

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 711 773**

51 Int. Cl.:

<b>G01N 29/032</b>	(2006.01)
<b>B06B 3/00</b>	(2006.01)
<b>G01N 29/22</b>	(2006.01)
<b>C22B 9/02</b>	(2006.01)
<b>C22B 21/06</b>	(2006.01)
<b>C22C 21/04</b>	(2006.01)
<b>C22C 21/08</b>	(2006.01)
<b>G01N 29/02</b>	(2006.01)
<b>G01N 29/34</b>	(2006.01)
<b>G01N 33/20</b>	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **06.10.2015 PCT/FR2015/052679**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **14.04.2016 WO16055728**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **06.10.2015 E 15791689 (1)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.12.2018 EP 3204763**

54 Título: **Procedimiento de mojado de un sonotrodo y sonotrodo**

30 Prioridad:

**07.10.2014 FR 1402256**

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

**07.05.2019**

73 Titular/es:

**CONSTELLIUM ISSOIRE (100.0%)  
Rue Yves Lamourdedieu ZI des Listes  
63500 Issoire, FR**

72 Inventor/es:

**ACHARD, JEAN-LOUIS y  
JARRY, PHILIPPE**

74 Agente/Representante:

**MIR PLAJA, Mireia**

ES 2 711 773 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 mojado de un sonotrodo y sonotrodo

5 La presente invención hace referencia a un procedimiento de utilización de un sonotrodo, en particular un sonotrodo de cerámica, dentro de aluminio y/o magnesio líquido. Un segundo aspecto de la presente invención hace referencia a un dispositivo de insonificación que incluye el citado sonotrodo.

10 En el campo de la colada de metales y, más concretamente, del aluminio líquido, es de la máxima importancia controlar la calidad del metal líquido, por ejemplo mediante la determinación de la limpieza inclusionaria. De ella depende en realidad la calidad y el porcentaje de descartes de las planchas finas elaboradas a partir de aluminio líquido para la fabricación de artículos, en particular de recipientes cerrados, como latas de bebida o botes de aerosol. Si es necesario, se aplicarán tratamientos adecuados, como la desgasificación, el filtrado para reducir el número de inclusiones, etc., para mejorar la calidad del metal antes de efectuar la colada.

15 Desde los años 60 se han venido desarrollando métodos ultrasónicos para medir y tratar metales líquidos con una bajo punto de fusión (Ga, Sn, Pb, Zn, etc.). Estos métodos recurren a guías de ondas metálicas combinadas con metales líquidos para emitir y recibir las ondas mojando las guías obtenidas respectivamente a partir de los metales a analizar.

20 El control no destructivo en línea dentro de aluminio líquido y su tratamiento se topan con la alta reactividad de este metal. Al mojar con aluminio líquido los metales utilizados como guías de ondas ultrasónicas (aceros, titanio, etc.) se provoca la disolución de estos metales, de manera que las mediciones efectuadas en el aluminio líquido no resultan fiables todo el tiempo.

25 Asimismo, la operación de mojado no es perfecta, ni siquiera en este caso, por lo que se han desarrollado métodos para mejorarla. A modo de ejemplo, podemos citar la patente EP0035545B1, con prioridad de 1979, de la Reynolds Metal Company, que reivindica la deposición de una película de vapor de aluminio sobre un sonotrodo de titanio. Sin embargo, incluso con tal configuración, la calidad del mojado evoluciona en el transcurso de la utilización porque el material del que está hecha la guía de ondas reacciona con el aluminio líquido.

30 Por otro lado, el uso de guías de ondas de cerámica refractaria no resulta óptimo porque el aluminio no consigue mojar las cerámicas y, por tanto, no se consigue un buen contacto entre el sonotrodo y el metal líquido. Se podría crear una interfaz mojantera entre la cerámica y el aluminio mediante la previa deposición química de un metal sobre la guía de ondas, pero este método de deposición resulta caro y la deposición en cuestión es solo temporal.

