduce el metal líquido en la máquina de colada, mejor vale realizarlo en cuanto se establece un régimen estacionario. Por ejemplo, en el caso de la colada semicontinua vertical con enfriamiento directo, mejor vale realizarlo por lo menos en cuanto empieza a bajar el falso fondo o por lo menos en cuanto empieza la colada de una parte que no se cortará durante operaciones ulteriores. Es posible variar el caudal de un flujo de gas desecado durante la colada, en particular cuando aparecen defectos superficiales. Así, en algunos casos, el aumento de caudal de un flujo de gas desecado permite eliminar surcos en el producto colado. Eventualmente, el contacto entre la superficie líquida y el gas desecado puede ser suprimido antes del final de la colada, especialmente cuando se alcanza una parte que se cortará durante operaciones ulteriores. Por lo general, una superficie líquida de la aleación de aluminio se mantiene en contacto con el gas desecado durante por lo menos un 50 % o incluso por lo menos un 90 % de la solidificación.

La presente invención se aplica a diferentes procedimientos de colada y preferentemente a un procedimiento de colada elegido entre la colada semicontinua vertical con enfriamiento directo, la colada horizontal, la colada continua de hilo, la colada continua entre cilindros de bandas, la colada continua entre orugas de bandas ("belt caster").

El procedimiento semicontinuo de colada vertical con enfriamiento directo de las aleaciones de aluminio, particularmente conocido por el especialista con la denominación inglesa "Direct Chill casting" o "DC casting", es un procedimiento preferente en el marco de la presente invención. En este procedimiento, se cuela una aleación de aluminio en una lingotera que presenta un falso fondo, por desplazamiento vertical y continuo del falso fondo, para mantener un nivel de metal líquido sensiblemente constante durante la solidificación de la aleación, las caras solidificadas se enfrían directamente con agua. La figura 1 ilustra este procedimiento. Se suministra una aleación de aluminio por un conducto (4) en una lingotera (3) colocada en un falso fondo (21). La aleación de aluminio se solidifica por enfriamiento directo (5). La aleación de aluminio en curso de solidificación (1) presenta por lo menos una superficie sólida (11, 12, 13) y por lo menos una superficie de aleación de aluminio en estado líquido que puede estar revestida de óxidos, llamada "superficie líquida" en la presente descripción (14, 15). Un descensor (2) permite bajar progresivamente la aleación en curso de solidificación para mantener la posición vertical de la superficie de aluminio líquido (14, 15) sensiblemente constante.

El procedimiento según la invención es ventajoso especialmente para la colada de placas y lingotes por colada semicontinua vertical con enfriamiento directo. El procedimiento según la invención es particularmente ventajoso para la colada de placas de gran tamaño, en particular con una sección superior a 0,5 m².

Numerosos dispositivos permiten una puesta en contacto según la invención del gas desecado y de una superficie líquida de aleación de aluminio. En el caso de la colada semicontinua vertical con enfriamiento directo, el dispositivo puede, en particular, i) integrarse en una lingotera o fijarse en esta misma para introducir el gas desecado de la periferia de la superficie líquida hacia su centro, ii) colocarse por encima de la superficie líquida para introducir el gas desecado de manera sensiblemente perpendicular a la superficie líquida, iii) fijarse alrededor de un inyector de metal líquido para introducir el gas desecado del centro de la superficie líquida hacia su periferia y/o de la periferia hacia el centro, y/o iv) componerse de cualquier combinación de estos dispositivos.

Un dispositivo ventajoso para la alimentación del gas en el caso de la colada semicontinua vertical con enfriamiento directo se ilustra en la figura 2. Según este modo de realización ventajoso, el gas desecado se suministra con ayuda de un dispositivo (6) fijado alrededor del inyector de metal líquido (4), de modo que el flujo de gas desecado (7) esté orientado del centro de la correspondiente superficie líquida hacia su periferia y/o de la periferia hacia el centro en el área de inyección del metal líquido. Ventajosamente, el dispositivo de alimentación de gas puede fijarse en una barrera que detiene los óxidos ("barrera contra la suciedad") y situada alrededor del área de inyección del metal líquido. De tal forma, se puede obtener un mayor efecto del flujo de gas desecado en el área donde se encuentra probablemente la mayor oxidación, es decir junto al inyector de metal líquido, y en el área situado entre la barrera contra la suciedad y la lingotera, siendo precisamente esta parte la más susceptible de generar defectos superficiales en los productos colados. Además, esta configuración permite limitar también el tamaño del dispositivo.

