



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 300 843**

51 Int. Cl.:
C22B 21/06 (2006.01)
C22B 9/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Número de solicitud europea: **04797848 .1**
86 Fecha de presentación : **10.11.2004**
87 Número de publicación de la solicitud: **1689896**
87 Fecha de publicación de la solicitud: **16.08.2006**

54 Título: **Método para enfriar metal fundido durante la cristalización fraccionada.**

30 Prioridad: **19.11.2003 EP 03078689**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
16.06.2008

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
16.06.2008

73 Titular/es: **Aleris Switzerland GmbH**
Pestalozzistrasse 2
8200 Schaffhausen, CH

72 Inventor/es: **De Vries, Paul, Alexander;**
Wouters, Huibrecht, Adriaan;
Rutten, Martinus, Leonardus;
Aurich, Volker, Gerhard y
Ten Have, Johannes, Hendrikus

74 Agente: **Elzaburu Márquez, Alberto**

ES 2 300 843 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Método para enfriar metal fundido durante la cristalización fraccionada.

5 El invento se refiere a un método para enfriar un metal fundido como mucho parcialmente solidificado durante la cristalización fraccionada.

10 Se pueden utilizar métodos y aparatos de cristalización para refinar un metal (usándose aquí la palabra metal como una abreviatura de aleación metálica), en el cual esté presente una concentración demasiado alta de un elemento extraño. Este elemento extraño puede estar presente porque en el metal fabricado a partir de mineral metálico, el metal primario, esté presente una cantidad demasiado grande del elemento extraño, o porque el metal ya utilizado se recicle y la concentración del elemento extraño en la chatarra sea demasiado alta. Por ejemplo, la chatarra de aluminio puede contener demasiada cantidad de los elementos extraños Fe, Si ó Mg para su uso con fines comerciales a menos que se mezcle con metal primario que contenga poca cantidad del elemento o elementos extraños.

15 Durante la cristalización fraccionada se forman cristales metálicos dentro del metal fundido debido al enfriamiento de dicho metal fundido. Los cristales tienen una composición que es más pura que la composición del metal fundido que se usa como punto de partida o, en otras palabras, los cristales contienen menos cantidad del elemento o elementos extraños por unidad de peso en comparación con el metal fundido que se usa como punto de partida.

20 Los métodos convencionales para enfriar un metal fundido como mucho parcialmente solidificado durante la cristalización fraccionada implican enfriar las paredes del aparato de cristalización, por ejemplo, empotrando tuberías de refrigeración en la pared. Sin embargo, estos métodos convencionales tienen la desventaja de que los cristales crecen sobre las superficies frías y se incrustan en ellas. El enfriamiento a través de las paredes del aparato se puede complementar con un dispositivo de refrigeración que utilice un serpentín de refrigeración o un sistema similar, el cual se introduce en el interior del metal fundido, sin embargo un dispositivo de este tipo sólo enfriará el metal fundido en un punto y dicho metal fundido cristalizará de nuevo sobre el dispositivo y alrededor de él, obstaculizando el efecto de enfriamiento del dispositivo de refrigeración.

25 Es un objetivo del invento proporcionar un método mejorado para enfriar un metal fundido como mucho parcialmente solidificado durante la cristalización fraccionada, especialmente adecuado para el refinado de aluminio y metales similares que tienen un alto punto de fusión.

30 Es otro objetivo del invento proporcionar un método para enfriar un metal fundido como mucho parcialmente solidificado durante la cristalización fraccionada, con el cual la fracción sólida y/o la temperatura del metal fundido como mucho parcialmente solidificado se pueda controlar mejor en comparación con la técnica anterior.

35 Es otro objetivo adicional del presente invento proporcionar un método para enfriar un metal fundido como mucho parcialmente solidificado durante la cristalización fraccionada, el cual aumente la probabilidad de que los cristales metálicos permanezcan en suspensión dentro del metal fundido, por ejemplo, reduciendo el riesgo de que los cristales metálicos se adhieran a las paredes del recipiente dentro del cual se encuentra contenido el metal.

