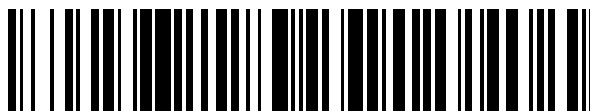


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 779 451**

51 Int. Cl.:

B01D 19/00 (2006.01)
B22D 1/00 (2006.01)
C21C 7/072 (2006.01)
C22B 9/02 (2006.01)
C22B 9/05 (2006.01)
C22B 21/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **10.10.2012** **PCT/US2012/059529**

87 Fecha y número de publicación internacional: **18.04.2013** **WO13055778**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.10.2012** **E 12783741 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.12.2019** **EP 2747906**

54 Título: **Dispositivo ultrasónico con sistema de suministro de gas integrado**

30 Prioridad:

11.10.2011 US 201113270401

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
17.08.2020

73 Titular/es:

SOUTHWIRE COMPANY, LLC (100.0%)
One Southwire Drive
Carrollton, GA 30119-4400, US

72 Inventor/es:

RUNDQUIST, VICTOR F. y
GILL, KEVIN S.

74 Agente/Representante:

SÁNCHEZ SILVA, Jesús Eladio

ES 2 779 451 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

Dispositivo ultrasónico con sistema de suministro de gas integrado

5 Referencia a la solicitud relacionada

Esta solicitud se presentó el 10 de octubre de 2012, como solicitud de patente internacional PCT y reivindica prioridad a la solicitud de patente de Estados Unidos Núm. de serie 13/270,401 presentada el 11 de octubre de 2011.

10 Derechos de autor

15 Todos los derechos, incluidos los derechos de autor, sobre el material incluido en la presente descripción pertenecen a los Solicitantes. Los solicitantes conservan y se reservan todos los derechos sobre el material incluido en la presente descripción, y otorgan permiso para reproducir el material solo en relación con la reproducción de la patente otorgada y para ningún otro propósito.

Antecedentes

20 El procesamiento o fundición de ciertos artículos metálicos puede requerir un baño que contenga un metal fundido, y este baño de metal fundido puede mantenerse a una temperatura en un intervalo de 700 °C a 1200 °C, o más, dependiendo del metal particular. Se pueden usar muchos instrumentos o dispositivos en el baño de metal fundido para la producción o fundición del artículo de metal deseado. Es necesario que estos instrumentos o dispositivos resistan mejor las temperaturas elevadas que se encuentran en el baño de metal fundido, que tienen beneficiosamente una vida útil más larga y están limitados a la ausencia de reactividad con el metal fundido en particular.

25 Además, los metales fundidos pueden tener uno o más gases disueltos en ellos y/o impurezas presentes en ellos, y estos gases y/o impurezas pueden afectar negativamente la producción final y la fundición del artículo de metal deseado, y/o las propiedades físicas resultantes del propio artículo de metal. Se han realizado intentos para reducir las cantidades de gases disueltos o impurezas presentes en baños de metal fundido utilizando ondas ultrasónicas y suministro de gas, por ejemplo, en el documento JPH01127624, sin embargo, estos intentos no han sido completamente exitosos. En consecuencia, existe la necesidad de métodos mejorados para eliminar gases y/o impurezas de los metales fundidos.

Resumen

35 Este resumen se proporciona para introducir una selección de conceptos en una forma simplificada que se describe más adelante en la descripción detallada. Este resumen no tiene la intención de identificar las características requeridas o esenciales del tema reivindicado. Tampoco se pretende utilizar este resumen para limitar el alcance de la materia reivindicada.

40 La presente invención se dirige a un método para reducir la cantidad de un gas disuelto (y/o varias impurezas) en un baño de metal fundido (por ejemplo, desgasificación ultrasónica). El método comprende operar un dispositivo ultrasónico en el baño de metal fundido e introducir un gas de purga en el baño de metal fundido cerca del dispositivo ultrasónico. Por ejemplo, el gas disuelto puede comprender hidrógeno, el baño de metal fundido puede comprender aluminio o cobre (incluyendo sus aleaciones) y el gas de purga puede comprender argón y/o nitrógeno. El gas de purga se puede agregar al baño de metal fundido dentro de aproximadamente 50 cm (o 25 cm, o 15 cm, o 5 cm, o 2 cm), o a través de una punta, del dispositivo ultrasónico. El gas de purga puede añadirse o introducirse en el baño de metal fundido a una velocidad en un intervalo de aproximadamente 0,1 a aproximadamente 150 L/min, o adicionalmente o alternativamente, a una velocidad en un intervalo de aproximadamente 10 a aproximadamente 500 mL/h de gas de purga por kg/h de salida del baño de metal fundido.

50 La presente invención también describe un dispositivo ultrasónico, y este dispositivo ultrasónico se puede usar en muchas aplicaciones diferentes, incluyendo desgasificación ultrasónica y refinamiento de granos. El dispositivo ultrasónico comprende un transductor ultrasónico; una sonda alargada unida al transductor ultrasónico, la sonda comprende una punta; y un sistema de suministro de gas, el sistema de suministro de gas comprende una entrada de gas, una trayectoria de flujo de gas a través de la sonda, y una salida de gas en la punta de la sonda, en donde la sonda comprende una cerámica; y una relación del área de la sección transversal de la punta de la sonda al área de la sección transversal de la salida de gas está en un intervalo de aproximadamente 30:1 a aproximadamente 1000:1. En una modalidad, la sonda puede ser una sonda alargada que comprende un primer extremo y un segundo extremo, el primer extremo unido al transductor ultrasónico y el segundo extremo que comprende una punta. Además, la sonda puede comprender acero inoxidable, titanio, niobio, una cerámica y similares, o una combinación de cualquiera de estos materiales. En otra modalidad, la sonda ultrasónica puede ser una sonda Sialon unitaria con el sistema de suministro de gas integrado a través de la misma. En aún otra modalidad, el dispositivo ultrasónico puede comprender múltiples conjuntos de sonda y/o múltiples sondas por transductor ultrasónico.

65 Tanto el resumen anterior como la siguiente descripción detallada proporcionan ejemplos y son solo explicativos. En consecuencia, el resumen anterior y la siguiente descripción detallada no deben considerarse restrictivos. Además, se

pueden proporcionar características o variaciones además de las establecidas en la presente descripción. Por ejemplo, ciertas modalidades pueden dirigirse a diversas combinaciones y subcombinaciones de características descritas en la descripción detallada.

5 Breve descripción de los dibujos

Los dibujos adjuntos, que se incorporan y constituyen una parte de esta descripción, ilustran diversas modalidades de la presente invención. En los dibujos:

10 La Figura 1 muestra una vista en sección transversal parcial de un dispositivo ultrasónico en una modalidad de la presente invención.

La Figura 2 muestra una vista en sección transversal parcial de un dispositivo ultrasónico en otra modalidad de la presente invención.

La Figura 3 muestra una vista en sección transversal parcial de un dispositivo ultrasónico en otra modalidad de la presente invención.

15 La Figura 4 muestra una vista en sección transversal parcial de un dispositivo ultrasónico en otra modalidad de la presente invención.

La Figura 5 es un gráfico de barras que ilustra la diferencia porcentual de densidad para cada uno de los Ejemplos 1-4 en comparación con la densidad teórica del aluminio.

La Figura 6 es un gráfico de barras que ilustra el contenido de hidrógeno en ppm de cada uno de los Ejemplos 1-4.

20 La Figura 7 es un gráfico de la concentración de hidrógeno en función del tiempo para los Ejemplos 5-8.

Descripción detallada

25 La siguiente descripción detallada se refiere a los dibujos adjuntos. Siempre que sea posible, se utilizan los mismos números de referencia o similares en los dibujos y la siguiente descripción para referirse a elementos iguales o similares. Si bien se pueden describir modalidades de la invención, son posibles modificaciones, adaptaciones y otras implementaciones. Por ejemplo, se pueden hacer sustituciones, adiciones o modificaciones a los elementos ilustrados en los dibujos, y los métodos descritos en la presente descripción pueden modificarse sustituyendo, reordenando o agregando etapas a los métodos descritos. En consecuencia, la siguiente descripción detallada no limita el alcance de la invención.

35 Los términos "un", "una" y "la/el" pretenden incluir varias alternativas, por ejemplo, al menos una. Por ejemplo, la divulgación de "un dispositivo ultrasónico", "una sonda alargada", "un gas de purga", etc., pretende abarcar uno o combinaciones de más de un dispositivo ultrasónico (por ejemplo, uno o dos o más dispositivos ultrasónicos), una sonda alargada (por ejemplo, una o dos o más sondas alargadas), un gas de purga (por ejemplo, uno o dos o más gases de purga), etc., a menos que se especifique lo contrario.

40 Todas las publicaciones y patentes mencionadas en la presente descripción tienen el propósito de describir y divulgar, por ejemplo, las construcciones y metodologías que se describen en las publicaciones, que podrían usarse en relación con la invención descrita en la presente. Las publicaciones analizadas a lo largo del texto se proporcionan únicamente para su divulgación antes de la fecha de presentación de la presente solicitud. Nada en la presente descripción debe interpretarse como una admisión de que los inventores no tienen derecho a anteceder dicha divulgación en virtud de una invención anterior.

45 Los solicitantes describen varios tipos de intervalos en la presente invención. Cuando los solicitantes revelan o reivindican un intervalo de cualquier tipo, la intención de los Solicitantes es revelar o reivindicar individualmente cada número posible que dicho intervalo podría abarcar razonablemente, incluidos los puntos de extremo del intervalo, así como cualquier subintervalo y combinaciones de subintervalos que abarca. Por ejemplo, en una modalidad de la invención, el gas de purga puede añadirse al baño de metal fundido a una velocidad en un intervalo de aproximadamente 1 a aproximadamente 50 L/min. Al divulgar que la velocidad de flujo está en un intervalo de aproximadamente 1 a aproximadamente 50 L/min, los solicitantes tienen la intención de enumerar que la velocidad de flujo puede ser de aproximadamente 1, aproximadamente 2, aproximadamente 3, aproximadamente 4, aproximadamente 5, aproximadamente 6, aproximadamente 7, aproximadamente 8, aproximadamente 9, aproximadamente 10, aproximadamente 11, aproximadamente 12, aproximadamente 13, aproximadamente 14, aproximadamente 15, aproximadamente 16, aproximadamente 17, aproximadamente 18, aproximadamente 19, aproximadamente 20, aproximadamente 21, aproximadamente 22, aproximadamente 23, aproximadamente 24, aproximadamente 25, aproximadamente 26, aproximadamente 27, aproximadamente 28, aproximadamente 29, aproximadamente 30, aproximadamente 31, aproximadamente 32, aproximadamente 33, aproximadamente 34, aproximadamente 35, aproximadamente 36, aproximadamente 37, aproximadamente 38, aproximadamente 39, aproximadamente 40, aproximadamente 41, aproximadamente 42, aproximadamente 43, aproximadamente 44, aproximadamente 45, aproximadamente 46, aproximadamente 47, aproximadamente 48, aproximadamente 49, o aproximadamente 50 L/min. Además, la velocidad de flujo puede estar dentro de cualquier intervalo de aproximadamente 1 a aproximadamente 50 L/min (por ejemplo, la velocidad está en un intervalo de aproximadamente 2 a aproximadamente 20 L/min), y esto también incluye cualquier combinación de intervalos entre aproximadamente 1 y aproximadamente 50 L/min. Del mismo modo, todos los demás intervalos descritos en la presente descripción deben interpretarse de manera similar.

