



19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 366 454**

51 Int. Cl.:  
**B22D 21/02** (2006.01)  
**C21D 1/74** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **07804768 .5**  
96 Fecha de presentación : **15.08.2007**  
97 Número de publicación de la solicitud: **2059358**  
97 Fecha de publicación de la solicitud: **20.05.2009**

54 Título: **Volumen de gas de expansión reforzado con vapor para minimizar la contaminación de productos tratados en un horno de fusión.**

30 Prioridad: **23.08.2006 US 839776 P**  
**27.07.2007 US 829115**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**20.10.2011**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**20.10.2011**

73 Titular/es: **L'Air Liquide, Société Anonyme pour l'Etude et l'Exploitation des Procédés Georges Claude**  
**75, quai d'Orsay**  
**75321 Paris Cédex 07, FR**

72 Inventor/es: **La Sorda, Terence D.**

74 Agente: **Justo Bailey, Mario de**

**ES 2 366 454 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

Volumen de gas de expansión reforzado con vapor para minimizar la contaminación de productos tratados en un horno de fusión

5

**Antecedentes**Campo

10 Esta invención se refiere a la minimización de la contaminación de metal fundido durante el procesamiento.

Técnica relacionada

15 En la industria de fundición de metales, los metales (ferrosos o no ferrosos) se funden en un horno, y después se vierten en moldes para solidificarse en piezas fundidas. En las operaciones de fusión en fundición, los metales se funden habitualmente en hornos de inducción eléctricos. A menudo es ventajoso fundir y transportar los metales sin exposición al aire atmosférico para minimizar la oxidación del metal (incluyendo sus componentes de aleación), que no sólo incrementa el rendimiento y la eficacia para recuperar la aleación, sino que también reduce la formación de óxidos metálicos, lo que puede provocar defectos en la fundición (inclusiones), reduciendo la calidad del producto terminado. Además, el metal fundido tiene una tendencia a absorber gases (principalmente oxígeno e hidrógeno) de la atmósfera (aire ambiente), lo que provoca defectos en la fundición relacionados con gases, tales como la porosidad.

25 Se utilizan diversos procesos para impedir la exposición del metal al aire atmosférico, incluyendo el tratamiento a vacío y la inertización con un gas o un líquido. En el tratamiento a vacío, una cámara de horno a prueba de fluidos se evacua a vacío sustancialmente de todo el oxígeno ambiente antes de calentar el metal. Sin embargo, este proceso requiere un horno de vacío especial y generalmente sólo es adecuado para pequeños procesos por lotes. Además, el uso de un horno de vacío también da como resultado la necesidad de un periodo de enfriamiento sustancialmente largo, lo que disminuye la productividad de la planta.

30 Con la inserción de gas, se inyecta un flujo continuo de gas inerte en la cámara del horno. Esto crea una capa de gas inerte que purga el oxígeno ambiente de la cámara, así como previene que el aire ambiente entre en la cámara. Sin embargo, este proceso requiere que se use un volumen de gas extraordinariamente grande durante el proceso, incluso con una cámara sustancialmente a prueba de fluidos. Además, el proceso no consigue mantener la concentración de oxígeno residual lo suficientemente baja para impedir la formación de una capa de óxido en la mayoría de los productos de metal. Las corrientes ascendentes térmicas calientes de dentro del horno caliente están empujando continuamente el gas inerte frío entrante hacia arriba y lejos de la superficie del metal. Por tanto, mientras los gases y el aire caliente se elevan, la corriente inducida mueve continuamente aire frío fresco hacia el horno. El gas inerte inyectado también incorporará aire ambiente junto con él mientras se inyecta en el horno. Debido a estos efectos, es difícil, si no imposible, para las técnicas de inertización de gas proporcionar una verdadera atmósfera inerte (0% de O<sub>2</sub>) directamente a la superficie del metal. Till, K; La sorda, T y Kline, M, "The induction melting of stainless steel under the protection of liquid Argon for Powder Metal Manufacture", Metal Powder Industries Federation 1994, da a conocer el proceso SPAL en el que se suministra criógeno a un horno de inducción a través de mangueras en una lanza y en último lugar a través de un difusor 30455 de sinterizado. Este sistema es similar al dado a conocer en el documento US 4 990 183.

