

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 397 589**

51 Int. Cl.:

B22D 1/00 (2006.01)

B22D 3/00 (2006.01)

B22D 46/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.04.2006 E 06742695 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.10.2012 EP 1877209**

54 Título: **Procedimiento para producir lingotes y lingotes**

30 Prioridad:

04.05.2005 DE 102005021891

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

08.03.2013

73 Titular/es:

**STERLING, EVGENIJ, DR. (50.0%)
KATHARINENSTRASSE 62/1
73728 ESSLINGEN, DE y
BERGER, HUGO (50.0%)**

72 Inventor/es:

**STERLING, EVGENIJ y
BERGER, HUGO**

74 Agente/Representante:

CURELL AGUILÁ, Mireia

ES 2 397 589 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 producir lingotes y lingotes.

5 La presente invención se refiere a un procedimiento para producir lingotes a partir de una aleación metálica, en el que se forma una masa fundida, en la cual se encuentran en estado líquido un material de base y uno o varios componentes de la aleación, a partir de la cual se forman los lingotes.

10 El aluminio o las aleaciones de fundición de aluminio se proporcionan usualmente como producto semiacabado en forma de lingotes bipartitos o tripartitos para el procesamiento ulterior mediante colada. Para producir los lingotes, se forma una masa fundida de la aleación metálica correspondiente que, a continuación, se vacía a la forma de lingotes.

15 Para mejorar la calidad de las piezas coladas, que se producen a partir de este tipo de lingotes también se conoce (DE 10002670 A1) fundir los lingotes en un horno y a continuación, exponer la masa fundida en una cámara de tratamiento a un campo electromagnético en rotación y colar la masa fundida tratada de esta manera. Este procedimiento conduce a una mejora considerable de las piezas fundidas.

20 La invención según la reivindicación 1 tiene por objeto crear un procedimiento para producir lingotes que durante el procesamiento ulterior llevan a piezas coladas con mejores propiedades, sin que sea necesario efectuar modificaciones en las máquinas de colada actuales. Formas de realización especiales se derivan de las reivindicaciones adjuntas.

25 El documento EP 1 077 098 A1 describe un procedimiento para producir lingotes a partir de una aleación metálica, en el cual se forma una masa fundida, en la cual se encuentran en estado líquido un material de base y uno o varios componentes de la aleación, a partir de la cual se forman los lingotes.

30 Este problema se resuelve al introducir en la masa fundida durante el enfriamiento, previamente a la formación de los lingotes, temporalmente energía mediante un campo físico variable, que aumenta la formación de cristales mixtos.

35 Mediante la invención, se logra producir primero células elementales de cristales mixtos, en las que los átomos del material de base son sustituidos mediante átomos del o de los componente(s) adicional(es). Se logra de manera dirigida la formación de cristales mixtos enriquecidos, siendo el límite de saturación y la amplitud del intervalo concentración-temperatura se controlan mediante el campo físico variable externo, de manera que se produzcan cristales mixtos sobresaturados con átomos extraños. El límite de saturación y el incremento de la difusión de átomos extraños en la red espacial del material de base no dependen de la temperatura. Al continuar el enfriamiento, se produce una estructura de grano muy fino a partir de estos cristales mixtos.

40 En una configuración de la invención, se prevé que el suministro de energía tenga lugar a una temperatura aproximada a la curva del estado líquido de esta aleación metálica.

45 El tiempo, durante el cual se deberá llevar a cabo el suministro de energía se deberá determinar experimentalmente. Dicho tiempo depende de la aleación metálica especial, y también de los medios con los cuales se lleva a cabo el suministro de energía. Para determinar el periodo para la aplicación de energía, de conformidad con una primera forma de realización, se propone que la formación de cristales mixtos se detecte midiendo la viscosidad dinámica de la masa fundida, que se encuentra en la cámara de tratamiento. La invención parte del hecho de que un estado óptimo de la formación de cristales mixtos se presenta cuando a pesar del enfriamiento la masa fundida tratada alcanza un estado particularmente muy fluido, que se mantiene aproximadamente constante y que posteriormente, ya no varía sustancialmente. En otra configuración de la invención, se propone que la formación de cristales mixtos se determine mediante mediciones de la temperatura del estado fluido de las pruebas, que se extraen de la cámara de tratamiento. En este aspecto, la invención parte del hecho de que la temperatura del estado líquido real resulta ser un punto de inflexión en la curva de enfriamiento que se produce en virtud del calor de cristalización. Esta temperatura del estado líquido real se encuentra por debajo de la curva del estado líquido indicada para la aleación metálica de acuerdo con un diagrama de estado en el caso de un tratamiento exitoso.