Las modalidades de la presente invención pueden proporcionar sistemas, métodos y/o dispositivos para la desgasificación ultrasónica de metales fundidos. Tales metales fundidos pueden incluir, pero no se limitan a, aluminio, cobre, acero, zinc, magnesio y similares, o combinaciones de estos y otros metales (por ejemplo, aleaciones). Por consiguiente, la presente invención no se limita a ningún metal particular o aleación metálica. El procesamiento o fundición de artículos a partir de un metal fundido puede requerir un baño que contiene el metal fundido, y este baño del metal fundido puede mantenerse a temperaturas elevadas. Por ejemplo, el cobre fundido puede mantenerse a temperaturas de aproximadamente 1100 °C, mientras que el aluminio fundido puede mantenerse a temperaturas de aproximadamente 750 °C.

Como se usa en la presente descripción, los términos "baño", "baño de metal fundido" y similares están destinados a abarcar cualquier contenedor que pueda contener un metal fundido, incluido el recipiente, el crisol, la cubeta, la artesa, el horno, el cucharón, etc. Los términos de baño y baño de metal fundido se usan para abarcar operaciones discontinuas, continuas, semicontinuas, etc., y, por ejemplo, donde el metal fundido es generalmente estático (por ejemplo, a menudo asociado con un crisol) y donde el metal fundido está generalmente en movimiento (por ejemplo, a menudo asociado con una artesa).

Se pueden usar muchos instrumentos o dispositivos para controlar, probar o modificar las condiciones del metal fundido en el baño, así como para la producción final o fundición del artículo de metal deseado. Es necesario que estos instrumentos o dispositivos resistan mejor las temperaturas elevadas que se encuentran en los baños de metal fundido, que tienen beneficiosamente una vida útil más larga y se limitan a no tener reactividad con el metal fundido, ya sea que el metal sea (o el metal comprenda) aluminio, o cobre, o acero, o zinc, o magnesio, y así sucesivamente.

Además, los metales fundidos pueden tener uno o más gases disueltos en ellos, y estos gases pueden afectar negativamente la producción final y la fundición del artículo de metal deseado, y/o las propiedades físicas resultantes del propio artículo de metal. Por ejemplo, el gas disuelto en el metal fundido puede comprender hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, dióxido de azufre y similares, o combinaciones de los mismos. En algunas circunstancias, puede ser ventajoso eliminar el gas o reducir la cantidad de gas en el metal fundido. Como ejemplo, el hidrógeno disuelto puede ser perjudicial en la fundición de aluminio (o cobre, u otro metal o aleación) y, por lo tanto, las propiedades de los artículos terminados producidos a partir de aluminio (o cobre, u otro metal o aleación) pueden mejorarse reduciendo la cantidad de hidrógeno arrastrado en el baño fundido de aluminio (o cobre u otro metal o aleación). El hidrógeno disuelto sobre 0,2 ppm, más de 0,3 ppm, o más de 0,5 ppm, en masa, puede tener efectos perjudiciales en las velocidades de fundición y la calidad de las varillas de aluminio resultantes (o cobre u otro metal o aleación) y otros artículos. El hidrógeno puede entrar al baño de aluminio fundido (o cobre, u otro metal o aleación) por su presencia en la atmósfera sobre el baño que contiene el aluminio fundido (o cobre, u otro metal o aleación), o puede estar presente en la materia prima de aluminio (o cobre, u otro metal o aleación) utilizada en el baño de aluminio fundido (o cobre, u otro metal o aleación).

Los intentos de reducir las cantidades de gases disueltos en baños de metal fundido no han sido completamente exitosos. A menudo, estos procesos involucran equipos adicionales y costosos, así como materiales potencialmente peligrosos. Por ejemplo, un proceso utilizado en la industria de fundición de metales para reducir el contenido de gas disuelto de un metal fundido puede consistir en rotores fabricados de un material como el grafito, y estos rotores pueden colocarse dentro del baño de metal fundido. Además, se puede agregar gas cloro al baño de metal fundido en posiciones adyacentes a los rotores dentro del baño de metal fundido. Este proceso se denominará el proceso "convencional" a lo largo de esta descripción, y en la industria a menudo se le denomina purga de gas rotativa. Si bien el proceso convencional puede tener éxito en la reducción, por ejemplo, de la cantidad de hidrógeno disuelto en un baño de metal fundido en algunas situaciones, este proceso convencional tiene inconvenientes notables, entre los cuales se encuentran el costo, la complejidad y el uso de gas de cloro potencialmente peligroso y potencialmente dañino para el medio ambiente.

Además, los metales fundidos pueden tener impurezas presentes en ellos, y estas impurezas pueden afectar negativamente la producción final y la fundición del artículo de metal deseado, y/o las propiedades físicas resultantes del propio artículo de metal. Por ejemplo, la impureza en el metal fundido puede comprender un metal alcalino u otro metal que no se requiere ni se desea que esté presente en el metal fundido. Como lo reconocería un experto en la materia, pequeños porcentajes de ciertos metales están presentes en diversas aleaciones de metales, y dichos metales no se considerarían impurezas. Como ejemplos no limitantes, las impurezas pueden comprender litio, sodio, potasio, plomo y similares, o combinaciones de los mismos. Diversas impurezas pueden entrar en un baño de metal fundido (aluminio, cobre u otro metal o aleación) por su presencia en el material de partida de materia prima de metal entrante utilizado en el baño de metal fundido.

Las modalidades de esta invención pueden proporcionar métodos para reducir una cantidad de un gas disuelto en un baño de metal fundido o, en un lenguaje alternativo, métodos para desgasificar metales fundidos. Tales métodos comprenden operar un dispositivo ultrasónico en el baño de metal fundido e introducir un gas de purga en el baño de metal fundido en las proximidades del dispositivo ultrasónico. El gas disuelto puede ser o puede comprender oxígeno, hidrógeno, dióxido de azufre y similares, o combinaciones de los mismos. Por ejemplo, el gas disuelto puede ser o puede comprender hidrógeno. El baño de metal fundido puede comprender aluminio, cobre, zinc, acero, magnesio y similares, o mezclas y/o combinaciones de los mismos (por ejemplo, que incluyen diversas aleaciones de aluminio, cobre, zinc, acero, magnesio, etc.). En algunas modalidades, el baño de metal fundido puede comprender aluminio, mientras que, en otras modalidades, el baño de metal fundido puede comprender cobre. Por consiguiente, el metal fundido en el baño puede ser aluminio o, alternativamente, el metal fundido puede ser cobre.

Además, las modalidades de esta invención pueden proporcionar métodos para reducir una cantidad de impurezas presente en un baño de metal fundido o, en un lenguaje alternativo, métodos para eliminar impurezas. Uno de tales métodos puede comprender operar un dispositivo ultrasónico en el baño de metal fundido e introducir un gas de purga en el baño de metal fundido en las proximidades del dispositivo ultrasónico. La impureza puede ser o puede comprender litio, sodio, potasio, plomo y similares, o combinaciones de los mismos. Por ejemplo, la impureza puede ser o puede comprender litio o, alternativamente, sodio. El baño de metal fundido puede comprender aluminio, cobre, zinc, acero, magnesio y similares, o mezclas y/o combinaciones de los mismos (por ejemplo, que incluyen diversas aleaciones de aluminio, cobre, zinc, acero, magnesio, etc.). En algunas modalidades, el baño de metal fundido puede comprender aluminio, mientras que, en otras modalidades, el baño de metal fundido puede comprender cobre. Por consiguiente, el metal fundido en el baño puede ser aluminio o, alternativamente, el metal fundido puede ser cobre.

El gas de purga empleado en los métodos de desgasificación y/o los métodos de eliminación de impurezas descritos en la presente descripción puede comprender uno o más de nitrógeno, helio, neón, argón, criptón y/o xenón, pero no está limitado a los mismos. Se contempla que se puede usar cualquier gas adecuado como gas de purga, siempre que el gas no reaccione apreciablemente o no se disuelva en el metal o metales específicos en el baño de metal fundido. Además, se pueden emplear mezclas o combinaciones de gases. De acuerdo con algunas modalidades descritas en la presente descripción, el gas de purga puede ser o puede comprender un gas inerte; alternativamente, el gas de purga puede ser o puede comprender un gas noble; alternativamente, el gas de purga puede ser o puede comprender helio, neón, argón o combinaciones de los mismos; alternativamente, el gas de purga puede ser o puede comprender helio; alternativamente, el gas de purga puede ser o puede comprender neón; o alternativamente, el gas de purga puede ser o puede comprender argón. Además, los solicitantes contemplan que, en algunas modalidades, la técnica de desgasificación convencional puede usarse junto con los procesos de desgasificación ultrasónica descritos en la presente descripción. Por consiguiente, el gas de purga puede comprender además gas de cloro en algunas modalidades, tal como el uso de gas de cloro como gas de purga solo o en combinación con al menos uno de nitrógeno, helio, neón, argón, criptón y/o xenón.

Sin embargo, en otras modalidades de esta invención, los métodos para desgasificar o reducir una cantidad de un gas disuelto en un baño de metal fundido pueden llevarse a cabo en ausencia sustancial de gas de cloro, o sin gas de cloro presente. Como se usa en la presente descripción, una ausencia sustancial significa que no se puede usar más del 5 % en peso de gas de cloro, en función de la cantidad de gas de purga usado. En algunas modalidades, los métodos descritos en la presente descripción pueden comprender la introducción de un gas de purga, y este gas de purga puede seleccionarse del grupo que consiste en nitrógeno, helio, neón, argón, criptón, xenón y combinaciones de los mismos.

La cantidad de gas de purga introducido en el baño de metal fundido puede variar dependiendo de varios factores. A menudo, la cantidad de gas de purga introducido en un método de desgasificación de metales fundidos (y/o en un método de eliminación de impurezas de metales fundidos) de acuerdo con las modalidades de esta invención puede estar dentro de un intervalo de aproximadamente 0,1 a aproximadamente 150 litros/min (L/min) estándar. En algunas modalidades, la cantidad del gas de purga introducido puede estar en un intervalo de aproximadamente 0,5 a aproximadamente 100 L/min, de aproximadamente 1 a aproximadamente 100 L/min, de aproximadamente 1 a aproximadamente 50 L/min, de aproximadamente 1 a aproximadamente 35 L/min, de aproximadamente 1 a aproximadamente 25 L/min, de aproximadamente 1 a aproximadamente 10 L/min, de aproximadamente 1,5 a aproximadamente 20 L/min, de aproximadamente 2 a aproximadamente 15 L/min, o de aproximadamente 2 a aproximadamente 10 L/min. Estas velocidades de flujo volumétrico están en litros por minuto estándar, es decir, a una temperatura estándar (21,1 °C) y presión (101 kPa).

En operaciones continuas o semicontinuas de metal fundido, la cantidad de gas de purga introducido en el baño de metal fundido puede variar según la producción de metal fundido o la tasa de producción. Por consiguiente, la cantidad del gas de purga introducido en un método de desgasificación de metales fundidos (y/o en un método de eliminación de impurezas de metales fundidos) de acuerdo con tales modalidades puede caer dentro de un intervalo de aproximadamente 10 a aproximadamente 500 mL/h de gas de purga por kg/h de metal fundido (mL de gas de purga/kg de metal fundido). En algunas modalidades, la relación de la velocidad de flujo volumétrico del gas de purga a la velocidad de salida del metal fundido puede estar en un intervalo de aproximadamente 10 a aproximadamente 400 mL/kg; alternativamente, de aproximadamente 15 a aproximadamente 300 mL/kg; alternativamente, de aproximadamente 20 a aproximadamente 250 mL/kg; alternativamente, de aproximadamente 30 a aproximadamente 200 mL/kg; alternativamente, de aproximadamente 40 a aproximadamente 150 mL/kg; o alternativamente, de aproximadamente 50 a aproximadamente 125 mL/kg. Como anteriormente, la velocidad de flujo volumétrico del gas de purga está a una temperatura estándar (21,1 °C) y presión (101 kPa).