El gas desecado del procedimiento de colada según la invención se puede utilizar asimismo en otras partes de una instalación de colada, en una superficie líquida de aleaciones de aluminio que contienen por lo menos aproximadamente un 0,1 % de Mg y/o por lo menos aproximadamente un 0,1 % de Li, para minimizar la oxidación de las mismas. Una instalación de colada comprende muchos otros dispositivos en los que superficies líquidas de aleación de aluminio están en contacto con la atmósfera. Así, el gas desecado puede utilizarse ventajosamente para limitar la oxidación de la superficie líquida de aleaciones en un horno, especialmente de fusión o de mantenimiento, en una cuba de tratamiento, tal como una cuchara de filtración o una cuchara de desgasificación, o en un canal de

distribución, tal como una canaleta. En estas aplicaciones, para la alimentación del gas desecado en particular, se utilizan preferentemente las condiciones de uso del gas desecado y/o la composición de la aleación de aluminio parecidas a aquellas del procedimiento según la invención. Ventajosamente, en el procedimiento según la invención, el gas desecado se utiliza también en por lo menos un horno, especialmente de fusión o de mantenimiento y/o en por lo menos una cuba de tratamiento, tal como una cuchara de filtración o una cuchara de desgasificación, y/o en por lo menos un canal de distribución, tal como una canaleta.

De forma opcional, los productos obtenidos por un procedimiento según la invención y/o por un uso según la invención se pueden deformar en caliente, por laminado, extrusión y/o forja en particular, para obtener especialmente chapas y perfiles.

La invención permite, en otras cosas, la colada de las aleaciones de aluminio más oxidables, especialmente las aleaciones de aluminio que contienen magnesio y/o litio, sin usar aditivos tales como el berilio y/o el calcio ni un dispositivo y/o un gas costoso, a la vez que se obtienen lingotes colados libres de defectos superficiales y de contaminaciones, con toda seguridad.

Ejemplos

Ejemplo 1

En este ejemplo, se mide la oxidación del metal líquido por análisis termogravimétrico. En estas pruebas, el crisol que contiene el metal líquido se mantiene a una temperatura controlada. Dicho crisol contiene unos 5 kg de metal, para un diámetro de 100 mm. El tamaño significativo de estas experiencias que permite tomar en cuenta efectos microscópicos puede explicar las diferencias que existen con las experiencias realizadas sobre muy pequeñas cantidades, muchas veces mencionadas en el arte anterior. La masa de la muestra se pesa continuamente. La toma de peso es debida a la oxidación del metal líquido. Un esquema que ilustra esta experiencia se presenta en la figura 4.

El gas desecado (7) se lleva a la superficie del metal líquido (14) por un tubo metálico (6) de 4 mm de diámetro interior, colocado oblicuamente con respecto a dicha superficie. La balanza (92) permite medir continuamente el peso del crisol (93) y de su contenido in situ en el horno (91). La distancia entre el orificio del tubo metálico y la superficie del metal líquido es de 120 mm. El aire utilizado se puede desecar hasta alcanzar una presión parcial de agua inferior a los 70 Pa.

Se estudian tres aleaciones: las aleaciones AA7449, AA2196 y AA5182. Las condiciones de las diferentes pruebas se recopilan en el cuadro 1. En todas las pruebas, las cantidades de berilio y calcio son parecidas e inferiores a 1 ppm y 10 ppm, respectivamente.

Cuadro 1. Condiciones de las pruebas realizadas con la termobalanza

Pruebas	Aleación	Caudal de gas (l/mn)	Gas	Presión parcial de agua del gas inyectado (Pa)
1	AA5182	7,9	Aire seco	< 70 Pa
2	AA5182	0	Aire ambiente	> 600 Pa
3	AA2196	7,9	Aire seco	< 70 Pa
4	AA2196	0	Aire ambiente	> 600 Pa
5	AA7449	4,1	Aire seco	< 70 Pa
6	AA7449	3,8	Aire ambiente	> 600 Pa
7	AA7449	0	Aire ambiente	> 600 Pa
8	AA7449	4,1	Aire seco	180 Pa
9	AA7449	3,8	Aire seco	600 Pa

Las figuras 5 a 8 presentan los resultados obtenidos.