55 En una configuración adicional de la invención, se prevé que el suministro de energía realizado durante un breve espacio de tiempo se lleve a cabo mediante un campo electromagnético variable, preferentemente pulsante.

60 Se comprobó inesperadamente que los lingotes del tipo efecto memoria producidos de esta manera poseen la capacidad de fluencia incrementada generada con la ayuda del tratamiento en el campo electromagnético incluso si se vuelven a fundir y a procesar en una máquina de colada. Los lingotes acondicionados de esta manera tienen una mayor capacidad de fluencia en comparación con los lingotes producidos de acuerdo con procedimientos convencionales, de manera que es posible fabricar partes coladas con formas complicadas y mayor densidad. Las partes coladas producidas de esta manera tienen una mayor resistencia, un mejor comportamiento de dilatación y un mejor comportamiento de desgaste. Debido a ello, pueden sustituir componentes que hasta ahora era necesario

forjar.

En comparación con el procedimiento conocido por el documento DE 10002670 A1, resulta la ventaja sustancial de que no es necesario conectar aguas arriba a cada máquina de colada una cámara de tratamiento correspondiente. Es posible usar las mismas máquinas de colada, con las cuales se procesan los lingotes convencionales, sin que sea necesario efectuar modificaciones en la máquina. La temperatura de colada se puede reducir, incluso por debajo de la temperatura del estado líquido de la aleación respectiva. Se incrementa el intervalo de temperatura que permite colar, de manera que se reduzca sustancialmente el riesgo de producción de desechos debido a temperaturas de colada desfavorables.

Otras características y ventajas de la invención se ponen de manifiesto a partir de la siguiente descripción de una planta, que es adecuada para la producción según la invención de los lingotes según la invención.

En un horno de fundición, que comprende una abertura de colada 1, un canal de colada 2 y una calefacción 3 eléctrica se calientan los componentes de un metal o de una aleación metálica hasta que todos los componentes se funden y constituyen una masa fundida 4.

Esta masa fundida 4 se introduce en una cámara de tratamiento a través de una abertura de llenado 19. Esta cámara de tratamiento está constituida por una parte de carcasa 18 sustancialmente cilíndrica, una parte 10 inferior semiesférica y una parte 7 superior aproximadamente semiesférica. A la cámara de tratamiento está asociada una calefacción 6 preferentemente eléctrica en forma de filamentos de calefacción, con la cual la cámara de tratamiento se calienta a una temperatura en el intervalo de la curva del estado líquido de la aleación metálica especial y por ejemplo aproximadamente por debajo de la misma, por ejemplo, aproximadamente a la temperatura eutéctica de la aleación metálica. Adicionalmente, a la cámara de tratamiento está asociado un dispositivo 5 para introducir energía, por ejemplo, mediante la generación de un campo electromagnético giratorio. Este campo electromagnético tiene, por ejemplo, una intensidad de campo de 6 a 20 mT y gira con una frecuencia de aproximadamente 60 Hz a 500 Hz. De este modo, se produce una presión hidrodinámica en el orden de $150 \times 10^{-1} \text{ N/m}^2$. Durante la acción conjunta de la presión magnética isotropa y la tensión magnética, cuyo intervalo óptimo se encuentra comprendido entre 15 y 80 mT, se desarrolla en la masa fundida el efecto de una anomalía de tipo fluida y elástica, que se caracteriza por la máxima capacidad de fluir de la masa fundida. Entonces, presenta la menor viscosidad dinámica. Se midió una viscosidad dinámica de 0,74 mPa/s a una temperatura de masa fundida de 580°C. También se puede observar una anomalía termocinética de la masa fundida tratada, que se determina mediante la contracción a un valor mínimo del intervalo entre la temperatura del estado líquido y la temperatura del estado sólido. La completa solubilidad de varios componentes adicionados a la aleación existe incluso todavía a la temperatura sólida. La doble fase se contrae continuamente en virtud del descenso de la temperatura del estado líquido y el simultáneo aumento de la temperatura del estado sólido, de manera que se acorta la línea de equilibrio. Cuando se alcanza el estado deseado, la masa fundida 11 se extrae de la cámara de tratamiento mediante un robot de extracción 12 y se vierte en unos moldes 14 de lingotes, que se transportan sobre una banda 13 de lingotes. En un dispositivo de vaciado 15, los moldes 14 de lingotes se vacían, de manera que sea posible devolverle al robot 12 de extracción los moldes 17 de lingotes vacíos.