50 Con una inertización de líquidos, un criógeno líquido (normalmente N<sub>2</sub> o Ar) cubre toda la superficie expuesta del metal (es decir, metal sólido caliente o metal fundido). Puesto que el criógeno líquido tiene mayor densidad que su fase gas y que el aire, es mucho menos probable que se empuje hacia arriba y lejos de la superficie fundida por las corrientes ascendentes térmicas. Después de poner en contacto la superficie del metal, dentro de un corto periodo de tiempo, el líquido se vaporiza en un gas. Mientras el criógeno hierve de líquido a gas, se expande volumétricamente en un factor de aproximadamente 600 - 900 veces mientras aumenta. Como resultado, la expansión empuja el aire ambiente lejos de la superficie del metal, inhibiendo la oxidación. Un inconveniente de la inertización de líquidos es la dificultad de suministrar eficazmente el criógeno líquido al interior del horno en un estado líquido. El gas licuado es extremadamente frío. En el depósito de almacenamiento y en los conductos de distribución, el gas inerte líquido está continuamente absorbiendo calor del entorno, hirviendo parte del líquido a vapor dentro del depósito de almacenamiento y de los conductos de distribución. Este vapor se debe ventilar antes de que el líquido se inyecte en la cámara, de otro modo, se produce burbujeo e inestabilidad del flujo (provocado por la tendencia del gas a chocar con el flujo de líquido en las tuberías de suministro). Como resultado, se pierde una parte significativa del criógeno suministrado debido a la ebullición.

60 Por tanto, aún existe la necesidad en la técnica de lograr concentraciones de oxígeno residual bajas a través de un proceso de purga sin perder volúmenes sustanciales de gases inertes.

## Sumario

- En el presente documento se describen sistemas y métodos correspondientes que proporcionan una capa inerte eficaz sobre una superficie de metal en un contenedor tal como un horno de inducción, una artesa, etc. El sistema incluye un contenedor de metal (por ejemplo, metal sólido (carga) caliente o metal fundido) y un sistema configurado para suministrar criógeno inerte bifásico hacia el metal. El sistema de suministro puede incluir una lanza dispuesta próxima a la parte superior del contenedor. La lanza incluye una cubierta que dirige tanto un flujo de criógeno líquido como un flujo de criógeno en estado de vapor hacia la superficie del metal. El criógeno líquido viaja a la superficie del metal, donde se vaporiza para generar un volumen de gas de expansión. El criógeno en estado de vapor, además, se dirige de forma descendente, hacia el gas de expansión. El criógeno en estado de vapor refuerza el gas de expansión, ralentizando su velocidad de expansión para mantener el gas de expansión sobre la superficie del metal. Por tanto, el líquido y el gas en estado de vapor actúan en tándem para inhibir la oxidación del metal.
- El sistema puede incluir una serie de diferentes características, incluyendo una cualquiera o una combinación de las siguientes características:
- un recipiente abierto para contener el metal fundido, incluyendo el recipiente una pared de fondo, una pared lateral, y una apertura;
  - una fuente de criógeno inerte, incluyendo el criógeno inerte un componente de flujo líquido y un componente de flujo en estado de vapor;
  - un sistema de suministro dispuesto próximo a la apertura, comprendiendo el sistema de suministro (1) una lanza que incluye una entrada y una salida, la entrada conectada a la fuente de criógeno inerte y/o (2) una cubierta acoplada al extremo de salida de la lanza, en el que la cubierta dirige los componentes del criógeno inerte hacia el metal fundido;
  - una cubierta configurada para dirigir el componente líquido del criógeno inerte hacia la pared del fondo del recipiente de modo que el componente líquido contrae el metal fundido para formar un volumen de gas de expansión que tiene una velocidad de expansión;
  - una cubierta configurada además para dirigir el componente en estado de vapor hacia el metal fundido para inhibir la velocidad de expansión del volumen de gas de expansión;
  - una cubierta que tiene un alojamiento curvado con una entrada y una salida situada corriente abajo desde la entrada;
  - una cubierta posicionada de modo que la salida de la cubierta sea generalmente coplanar con o esté por debajo de la apertura del recipiente;
  - un sistema de suministro que puede funcionar para generar un caudal de criógeno inerte en el intervalo de aproximadamente 0,002 lb/pulgadas<sup>2</sup> (0,14 g/cm<sup>2</sup>) a aproximadamente 0,005 lb/pulgada<sup>2</sup> (0,35 g/cm<sup>2</sup>), basado en el área de superficie del metal fundido;
  - difusor que puede funcionar para separar el componente de flujo líquido del componente de flujo en estado de vapor;
  - y
  - una cubierta que tiene un grado de curvatura de aproximadamente 0° a aproximadamente 90°.
- En el presente documento también se describe un método para proporcionar una capa de vapor sobre un material procesado dentro de un contenedor. El método puede incluir una serie de diferentes características, incluyendo una cualquiera o una combinación de las siguientes características:
- formar metal fundido dentro de un contenedor, teniendo el metal fundido una superficie expuesta que define un área de superficie;
  - generar un criógeno inerte bifásico, en el que el criógeno inerte comprende un componente de flujo líquido y un componente de flujo en estado de vapor;
  - dirigir el componente de flujo líquido en contacto con el metal fundido para generar un volumen gaseoso de expansión que tiene una velocidad de expansión; y
  - dirigir el componente de flujo en estado de vapor en el contenedor para inhibir la velocidad de expansión del volumen gaseoso;
  - dirigir un flujo de criógeno inerte bifásico a un caudal eficaz para generar el volumen gaseoso de expansión que es