La figura 5 muestra los resultados obtenidos con la aleación AA7449. Se obtienen aumentos de peso significativamente más pequeños para la prueba 5 para la que se realiza un flujo de aire muy seco. La puesta en contacto de una superficie líquida con aire seco cuya presión parcial de agua es aún de 600 Pa (punto de rocío de -0,2 °C, prueba 9) o incluso de 180 Pa (punto de rocío de -15,6 °C, prueba 8) no permite limitar significativamente la

oxidación. Del mismo modo, el aire ambiente no permite limitar la oxidación con o sin flujo (pruebas 6 y 7), lo que excluye un efecto únicamente mecánico relacionado con un flujo de gas.

5 La figura 6 muestra los resultados obtenidos con la aleación AA5182. Se observa también para esta aleación una oxidación significativamente más pequeña en presencia de un flujo de aire muy seco.

La figura 7 muestra los resultados obtenidos con la aleación AA2196. Se observa otra vez para esta aleación una oxidación significativamente más pequeña en presencia de un flujo de aire muy seco.

10 La figura 8a es una fotografía de la superficie obtenida después de la prueba en el caso de la prueba 7 (aire ambiente). Se observa una oxidación muy importante que conduce a productos de oxidación con una forma característica de coliflor y un color oscuro. La figura 8b es una fotografía de la superficie obtenida después de la prueba en el caso de la prueba 5 (aire seco). Se observa una superficie uniforme de color gris claro que corresponde a una fina película de óxido.

15 **Ejemplo 2**

Se cuelan verticalmente placas con una sección rectangular 446 mm x 2160 mm de aleación AA7449, con ayuda de una instalación de colada semicontinua con enfriamiento directo (DC-cast) y se usa un agente de afino AlTiC. La longitud de las placas obtenidas está comprendida entre 900 mm y 4000 mm. La cantidad de berilio de la aleación es inferior a 1 ppm y la cantidad de calcio es inferior a los 15 ppm.

20 La figura 3 ilustra el dispositivo de alimentación de gas que se usa para suministrar aire seco durante la colada de las placas. El dispositivo está constituido por 4 tubos (611, 612, 621 y 622) con orificios (63) igualmente espaciados que permiten inyectar el gas desecado (7) sobre la superficie líquida de la aleación de aluminio. Los tubos están acoplados por empalmes roscados (9) para formar un rectángulo. Los tubos se alimentan con gas por dos de estos empalmes roscados, por dos conductos (81) y (82). La longitud L y la anchura l del dispositivo (L = 1285 mm, l = 300 mm, espacio entre los orificios: 20 mm) representan menos de aproximadamente un 70 % de la longitud y anchura de la lingotera, de modo que la superficie sometida al flujo de gas desecado representa aproximadamente un 50 % de la totalidad de la superficie líquida de la aleación de aluminio (superficie líquida total: 0,96 m², superficie sometida a un flujo desecado: 0,58 m²).

25 El gas desecado es un aire seco cuya presión parcial de agua es de 60 Pa y que contiene, en algunos casos, 5 % en volumen de CO₂.

35 El cuadro 2 describe las condiciones de las diferentes pruebas realizadas, así como los resultados obtenidos.

Cuadro 2. Condición de las pruebas de colada y resultados obtenidos.