Los métodos para desgasificar metales fundidos consistentes con las modalidades de esta invención pueden ser efectivos para eliminar más de aproximadamente 10 por ciento en peso del gas disuelto presente en el baño de metal fundido, es decir, la cantidad de gas disuelto en el baño de metal fundido puede reducirse en mayor medida aproximadamente el 10 por ciento en peso de la cantidad de gas disuelto presente antes de que se empleara el proceso de desgasificación. En algunas modalidades, la cantidad de gas disuelto presente puede reducirse en más de aproximadamente 15 por ciento en peso, más de aproximadamente 20 por ciento en peso, más de aproximadamente 25 por ciento en peso, más de aproximadamente 35 por ciento en peso, más de aproximadamente 50 por ciento en peso, más de aproximadamente 75 por ciento en peso, o más de aproximadamente 80 por ciento en peso, de la cantidad de gas disuelto presente antes de emplear el método de desgasificación. Por ejemplo, si el gas disuelto es hidrógeno, los niveles de hidrógeno en un baño

fundido que contiene aluminio o cobre superiores a aproximadamente 0,3 ppm o 0,4 ppm o 0,5 ppm (en masa) pueden ser perjudiciales y, a menudo, el contenido de hidrógeno en el metal fundido puede ser de aproximadamente 0,4 ppm, aproximadamente 0,5 ppm, aproximadamente 0,6 ppm, aproximadamente 0,7 ppm, aproximadamente 0,8 ppm, aproximadamente 0,9 ppm, aproximadamente 1 ppm, aproximadamente 1,5 ppm, aproximadamente 2 ppm, o más de 2 ppm. Se contempla que el empleo de los métodos descritos en las modalidades de esta invención puede reducir la cantidad de gas disuelto en el baño de metal fundido a menos de aproximadamente 0,4 ppm; alternatively, a menos de aproximadamente 0,3 ppm; alternatively, a menos de aproximadamente 0,2 ppm; alternatively, dentro de un intervalo de aproximadamente 0,1 a aproximadamente 0,4 ppm; alternatively, dentro de un intervalo de aproximadamente 0,1 a aproximadamente 0,3 ppm; o alternatively, dentro de un intervalo de aproximadamente 0,2 a aproximadamente 0,3 ppm. En estas y otras modalidades, el gas disuelto puede ser o puede comprender hidrógeno, y el baño de metal fundido puede ser o puede comprender aluminio y/o cobre.

Las modalidades de esta invención dirigidas a métodos de desgasificación (por ejemplo, reducción de la cantidad de un gas disuelto en un baño que comprende un metal fundido) o a métodos para eliminar impurezas comprenden operar un dispositivo ultrasónico en el baño de metal fundido. El dispositivo ultrasónico comprende un transductor ultrasónico y una sonda alargada, y la sonda puede comprender un primer extremo y un segundo extremo. El primer extremo puede estar unido al transductor ultrasónico y el segundo extremo puede comprender una punta, y la punta de la sonda alargada puede comprender niobio. Los detalles sobre ejemplos ilustrativos y no limitantes de dispositivos ultrasónicos que pueden emplearse en los procesos y métodos descritos en la presente descripción se analizarán más adelante. Como corresponde a un proceso de desgasificación ultrasónica o a un proceso para eliminar impurezas, el gas de purga puede introducirse en el baño de metal fundido, por ejemplo, en una ubicación cerca del dispositivo ultrasónico. A menudo, el gas de purga puede introducirse en el baño de metal fundido en un lugar cerca de la punta del dispositivo ultrasónico. Se contempla que el gas de purga se puede introducir en el baño de metal fundido dentro de aproximadamente 1 metro de la punta del dispositivo ultrasónico, tal como, por ejemplo, dentro de aproximadamente 100 cm, dentro de aproximadamente 50 cm, dentro de aproximadamente 40 cm, dentro de aproximadamente 30 cm, dentro de unos 25 cm, o dentro de aproximadamente 20 cm, de la punta del dispositivo ultrasónico. En algunas modalidades, el gas de purga puede introducirse en el baño de metal fundido dentro de aproximadamente 15 cm de la punta del dispositivo ultrasónico; alternatively, dentro de aproximadamente 10 cm; alternatively, dentro de aproximadamente 8 cm; alternatively, dentro de aproximadamente 5 cm; alternatively, dentro de aproximadamente 3 cm; alternatively, dentro de aproximadamente 2 cm; o alternatively, dentro de aproximadamente 1 cm. En una modalidad particular, el gas de purga puede introducirse en el baño de metal fundido adyacente a o a través de la punta del dispositivo ultrasónico.

Si bien no tienen la intención de limitarse a esta teoría, los solicitantes creen que puede existir un efecto sinérgico entre el uso de un dispositivo ultrasónico y la incorporación de un gas de purga en las proximidades, lo que resulta en una reducción dramática en la cantidad de gas disuelto en un baño que contiene metal fundido. Los solicitantes creen que la energía ultrasónica producida por el dispositivo ultrasónico puede crear burbujas de cavitación en la masa fundida, dentro de las cuales el gas disuelto puede difundirse. Sin embargo, los solicitantes creen que, en ausencia del gas de purga, muchas de las burbujas de cavitación pueden colapsar antes de llegar a la superficie del baño de metal fundido. Los solicitantes creen que el gas de purga puede disminuir la cantidad de burbujas de cavitación que colapsan antes de llegar a la superficie, y/o puede aumentar el tamaño de las burbujas que contienen el gas disuelto, y/o puede aumentar el número de burbujas en el baño de metal fundido, y/o puede aumentar la velocidad de transporte de burbujas que contienen gas disuelto a la superficie del baño de metal fundido. Independientemente del mecanismo real, los solicitantes creen que el uso de un dispositivo ultrasónico en combinación con una fuente de gas de purga en las proximidades puede proporcionar una mejora sinérgica en la eliminación del gas disuelto del baño de metal fundido y una reducción sinérgica en la cantidad de gas disuelto en el metal fundido. Nuevamente, aunque no desean estar sujetos a la teoría, los solicitantes creen que el dispositivo ultrasónico puede crear burbujas de cavitación próximas a la punta del dispositivo ultrasónico. Por ejemplo, para un dispositivo ultrasónico que tiene una punta con un diámetro de aproximadamente 2 a 5 cm, las burbujas de cavitación pueden estar dentro de aproximadamente 15 cm, aproximadamente 10 cm, aproximadamente 5 cm, aproximadamente 2 cm o aproximadamente 1 cm de la punta del dispositivo ultrasónico antes de colapsar. Si el gas de purga se agrega a una distancia que está demasiado lejos de la punta del dispositivo ultrasónico, es posible que el gas de purga no pueda difundirse en las burbujas de cavitación. Por lo tanto, aunque no están limitados por la teoría, los solicitantes creen que puede ser beneficioso que el gas de purga se introduzca en el baño de metal fundido dentro de aproximadamente 25 cm o aproximadamente 20 cm de la punta del dispositivo ultrasónico, y más beneficiosamente, dentro de aproximadamente 15 cm, dentro de aproximadamente 10 cm, dentro de aproximadamente 5 cm, dentro de aproximadamente 2 cm, o dentro de aproximadamente 1 cm, de la punta del dispositivo ultrasónico.

Los dispositivos ultrasónicos de acuerdo con las modalidades de esta invención pueden estar en contacto con metales fundidos tales como aluminio o cobre, por ejemplo, como se describe en la Publicación de Patente de Estados Unidos Núm. 2009/0224443. En un dispositivo ultrasónico para reducir el contenido de gas disuelto (por ejemplo, hidrógeno) en un metal fundido, el niobio o una aleación del mismo puede usarse como una barrera protectora para el dispositivo cuando está expuesto al metal fundido, o como un componente del dispositivo con exposición directa al metal fundido.

Las modalidades de la presente invención pueden proporcionar sistemas y métodos para aumentar la vida útil de los componentes directamente en contacto con metales fundidos. Por ejemplo, las modalidades de la invención pueden usar niobio para reducir la degradación de materiales en contacto con metales fundidos, dando como resultado mejoras

significativas de calidad en los productos finales. En otras palabras, las modalidades de la invención pueden aumentar la vida útil o preservar materiales o componentes en contacto con los metales fundidos usando niobio como barrera protectora. El niobio puede tener propiedades, por ejemplo, su alto punto de fusión, que pueden ayudar a proporcionar las modalidades antes mencionadas de la invención. Además, el niobio también puede formar una barrera protectora de óxido cuando se expone a temperaturas de aproximadamente 200 °C y superiores.

Además, las modalidades de la invención pueden proporcionar sistemas y métodos para aumentar la vida útil de los componentes directamente en contacto o en relación con los metales fundidos. Debido a que el niobio tiene baja reactividad con ciertos metales fundidos, el uso de niobio puede evitar que el material del sustrato se degrade. En consecuencia, las modalidades de la invención pueden usar niobio para reducir la degradación de los materiales del sustrato, lo que da como resultado mejoras de calidad significativas en los productos finales. En consecuencia, el niobio en asociación con metales fundidos puede combinar el alto punto de fusión del niobio y su baja reactividad con metales fundidos, como el aluminio y/o el cobre.

En algunas modalidades, el niobio o una aleación del mismo puede usarse en un dispositivo ultrasónico que comprende un transductor ultrasónico y una sonda alargada. La sonda alargada puede comprender un primer extremo y un segundo extremo, en donde el primer extremo puede estar unido al transductor ultrasónico y el segundo extremo puede comprender una punta. De acuerdo con esta modalidad, la punta de la sonda alargada puede comprender niobio (por ejemplo, niobio o una aleación del mismo). El dispositivo ultrasónico puede usarse en un proceso de desgasificación ultrasónica, como se analizó anteriormente. El transductor ultrasónico puede generar ondas ultrasónicas, y la sonda unida al transductor puede transmitir las ondas ultrasónicas a un baño que comprende un metal fundido, tal como aluminio, cobre, zinc, acero, magnesio y similares, o mezclas y/o combinaciones de los mismos (por ejemplo, incluidas diversas aleaciones de aluminio, cobre, zinc, acero, magnesio, etc.).

La Figura 1 ilustra el uso de niobio y otros materiales en un dispositivo ultrasónico 300, que puede usarse para reducir el contenido de gas disuelto en un metal fundido. El dispositivo ultrasónico 300 puede incluir un transductor ultrasónico 360, un multiplicador 350 para una salida aumentada, y un conjunto de sonda ultrasónica 302 unido al transductor 360. El conjunto de sonda ultrasónica 302 puede comprender una sonda ultrasónica alargada 304 y un medio ultrasónico 312. El dispositivo ultrasónico 300 y la sonda ultrasónica 304 pueden tener generalmente forma cilíndrica, pero esto no es un requisito. La sonda ultrasónica 304 puede comprender un primer extremo y un segundo extremo, en donde el primer extremo comprende un eje de sonda ultrasónica 306 que está unido al transductor ultrasónico 360. La sonda ultrasónica 304 y el eje de la sonda ultrasónica 306 pueden estar fabricados de varios materiales. Los materiales ilustrativos pueden incluir, entre otros, acero inoxidable, titanio, niobio, cerámica (por ejemplo, Sialon, carburo de silicio, carburo de boro, nitruro de boro, nitruro de silicio, nitruro de aluminio, óxido de aluminio, Circonia, etc.) y similares, o combinaciones de los mismos. El segundo extremo de la sonda ultrasónica 304 puede comprender una punta de la sonda ultrasónica 310. La punta de la sonda ultrasónica 310 puede comprender niobio. Alternativamente, la punta 310 puede consistir o consistir esencialmente en niobio. El niobio puede ser aleado con uno o más metales, o el niobio puede ser una capa que está chapada o recubierta sobre una capa base de otro material. Por ejemplo, la punta 310 puede comprender una capa interna y una capa externa, en donde la capa interna puede comprender un material cerámico o metálico (por ejemplo, titanio) y la capa externa puede comprender niobio. En esta modalidad, el grosor de la capa externa que comprende niobio puede ser inferior a aproximadamente 25 micrómetros, o inferior a aproximadamente 10 micrómetros, o alternativamente, dentro de un intervalo de aproximadamente 2 a aproximadamente 8 micrómetros. Por ejemplo, el grosor de la capa externa que comprende niobio puede estar en el intervalo de aproximadamente 3 a aproximadamente 6 micras.