sustancialmente coextensivo con la superficie expuesta del metal fundido;

determinar el caudal basado en el área de superficie del metal fundido;

- 5 proporcionar un caudal en el intervalo de aproximadamente 0,002 lb/pulgadas<sup>2</sup> (0,14 g/cm<sup>2</sup>) a aproximadamente 0,005 lb/pulgada<sup>2</sup> (0,35 g/cm<sup>2</sup>), basado en el área de superficie del metal fundido;

- 10 proporcionar un metal fundido que posee una forma generalmente meniscoide con una parte de menisco central elevada y una parte de menisco de borde inferior, y dirigir el componente de flujo líquido en contacto con la parte meniscoide inferior;

mantener el caudal para localizar el componente de flujo líquido dentro de una parte de la superficie expuesta del metal fundido;

- 15 proporcionar un contenedor que incluye una pared de fondo, una pared lateral, y una apertura, y dirigir el componente de flujo líquido próximo a la pared lateral de modo que el componente de flujo líquido esté en contacto con el metal fundido en un punto próximo a la pared lateral;

- 20 dirigir un criógeno inerte líquido desde una fuente a través de un difusor para separar el componente de flujo líquido del componente de flujo en estado de vapor; y

mantener un caudal del criógeno inerte de modo que el flujo de líquido se localiza dentro de un área más pequeña que la superficie expuesta del metal fundido.

- 25 Los objetos, características y ventajas anteriores y aún otros de los sistemas y métodos descritos en el presente documento se harán evidentes en la consideración de la siguiente descripción detallada de realizaciones específicas de los mismos, especialmente cuando se toman junto con los dibujos adjuntos, en los que números de referencia semejantes designan componentes semejantes.

### 30 **Breve descripción de los dibujos**

La figura 1 representa una vista de sección transversal de una realización ejemplar de un contenedor con una carga calentada de metal y un sistema de suministro para un criógeno inerte bifásico de acuerdo con una realización de la invención. La figura 2 es una vista de cerca del sistema de suministro mostrado en la figura 1.