40 Uno o más de estos objetivos se consiguen mediante un método para enfriar un metal fundido como mucho parcialmente solidificado durante la cristalización fraccionada, en el cual los cristales metálicos formados tienen una composición más pura que la del metal fundido, caracterizado porque se utiliza sal en forma sólida para enfriar el metal fundido como mucho parcialmente solidificado.

45 El uso de una sal sólida para enfriar el metal fundido es ventajoso por varias razones. Cuando se utiliza el método del presente invento, la sal sólida añadida absorbe mucha energía del metal fundido mientras se calienta desde la temperatura a la cual fue añadida, por ejemplo, aproximadamente 20°C, hasta la temperatura del metal fundido como mucho parcialmente solidificado, pero es poco probable que se formen cristales y que dichos cristales se unan a la sal fundida o a las partículas de sal sólida, lo cual significa que los cristales metálicos formados permanecen en suspensión dentro del metal fundido. El método del presente invento permite también una dosificación precisa de la cantidad de sal sólida deseada para el enfriamiento. Preferiblemente, al metal fundido se le añade de 0,1 a 1 kg de sal por kg de cristales metálicos refinados producidos, para garantizar un enfriamiento suficiente. Más preferiblemente, al metal fundido se le añade de 0,2 a 0,8 kg de sal por kg de cristales metálicos refinados producidos o incluso, más preferiblemente, de 0,3 a 0,6 kg de sal por kg de cristales metálicos refinados producidos.

50 Preferiblemente, la sal sólida se funde al menos en parte durante el enfriamiento del metal fundido como mucho parcialmente solidificado, ya que tiene preferiblemente un punto de fusión inferior al punto de fusión de dicho metal fundido como mucho parcialmente solidificado. De esta manera, la sal sólida absorbe calor procedente del metal fundido mientras se calienta y mientras se funde. La sal fundida se puede elegir más pesada o más ligera que el metal fundido, con lo que el metal fundido flotará sobre la sal fundida más pesada o la sal fundida más ligera flotará sobre el metal fundido, o se darán ambas situaciones si se usan dos tipos de sal sólida. La temperatura de la sal fundida puede ser medida y controlada para controlar la temperatura del metal fundido mientras que, cuando se refrigera a través de las paredes de un aparato de cristalización, la temperatura del metal fundido se puede controlar con menor precisión. La sal fundida no forma una superficie sobre la cual se puedan formar y unirse cristales.

ES 2 300 843 T3

Preferiblemente, al menos algo de la sal se elimina, por ejemplo, mediante sangrado, una vez que está fundida, permitiendo de ese modo que se añada más sal sólida y que se produzca más enfriamiento.

5 Preferiblemente, la sal eliminada se enfría y se solidifica para su reutilización. Esto hace que el método sea rentable y económico en recursos, debido a que los medios de enfriamiento se pueden volver a utilizar.

10 La sal sólida se añade preferiblemente desde la parte superior y/o a la parte inferior y/o al interior del metal fundido como mucho parcialmente solidificado. Si se añade sal sólida desde la parte superior y/o la inferior del metal fundido como mucho parcialmente solidificado, dicha sal puede formar una capa de sal fundida por encima y/o por debajo del metal fundido al menos parcialmente solidificado, por ejemplo, la sal se puede añadir desde la parte superior del metal fundido como mucho parcialmente solidificado y puede formar una capa de sal fundida por debajo del metal fundido como mucho parcialmente solidificado. Si se añade sal sólida desde la parte superior y/o la inferior del metal fundido como mucho parcialmente solidificado, dicha sal puede también enfriar una capa ya existente de sal fundida, enfriando de ese modo el metal fundido a través de la interfaz sal/metal fundido. Cuando se añade sal sólida al interior del metal fundido como mucho parcialmente solidificado, esta sal enfriará directamente el metal fundido y estimulará la formación de cristales metálicos.

15 Preferiblemente, el metal fundido como mucho parcialmente solidificado se agita. Al agitar el metal fundido como mucho parcialmente solidificado los cristales metálicos son mantenidos en suspensión y se aumenta el intercambio de material entre los cristales metálicos y el metal fundido.