La introducción de energía durante un breve espacio de tiempo en la masa fundida, que se encuentra en la fase de enfriamiento provoca que se incremente la formación de cristales mixtos, en el que los átomos del material de base son sustituidos mediante átomos del componente o los componentes adicionales en los cristales elementales. El suministro de energía se puede terminar, cuando el proceso de formación de cristales mixtos ha alcanzado un estado óptimo y un suministro de energía adicional ya no incrementa de manera decisiva la formación de cristales mixtos. Este estado óptimo, que caracteriza el nuevo estado energético de la masa fundida se detecta en una forma de realización de la invención.

La máxima capacidad de fluencia o menor viscosidad, que es un indicio del incremento en la formación de cristales mixtos se mide *online* en la cámara de tratamiento mediante un viscosímetro 8, de manera que sea posible verificar en cada momento si se alcanzó el estado deseado para la masa fundida 11. Mediante el efecto energético externo se modifica el estado energético del cristal básico fluido-cristalino. Su red espacial se dispersa, de manera que se facilite el proceso con el cual se construyen nuevas agrupaciones atómicas. La energía y las fuerzas de unión que aparecen entre los átomos de componentes individuales y las unidades estructurales de las aleaciones metálicas se cuentan entre los factores decisivos. La viscosidad es una de estas propiedades. La formación y transformación de complejos atómicos provoca una liberación de uniones fuertes, que antes estaban encerrados en el interior de los complejos. Estos compuestos participan en la fluencia viscosa y también en los reticulados de unidades estructurales. Una disminución de la viscosidad se debe, por lo tanto, a un complejo atómico que comprende los compuestos interiores debilitados y las uniones exteriores reforzadas. Con ello, se crean las condiciones tecnológicas y físicas, con las cuales en el sistema fluido-cristalino se estructuran zonas colectivas con una orientación unitaria. La nueva estructuración y su estabilidad energética se incrementan mediante el campo electromagnético variable. El resultado es una menor viscosidad, que reproduce el estado energético de la estructura reticular y de las unidades microestructurales de la masa fundida. La capacidad de fluencia puede ser indicada, por ejemplo, en un monitor 16. La capacidad máxima de fluencia se alcanza cuando la capacidad de fluencia ya no aumenta sustancialmente, es decir, cuando alcanza la rama aproximadamente horizontal de la curva

de capacidad de fluencia ϕ por el tiempo t representada en el monitor 16.

5 Alternativa u opcionalmente, y también adicionalmente, se prevé que de la cámara de tratamiento se extraigan y se analicen pruebas de la masa fundida 11. Mediante este análisis, es posible indicar, por ejemplo, en un monitor 9 adicional, cómo cambia la temperatura T_L del estado líquido T_L y se aproxima a la curva de temperatura T_S del estado sólido en comparación con la curva del estado líquido de la aleación metálica especial. Es posible indicar en un monitor 9 una imagen de la temperatura T a lo largo del tiempo t . El proceso de formación del cristal mixto sobresaturado, que comenzó en el sistema fluido-cristalino se completa durante el enfriamiento de la aleación, de manera que sea posible establecer un gráfico de estado realista. Mediante esta representación termodinámica realista, se cubre un gran espectro de propiedades de las aleaciones, por ejemplo, indicación de la concentración, disposición de las curvas de estado líquido-sólido, límite de saturación (solubilidad), etc., que permiten establecer los parámetros tecnológicos de colada adecuados para la aleación producida de acuerdo con el procedimiento según la invención.