Prueba	Longitud colada [mm]	Flujo de aire seco [m ³ /h] (longitud colada)	% CO ₂ del flujo de aire seco	Observaciones
21	917	Ninguno	-	Surcos verticales largos (~200 mm) y profundos
22	2776	Ninguno (Arranque)	-	Surcos verticales largos (~200 mm) y profundos
		22 (1150 mm)	5 %	Ningún surco
23	3575	22 (Arranque)	0 %	Algunos surcos verticales cortos (~40 mm) y poco profundos
		27 (1150 mm)	0 %	Algunos surcos verticales cortos (~40 mm) y poco profundos
		32 (2500 mm)	0 %	Ningún surco

40 Varias veces se demuestra el efecto del aire seco: así, durante la prueba 22, la puesta en contacto de una superficie líquida con aire seco permite eliminar los surcos profundos. Del mismo modo, en la prueba 23, la presencia de aire seco permite obtener, en cuanto empieza el arranque, una calidad superficial satisfactoria para las placas coladas (algunos surcos verticales cortos (~40 mm) y poco profundos). Es de notar también para esta prueba que el aumento

del flujo de aire seco permite eliminar los surcos. El efecto de la presencia de CO_2 en el gas desecado sobre la calidad superficial es, si existe, de segundo orden con respecto al efecto de la presión parcial de agua. Así, para la prueba 23, se obtiene un resultado satisfactorio en ausencia de CO_2 .

REIVINDICACIONES

- 5 1. Procedimiento de colada de una aleación de aluminio que contiene por lo menos un 0,1 % de Mg y/o por lo menos un 0,1 % de Li, en el que, durante la mayor parte de la solidificación, se ponen en contacto una superficie líquida de la correspondiente aleación y un gas desecado que comprende por lo menos un 2 % en volumen de oxígeno y cuya presión parcial de agua es inferior a 150 Pa.
- 10 2. Procedimiento según la reivindicación 1 en el que la presión parcial de agua del correspondiente gas desecado es inferior a los 100 Pa y preferentemente inferior a los 70 Pa.
- 15 3. Procedimiento según la reivindicación 1 o la reivindicación 2 en el que la puesta en contacto del gas y de la superficie se realiza de modo que se establezca, por encima de la correspondiente superficie, una atmósfera cuya cantidad de agua es sensiblemente igual a la del gas desecado.
- 20 4. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3 en el que la correspondiente superficie líquida de la aleación de aluminio sometida al flujo de gas desecado representa por lo menos un 10 %, preferentemente por lo menos un 25 % y más preferentemente por lo menos un 50 % de la totalidad de la superficie líquida de la correspondiente aleación de aluminio.
- 25 5. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4 en el que la correspondiente aleación de aluminio es una aleación de la familia 2XXX, 3XXX, 5XXX, 6XXX, 7XXX o 8XXX.
- 30 6. Procedimiento según la reivindicación 5 en el que la correspondiente aleación de aluminio no contiene una adición voluntaria de berilio y/o calcio.
- 35 7. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6 en el que el gas desecado comprende también por lo menos un gas elegido entre aire, helio, argón, nitrógeno, dióxido de carbono, monóxido de carbono, productos de combustión del gas natural, metano, etano, propano, gas natural, compuestos fluorados orgánicos, compuestos clorados orgánicos.
- 40 8. Procedimiento según la reivindicación 7 en el que el correspondiente gas desecado es esencialmente aire.
- 45 9. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8 en el que la cantidad de CO₂ del gas desecado es inferior al 1 % en volumen y preferentemente inferior al 0,1 % en volumen.
- 50 10. Procedimiento de colada según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9 elegido entre la colada semicontinua vertical con enfriamiento directo, la colada horizontal, la colada continua de hilo, la colada continua entre cilindros de bandas, la colada continua entre orugas de bandas.
- 55 11. Procedimiento de colada semicontinua vertical con enfriamiento directo según la reivindicación 10 en el que el correspondiente gas se suministra con ayuda de un dispositivo (6) fijado alrededor del inyector de metal líquido (4), de modo que el flujo desecado esté orientado del centro de la correspondiente superficie líquida hacia su periferia y/o de la periferia hacia el centro en el área de inyección del metal líquido.
- 60 12. Procedimiento de colada según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11 en el que el correspondiente gas desecado se utiliza también en por lo menos un horno, especialmente de fusión o de mantenimiento y/o en por lo menos una cuba de tratamiento, tal como una cuchara de filtración o una cuchara de desgasificación, y/o en por lo menos un canal de distribución, tal como una canaleta.
13. Utilización en una instalación de colada de aleación de aluminio que contiene por lo menos un 0,1 % de Mg y/o por lo menos un 0,1 % de Li, de un gas desecado que comprende, en volumen, por lo menos un 2 % de oxígeno y cuya presión parcial de agua es inferior a 150 Pa en una superficie líquida de la correspondiente aleación de aluminio, para minimizar su oxidación.
14. Utilización según la reivindicación 13 en por lo menos un dispositivo elegido entre un horno, una cuchara de filtración, una cuchara de desgasificación y un canal de distribución.
15. Utilización según la reivindicación 13 o la reivindicación 14 en el que las condiciones de uso del gas desecado y/o la composición de la aleación de aluminio son según una cualquiera de las reivindicaciones 2 a 12.