20 La sal sólida se añade preferiblemente a un torbellino que se forma sobre la superficie del metal fundido como mucho parcialmente solidificado debido al movimiento del agitador. La sal sólida se añade al interior del torbellino creado por el movimiento giratorio del agitador sobre la superficie del metal fundido, el cual aspira la sal sólida desde la superficie hacia el interior del cuerpo del metal fundido como mucho parcialmente solidificado. De esta manera, la sal sólida se añade a la superficie del metal fundido como mucho parcialmente solidificado pero termina dentro del cuerpo del metal fundido como mucho parcialmente solidificado, donde enfría directamente el metal fundido y estimula la formación de cristales.

25 La sal sólida se añade preferiblemente a través de unos medios de agitación del metal fundido como mucho parcialmente solidificado. De este modo, la sal sólida se distribuye bien a través del metal fundido, la superficie de contacto sal/metal es relativamente grande y la sal estimula eficazmente la formación de cristales metálicos enfriando el metal mientras dicha sal se calienta y se funde.

30 Una vez fundida, la sal sólida tiene preferiblemente una densidad menor que la del metal fundido como mucho parcialmente solidificado, de manera que forma una capa encima de dicho metal fundido como mucho parcialmente solidificado y se puede eliminar fácilmente, por ejemplo, mediante sangrado, y reduce la oxidación del metal fundido.

35 La sal sólida comprende preferiblemente haluros de metales alcalinotérreos o haluros de metales alcalinos o mezclas de ellos ya que los haluros de este tipo son químicamente estables y es menos probable que reaccionen con el metal fundido como mucho parcialmente solidificado.

40 El metal fundido como mucho parcialmente solidificado es preferiblemente una aleación de aluminio. La cristalización fraccionada es especialmente apropiada para el aluminio. El reciclado de aluminio es rentable debido a que la producción de aluminio es intensiva en energía y cara y a menudo es necesario disminuir la cantidad de un elemento o elementos extraños en el aluminio reciclado para obtener una composición química deseada.

45 El presente invento se explicará en mayor detalle a modo de ejemplo haciendo referencia a las figuras 1 a 3 esquemáticas adjuntas.

50 La figura 1 muestra una sección transversal a través de un aparato de cristalización, en el cual está implementado el método de enfriamiento de acuerdo con el invento.

55 La figura 2 muestra una sección transversal a través de un aparato de cristalización adicional, en el cual está implementado el método de enfriamiento de acuerdo con el invento.

La figura 3 muestra una sección transversal a través de un aparato de cristalización adicional, en el cual está implementado el método de enfriamiento de acuerdo con el invento.

60 La figura 1 muestra un aparato de cristalización para implementar el método de acuerdo con el invento. El aparato comprende una cámara 9 rodeada por paredes 3 y por una parte 4 de suelo. El aparato puede comprender una tapa pero ésta no se muestra en la figura. Las paredes 3 y la parte 4 de suelo son calentadas preferiblemente por elementos o tuberías 5 de calentamiento empotrados. El aparato comprende un agitador 6 o rueda de paletas. El movimiento giratorio del agitador 6 genera un torbellino 14 en el metal 8 fundido como mucho parcialmente solidificado, el cual se extiende hacia arriba hasta la superficie del metal fundido. La sal 13 sólida se deja caer o se esparce sobre la superficie del metal 8 fundido como mucho parcialmente solidificado y se orienta preferiblemente para que caiga en el interior del torbellino 14 creado por el agitador, con lo que dicha sal sólida es aspirada al interior del cuerpo del metal fundido como mucho parcialmente solidificado dentro de la cámara del aparato. La sal se funde ya que ha sido seleccionada

ES 2 300 843 T3

para que tenga una temperatura de fusión inferior a la temperatura de fusión del metal. Preferiblemente, la sal sólida se selecciona también para que sea de mayor densidad una vez fundida que el metal fundido y forme de esta manera una capa 11 por debajo del metal fundido como mucho parcialmente solidificado. La sal se puede eliminar de la capa 11 y, una vez eliminada, puede ser enfriada y solidificada para su reutilización.