35 Uno de los objetivos de la invención es desarrollar una interfaz estable entre la guía de ondas y el aluminio líquido, evitando la disolución del material constituyente de la guía de ondas y evitando la necesidad de aplicar una deposición. A tal efecto, la presente invención propone un procedimiento que utiliza un sonotrodo y que consta de las etapas siguientes:

- 40
- 45 a) Realizar un primer baño de un metal líquido compuesto por un porcentaje X de aluminio y un porcentaje Y de magnesio, siendo Y mayor que cero,
- 50 b) Sumergir, al menos parcialmente, un sonotrodo formado por un material inerte al aluminio líquido en el primer baño de metal líquido y
- 55 c) Aplicar ultrasonidos de potencia en el sonotrodo con el fin de conseguir excitar el metal líquido hasta el punto de lograr el mojado del sonotrodo con el metal líquido.
- 60 d) Enfriar el primer metal del primer baño hasta conseguir la solidificación del primer metal líquido alrededor del sonotrodo, generando así una unión íntima entre el sonotrodo y el primer metal líquido solidificado, presentando una fuerza de unión prácticamente igual a la de una soldadura entre dos metales.
- e) Mecanizar el primer metal solidificado dándole la forma de una brida preparada de tal manera que se le pueda acoplar un amplificador mecánico y/o un transductor.

65 Así, gracias a este procedimiento, el sonotrodo, tras salir del primer baño de metal líquido, presenta una capa estable de aluminio y/o de magnesio, que no se desprende como suele suceder al sumergir simplemente una cerámica en aluminio líquido, lo cual demuestra que se produce el mojado del sonotrodo.

Asimismo, el sonotrodo sometido a este tratamiento y utilizado a continuación en aluminio líquido exhibe la capacidad de transmitir y recibir ondas ultrasónicas de baja potencia dentro del rango de los MHz, comúnmente conocidos como ultrasonidos de medición, lo cual demuestra también que se produce el mojado.

5 Preferiblemente, la etapa a) consiste en aplicar un primer baño de metal líquido compuesto por una concentración Y de magnesio superior o igual al 0,05 % o, mejor aún, superior al 0,5 % o, mejor aún, superior o igual al 0,7 % en peso.

10 La asociación de una pequeña cantidad de magnesio al aluminio líquido permite efectivamente conseguir un buen mojado del sonotrodo con aluminio. Cuanto mayor es el porcentaje de magnesio en el metal líquido, mayor es la velocidad con la que se consigue dicho mojado. Concretamente, la duración de la excitación se mantiene durante varios minutos para concentraciones de magnesio inferiores al 1 % y menos de un minuto para concentraciones de Mg de aproximadamente el 5 %.

15 Según una forma de realización, la etapa a) consiste en aplicar un primer baño de metal líquido con un porcentaje X de aluminio líquido igual a 0. En esta variante, el mojado del sonotrodo se produce con magnesio. Este procedimiento ofrece una alternativa al procedimiento de mojado de un sonotrodo con magnesio, que se suele realizar con sonotrodos hechos de titanio o de acero. Esto, en el caso del mojado con magnesio, amplía las opciones de materiales de los que pueden estar hechos los sonotrodos, así como el espectro de aplicaciones.

20 Ventajosamente, el sonotrodo sumergido en la etapa b) está hecho de una cerámica a base de nitruro de silicio o de oxinitruro de silicio, especialmente SiAlON. A los efectos del presente documento, SiAlON son las siglas inglesas de Silicon-Aluminum-Oxygen-Nitride, que hace referencia a una familia de cerámicas refractarias a base de silicio, aluminio, nitrógeno y oxígeno, también denominadas oxinitruros de silicio y aluminio. La obtención de un mojado con SiAlON, un material que es inerte ante el aluminio líquido y que se emplea ampliamente en la industria del aluminio, resulta sorprendente porque incluso después de contactos prolongados, el aluminio no se adhiere a los tubos de SiAlON utilizados como fundas protectoras para las termorresistencias. La prueba es que la capa de aluminio que queda después de la emersión de las fundas de SiAlON se desprende fácilmente.

25 Según una forma de realización, la etapa c) de aplicación de ultrasonidos de potencia consiste en aplicar ultrasonidos de baja frecuencia. Preferiblemente, la frecuencia utilizada va de los 10 a los 40 kHz. La potencia de los ultrasonidos aplicada puede estar comprendida, por ejemplo, entre 50 y 150 W. Estas frecuencias están normalmente adaptadas para excitar el sonotrodo y el aluminio líquido. También se pueden emplear otras potencias siempre que provoquen una cavitación dentro del metal líquido en un tiempo compatible con las exigencias industriales, es decir, del orden de algunos minutos.