Fig. 1

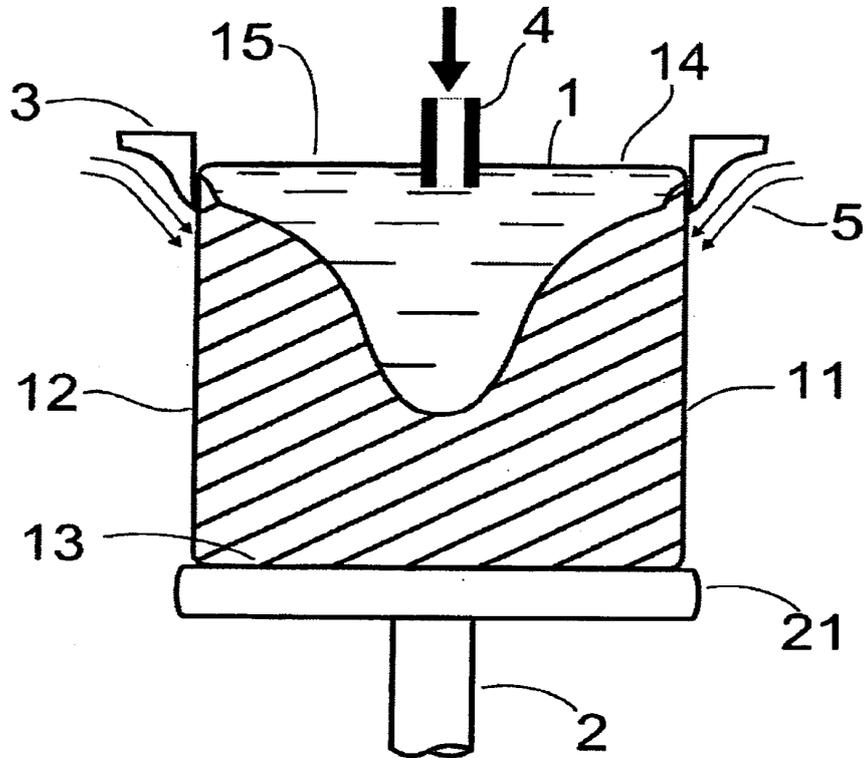


Fig. 2

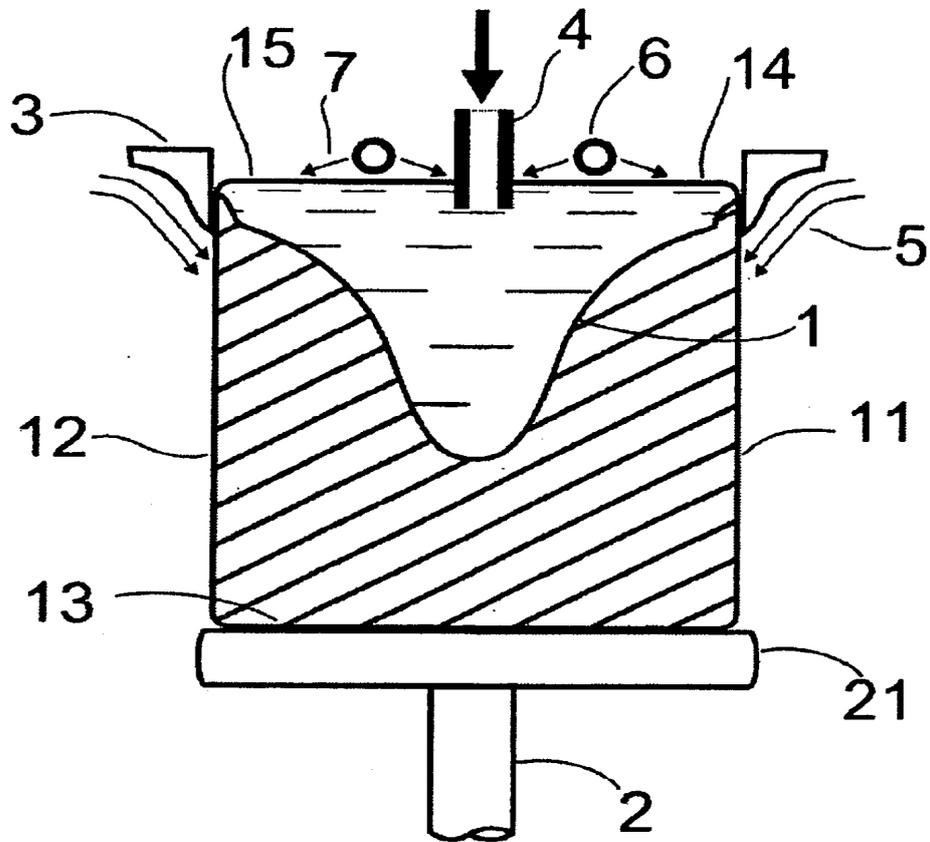