5 La figura 2 muestra un aparato 1 de cristalización para la cristalización fraccionada de un metal fundido que contiene uno o más elementos extraños. El aparato comprende una cámara 9 rodeada por una tapa 2, paredes 3 y parte 4 de suelo. Las paredes 3 y la parte 4 de suelo son calentadas preferiblemente por elementos o tuberías 5 de calentamiento embebidos. El aparato comprende también un agitador 6 o rueda de paletas, que se hace girar, y una tubería 7. La sal 13 sólida en forma de polvo o finamente granulada junto con gas inerte a presión es suministrada al metal 8 fundido como mucho parcialmente solidificado a través de la tubería 7. La agitación del metal fundido como mucho parcialmente solidificado mantiene a los cristales en suspensión y aumenta el intercambio de material entre los cristales y el metal fundido. La sal se funde ya que su temperatura de fusión es menor que la temperatura de fusión del metal fundido como mucho parcialmente solidificado. Preferiblemente, la sal, una vez fundida, tiene una densidad inferior con lo que dicha sal 13 asciende a través del metal fundido como mucho parcialmente solidificado y forma una capa 11 encima del metal y puede ser extraída por sangrado a través de la salida 10. Una vez extraída, la sal se enfría y solidifica para su reutilización.

20 La figura 3 muestra un aparato de cristalización alternativo para implementar el método de acuerdo con el invento. El aparato comprende una cámara 9 rodeada por una tapa 2, paredes 3 y una parte 4 de suelo. Las paredes 3 y la parte 4 de suelo se calientan preferiblemente mediante elementos o tuberías 5 de calentamiento empotradas. El aparato comprende una combinación de agitador y tubería 12 de suministro para la sal sólida. La sal 13 sólida se suministra a la tubería 12 en forma de polvo o finamente granulada junto con gas inerte a presión. El gas y la sal sólida pasan a través de un conducto en el interior de la tubería 12 y salen al interior del metal fundido como mucho parcialmente solidificado a través de al menos dos aberturas de la tubería. La tubería 12 se hace girar para agitar el metal fundido como mucho parcialmente solidificado mientras que la sal sólida se va suministrando al metal fundido como mucho parcialmente solidificado. La agitación del metal fundido como mucho parcialmente solidificado mantiene a los cristales en suspensión y aumenta el intercambio de material entre los cristales y el metal fundido. Una vez fundida, la sal tiene preferiblemente una densidad menor que la del metal fundido, de manera que la sal 13 asciende a través del metal 8 fundido como mucho parcialmente solidificado y forma una capa 11 encima del metal y puede ser extraída por sangrado a través de la salida 10. Una vez extraída, la sal se enfría y se solidifica para su reutilización.

35 El metal 8 fundido como mucho parcialmente solidificado es preferiblemente aleación de aluminio. La sal sólida añadida, una vez fundida, puede tener una densidad mayor o menor que la densidad del metal fundido. A la larga, la sal puede de esta forma formar una capa por encima de la superficie superior del metal fundido y en contacto con ella, o puede formar una capa por debajo de la superficie inferior del metal fundido y en contacto con ella. La sal sólida añadida puede también tener una composición tal que una parte de la sal, una vez fundida, forme una capa por encima del metal fundido y otra parte forme una capa por debajo del metal fundido. La sal sólida se puede suministrar directamente sobre la superficie superior del metal fundido como mucho parcialmente solidificado y/o se puede suministrar sobre y/o al interior de una capa de sal en contacto con la superficie superior del metal fundido como mucho parcialmente solidificado. La sal sólida se puede suministrar a la parte inferior de la superficie inferior del metal fundido como mucho parcialmente solidificado directamente a la superficie inferior y/o al interior y/o a la parte inferior de una capa de sal que está en contacto con la superficie inferior del metal fundido como mucho parcialmente solidificado. La sal sólida se puede suministrar a la parte superior o inferior del metal fundido como mucho parcialmente solidificado. La sal sólida se puede suministrar, por ejemplo, en forma de polvo, gránulos, terrones, o en forma de bloques grandes. La sal sólida puede simplemente dejarse caer o ser sumergida en el interior del metal fundido como mucho parcialmente solidificado. La sal sólida se puede también suministrar encerrada en otro material tal como por ejemplo en una forma que comprenda un recubrimiento solidificado del metal fundido.