El eje de la sonda ultrasónica 306 y la punta de la sonda ultrasónica 310 pueden estar unidos por un conector 308. El conector 308 puede representar un medio para unir el eje 306 y la punta 310. Por ejemplo, el eje 306 y la punta 310 se pueden atornillar o soldar juntos. En una modalidad, el conector 308 puede representar que el eje 306 contiene roscas empotradas y la punta 310 puede enroscarse en el eje 306. Se contempla que el eje de la sonda ultrasónica 306 y la punta de la sonda ultrasónica 310 pueden comprender diferentes materiales. Por ejemplo, el eje de la sonda ultrasónica 306 puede ser o puede comprender titanio y/o niobio, mientras que la punta de la sonda ultrasónica 310 puede ser o puede comprender niobio. Alternativamente, el eje de la sonda ultrasónica 306 puede ser o puede comprender titanio y/o una cerámica (por ejemplo, Sialon, carburo de silicio, carburo de boro, nitruro de boro, nitruro de silicio, nitruro de aluminio, óxido de aluminio, circona, etc.), mientras que la punta de la sonda ultrasónica 310 puede ser o puede comprender una cerámica (por ejemplo, Sialon, carburo de silicio, carburo de boro, nitruro de boro, nitruro de silicio, nitruro de aluminio, óxido de aluminio, circona, etc.).

En otras modalidades, la sonda ultrasónica 304 puede ser una sola pieza, por ejemplo, el eje de la sonda ultrasónica 306 y la punta de la sonda ultrasónica 310 son una parte unitaria que tiene la misma construcción. En tales casos, la sonda ultrasónica puede comprender, por ejemplo, niobio o una aleación del mismo, una cerámica (por ejemplo, Sialon, carburo de silicio, carburo de boro, nitruro de boro, nitruro de silicio, nitruro de aluminio, óxido de aluminio, Circonia, etc.) u otro material adecuado.

Con referencia nuevamente a la Figura 1, el dispositivo ultrasónico 300 puede comprender un tubo interno 328, un tubo central 324, un tubo externo 320 y un tubo de protección 340. Estos tubos o canales pueden rodear al menos una parte de la sonda ultrasónica 304 y, en general, pueden estar fabricados de cualquier material metálico o cerámico adecuado. Puede esperarse que la punta de la sonda ultrasónica 310 se coloque en el baño de metal fundido; sin embargo, se

contempla que una parte del tubo de protección 340 también se pueda sumergir en metal fundido. En consecuencia, el tubo de protección 340 puede ser o puede comprender titanio, niobio, una cerámica (por ejemplo, Sialon, carburo de silicio, carburo de boro, nitruro de boro, nitruro de silicio, nitruro de aluminio, óxido de aluminio, circonita, etc.), o una combinación de más de uno de estos materiales. Dentro de los tubos 328, 324, 320 y 340 pueden estar los fluidos 322, 326 y 342, como se ilustra en la Figura 1. El fluido puede ser un líquido o un gas (por ejemplo, argón), cuyo propósito puede ser proporcionar enfriamiento al dispositivo ultrasónico 300 y, en particular, a la punta de la sonda ultrasónica 310 y al tubo de protección 340.

El dispositivo ultrasónico 300 puede comprender una tapa de extremo 344. La tapa de extremo puede cerrar el espacio entre el tubo de protección 340 y la punta de la sonda 310 y puede reducir o evitar que el metal fundido entre en el dispositivo ultrasónico 300. De manera similar al tubo de protección 340, la tapa de extremo 344 puede ser o puede comprender, por ejemplo, titanio, niobio, una cerámica (por ejemplo, Sialon, carburo de silicio, carburo de boro, nitruro de boro, nitruro de silicio, nitruro de aluminio, óxido de aluminio, circonita, etc.), o una combinación de más de uno de estos materiales.

La punta de la sonda ultrasónica 310, el tubo de protección 340, o la tapa de extremo 344, o los tres, pueden comprender niobio. El niobio solo puede usarse, el niobio puede ser aleado con uno o más metales, o el niobio puede ser una capa que está chapada o recubierta sobre una capa base de otro material. Por ejemplo, la punta de la sonda ultrasónica 310, el tubo de protección 340, o la tapa de extremo 344, o los tres, pueden comprender una capa interna y una capa externa, en donde la capa interna puede comprender un material cerámico o metálico y la capa externa puede comprender niobio. Se puede esperar que la presencia de niobio en partes del dispositivo ultrasónico pueda mejorar la vida útil del dispositivo, puede proporcionar una reactividad química baja o nula cuando está en contacto con metales fundidos, puede proporcionar resistencia a la temperatura de fusión del metal fundido, y puede tener la capacidad de propagar ondas ultrasónicas. De acuerdo con algunas modalidades de esta invención, cuando la punta 310 del dispositivo ultrasónico no comprende niobio, la punta puede mostrar erosión o degradación después de solo aproximadamente 15-30 minutos en un baño de metal fundido (por ejemplo, de aluminio o cobre). En contraste, cuando la punta del dispositivo ultrasónico comprende niobio, la punta puede mostrar una erosión o degradación nulas o mínimas después de al menos 1 hora o más, por ejemplo, ninguna erosión o degradación después de al menos 2 horas, después de al menos 3 horas, después de al menos 4 horas, después de al menos 5 horas, después de al menos 6 horas, después de al menos 12 horas, después de al menos 24 horas, después de al menos 48 horas o después de al menos 72 horas.

En otra modalidad, la punta de la sonda ultrasónica 310, el tubo de protección 340, o la tapa de extremo 344, o los tres, pueden comprender una cerámica, tal como Sialon, carburo de silicio, carburo de boro, nitruro de boro, nitruro de silicio, nitruro de aluminio, óxido de aluminio y/o circonita, y similares. Además, el eje de la sonda ultrasónica 306 puede comprender una cerámica, o alternativamente, titanio.

La Figura 2 ilustra otro dispositivo ultrasónico 400 que puede comprender niobio, una cerámica tal como un Sialon, carburo de silicio, carburo de boro, nitruro de boro, nitruro de silicio, nitruro de aluminio, óxido de aluminio y/o circonita, u otro material adecuado. El dispositivo ultrasónico 400 puede incluir un transductor ultrasónico 460, un multiplicador 450 para aumentar la salida, y un conjunto de sonda ultrasónica 402 unido al transductor 460. El multiplicador 450 puede permitir un aumento de la producción a niveles de amplificación mayores de aproximadamente 1:1, por ejemplo, de aproximadamente 1,2:1 a aproximadamente 10:1, o de aproximadamente 1,4:1 a aproximadamente 5:1. Se puede emplear un conjunto de abrazadera del multiplicador 451 que tiene una altura H, donde la altura H puede variar según sea necesario para acomodar sondas ultrasónicas de diferente longitud. El conjunto de sonda ultrasónica 402 puede comprender una sonda ultrasónica alargada como se representa en la Figura 1 y una punta de la sonda ultrasónica 410. La punta y la sonda ultrasónica pueden fabricarse de varios materiales, como se analizó anteriormente, que incluyen, entre otros, acero inoxidable, titanio, niobio, cerámicas y similares, o combinaciones de los mismos, incluidas sus mezclas, aleaciones y recubrimientos.

El dispositivo ultrasónico 400 puede comprender un medio para introducir un gas de purga (por ejemplo, en un baño de metal fundido) en una ubicación cerca del dispositivo ultrasónico 400. Se contempla que un sistema externo de inyección de gas de purga (no mostrado) puede colocarse en el baño de metal fundido, y el sitio de inyección puede estar cerca del dispositivo ultrasónico de la Figura 1 y/o la Figura 2. Alternativamente, el dispositivo ultrasónico puede comprender una salida de gas de purga, de modo que el gas de purga pueda ser expulsado cerca o en la punta del dispositivo ultrasónico. Por ejemplo, el gas de purga puede ser expulsado a través de la tapa de extremo del dispositivo ultrasónico y/o a través de la sonda del dispositivo ultrasónico. Con referencia nuevamente a la Figura 2, el dispositivo ultrasónico puede comprender un puerto de entrada de gas de purga 424 y una cámara de inyección 425, conectada a un canal de suministro de gas de purga 413. El gas de purga puede ser entregado y expulsado a través de un espacio de entrega de gas de purga 414 ubicado cerca o en la punta 410 del dispositivo ultrasónico 400. Se contempla que el espacio de suministro de gas de purga 414, o la salida de gas de purga, puede estar dentro de aproximadamente 10 cm de la punta 410 del dispositivo ultrasónico 400, tal como, por ejemplo, dentro de aproximadamente 5 cm, dentro de aproximadamente 3 cm, dentro de aproximadamente 2 cm, dentro de aproximadamente 1,5 cm, dentro de aproximadamente 1 cm, o dentro de aproximadamente 0,5 cm, de la punta del dispositivo ultrasónico.

Además, el dispositivo ultrasónico 400 puede comprender un sistema de enfriamiento ultrasónico 429, que puede estar diseñado para mantener la punta ultrasónica y/o la sonda ultrasónica y/o el conjunto de la sonda ultrasónica a una

temperatura más cercana a la temperatura ambiente (por ejemplo, la temperatura puede estar en un intervalo de aproximadamente 15 °C a aproximadamente 75 °C, o de aproximadamente 20 °C a aproximadamente 35 °C), en oposición a las temperaturas elevadas de metal fundido experimentadas por la superficie exterior de la punta 410 del dispositivo ultrasónico. Se contempla que no se requiera un sistema de enfriamiento ultrasónico si la sonda ultrasónica y el conjunto comprenden niobio, una cerámica tal como Sialon, carburo de silicio, carburo de boro, nitruro de boro, nitruro de silicio, nitruro de aluminio, óxido de aluminio y/o Circonia, u otro material adecuado. El sistema de enfriamiento ultrasónico 429 de la Figura 2 puede ser similar al sistema representado en la Figura 1 que incluye, por ejemplo, un tubo interno 328, un tubo central 324, un tubo externo 320, un tubo de protección 340 y fluidos 322, 326 y 342, diseñados para proporcionar control de enfriamiento y/o temperatura al dispositivo ultrasónico. El fluido puede ser un líquido o un gas, y se contempla que el fluido puede ser el mismo material que el gas de purga.

La Figura 3 ilustra otro dispositivo ultrasónico 500 que puede comprender niobio, una cerámica tal como Sialon, carburo de silicio, carburo de boro, nitruro de boro, nitruro de silicio, nitruro de aluminio, óxido de aluminio y/o circonia, u otro material adecuado. El dispositivo ultrasónico 500 puede incluir un transductor ultrasónico 560, un multiplicador 550 para aumentar la salida y un conjunto de sonda ultrasónica 510 unido al transductor 560. El multiplicador 550 puede permitir un aumento de la producción a niveles de amplificación mayores de aproximadamente 1:1, por ejemplo, de aproximadamente 1,2:1 a aproximadamente 10:1, o de aproximadamente 1,4:1 a aproximadamente 5:1. La sonda ultrasónica 510 puede ser una sola pieza, o la sonda ultrasónica 510 puede comprender un eje de la sonda ultrasónica y una punta de la sonda ultrasónica opcional (y reemplazable) 511, similar a la representada en la Figura 1. La punta y la sonda ultrasónica pueden fabricarse de varios materiales, como se analizó anteriormente, que incluyen, entre otros, acero inoxidable, titanio, niobio, cerámicas y similares, o combinaciones de los mismos, incluidas sus mezclas, aleaciones y recubrimientos.