40 Por ejemplo, para una concentración Y de magnesio del 2,5 % en peso, con ultrasonidos de una frecuencia en torno a los 20 kHz y una potencia de 150 W, la duración de excitación necesaria es inferior a 10 minutos para conseguir el mojado del sonotrodo.

45 Según una forma de realización, la etapa a) consiste en aplicar un primer baño de metal líquido compuesto por aluminio en una concentración X superior a cero de manera que dicho primer baño conste de una primera aleación de aluminio líquido.

50 Después de la etapa c), el procedimiento consta de una etapa d) de enfriamiento de la primera aleación de aluminio líquido del primer baño hasta lograr la solidificación de la primera aleación de aluminio alrededor del sonotrodo, generando así una unión íntima entre el sonotrodo y la primera aleación de aluminio solidificada.

55 Gracias a este procedimiento, el sonotrodo queda íntimamente unido a una aleación de aluminio solidificada, con unas propiedades similares a las obtenidas con una soldadura entre dos metales. Una sección pulida de la interfaz obtenida mediante este procedimiento entre el sonotrodo unido al aluminio, observada al microscopio electrónico de barrido (MEB), presenta efectivamente una soldadura con una unión perfecta, sin ninguna descohesión, y una continuidad metalúrgica entre los dos materiales que permite un acoplamiento mecánico óptimo entre el aluminio y el sonotrodo.

60 Así pues, la unión íntima entre el sonotrodo y la primera aleación de aluminio solidificada presenta una fuerza de unión al menos prácticamente igual a la de una soldadura entre dos metales.

65 Según esta forma de realización, el procedimiento constaría de una etapa e), realizada después de la etapa d), de mecanizado de la primera aleación de aluminio solidificada para darle forma de brida configurada para acoplar un amplificador mecánico y/o un transductor. Por supuesto, esta etapa e) de mecanizado del aluminio solidificado se lleva a cabo después de retirarlo del crisol. Esta configuración permite obtener un acoplamiento mecánico sin descohesión a pesar de la transmisión continua de ultrasonidos de potencia

durante varias horas. No aparece ningún signo de desacoplamiento entre el transductor atornillado a la brida y el sonotrodo. Esta configuración permite mejorar en gran medida la calidad del ensamblaje constituido clásicamente entre el sonotrodo y el transductor por medio de una brida metálica simplemente apretada sobre el sonotrodo. Este ensamblaje, basado en técnicas anteriores, solo permite transmitir potencias elevadas durante algunos minutos.

Según una variante, después de la etapa e), el procedimiento consta de las etapas de

f) Inmersión del otro extremo del sonotrodo (3) y mojado en el primer baño de metal líquido (1) de dicho sonotrodo (3) como en la etapa c),

g) Aplicación de un segundo baño de una segunda aleación de aluminio líquido,

h) Inmersión, al menos parcial, del sonotrodo en el segundo baño de la segunda aleación de aluminio líquido, y

i) Aplicación de ultrasonidos de potencia al sonotrodo para regenerar el mojado

j) Aplicación de ultrasonidos de potencia o de medición al sonotrodo

El sonotrodo mojado inicialmente en la primera aleación de aluminio se puede reutilizar para otro baño de aluminio distinto del primer baño. En tal caso, es preferible aplicar de nuevo ultrasonidos de potencia al sonotrodo para reactivar el mojado. En realidad, el hecho de emerger el sonotrodo mojado del primer baño en una atmósfera no anhidra provocaría la formación de un óxido en la superficie, el cual entorpecería la transmisión de los ultrasonidos. La aplicación de ultrasonidos de potencia en el segundo baño permite regenerar el mojado, incluso en ausencia de magnesio en el baño. En esta variante, la brida que permite acoplar el transductor al sonotrodo puede formarse siguiendo las etapas d) y e) del procedimiento, descritas más arriba.

En este caso, la segunda aleación de aluminio líquido aplicada en la etapa g) incluye un porcentaje Y' de magnesio comprendido entre el 0 y el 0,7 % en peso.