50 Preferiblemente, la sal sólida tiene un punto de fusión inferior al punto de fusión del aluminio metálico y, más preferiblemente, inferior a 500°C para garantizar que la sal permanece fundida incluso cuando forma parte de una capa de sal colocada por encima o por debajo del metal fundido como mucho parcialmente solidificado. La sal sólida añadida comprende preferiblemente sales de haluros tales como haluros de metales alcalinotérreos o haluros de metales alcalinos o mezclas de los mismos, ya que las sales de este tipo son químicamente estables y es menos probable que reaccionen con el metal fundido. Más preferiblemente, la sal sólida comprende cloruro sódico y cloruro de magnesio que tienen puntos de fusión respectivos de 720°C y 780°C pero que, combinados, pueden tener un punto de fusión significativamente inferior. Incluso más preferiblemente se usa aproximadamente el 60% de NaCl y aproximadamente el 40% de MgCl₂ para conseguir una combinación de un punto de fusión inferior a 500°C y estabilidad química.

60 Los valores típicos para la eficacia de enfriamiento de la sal sólida para metal de aleación de aluminio fundido a una temperatura de 660°C son:

1 kg de sal sólida añadida a una temperatura de 20°C

65 $1 \text{ kg} \times 1000 \text{ J/kg}^\circ\text{C} \times (660 - 20)^\circ\text{C} = 640 \text{ kJ}$ (calentamiento de la sal)

$1 \text{ kg} \times 300 \text{ kJ/kg} = 300 \text{ kJ}$ (fusión de la sal)

ES 2 300 843 T3

Energía total absorbida = 940 kJ

Calor latente de fusión del aluminio = 390 kJ/kg.

5 De esta manera, para producir 1 kg de cristales de aluminio a partir de aleación de aluminio a 660°C, la cantidad de sal necesaria para el enfriamiento es aproximadamente 0,4 kg (390/940 kg).

10 Un ritmo de producción razonable para un aparato de cristalización que contenga 500 kg de aleación de aluminio fundida es de 100 kg de cristales por hora. De esta forma, para obtener un ritmo de producción de 100 kg por hora, se deberían suministrar 40 kg de sal sólida por hora.

15 La tapa 2 y/o la capa 11 de sal fundida formada dentro de la cámara del aparato de cristalización se pueden calentar hasta una temperatura por encima del punto de fusión del metal de aluminio para garantizar que no se forman cristales de metal de aluminio, por ejemplo, sobre el agitador y/o sobre la tubería 6, 7, 12 de suministro.

De forma alternativa, elementos tales como el agitador y/o la tubería 6, 7, 12 de suministro se podrían calentar hasta por encima de la temperatura de fusión del aluminio para evitar la incrustación con cristales metálicos.