El dispositivo ultrasónico 500 puede comprender un medio para introducir un gas de purga (por ejemplo, en un baño de metal fundido) en una ubicación cerca del dispositivo ultrasónico 500 y/o cerca de la punta de la sonda ultrasónica 511. Como se indicó anteriormente, se contempla que un sistema externo de inyección de gas de purga (no mostrado) se pueda colocar en el baño de metal fundido, y el sitio de inyección puede estar cerca del dispositivo ultrasónico de la Figura 3. Alternativamente, el dispositivo ultrasónico puede comprender una salida de gas de purga, de modo que el gas de purga pueda ser expulsado cerca o en la punta del dispositivo ultrasónico. Por ejemplo, el gas de purga puede ser expulsado a través de la sonda/punta del dispositivo ultrasónico. Con referencia nuevamente a la Figura 3, el dispositivo ultrasónico puede comprender un puerto de entrada de gas de purga 522 en una cámara con el multiplicador 550, una carcasa superior 520, una carcasa de soporte inferior 521, y una cubierta de la carcasa de soporte inferior 523. La carcasa superior 520 puede ser hermética al gas y/o a prueba de fugas. El puerto de entrada de gas de purga 522 puede estar conectado a un canal de suministro de gas de purga 524, que puede estar contenido dentro de la sonda ultrasónica 510. El gas de purga puede ser entregado y expulsado a través de un punto de inyección de gas de purga 525 (o puerto de salida de gas de purga) ubicado en la punta 511 del dispositivo ultrasónico 500. Por consiguiente, en esta modalidad, el dispositivo ultrasónico 500 puede comprender una sonda ultrasónica 510 que comprende un sistema de inyección de gas de purga con un punto de inyección de gas de purga en la punta de la sonda ultrasónica.

Opcionalmente, el dispositivo ultrasónico 500 puede comprender un sistema de enfriamiento ultrasónico, tal como se describió anteriormente en relación con la Figura 1 y/o la Figura 2, pero esto no es un requisito.

Otro dispositivo ultrasónico se ilustra en la Figura 4. El dispositivo ultrasónico 600 puede incluir un transductor ultrasónico 660, un multiplicador 650 para aumentar la salida y una sonda ultrasónica 610 unida al transductor 660 y al multiplicador 650. El multiplicador 650 puede estar en comunicación con el transductor 660, y puede permitir un aumento de la salida a niveles de amplificación superiores a aproximadamente 1:1, por ejemplo, de aproximadamente 1,2:1 a aproximadamente 10:1, o de aproximadamente 1,4:1 a aproximadamente 5:1. En algunas modalidades, el multiplicador puede ser o puede comprender un metal, tal como titanio. La sonda ultrasónica 610 puede ser de una sola pieza, o la sonda ultrasónica 610 puede comprender un eje de la sonda ultrasónica y una punta de la sonda ultrasónica opcional (y reemplazable), similar a la representada en la Figura 1. La sonda ultrasónica 610 no está limitada en forma y diseño a una sonda alargada (por ejemplo, generalmente cilíndrica) con un extremo unido al transductor 660 y/o multiplicador 650, y el otro extremo comprende una punta de la sonda. En una modalidad, la sonda puede ser generalmente cilíndrica, sin embargo, una parte media de la sonda puede estar asegurada al transductor/multiplicador con una abrazadera u otro mecanismo de fijación, de modo que la sonda tiene dos puntas, ninguna de las cuales está unida directamente al transductor/multiplicador. Sin embargo, en otra modalidad, la sonda puede tener otra forma geométrica, tal como esférica, o cilíndrica con una porción esférica en la punta, etc.

La sonda ultrasónica 610 puede fabricarse de diversos materiales, como se analizó anteriormente, que incluyen, pero no se limitan a, acero inoxidable, titanio, niobio, cerámica y similares, o combinaciones de los mismos, incluidas sus mezclas, aleaciones y recubrimientos. En ciertas modalidades, la sonda ultrasónica 610 puede ser o puede comprender un material cerámico. Por ejemplo, la sonda ultrasónica puede ser o puede comprender Sialon, carburo de silicio, carburo de boro, nitruro de boro, nitruro de silicio, nitruro de aluminio, óxido de aluminio, circonia o una combinación de los mismos; alternativamente, Sialon; alternativamente, carburo de silicio; alternativamente, carburo de boro; alternativamente, nitruro de boro; alternativamente, nitruro de silicio; alternativamente, nitruro de aluminio; alternativamente, óxido de aluminio; o alternativamente, Circonia. En algunas modalidades, la sonda ultrasónica 610 puede ser una sola pieza, por ejemplo, la

sonda es una parte unitaria, que tiene la misma construcción o composición desde el extremo unido al transductor/multiplicador a la punta de la sonda.

Los Sialons típicos que pueden usarse en las modalidades descritas en la presente descripción son aleaciones de cerámica que contienen los elementos silicio (Si), aluminio (Al), oxígeno (O) y nitrógeno (N). Además, como lo reconocería un experto en la materia, existen grados α -Sialon y β -Sialon. La sonda ultrasónica 610 puede comprender Sialon, y además, al menos 20 % (en peso) de los cuales puede ser α -Sialon (o β -Sialon). Si bien no desean limitarse a la teoría, los solicitantes creen que el uso de al menos 20 % (en peso), o 30 % (en peso), o un por ciento en peso en un intervalo de aproximadamente 20 % a aproximadamente 50 %, de un β -Sialon puede proporcionar una sonda ultrasónica más fuerte y duradera (por ejemplo, menos propensa a la rotura).

El dispositivo ultrasónico 600 puede comprender un medio para introducir un gas (por ejemplo, un gas de purga en un baño de metal fundido) en una ubicación cerca del dispositivo ultrasónico 600 y/o cerca de la punta de la sonda ultrasónica. Como se indicó anteriormente, se contempla que un sistema externo de inyección de gas de purga (no mostrado) se pueda colocar en el baño de metal fundido, y el sitio de inyección puede estar cerca del dispositivo ultrasónico de la Figura 4. Alternativamente, el dispositivo ultrasónico puede comprender un sistema de suministro de gas, de modo que se pueda expulsar un gas cerca o en la punta del dispositivo ultrasónico. Por ejemplo, el gas puede ser expulsado a través de la sonda/punta del dispositivo ultrasónico. Con referencia nuevamente a la Figura 4, el dispositivo ultrasónico 600 puede comprender un puerto de entrada de gas 622 en una cámara en el multiplicador 650. El puerto de entrada de gas 622 puede estar conectado a un canal de suministro de gas 624, que puede extenderse desde el multiplicador 650 hasta la punta de la sonda ultrasónica 610. El puerto de entrada de gas 622 y parte del multiplicador 650 pueden estar contenidos dentro de una carcasa hermética al gas y/o a prueba de fugas. El gas puede ser suministrado y expulsado a través de un punto de inyección de gas 625 (o salida de gas) ubicado en la punta de la sonda ultrasónica 610. Por consiguiente, en esta modalidad, el dispositivo ultrasónico 600 puede comprender una sonda ultrasónica 610 que comprende un sistema de suministro de gas con un punto de inyección de gas en la punta de la sonda ultrasónica.

El canal de suministro de gas 624 se muestra en la Figura 4 como que tiene una trayectoria de flujo más grande en el multiplicador 650 y una porción de la sonda ultrasónica 610 más cercana al multiplicador, y una trayectoria de flujo más pequeña en el punto de inyección de gas 625, aunque esto no es un requisito. Por ejemplo, el tamaño del canal de suministro de gas 624 puede ser sustancialmente del mismo tamaño (por ejemplo, dentro de ± 10 -20 %) desde el puerto de entrada de gas 622 hasta el punto de inyección de gas 625 en la punta de la sonda ultrasónica 610.

Si bien no desean limitarse a la teoría, los solicitantes creen que una trayectoria de flujo más pequeña (por ejemplo, área de sección transversal) en el punto de inyección de gas, en relación con el área de sección transversal de la sonda ultrasónica, puede provocar una desgasificación superior debido a la mayor velocidad del gas cuando sale de la sonda. En algunas modalidades, la relación del área de la sección transversal de la sonda ultrasónica al área de la sección transversal del canal de suministro de gas (es decir, en el punto de inyección de gas o salida de gas) puede estar en un intervalo de aproximadamente 30:1 a aproximadamente 1000:1, de aproximadamente 60:1 a aproximadamente 1000:1, o de aproximadamente 60:1 a aproximadamente 750:1. En otras modalidades, la relación del área de la sección transversal de la sonda ultrasónica al área de la sección transversal del canal de suministro de gas (es decir, en el punto de inyección de gas o salida de gas) puede estar en un intervalo de aproximadamente 60:1 a aproximadamente 700:1, de aproximadamente 100:1 a aproximadamente 700:1, o de aproximadamente 200:1 a aproximadamente 1000:1. En estas y otras modalidades, la relación longitud/diámetro (L/D) de la sonda ultrasónica (por ejemplo, una sonda alargada unitaria) puede estar en un intervalo de aproximadamente 5:1 a aproximadamente 25:1, de aproximadamente 5:1 a aproximadamente 12:1, de aproximadamente 7:1 a aproximadamente 22:1, de aproximadamente 10:1 a aproximadamente 20:1, o de aproximadamente 11:1 a aproximadamente 18:1.

En modalidades dirigidas a las sondas ultrasónicas que contienen un material cerámico, tal como Sialon, puede ser beneficioso emplear una tuerca de fijación 603 como medio para asegurar la sonda ultrasónica 610 al multiplicador 650 y al transductor 660. La tuerca de fijación 603 puede ofrecer una durabilidad y longevidad superiores en comparación con los accesorios de fijación cerámicos de ajuste por contracción. La tuerca de fijación 603 puede fabricarse de varios materiales, tales como, por ejemplo, titanio, acero inoxidable, etc., y puede contener roscas de paso fino (internas) para una fijación robusta, aliviando la necesidad de tener una sonda de cerámica roscada que es más propensa a la rotura. Además, el multiplicador 650 puede tener roscas externas, sobre las cuales la tuerca de fijación 603 (y, por lo tanto, la sonda 610) puede estar firmemente asegurada. En general, también puede ser beneficioso mantener el tamaño y/o peso de la tuerca de fijación tan bajo como sea mecánicamente posible, de modo que las propiedades vibratorias ultrasónicas de la sonda no se vean afectadas negativamente.

En ciertas modalidades, la sonda 610 puede tener un radio de curvatura grande 615 en el lado de fijación de la sonda. Si bien no desean limitarse a la teoría, los solicitantes creen que un radio de curvatura más pequeño en el lado de fijación de la sonda (por ejemplo, próximo a la tuerca de conexión) puede conducir a una mayor rotura de la sonda, particularmente a potencias ultrasónicas y/o amplitudes más altas que pueden requerir un aumento de la cavitación y una eliminación superior del gas disuelto en un proceso de desgasificación. En las modalidades particulares contempladas en la presente descripción, el radio de curvatura 615 puede ser de al menos aproximadamente 1/2" (1,3 cm), al menos aproximadamente 5/8" (1,6 cm), al menos aproximadamente 3/4" (1,9 cm), al menos aproximadamente 1" (2,5 cm), y así sucesivamente.

Tales radios de curvatura pueden ser deseables independientemente del tamaño real de la sonda (por ejemplo, varios diámetros de sonda).