- 35 **Descripción de realizaciones preferidas**

- La presente invención proporciona un sistema y un proceso en los que un volumen de expansión de refuerzo de vapor de gas inerte (por ejemplo, argón, nitrógeno o dióxido de carbono) se desarrolla y se mantiene sobre la superficie del metal (por ejemplo, metal fundido y/o carga de metal calentado) en un contenedor tal como un horno de fusión o un sistema de transferencia (una cuchara de colada, una reguera de colada, etc.). El volumen de expansión de refuerzo de gas inerte se puede generar y mantener a partir de un volumen de vaporización de criógeno líquido situado frente a uno o más lados de la superficie interior del contenedor. Los volúmenes de gas de expansión se pueden mantener por una corriente continua de criógeno líquido que reponen el volumen de vaporización del criógeno líquido desde un sistema de lanza en la parte superior del horno.

- La figura 1 muestra un sistema 10 de acuerdo con una realización de la invención. Como se ilustra, el sistema 10 incluye un contenedor 100 y un sistema de suministro de criógeno bifásico 200. El contenedor 100 incluye una pared de fondo 105, una pared lateral 110, y una apertura 115 definidas por un borde 120. El contenedor 100 aloja metal 300 (por ejemplo, metal fundido y/o material de carga calentado). A modo de ejemplo, el contenedor 100 puede ser un baño de metal fundido, un horno de inducción, o un sistema de contención y/o transferencia de metal tal como una cuchara de colada, una reguera de colada, etc. Los movimientos de convección y/o la tensión de superficie presentes en el metal fundido forman un menisco convergente con una parte central elevada 310 y una parte de borde inferior 320 dispuesta a lo largo de la pared lateral 110 del contenedor 100.

- El sistema de suministro de criógeno bifásico 200 distribuye criógeno inerte líquido y en estado de vapor dentro del contenedor 100. El sistema 200 puede incluir una lanza 210 dispuesta en la parte superior del contenedor 100. La lanza 210 puede comunicar con una fuente de criógeno líquido inerte 400 (por ejemplo, un recipiente de almacenamiento). El criógeno líquido inerte puede incluir, pero no se limita a, argón, nitrógeno o dióxido de carbono.

- Como se debate anteriormente, al desplazarse desde la fuente 400 hasta el contenedor 100, el criógeno líquido inerte absorbe calor, formando un componente en estado de vapor/gaseoso. Como consecuencia, se puede acoplar un difusor 220 a la lanza 210 para separar el componente en estado de vapor del componente líquido (es decir, el criógeno en estado de vapor del criógeno líquido). El difusor 220 puede incluir, por ejemplo, un tapón de nivel de 10 - 80  $\mu$  sinterizado dispuesto en el extremo de descarga de la lanza 210. El difusor 220 está alojado dentro de un revestimiento o una cubierta 230 configurada para canalizar los componentes líquidos y de gas que salen del

difusor, dirigiéndolos al contenedor 100. Específicamente, la cubierta 230 se forma para dirigir el flujo bifásico de criógeno (es decir, el flujo de criógeno líquido 500A y el flujo de criógeno en estado de vapor 500B) hacia la superficie del metal 300.

5 La figura 2 ilustra una vista de cerca de la cubierta 230 representada en la figura 1. En la realización ilustrada, la cubierta 230 incluye un extremo de entrada 235, una primera parte 237, una segunda parte 239, y un extremo de salida 240. La cubierta 230 se curva de forma descendente, lejos del eje longitudinal de la cubierta (indicada por X), creando una primera inflexión o inflexión exterior 245 y una segunda inflexión o inflexión interior 250. El grado de curvatura puede incluir, pero no se limita a, curvaturas de forma descendente en el intervalo de aproximadamente 0°  
 10 (donde la salida 240 generalmente es perpendicular al eje X) a aproximadamente 90° (donde la salida 240 generalmente es paralela al eje X). Las dimensiones de la cubierta pueden ser cualesquiera adecuadas para su propósito descrito. A modo de ejemplo, la cubierta 230 puede tener una longitud total de aproximadamente 4-6 pulgadas (10,16 cm -15,24 cm). A modo de ejemplo, la primera parte 237 (que se extiende desde la entrada 235 hasta la inflexión 245/250) puede ser de aproximadamente 3-5 pulgadas (7,62 cm-12,7 cm) (por ejemplo, 4 pulgadas (10,16 cm)), mientras que la segunda parte (que se extiende desde la inflexión 245/250 hasta la salida 240) puede ser de aproximadamente 0,5 - 3 pulgadas (1,27 cm - 7,62 cm) (por ejemplo, de aproximadamente 1,5 pulgadas (3,81 cm)). El diámetro del canal de cubierta (indicado como D) puede ser de aproximadamente 0,5 pulgadas a 2 pulgadas (1,27 cm - 5,08 cm) (por ejemplo, 1 pulgada (3,54 cm)). Preferentemente, el diámetro D del canal es sustancialmente continuo desde la entrada 235 hasta la salida 240. El material que forma la cubierta incluye, pero no se limita a,  
 20 tuberías de acero inoxidable.