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

ES 2 300 843 T3

REIVINDICACIONES

- 5 1. Método para enfriar un metal fundido como mucho parcialmente solidificado durante la cristalización fraccionada, en el cual los cristales metálicos formados tienen una composición más pura que la del metal fundido **caracterizado** porque se utiliza sal en forma sólida para enfriar el metal fundido como mucho parcialmente solidificado.
- 10 2. Método de acuerdo con la reivindicación 1, en el cual se elige una sal que se funde al menos parcialmente durante el enfriamiento del metal fundido como mucho parcialmente solidificado.
- 15 3. Método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el cual al menos algo de la sal se elimina una vez que se ha fundido.
- 20 4. Método de acuerdo con la reivindicación 3, en el cual la sal eliminada se enfría y solidifica, preferiblemente para su reutilización.
- 25 5. Método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el cual la sal sólida se añade desde la parte superior y/o a la parte inferior y/o al interior del metal fundido como mucho parcialmente solidificado.
- 30 6. Método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el cual se agita el metal fundido como mucho parcialmente solidificado.
- 35 7. Método de acuerdo con la reivindicación 6, en el cual la sal sólida se añade a un torbellino formado sobre la superficie del metal fundido como mucho parcialmente solidificado por el movimiento del agitador.
- 40 8. Método de acuerdo con la reivindicación 6, en el cual el metal fundido como mucho parcialmente solidificado es agitado por un medio de agitación y se añade sal sólida al interior del metal fundido como mucho parcialmente solidificado a través de los medios de agitación.
- 45 9. Método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el cual se elige la sal sólida para que, una vez fundida, tenga una densidad menor que la del metal fundido como mucho parcialmente solidificado.
- 50 10. Método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el cual la sal sólida comprende haluros de metales alcalinotérreos o haluros de metales alcalinos o mezclas de ellos.
- 55 11. Método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el cual el metal es aleación de aluminio.
- 60
- 65