Opcionalmente, el dispositivo ultrasónico 600 puede comprender un sistema de enfriamiento ultrasónico, tal como se describió anteriormente en relación con la Figura 1 y/o la Figura 2, pero esto no es un requisito. Con referencia nuevamente a la Figura 4, el dispositivo ultrasónico 600, alternativamente, puede comprender opcionalmente una carcasa de protección térmica 640. Esta carcasa generalmente puede fabricarse de cualquier material de metal y/o cerámica adecuado. Puede esperarse que la sonda ultrasónica 610 se coloque en el baño de metal fundido; por lo tanto, la carcasa de protección térmica puede usarse para proteger una porción del multiplicador 650, la tuerca de fijación 603 y una porción de la sonda ultrasónica 610 del calor excesivo. Si se desea, puede circular un medio refrigerante dentro y/o alrededor de la carcasa de protección térmica 640. El medio de enfriamiento puede ser un líquido (por ejemplo, agua) o un gas (por ejemplo, argón, nitrógeno, aire, etc.).

Los dispositivos ultrasónicos descritos en la presente descripción, incluidos los ilustrados en las Figuras 1-4, se pueden operar en un intervalo de potencias y frecuencias. Para los dispositivos ultrasónicos con diámetros de sonda de aproximadamente 1" (2,5 cm) o menos, la potencia de operación a menudo puede estar en un intervalo de aproximadamente 60 a aproximadamente 275 vatios. Como ejemplo, pueden emplearse intervalos de potencia de operación de aproximadamente 60 a aproximadamente 120 vatios para diámetros de sonda de 3/4" (1,9 cm), e intervalos de potencia de operación de aproximadamente 120 a aproximadamente 250 vatios para diámetros de sonda de 1" (2,5 cm). Aunque no se limita a ninguna frecuencia en particular, los dispositivos ultrasónicos se pueden operar a, y los métodos de desgasificación ultrasónica se pueden llevar a cabo a una frecuencia que típicamente puede estar en un intervalo de aproximadamente 10 a aproximadamente 50 kHz, de aproximadamente 15 a aproximadamente 40 kHz, o aproximadamente a 20 kHz.

Si bien se han descrito ciertas modalidades de la invención, pueden existir otras modalidades. Además, las etapas de cualquier método divulgado pueden modificarse de cualquier manera, incluso reordenando etapas y/o insertando o eliminando etapas, sin apartarse de la invención. Si bien la descripción incluye ejemplos, el alcance de la invención se indica mediante las siguientes reivindicaciones. Además, aunque la descripción se ha descrito en un lenguaje específico para características estructurales y/o actos metodológicos, las reivindicaciones no se limitan a las características o actos descritos anteriormente. Más bien, las características y los actos específicos descritos anteriormente se describen como modalidades ilustrativas de la invención.

Ejemplos

Ejemplos 1-4

En los Ejemplos 1-4, se realizaron una serie de pruebas para demostrar la reducción en la cantidad de hidrógeno disuelto en un baño fundido de aluminio que puede lograrse mediante los métodos descritos. Se tomó una muestra de control del aluminio y se probó antes del uso de cualquier técnica de desgasificación (Ejemplo 1). El baño de metal fundido de aluminio estaba funcionando a una temperatura de aproximadamente 1350 °F (732 °C). Luego se empleó una técnica de desgasificación convencional, purga de gas rotativa, para determinar la efectividad de los métodos convencionales de eliminación de hidrógeno (Ejemplo 2). El Ejemplo 3 utilizó un proceso de desgasificación ultrasónica como se describe en la presente descripción, es decir, un dispositivo ultrasónico en combinación con la introducción de un gas de purga. En el Ejemplo 3, el dispositivo ultrasónico contenía una punta de niobio, y la punta del dispositivo ultrasónico se colocó en el baño de aluminio. El dispositivo ultrasónico se hizo funcionar a 20 000 Hz (frecuencia) en el baño fundido de aluminio. Simultáneamente con el funcionamiento del dispositivo ultrasónico, el argón de gas de purga se introdujo en el baño de metal fundido a una velocidad de aproximadamente 4,7 litros estándar por minuto (L/min). Se inyectó argón a lo largo de la punta del dispositivo ultrasónico (la distancia entre el punto de inyección y la punta era inferior a aproximadamente 2 cm). El Ejemplo 4 utilizó el proceso de desgasificación ultrasónica en combinación con la técnica de desgasificación convencional.

Las muestras de aluminio del Ejemplo 1 (sin desgasificación), del Ejemplo 2 (después de la desgasificación convencional), del Ejemplo 3 (después de la desgasificación ultrasónica) y del Ejemplo 4 (después de la desgasificación ultrasónica y convencional) se dejaron enfriar y solidificar al vacío. Luego, se midieron cubos de un centímetro cúbico (1 cc = 1 mL) de cada ejemplo para determinar la masa y, en consecuencia, la densidad del aluminio de cada ejemplo. El aluminio tiene una densidad teórica de 2,7 g/cc, y la presencia de gas hidrógeno en el aluminio reducirá esta densidad. La Figura 5 muestra la diferencia porcentual en la densidad para cada uno de los Ejemplos 1-4 en comparación con la densidad teórica de aluminio. En la Figura 5, cuanto más cerca de la densidad teórica de aluminio está cada muestra (es decir, cuanto menor sea el porcentaje por debajo de la densidad de aluminio), más efectivo será el procedimiento de desgasificación. Como se demuestra en la Figura 5, el procedimiento ultrasónico (Ejemplo 3) fue tan efectivo como la técnica convencional (Ejemplo 2), y el uso de ambos en combinación (Ejemplo 4) puede ofrecer una ligera mejora adicional.

Las muestras de aluminio de los ejemplos 1-4 también se evaluaron para determinar el contenido de hidrógeno en ppm (en masa). Las muestras fundidas que se enfriaron y solidificaron al vacío se analizaron para determinar el contenido de hidrógeno. Los análisis del contenido de hidrógeno se resumen en la Figura 6. En la Figura 6, cuanto menor es el contenido

de hidrógeno en ppm, más efectivo es el procedimiento de desgasificación. Como se demuestra en la Figura 6, el procedimiento ultrasónico (Ejemplo 3) fue más efectivo para eliminar el hidrógeno que la técnica convencional (Ejemplo 2), y el uso de ambos en combinación (Ejemplo 4) no pareció ofrecer ningún beneficio adicional. Los datos de la Figura 6 ya no son confiables. Los solicitantes creen que hubo un error analítico en la determinación del contenido de hidrógeno en ppm listado.

Ejemplos 5-8

En los Ejemplos 5-8, se realizaron una serie de pruebas para determinar la velocidad relativa a la que el hidrógeno disuelto en un baño fundido de aluminio puede desgasificarse de acuerdo con los métodos descritos. Primero, se fundió una pequeña cantidad de aluminio en un baño de metal y luego se mantuvo a una temperatura de aproximadamente 1350 °F (732 °C). Se usó una unidad Alspek para determinar una lectura de referencia del contenido de hidrógeno, en unidades de mL/100 g. La unidad Alspek utiliza el principio de presiones parciales en una media celda electrolítica para determinar la cantidad de hidrógeno disuelto en aluminio fundido. La punta de un dispositivo ultrasónico se colocó en el baño de aluminio y el argón de gas de purga se añadió al baño de metal fundido a una velocidad de aproximadamente 1 litro estándar por minuto (L/min). Para los Ejemplos 5-7, el dispositivo ultrasónico se hizo funcionar con un multiplicador 3:1 y a 20 000 Hz, aunque podrían usarse hasta 40 000 Hz, o más. Para el Ejemplo 5, se usó una amplitud de vibración ultrasónica de referencia y un nivel de potencia de referencia para la fuente de alimentación ultrasónica (vatios); para el Ejemplo 6, la amplitud de la vibración ultrasónica fue 2 veces la de referencia, y el nivel de potencia del suministro de potencia ultrasónica fue 1,9 veces la de referencia; y para el Ejemplo 7, la amplitud de la vibración ultrasónica fue 3 veces la de referencia, y el nivel de potencia del suministro de energía ultrasónica fue 3,6 veces la de referencia. Para el Ejemplo 8, no se usó el dispositivo ultrasónico, solo la adición del gas de purga de argón. El nivel de hidrógeno se controló a lo largo del tiempo usando la unidad Alspek, y se registró. Entre cada experimento, se añadió hidrógeno al baño de aluminio y se determinó la referencia antes de la adición del gas argón.

Un dispositivo ultrasónico similar al ilustrado en la Figura 3 se usó en los Ejemplos 5-8. El dispositivo ultrasónico no tenía un conjunto de enfriamiento, y el gas de purga se inyectó a través de la punta de la sonda ultrasónica. La sonda ultrasónica tenía 1"(2,5 cm) de diámetro, y tanto la sonda como la punta (como una sola pieza) se fabricaron de una aleación de niobio que contiene hafnio y titanio.

La Figura 7 ilustra una gráfica de la concentración de hidrógeno en mL de hidrógeno por 100 g de la aleación de aluminio en función del tiempo después de la adición del gas de purga de argón (y la activación del dispositivo ultrasónico, si se usa). La Figura 7 demuestra que cada uno de los Ejemplos 5-7 desgasificó hidrógeno del aluminio significativamente más rápido (usando un gas de purga y un dispositivo ultrasónico) que el del Ejemplo 8, que solo usó un gas de purga, pero no un dispositivo ultrasónico. Los Ejemplos 6-7 funcionaron ligeramente mejor que el Ejemplo 5, que utilizó una amplitud de vibración ultrasónica más baja y un nivel de potencia de referencia más bajo para la fuente de alimentación ultrasónica.

Ejemplos 9-10

Los Ejemplos 9-10 fueron ensayos a gran escala para determinar la efectividad del uso de un gas de purga y un dispositivo ultrasónico para eliminar las impurezas de hidrógeno y litio/sodio en un experimento de fundición continua usando la aleación de aluminio 5154 (que contiene magnesio). La temperatura del baño de metal se mantuvo a una temperatura de aproximadamente 1350 °F (732 °C).

Las concentraciones de sodio y litio en por ciento en peso se determinaron usando un espectrómetro, y las concentraciones de hidrógeno se determinaron usando un analizador de hidrógeno Alscan para aluminio fundido. El Ejemplo 9 fue un experimento de control, y las concentraciones de sodio y litio predominantes en la aleación de aluminio fundido del Ejemplo 9 fueron 0,00083 % (8,3 ppm) y 0,00036 % (3,6 ppm), respectivamente. La concentración de hidrógeno en el Ejemplo 9 fue de 0,41 mL/100 g.

El dispositivo ultrasónico de los Ejemplos 5-8 se usó en el Ejemplo 10 y funcionó a 20 000 Hz. Junto con la operación del dispositivo ultrasónico, en el Ejemplo 10, se añadió gas argón al baño de metal fundido a una velocidad de flujo volumétrico de aproximadamente 80-85 mL/h por kg/h de salida de metal fundido (es decir, 80-85 mL de gas de purga/kg de metal fundido). Después del uso del dispositivo ultrasónico y el gas de purga de argón, la concentración de sodio en la aleación de aluminio fundido estaba por debajo del límite mínimo de detección de 0,0001 % (1 ppm), y la concentración de litio en la aleación de aluminio fundido era de 0,0003 % (3 ppm). La concentración de hidrógeno en el Ejemplo 10 fue de 0,35 mL/100 g, una reducción de aproximadamente 15 %.

Ejemplo 11

En el Ejemplo 11, se realizó una prueba para determinar la vida útil o la longevidad de un dispositivo ultrasónico con una sonda de Sialon unitaria, similar a la ilustrada en la Figura 4, que se lleva cabo en una artesa que contiene aluminio fundido a aproximadamente 1300 °F (700 °C).