Según una forma de realización, la segunda aleación de aluminio líquido del segundo baño aplicado en la etapa g) está formada por una aleación líquida de AlSiMg con un porcentaje de Si entre el 0,5 y el 7 % en peso y de un porcentaje Y' entre el 0 y el 0,7 % en peso de Mg. De esta manera, se puede utilizar un sonotrodo mojado gracias a la invención para transmitir de forma sostenida y eficaz ultrasonidos de potencia para el tratamiento de todo tipo de aleaciones de aluminio líquido o ultrasonidos de medición para el control no destructivo de la aleación.

Según otra variante, el segundo baño puede contener cualquier tipo de aleación de aluminio líquido, como por ejemplo AlCuMg.

Cuando la concentración X de aluminio líquido del primer baño de metal líquido es cero, el mojado del sonotrodo se realiza con el magnesio, lo cual permite una utilización ulterior para transmitir ultrasonidos en un segundo baño de aleación de aluminio.

Los ultrasonidos aplicados en la etapa i) del procedimiento, cuando el segundo baño de aleación de aluminio es diferente del primer baño de metal líquido, presentan concretamente una frecuencia de vibración comprendida entre 10 y 40 kHz, preferiblemente en torno a 20 kHz, y por ejemplo con una potencia comprendida entre 50 y 150 W, preferiblemente en torno a 150 W, durante algunos minutos, y preferiblemente en torno a 10 minutos.

Según un segundo aspecto, la invención hace referencia a un dispositivo de insonificación compuesto por, al menos, un sonotrodo de cerámica de nitruro de silicio o de oxinitruro de silicio, como por ejemplo un SiAlON, y una brida hecha de una aleación de aluminio, acoplada mediante una unión íntima al sonotrodo. Este dispositivo garantiza un acoplamiento mecánico duradero entre un transductor y el sonotrodo y permite llevar a cabo mediciones de la calidad del aluminio líquido. Este dispositivo también puede utilizarse en combinación con el procedimiento de mojado del sonotrodo de SiAlON mediante aluminio líquido de forma que se mejore la fiabilidad de las mediciones de control no destructivo del aluminio líquido, como la detección de inclusiones, la odometría Doppler por ultrasonidos o la hidrofonia en el aluminio líquido.

Otros aspectos, objetivos y ventajas de la presente invención pueden comprobarse al leer la siguiente descripción de una forma de realización de la misma, que se ofrece a título ilustrativo y no limitativo, y que hace referencia a los dibujos adjuntos. Para facilitar la lectura, las figuras no respetan necesariamente la escala de todos los elementos representados. A lo largo de la descripción, en aras de la simplicidad, los

elementos idénticos, similares o equivalentes de las diferentes formas de realización utilizan las mismas referencias numéricas.

- Las figuras 1 a 3 son un esquema del procedimiento de utilización de un sonotrodo según una forma de realización de la invención.
- Las figuras 4 a 6 son un esquema de la formación de una unión íntima según una forma de realización de la invención.
- Las figuras 7 a 8 son un esquema de otra utilización del sonotrodo mojado según una forma de realización de la invención.

Tal como se ilustra en la figura 1, se prepara en un recipiente 2, como por ejemplo un crisol, un primer baño de un metal líquido 1. El metal líquido 1 posee una concentración X no nula de aluminio líquido (componente mayoritario) y una concentración Y de magnesio en torno al 0,7 % en peso según la etapa a) del procedimiento. Un sonotrodo 3 de cerámica de SiAlON, refractaria e inerte al aluminio líquido se sumerge a continuación parcialmente en el primer baño de metal líquido 1 (etapa b) figura 2). Se aplican ultrasonidos de potencia al sonotrodo 3 por medio de un transductor 4 o un transductor-amplificador con el objetivo de excitarlo (etapa c). Los ultrasonidos de potencia aplicados son ultrasonidos de baja frecuencia, del orden de los 20 kHz, con una potencia de 150 W. Después de algunos minutos de este tratamiento, se produce el mojado 5 del sonotrodo 3, y encontramos en la superficie del sonotrodo 3 una capa o película de aluminio no fácilmente desprendible (figura 3). Para excitar el metal líquido 1 con el sonotrodo 3, se pueden utilizar otras frecuencias de vibración de baja frecuencia (en el rango de los 10 a 40 kHz). Asimismo, también se pueden utilizar otras potencias en la medida en que sean capaces de generar el fenómeno de la cavitación en el metal líquido en un tiempo compatible con los procesos industriales con el fin de conseguir el mojado rápidamente.