La cubierta 230 está dispuesta orientada para introducir el criógeno líquido 500A y el criógeno en estado de vapor 500B dentro del envase. Por ejemplo, la cubierta 230 puede estar dispuesta en un punto próximo a la apertura 115 del contenedor 100. A modo de ejemplo específico, el extremo de salida 240 generalmente puede ser coplanar con la apertura 115 del contenedor 100, o puede estar posicionado ligeramente por debajo de la apertura 115 de modo que sobresalga en el interior del contenedor. La cubierta 230, además, puede estar orientada en el contenedor de modo que la inflexión interior 250 de la cubierta está posicionada adyacente a la pared lateral 110.  
 25

Con esta configuración, el criógeno líquido 500A se dirige a lo largo de/adyacente a la pared lateral 110 del contenedor 100, permitiendo que el criógeno líquido alcance el metal 300 y cree una piscina localizada o volumen 500C de criógeno líquido a lo largo de la parte de menisco inferior 320. Esto es contrario a los sistemas de suministro de criógeno líquido convencionales, que dirigen una capa de líquido sobre toda la superficie del metal. En su lugar, el sistema de suministro 200 de la presente invención controla los parámetros que provocan que el criógeno líquido 500A se localice sobre el metal 300. Esto es, el criógeno líquido 500A cubre sólo una parte de la superficie del metal, localizando el criógeno líquido dentro de un área generalmente adyacente a la pared lateral 110 del contenedor 100.  
 30

Como se señala anteriormente, la piscina 500C de criógeno líquido se forma próxima a la pared lateral 110 del contenedor. Es más eficaz suministrar el criógeno líquido 500A bajo la pared lateral 110 del contenedor (a la parte inferior 320 del menisco) para maximizar el criógeno suministrado en el sitio del menisco, así como para crear una piscina 500C de criógeno líquido con la menor elevación dentro del ambiente del metal (por ejemplo, el menor nivel de un horno). En cambio, el suministro de criógeno líquido 500A a la parte superior 310 del menisco podría inhibir la cantidad de criógeno suministrado efectivamente a la parte inferior 320 del menisco (a lo largo de la pared lateral 110) ya que el criógeno 500C podría quedar atrapado dentro o por encima del material de carga (carga sólida que se fundirá durante el ciclo de calor). Además, la colocación del sistema de suministro 200 a lo largo de la pared lateral 110 del contenedor 100 (por ejemplo, perpendicular a y adyacente al caño de vertido de un horno) proporciona un beneficio adicional de facilitar automáticamente la protección inerte del metal en la cuchara de colada de transferencia, reguera de colada, molde de artesa, etc.  
 40

De este modo, con la configuración de cubierta anterior, el flujo de criógeno líquido 500A forma un pequeño volumen 500C de criógeno líquido sobre la superficie del metal 300, adyacente a la pared lateral 110. Debido al calor generado por la superficie del metal fundido 300, así como el calor radiado por las paredes del horno 110, la piscina de criógeno líquido 500C se vaporiza, generando un volumen de gas inerte de expansión 600 que se expande por toda la superficie expuesta del metal 300. Esta expansión empuja el aire ambiente lejos de la superficie del metal 300, e infiltra cualquier material de carga que se funde en la superficie fundida. Esto, a su vez, proporciona una verdadera atmósfera inerte directamente a la superficie del metal. La velocidad de expansión del gas 600 generalmente es dependiente del tipo de gas inerte utilizado para formar la capa inerte (por ejemplo, argón, nitrógeno o dióxido de carbono). A modo de ejemplo, mientras la piscina 500C de criógeno líquido hierve de líquido a gas, se puede expandir volumétricamente por un factor de aproximadamente 600 - 900 veces mientras aumenta. A modo de ejemplo específico, el argón expande hasta 840 veces el volumen de líquido mientras se calienta desde -302°F (-185°C) hasta temperatura ambiente.  
 50  
 55  
 60