Fig. 3

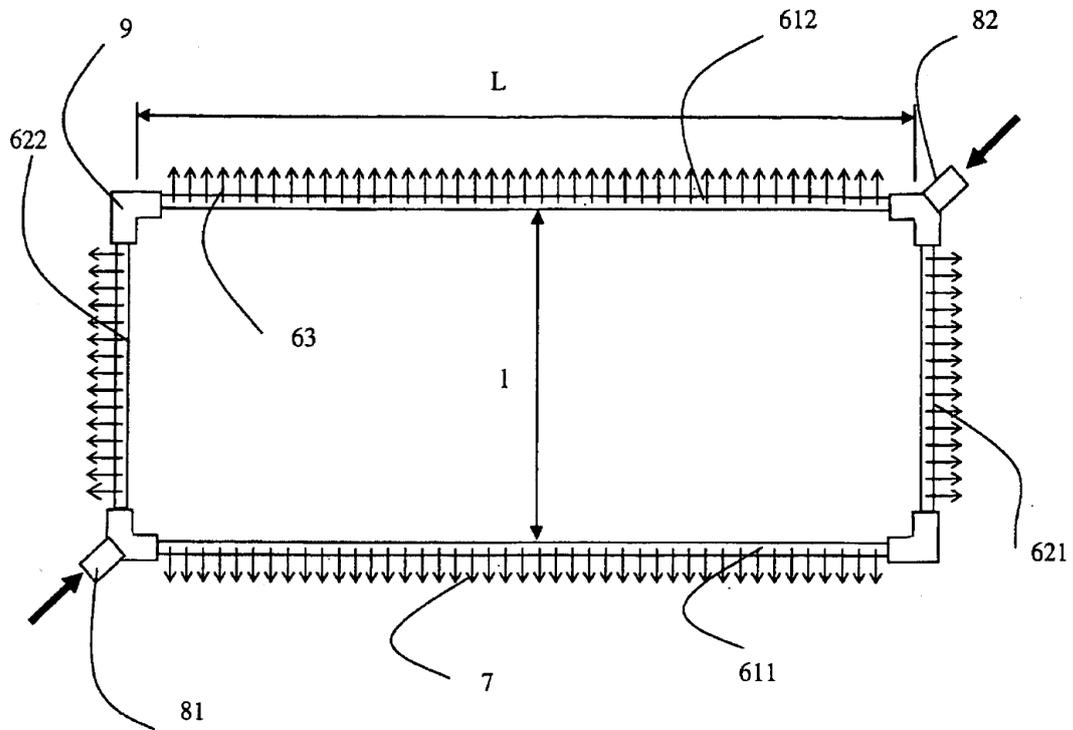
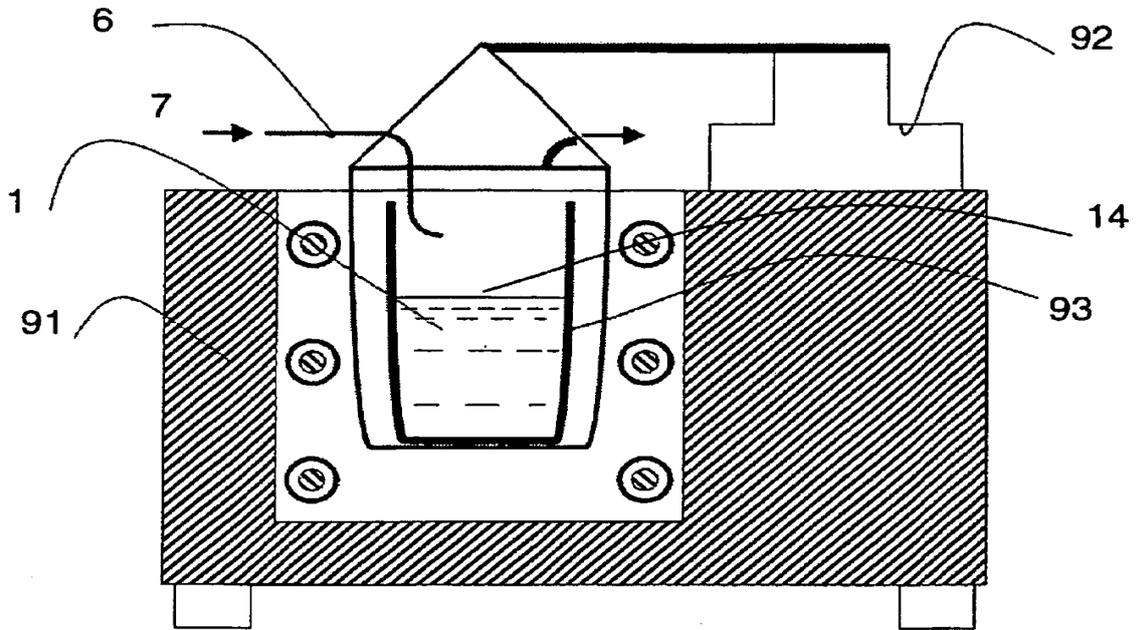