El dispositivo ultrasónico y la sonda fueron operados continuamente, excepto por un apagado de mantenimiento de 3 horas sin relación con el dispositivo ultrasónico. La sonda alargada tenía 3/4" (1,9 cm) de diámetro, se fabricó de Sialon

- 5 y funcionaba a aproximadamente 20 kHz (19,97 kHz). Los niveles de potencia estaban entre 60 y 90 vatios. Usando un medidor digital, se midió la longitud de la sonda antes y después del uso. La punta de la sonda se sumergió durante aproximadamente 50 horas en la artesa que contenía el aluminio fundido mientras el dispositivo ultrasónico funcionaba a aproximadamente 20 KHz. No se utilizó gas de purga durante este experimento, ya que se consideró innecesario para el propósito de esta prueba. Después del tiempo de ejecución de 50 horas, se midió que la erosión de la sonda era de 0,0182" (0,0462 cm). Esto se convierte en una velocidad de erosión de $3,64 \times 10^{-4}$ pulgadas/hora ($9,25 \times 10^{-4}$ cm/hora). En general, una sonda ultrasónica puede soportar hasta aproximadamente 1/4" (0,64 cm) de erosión antes de que se considere no apta para su uso. Esto lleva a una vida teórica de más de 686 horas, o más de 28 días, de operación continua para la sonda de cerámica del Ejemplo 11.
- 10 Esta vida útil de la sonda es muy superior a la de otras sondas ultrasónicas metálicas y cerámicas no diseñadas, configuradas o fabricadas como se describe en la presente descripción.

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo ultrasónico (300, 400, 500, 600) que comprende:
un transductor ultrasónico (360, 460, 560, 660);
una sonda alargada (304, 510, 610) unida al transductor ultrasónico (360, 460, 560, 660), la sonda (304, 510, 610) comprende una punta (310, 410, 511); y
un sistema de suministro de gas, el sistema de suministro de gas comprende:
una entrada de gas (424, 522, 622), una trayectoria de flujo de gas (413, 524, 624) a través de la sonda (304, 510, 610) y una salida de gas (414, 525, 625) en la punta (310, 410, 511) de la sonda (304, 510, 610);
caracterizado porque:
la sonda (304, 510, 610) comprende una cerámica; y
una relación del área de la sección transversal de la punta (310, 410, 511) de la sonda (304, 510, 610) al área de la sección transversal de la salida de gas (414, 525, 625) está en un intervalo de aproximadamente 30:1 a aproximadamente 1000:1.
2. El dispositivo ultrasónico (300, 400, 500, 600) de la reivindicación 1, en donde la sonda (304, 510, 610) es una parte unitaria.
3. El dispositivo ultrasónico (300, 400, 500, 600) de la reivindicación 2, en donde la sonda (304, 510, 610) comprende Sialon, carburo de silicio, carburo de boro, nitruro de boro, nitruro de silicio, nitruro de aluminio, óxido de aluminio, circonia, o una combinación de los mismos.
4. El dispositivo ultrasónico (300, 400, 500, 600) de la reivindicación 3, en donde la sonda (304, 510, 610) comprende Sialon.
5. El dispositivo ultrasónico (300, 400, 500, 600) de la reivindicación 1, en donde la sonda (304, 510, 610) está asegurada al transductor ultrasónico (360, 460, 560, 660) con una tuerca de fijación (603).
6. El dispositivo ultrasónico (300, 400, 500, 600) de la reivindicación 1, en donde una relación de longitud a diámetro de la sonda (304, 510, 610) está en un intervalo de aproximadamente 5:1 a aproximadamente 25:1.
7. El dispositivo ultrasónico (300, 400, 500, 600) de la reivindicación 1, en donde el dispositivo ultrasónico (300, 400, 500, 600) comprende además un sistema de protección térmica (429) que rodea al menos una parte de la sonda (304, 510, 610).
8. El dispositivo ultrasónico (300, 400, 500, 600) de la reivindicación 7, en donde un fluido (322, 326, 342) circula dentro del sistema de protección térmica (429).
9. El dispositivo ultrasónico (500, 600) de la reivindicación 1, que comprende además un multiplicador (550, 650) entre el transductor ultrasónico (560, 660) y la sonda alargada (510, 610), en donde la entrada de gas (522, 622) está en una cámara en o con el multiplicador (550, 650).
10. El dispositivo ultrasónico (300, 400, 500, 600) de la reivindicación 9, en donde la sonda (304, 510, 610) comprende Sialon, carburo de silicio, carburo de boro, nitruro de boro, nitruro de silicio, nitruro de aluminio, óxido de aluminio, circonia, o una combinación de los mismos.
11. El dispositivo ultrasónico (300, 400, 500, 600) de la reivindicación 9, en donde la sonda (304, 510, 610) es una sonda unitaria, generalmente cilíndrica, que comprende Sialon.
12. El dispositivo ultrasónico (300, 400, 500, 600) de la reivindicación 11, en donde la sonda (304, 510, 610) tiene un radio de curvatura (615) de al menos aproximadamente 1,3 cm [1/2 pulgada] en un lado de fijación de la sonda (304, 510, 610).
13. El dispositivo ultrasónico (300, 400, 500, 600) de la reivindicación 11, en donde una relación de longitud a diámetro de la sonda (304, 510, 610) está en un intervalo de aproximadamente 7:1 a aproximadamente 22:1.
14. Un método para reducir una cantidad de un gas disuelto y/o una impureza en un baño de metal fundido, el método comprende:
operar el dispositivo ultrasónico (300, 400, 500, 600) de la reivindicación 1 en el baño de metal fundido; e introducir un gas de purga a través del sistema de suministro de gas de purga y dentro del baño de metal fundido a una velocidad en un intervalo de aproximadamente 0,1 a aproximadamente 150 L/min.
15. El método de la reivindicación 14, en donde:
el gas de purga se introduce en el baño de metal fundido a una velocidad en un intervalo de aproximadamente 1 a aproximadamente 50 L/min;
el gas disuelto comprende oxígeno, hidrógeno, dióxido de azufre, o una combinación de los mismos;

la impureza comprende un metal alcalino;
 el baño de metal fundido comprende aluminio, cobre, zinc, acero, magnesio o una combinación de los mismos;
 el gas de purga comprende nitrógeno, helio, neón, argón, criptón, xenón, cloro o una combinación de los mismos;
 o
 cualquier combinación de los mismos.

5

16. El método de la reivindicación 14, en donde el gas de purga se introduce en el baño de metal fundido a una velocidad en un intervalo de aproximadamente 10 a aproximadamente 500 mL/h de gas de purga por kg/h de salida del baño de metal fundido.

10

17. El método de la reivindicación 14, en donde el gas de purga se introduce en el baño de metal fundido a una velocidad en un intervalo de aproximadamente 30 a aproximadamente 200 mL/h de gas de purga por kg/h de salida del baño de metal fundido.