Según una forma de realización no ilustrada aquí, la concentración Y de magnesio en el metal líquido 1 es del 0,05 o 0,5 % en peso. La duración del tratamiento de ultrasonidos para conseguir el mojado es más larga que con una concentración Y de magnesio del 0,7 % en peso.

Según una alternativa, la misma duración de tratamiento para la obtención del mojado que la obtenida con una concentración Y de magnesio del 0,7 % en peso se consigue aumentando la potencia de los ultrasonidos.

Por otro lado, según otra variante, cualquier sonotrodo 3 elaborado con un material inerte al aluminio líquido, como podría ser una cerámica refractaria de la familia del nitruro de silicio o del oxinitruro de silicio, resultaría mojado por el aluminio líquido gracias a este procedimiento.

Según otra variante no ilustrada aquí, la concentración X de aluminio del primer baño 1 es nula. En este caso, el mojado del sonotrodo 3 se produce con el magnesio, cuya concentración Y ronda el 100 % en peso. El sonotrodo 3 mojado de esta manera se sumerge a continuación en un segundo baño de una segunda aleación de aluminio líquido para conseguir que después pueda transmitir ultrasonidos sin pérdidas de potencia durante un periodo prolongado.

Según la forma de realización ilustrada en las figuras 4 a 6, el primer baño compuesto por la primera aleación de aluminio líquido 1, en el que se moja el sonotrodo 3 mediante la aplicación de ultrasonidos de potencia (figura 4 - etapa c), se deja enfriar a temperatura ambiente (figura 5 - etapa d). Una vez enfriada, la primera aleación de aluminio 1 se solidifica alrededor del sonotrodo 3, produciendo una unión íntima 6 entre el sonotrodo 3 y la aleación solidificada 1 (visible en la figura 5). La unión íntima 6 corresponde a una soldadura con una unión perfecta, sin ninguna descohesión, y una continuidad metalúrgica entre la cerámica y la primera aleación de aluminio. A continuación, el sonotrodo 3 íntimamente unido a la primera aleación de aluminio 1 se extrae del crisol 2 y la aleación 1 solidificada se mecaniza torneándola y taladrándola hasta formar una brida 7 cilíndrica unida íntimamente a la cerámica (figura 6, etapa e). La unión íntima 6 entre el aluminio y el SiAlON posee unas propiedades similares a las que se obtienen con una soldadura entre dos metales. Así se obtiene un dispositivo de insonificación 8 que permite un acoplamiento mecánico óptimo entre el aluminio y el sonotrodo 3.

Lógicamente, este procedimiento se puede realizar a partir de aleaciones de aluminio y de magnesio con composiciones diferentes, con o sin silicio y, en particular, a partir de una aleación de cobre. Según una forma de realización ilustrada en las figuras 7 y 8, el sonotrodo 3 mojado con aluminio líquido se extrae del primer baño 1 (etapa f, figura 7) y se sumerge parcialmente en un segundo baño de una segunda aleación de aluminio líquido 1' (etapa g, h, figura 8). Se aplican ultrasonidos al sonotrodo 3 con una frecuencia de vibración de 20 kHz y una potencia en torno a los 150 W con el objetivo de regenerar el mojado 5 (etapa i) incluso en ausencia de magnesio en la segunda aleación de aluminio líquido 1'. La segunda aleación de aluminio líquido 1' está formada por AlSiMg con una concentración de Si comprendida entre el 0,5 y el 7 % en peso y una concentración Y de Mg entre el 0 y el 0,7 % en peso. El sonotrodo 3 obtenido se puede utilizar de

nuevo para transmitir de forma eficaz los ultrasonidos de potencia, o de medición (con una frecuencia de 100 kHz, por ejemplo) en la segunda aleación de aluminio líquido 1'.