Cuanto más rápido se expande el gas de expansión 600, más rápido escapa del contenedor 100, perdiéndose en el ambiente circundante. Tal pérdida no sólo reduce la eficacia de la capa inerte, sino también altera la atmósfera circundante (por ejemplo, exponiendo a los usuarios a gas inerte). Para minimizar y/o eliminar la velocidad de pérdida del volumen de gas de expansión 600 del contenedor 100, el sistema de suministro 200 dirige además un  
 65

revestimiento de criógeno en estado de vapor 500B en el contenedor, en el que refuerza el volumen de gas inerte de expansión 600 generado de la piscina 500C de líquido criogénico, manteniendo el volumen de expansión 600 próximo a la superficie de metal expuesta. Específicamente, la cubierta 230 dirige el criógeno en estado de vapor 500B hacia el gas de expansión 600, reforzando el gas de expansión e inhibiendo su velocidad de expansión y  
 5 difusión en la atmósfera por encima del contenedor 100. Esto alivia un inconveniente principal de la inertización de líquido convencional (debatido anteriormente), en el que se pierde una gran parte del criógeno inerte (por ejemplo, cuando se ventila para evitar el burbujeo en la lanza).

El caudal del criógeno bifásico 500A, 500B desde la fuente 400 debe ser eficaz para proporcionar un volumen  
 10 continuo de gas inerte de expansión 600, para mantener una piscina localizada 500C de criógeno líquido sobre la superficie del metal 300 (es decir, para prevenir que el criógeno líquido 500A cree una piscina 500C que cubra toda la superficie del metal 300), y para mantener el criógeno en estado de vapor de refuerzo de flujo 500B hacia la superficie del metal. Preferentemente, el caudal se determina como una función del área de superficie del metal 300. Esto es contrario a los procesos de la técnica anterior, que calculan el caudal utilizando el volumen del metal.  
 15 Preferentemente, la corriente continua de criógeno se mantiene a un caudal de aproximadamente 0,002 lb/pulgada<sup>2</sup> a aproximadamente 0,005 lb/pulgada<sup>2</sup> (aproximadamente de 0,14 g/cm<sup>2</sup> a aproximadamente 0,35 g/cm<sup>2</sup>) del área de superficie del metal expuesto en el contenedor 100. Esto mantiene un flujo de criógeno a una velocidad eficaz para generar una cantidad beneficiosa de criógeno en estado de vapor 500B que puede reforzar el gas de expansión 600. Por ejemplo, la proporción de criógeno líquido 500A con relación al criógeno en estado de vapor 500B que sale de la  
 20 lanza 210 puede ser de aproximadamente 99/1 a aproximadamente 51/49, dependiendo de la calidad térmica del sistema de distribución de criógeno y la presión de trabajo del depósito de suministro. Los caudales por encima del intervalo preferido tienden a incrementar los costes del proceso, así como a conducir al "borboteo" del metal 300 afuera del contenedor 100 debido a expansión volumétrica y mecánica del criógeno 500C mientras se produce la transición desde un líquido a un vapor. Esto crea una situación peligrosa para los usuarios en el área circundante del  
 25 contenedor 100.

En el funcionamiento, la cubierta 230 dirige el criógeno líquido 500A en el contenedor 100, provocando que el  
 30 criógeno líquido caída desde la lanza 210 adyacente a la pared lateral 110 y forme el pequeño volumen (piscina 500C) de criógeno líquido sobre la superficie del metal 300, adyacente a la pared lateral del contenedor 100. El volumen de líquido 500C se vaporiza, creando un gas de expansión 600 que se expande por toda la superficie del metal 300. Al mismo tiempo, la cubierta 230 dirige el gas en estado de vapor 500B de forma descendente, hacia la superficie del metal, inhibiendo la expansión del gas de expansión 600, manteniendo el vapor reforzado cerca de la superficie del metal 300.