Figura 1

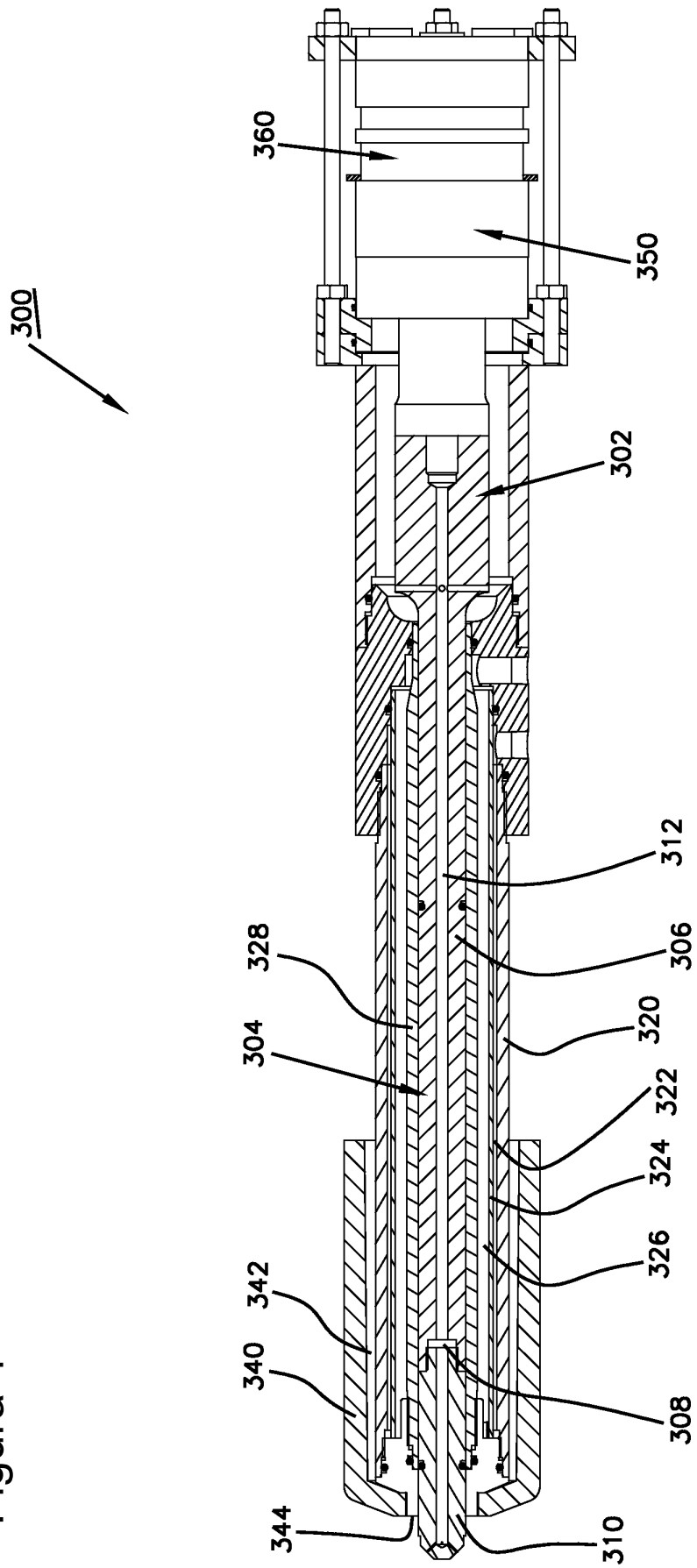


Figura 2

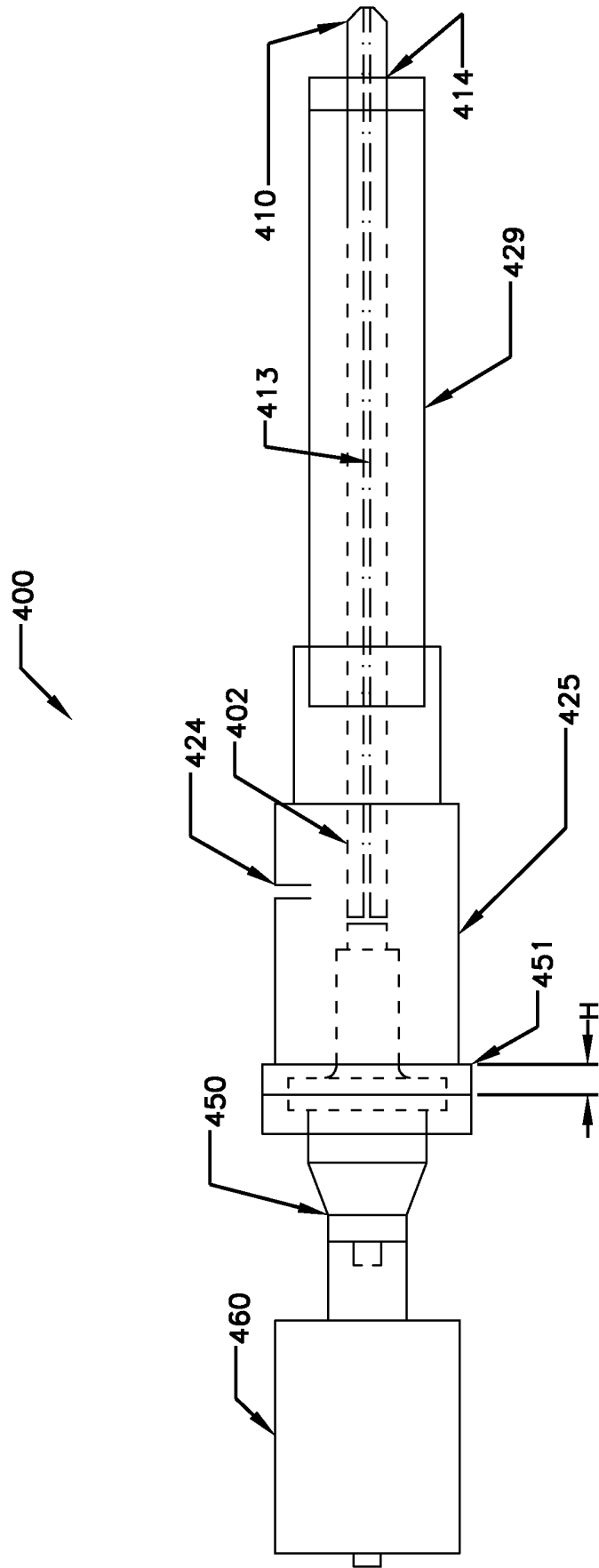


Figura 3

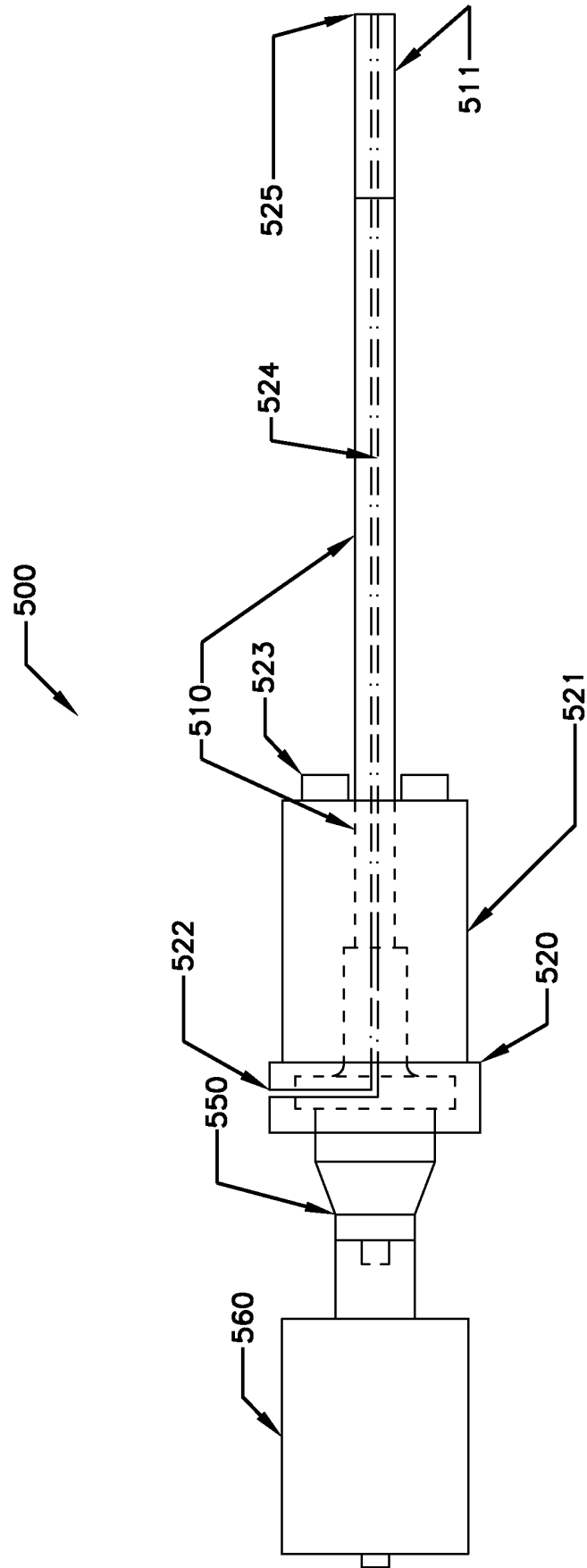


Figura 4

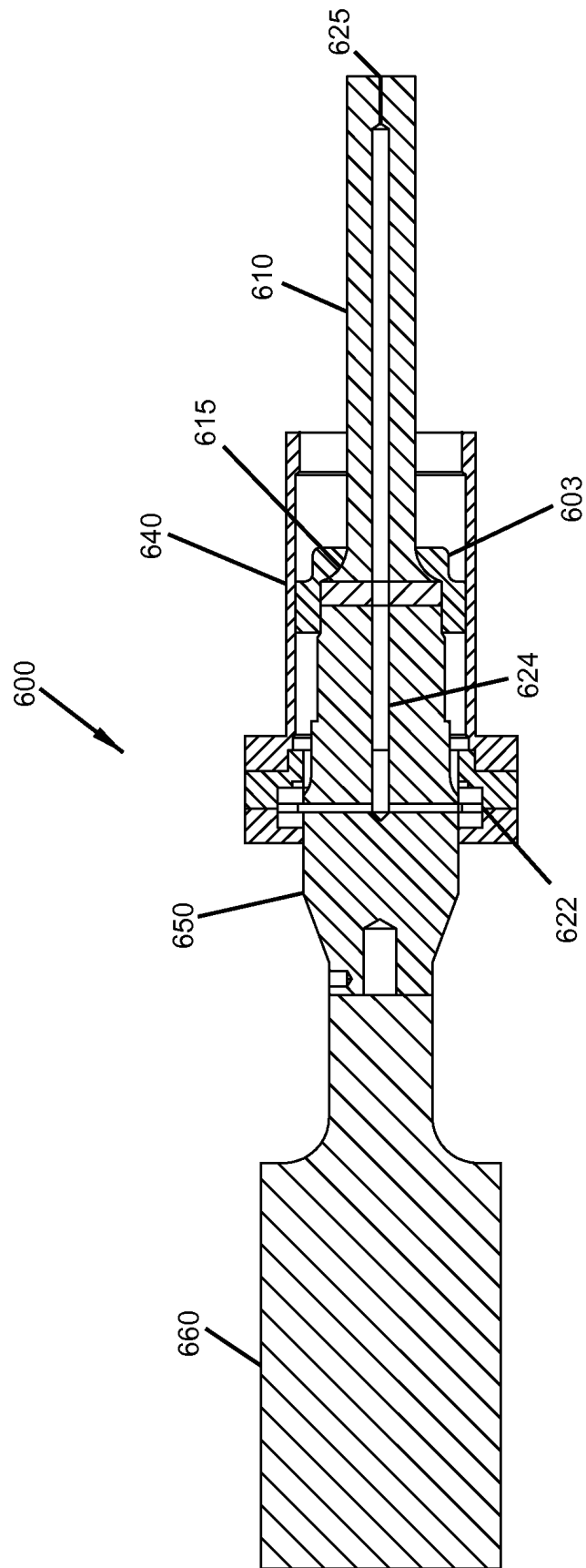


Figura 5

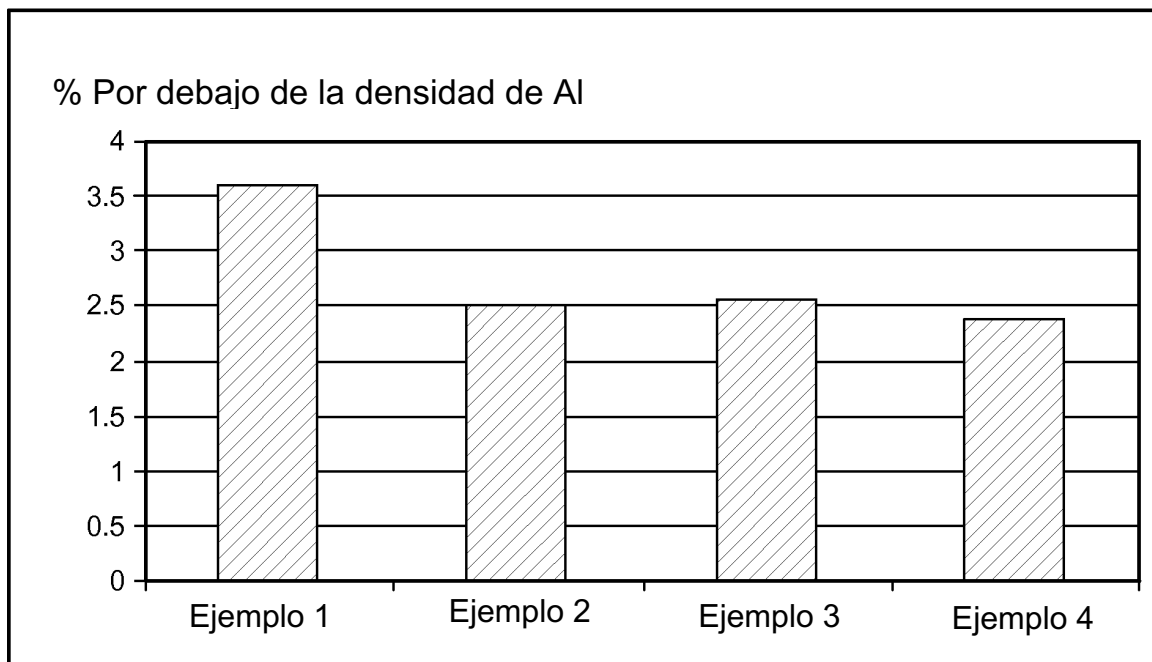


Figura 6

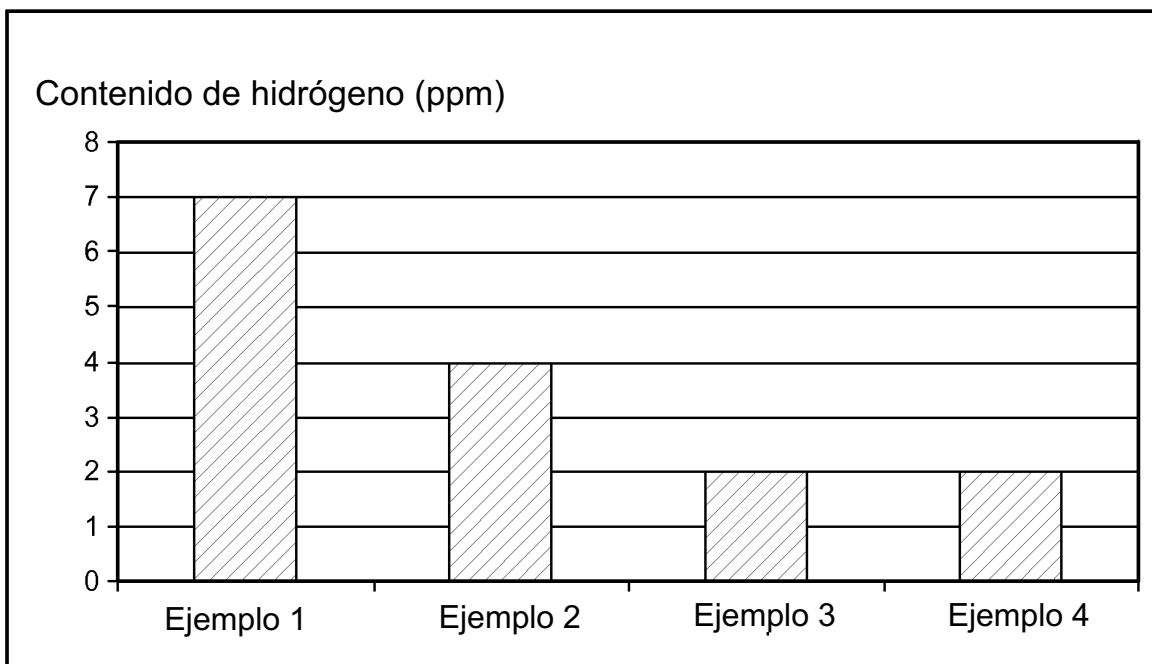


Figura 7