5 Según una forma de realización no ilustrada aquí, la brida 7 unida íntimamente 6 con el sonotrodo 3 tras la etapa f), figura 6, del procedimiento se utiliza a continuación para acoplar un transductor 4. El sonotrodo 3 con el transductor 4 acoplado se moja en un baño de una aleación de aluminio según se describe anteriormente. Los ultrasonidos emitidos por el transductor 4 se transmiten entonces por medio de la brida 7 al sonotrodo 3 mojado, que a su vez transmite los ultrasonidos al baño de la aleación de aluminio a los efectos de realizar controles o tratamientos del aluminio líquido para conseguir una colada de calidad.

10 Así pues, la presente invención plantea un procedimiento de utilización de un sonotrodo 3 por medio del mojado obtenido a partir de aluminio o de magnesio, que resulta económico y sencillo de realizar. La invención plantea igualmente la formación de una unión íntima 6 entre el material del sonotrodo y una aleación de aluminio 1' solidificada muy simple de realizar y que permite fabricar una brida 7 perfectamente soldada al sonotrodo 3, y que se puede utilizar durante el tiempo necesario para, en particular, transmitir ultrasonidos de medición o de potencia.

15 Huelga decir que la invención no se limita a la forma de realización descrita anteriormente a corte de ejemplo, sino que incluye todos los equivalentes técnicos y las variantes de los medios descritos, así como  
20 combinaciones de los mismos.

**REIVINDICACIONES**

1. Procedimiento de utilización de un sonotrodo (3) compuesto por las etapas siguientes:
  - 5 a) Realizar un primer baño de un metal líquido (1) compuesto por un porcentaje X de aluminio y un porcentaje Y de magnesio, siendo este porcentaje Y de magnesio superior a cero,
  - b) Sumergir, al menos parcialmente, un sonotrodo (3) formado por un material inerte al aluminio líquido en el primer baño de metal líquido (1),
  - c) Aplicar ultrasonidos de potencia en el sonotrodo (3) con el fin de conseguir excitar el metal líquido (1) hasta el punto de lograr el mojado (5) del sonotrodo (3) con el metal líquido (1),
  - 10 d) Enfriar el primer metal líquido (1) del primer baño hasta conseguir la solidificación del primer metal líquido (1) alrededor del sonotrodo (3), generando así una unión íntima (6) entre el sonotrodo (3) y el primer metal líquido (1) solidificado, presentando una fuerza de unión prácticamente igual a la de una soldadura entre dos metales.
  - e) Mecanizar el primer metal (1) solidificado dándole la forma de una brida (7) preparada de tal manera que se le pueda acoplar un amplificador mecánico y/o un transductor (4).
2. Procedimiento según la reivindicación 1 en el que la etapa a) consiste en aplicar un primer baño de metal líquido (1) compuesto por una concentración Y de magnesio superior o igual al 0,05 % o, mejor aún, superior al 0,5 % o, mejor aún, superior o igual al 0,7 % en peso.
- 15 3. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 2 en el que el sonotrodo (3) sumergido en la etapa b) está hecho de una cerámica a base de nitruro de silicio o de oxinitruro de silicio, especialmente SiAlON.
4. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que la etapa c) de aplicación de ultrasonidos de potencia consiste en aplicar ultrasonidos de baja frecuencia, preferiblemente con una frecuencia de vibración comprendida entre 10 y 40 kHz.
- 20 5. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4 en el que la etapa a) consiste en aplicar un primer baño de metal líquido con un porcentaje X de aluminio líquido igual a 0.
6. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4 en el que la etapa a) consiste en aplicar un primer baño de metal líquido (1) compuesto por aluminio en una concentración X superior a cero de manera que dicho primer baño conste de una primera aleación de aluminio líquido (1).
7. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, que consta, después de la etapa e), de las etapas de
  - 25 f) Inmersión del otro extremo del sonotrodo (3) y mojado en el primer baño de metal líquido (1) de dicho sonotrodo (3) como en la etapa c)
  - g) Aplicación de un segundo baño de una segunda aleación de aluminio líquido (1'),
  - h) Inmersión, al menos parcial, del sonotrodo (3) en el segundo baño de la segunda aleación de aluminio líquido (1'),
  - 30 i) Aplicación de ultrasonidos de potencia al sonotrodo (3) para regenerar el mojado,
  - j) Aplicación de ultrasonidos de potencia o de medición al sonotrodo (3).
8. Procedimiento según la reivindicación 7 en el que la segunda aleación de aluminio líquido (1') aplicada en la etapa g) incluye un porcentaje Y' de magnesio comprendido entre el 0 y el 0,7 % en peso.
9. Procedimiento según la reivindicación 7 u 8 en el que la segunda aleación de aluminio líquido (1') del segundo baño aplicado en la etapa g) está formada por una aleación líquida de AlSiMg (1') que consta de un porcentaje de Si entre el 0,5 y el 7 % en peso y de un porcentaje Y' entre el 0 y el 0,7 % en peso de Mg.
- 35 10. Dispositivo de insonificación (8) compuesto por, al menos, un sonotrodo (3) de cerámica, hecho de nitruro de silicio o de oxinitruro de silicio, como por ejemplo un SiAlON, y una brida (7) en una primera