Fig. 4



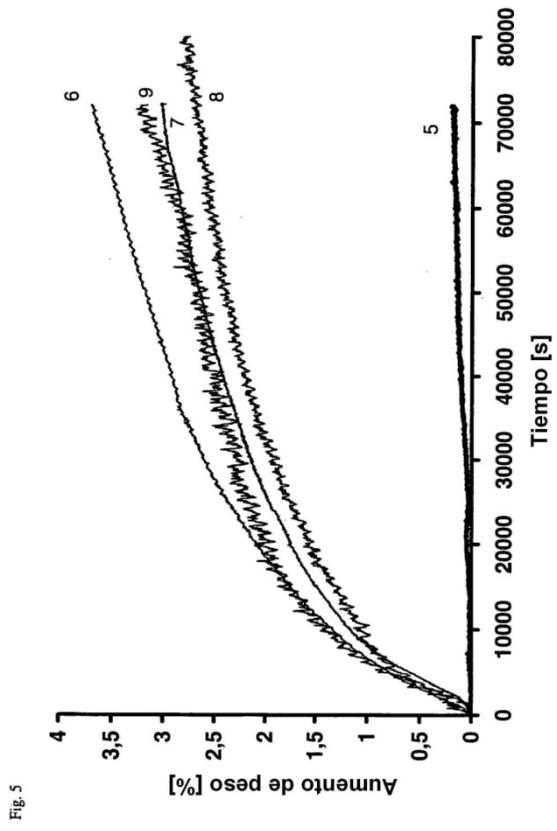


Fig. 5

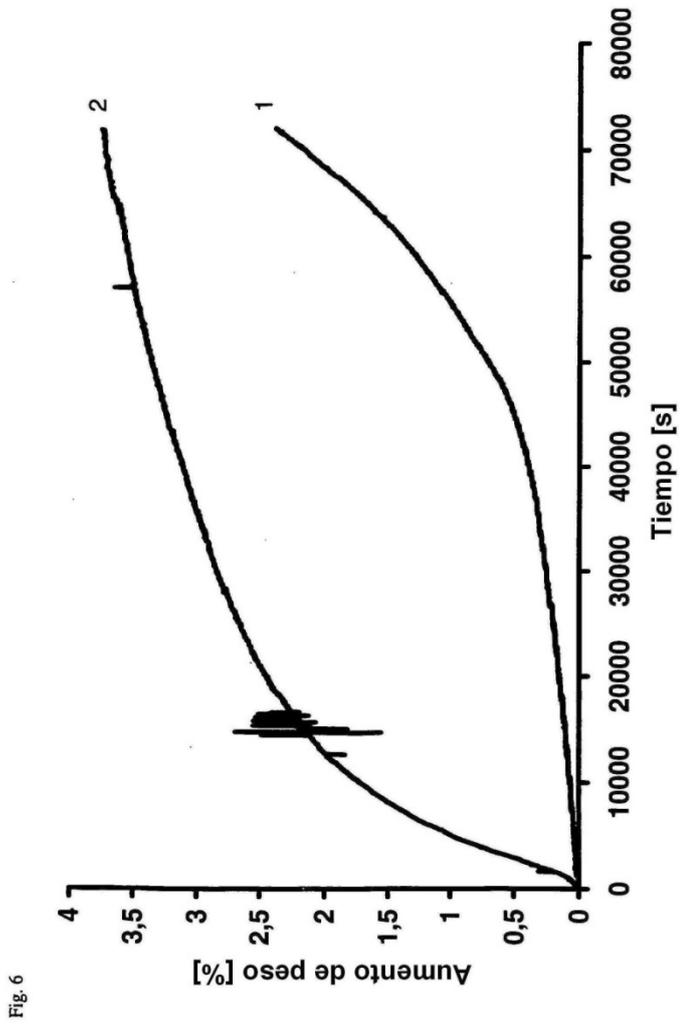