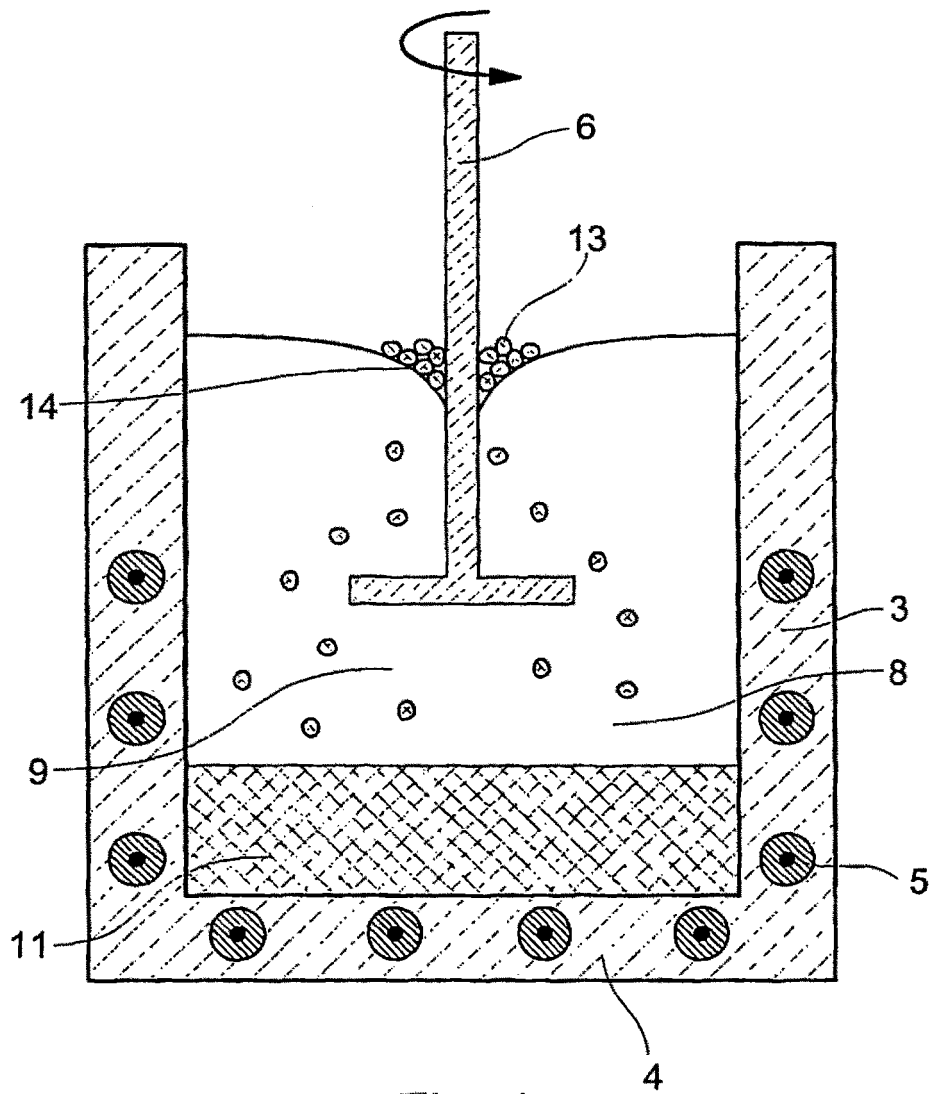


Fig. 1

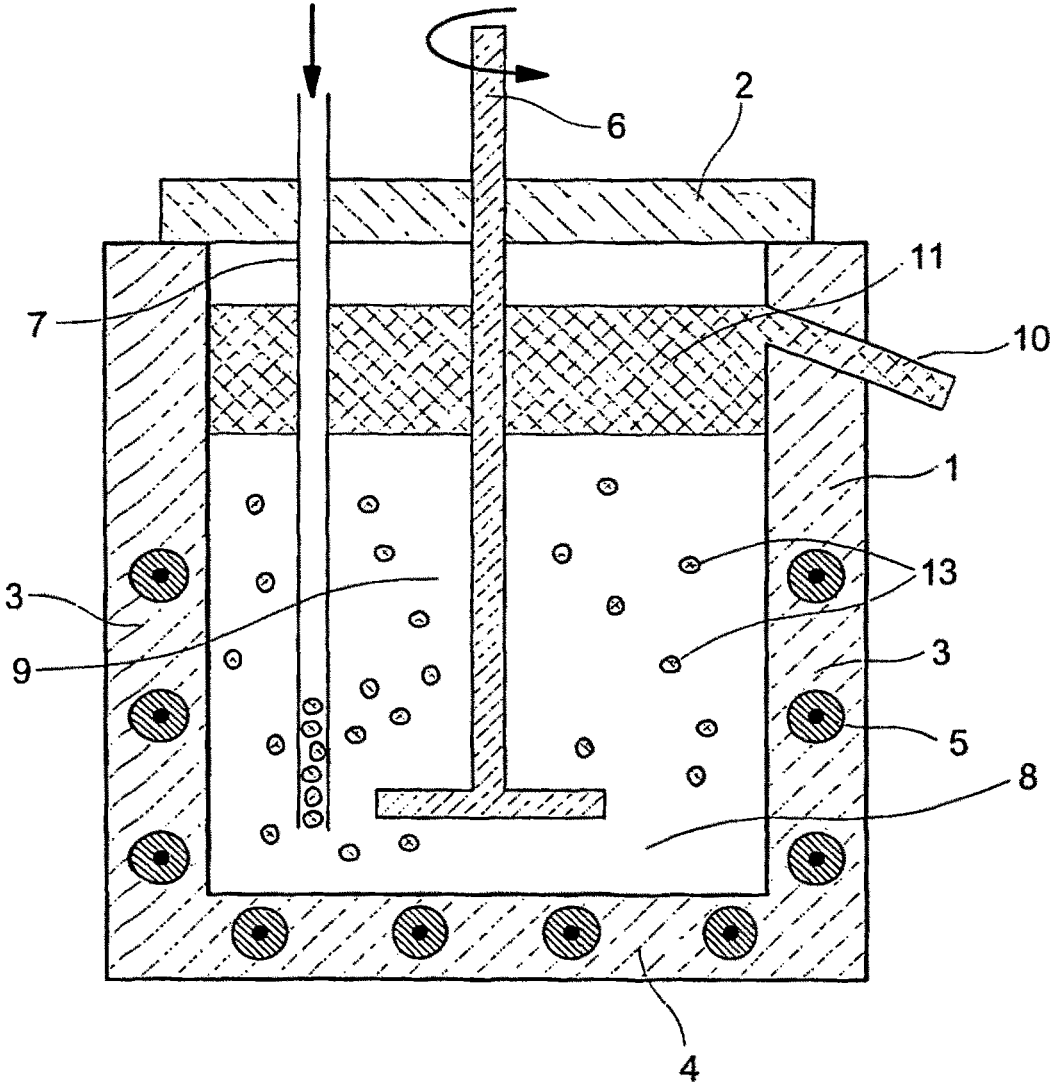