Los procesos convencionales usan el gas inerte ya expandido o bien un líquido criogénico inerte como barrera  
 35 protectora para el metal fundido y/o material de carga en el contenedor. El enfoque del gas de expansión de refuerzo de vapor para el recubrimiento inerte se distingue de estos procesos convencionales en que ofrece un nivel más alto de seguridad para el operario del horno, un incremento en la consistencia y en el efecto de la capa inerte, y un aumento en la eficacia del gas inerte o menor coste de aplicación. Suministra todo el producto inerte desde la fuente  
 40 400 a través del sistema de suministro 200 a la atmósfera interna del contenedor 100 en un punto por encima de la interfaz de fusión.

Este sistema descrito anteriormente es eficaz para guiar el criógeno en estado de vapor 500B en el contenedor 100,  
 45 manteniendo la utilización completa del criógeno en estado de vapor, usándolo para reforzar el gas de expansión 600. En sistemas convencionales, se pierde un 3 -15% del criógeno inerte por la punta de una lanza debido a pérdidas rápidas. El presente sistema evita estas pérdidas utilizando completamente el criógeno en estado de vapor 500B, dirigiéndolo al contenedor 100 de forma (a una velocidad y en una cantidad) eficaz para minimizar y/o evitar pérdidas rápidas.

Aunque la invención se ha descrito en detalle y con referencia a realizaciones específicas de la misma, será  
 50 evidente para un experto en la técnica que se pueden realizar diversos cambios y modificaciones en ella sin apartarse del espíritu y alcance de la misma. Por ejemplo, la cubierta 230 puede poseer cualquier dimensión y forma adecuada para su propósito descrito (dirigiendo un flujo bifásico en el contenedor), y se puede modificar basándose en factores tales como coste de fabricación, método de fabricación y parámetros de sitio de aplicación. Además, aunque el  
 55 caudal es dependiente principalmente sobre el área de superficie del metal 300 en el contenedor 100 requiriendo protección por el gas de expansión 600, se pueden usar factores secundarios para determinar el caudal del criógeno líquido, tales como la reactividad de la aleación o metal que se va a proteger, la existencia y la fuerza del sistema de ventilación, y los requisitos de calidad del usuario final para el metal que se va a producir. Además, aunque se ilustra una única fuente 400 de criógeno inerte, se entiende que se pueden conectar múltiples fuentes 400 a la lanza 210  
 60 para proporcionar múltiple tipos de criógeno inerte al contenedor, incluyendo mezclas.

Además, los sistemas y métodos descritos pueden incluir uno cualquiera o más controladores y/o sensores  
 adecuados para facilitar la monitorización y el control de diversos parámetros operacionales durante el  
 65 calentamiento de la carga en el horno. También se pueden proporcionar uno o más sensores adecuados y equipo relacionado para medir y monitorizar la concentración de las especies gaseosas dentro del horno, preferentemente en localizaciones en la proximidad inmediata de la superficie de carga. Además, cuando el contenedor 100 es un

horno de inducción, el horno de inducción puede incluir cualquier número adecuado y diferentes tipos de sensores para monitorizar una o más de la temperatura, la presión, el caudal y la concentración de nitrógeno y/o cualquier otra especie gaseosa dentro del horno.

- 5 Ha de entenderse que los términos tales como "parte superior", "fondo", "delante", "detrás", "lateral", "altura", "longitud", "ancho", "superior", "inferior", "interior", "exterior", y similares como se pueden usar en el presente documento, describen meramente puntos de referencia y no limitan la presente invención a cualquier orientación o configuración particular. Por tanto, se pretende que la presente invención cubra las modificaciones y variaciones de esta invención siempre que entren dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas.