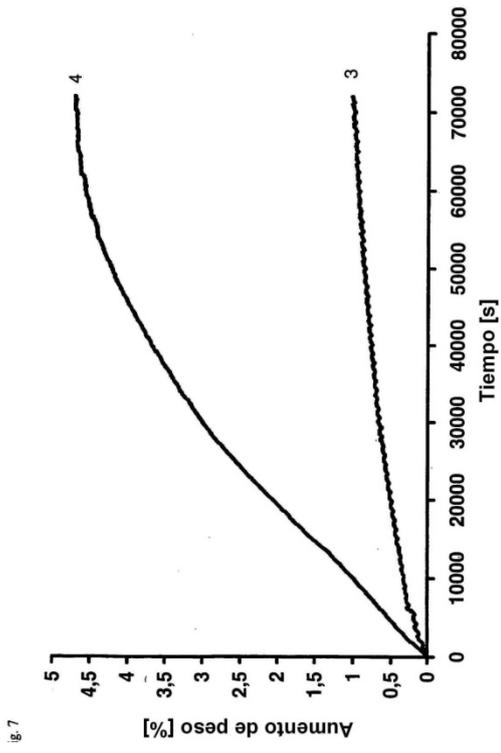


Fig. 6



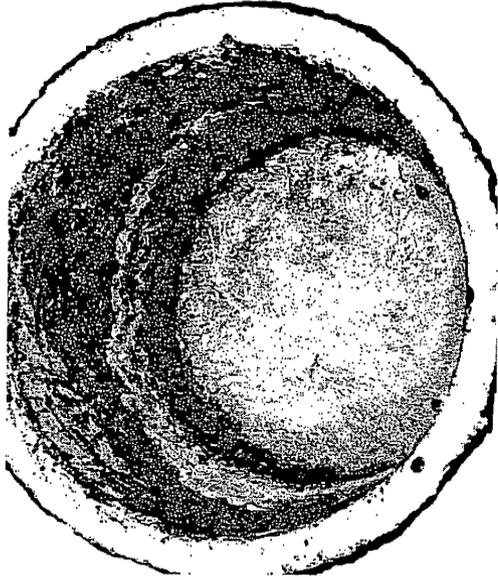


Fig. 8b



Fig. 8a