Fig. 2

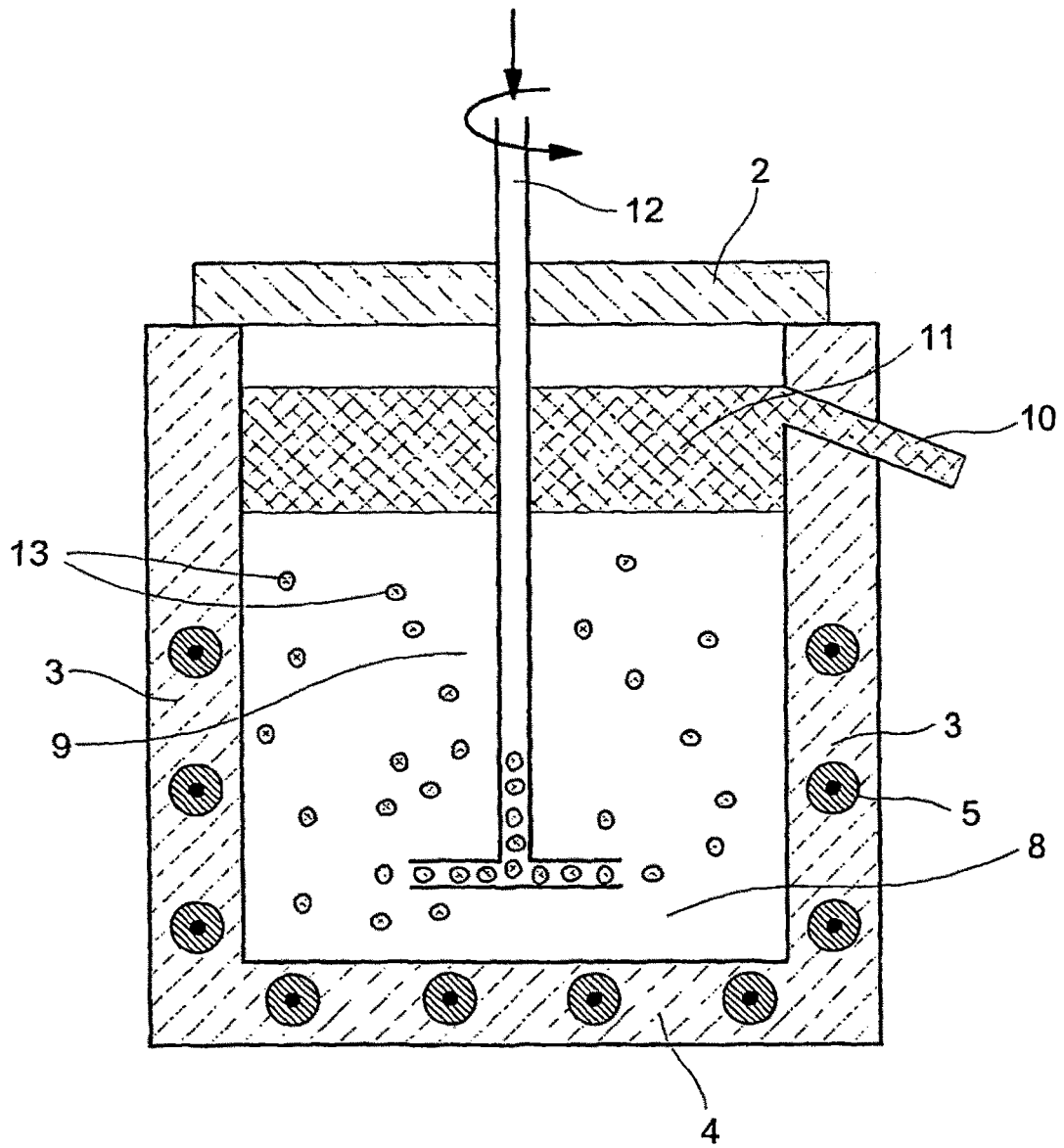


Fig. 3