15 Se comprobó inesperadamente que cuando los lingotes que se produjeron de acuerdo con el procedimiento anterior se someten a un procesamiento ulterior resultan condiciones favorables. El aumento de la capacidad de fluencia que se obtiene en virtud del tratamiento no es reversible, porque los cristales mixtos son estables. La masa fundida que durante el procesamiento ulterior se produce a partir de lingotes vueltos a fundir tiene una capacidad de fluencia mejorada y una menor tendencia a la oxidación. Al refundir los lingotes, se genera menos escoria en la superficie del baño.

20 En una aleación de metal con el material de base aluminio y el componente principal de la aleación silicio, fue posible colar exitosamente cabezas de cilindro todavía con una temperatura de colada de 637°C, la cual por consiguiente fue aproximadamente 100°C inferior que la temperatura de colada prescrita para esta máquina y esta aleación. A pesar de la menor temperatura de colada, no hubo disminuciones de calidad debido a rechupes, porosidad de gas o fluencia en frío y tampoco una formación de estructura basta.

25 La invención parte del supuesto de que el efecto energético externo, es decir, mediante la interacción entre un campo electromagnético externo y un campo electromagnético interno del cristal se influye en el refuerzo del proceso de difusión y en las uniones interatómicas. El resultado de esta interacción es una formación de una aleación, cuyos cristales tienen en el estado fundido un orden de gran alcance o respectivamente orden extenso. Esta interacción también se puede controlar adicionando un componente de aleación que difiere del material de base por la susceptibilidad magnética.

30 La invención es particularmente adecuada para aleaciones metálicas, en las que el material de base es aluminio y el componente de adición principal silicio. Sin embargo, fundamentalmente, la invención se puede usar para todas las aleaciones metálicas independientemente de la susceptibilidad magnética de los componentes. El efecto energético externo tiene lugar en el ejemplo de forma de realización mediante un campo electromagnético pulsante variable. Sin embargo, también existen sin inconveniente otras posibilidades para el efecto energético externo mediante un campo físico variable, por ejemplo, un influjo mediante ultrasonido. En este aspecto, el campo se proyecta, de manera que también se conserven las condiciones que resultan en el campo electromagnético explicado anteriormente.

35 Los lingotes según la invención son adecuados para todos los procesos de colada. En este aspecto, la elevada capacidad de fluencia es una ventaja particular en el caso de una colada en coquilla, en tanto que en la fundición a presión es una ventaja particular la excelente facilidad de deformación. Se supone que incluso con la refundición de los lingotes se conserva en la estructura reticular la nueva disposición atómica que se obtuvo mediante difusión con el tratamiento previo, sin que los átomos de los componentes de la aleación rescindan sus sitios en la estructura reticular del aluminio.

40 45 50 Según la invención, con el concepto lingotes no sólo se entienden las formas de lingotes habituales, sino cualquier forma, en la que una masa fundida acondicionada se vacía en un proceso de colada previo a una refundición.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Procedimiento para producir lingotes a partir de una aleación metálica, en el que primero se forma una masa fundida, en la cual un material de base y uno o varios componentes de la aleación se encuentran en estado fluido, a partir de la cual se forman los lingotes, caracterizado porque antes de formar los lingotes durante el enfriamiento, se introduce energía en la masa fundida durante un breve espacio de tiempo mediante un campo físico variable, la cual aumenta la formación de cristales mixtos, pudiendo finalizarse el suministro de energía, cuando el proceso de formación de cristales mixtos alcanza un estado óptimo y el suministro adicional de energía ya no aumenta de manera decisiva la formación de cristales mixtos, y la formación de cristales mixtos se detecta mediante la medición de la viscosidad dinámica de la masa fundida, que se encuentra en la cámara de tratamiento.
- 10
2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque el suministro de energía tiene lugar a una temperatura de la curva del estado líquido de esta aleación metálica.
- 15
3. Procedimiento según la reivindicación 1 ó 2, caracterizado porque la formación de cristales mixtos se determina mediante mediciones de la temperatura del estado líquido de las pruebas, que se extraen de la cámara de tratamiento.
- 20
4. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado porque el suministro de energía realizado durante un breve espacio de tiempo tiene lugar mediante un campo electromagnético variable.
- 25
5. Procedimiento según la reivindicación 4, caracterizado porque el suministro de energía realizado durante un breve espacio de tiempo tiene lugar mediante un campo electromagnético pulsante.