aleación de aluminio (1), acoplada mediante una unión íntima (6) al sonotrodo (3) obtenido por medio del procedimiento de la reivindicación 1.

5

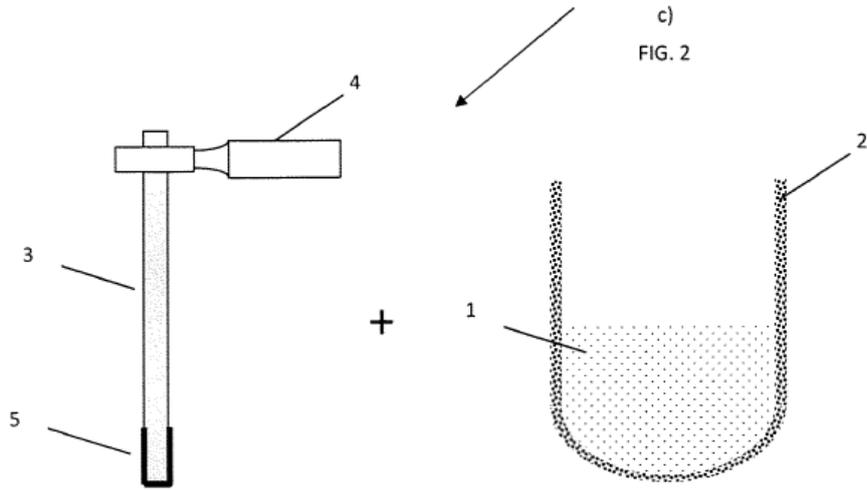
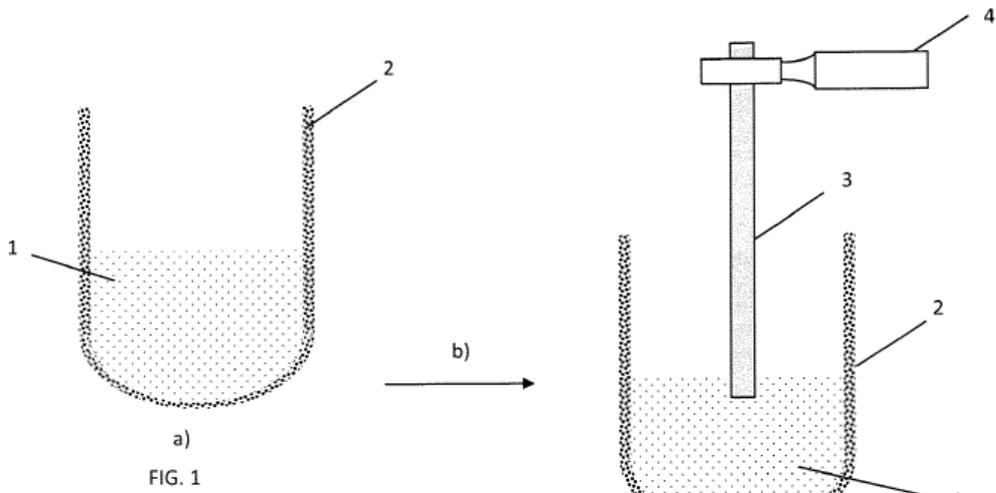


FIG. 3