10

## REIVINDICACIONES

1. Un método para reducir la oxidación de metal fundido, comprendiendo el método: (a) formar metal fundido dentro de un contenedor (100) que comprende: una pared de fondo (105), una pared lateral (110), y una apertura (115),  
 5 teniendo el metal fundido (300) una superficie expuesta que define un área de superficie; (b) generar un criógeno inerte bifásico que comprende un componente de flujo líquido (500A) y un componente de flujo en estado de vapor (500B); (c) suministrar todo el criógeno inerte bifásico hacia el metal fundido por medio de un sistema de suministro de criógeno inerte bifásico (200), de modo que se dirige el componente de flujo líquido (500A) en contacto con el metal fundido (300) para generar un volumen gaseoso de expansión (600) que tiene una velocidad de expansión; y  
 10 (d) el componente de flujo en estado de vapor se dirige de forma descendente en el contenedor (100) hacia el gas de expansión (600), caracterizado porque:
- la etapa (c) comprende dirigir el componente de flujo líquido (500A) próximo a la pared lateral (110) de modo que el componente de flujo líquido (500A) esté en contacto con el metal fundido (300) en un punto próximo a la pared lateral (110), y  
 15
  - la etapa (d) comprende dirigir el componente de flujo en estado de vapor (500B) de forma descendente en el contenedor (100) de modo que inhiba la velocidad de expansión del volumen gaseoso (600).
- 20 2. El método de la reivindicación 1, que comprende dirigir un flujo de criógeno inerte bifásico a un caudal eficaz para generar el volumen gaseoso de expansión que es sustancialmente coextensivo con la superficie expuesta al metal fundido.
3. El método de la reivindicación 2, en el que el caudal está en el intervalo de aproximadamente 0,14 g/cm<sup>2</sup> (0,002 lb/pulgada<sup>2</sup>) a aproximadamente 0,35 g/cm<sup>2</sup> (0,005 lb/pulgada<sup>2</sup>), basado en el área de superficie del metal fundido.  
 25
4. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que el metal fundido posee una forma generalmente meniscoide con una parte de menisco central elevada (310) y una parte de menisco de borde inferior (320), y la etapa (c) comprende la etapa de (c.1) dirigir el componente de flujo líquido (500A) en contacto con la parte meniscoide inferior (320).  
 30
5. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que el caudal del criógeno inerte se mantiene de modo que el flujo de líquido está localizado dentro de un área más pequeña que la superficie expuesta de metal fundido.  
 35
6. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el que la etapa (b), generar el criógeno inerte bifásico, comprende la etapa (b.1) dirigir un criógeno inerte líquido desde una fuente (400) a través de un difusor (220) para separar el componente de flujo líquido (500A) del componente de flujo en estado de vapor (500B).
- 40 7. Un sistema de calentamiento (10) que comprende: un recipiente abierto (100) para contener metal fundido (300), incluyendo el recipiente (100) una pared de fondo (105), una pared lateral (110), y una apertura (115); una fuente de criógeno inerte (400), incluyendo el criógeno inerte un componente de flujo líquido (500A) y un componente de flujo en estado de vapor (500B); un sistema de suministro de criógeno inerte bifásico (200) dispuesto próximo a la apertura (115), comprendiendo el sistema de suministro de criógeno inerte bifásico (200): una lanza (210) que incluye una entrada y una salida, estando conectada la entrada a la fuente de criógeno inerte (400); un medio para recibir todo el criógeno inerte desde la lanza (210) y para dirigir el componente de flujo líquido (500A) del criógeno inerte hacia la pared de fondo (105) del recipiente (100) de modo que el componente líquido (500A) esté en contacto con el metal fundido (300) para formar un volumen de gas de expansión (600) que tiene una velocidad de expansión, en el que el medio para recibir el criógeno inerte está configurado además para dirigir el componente de flujo en estado de vapor (500B) de forma descendente hacia el metal fundido (300) y el gas de expansión (600), caracterizado porque:  
 45  
 50
- el medio para recibir el criógeno inerte está adaptado para inyectar el componente de flujo líquido (500A) próximo a la pared lateral (110) del recipiente (100) de modo que el componente de flujo líquido (500A) está en contacto con el metal fundido (300) en un punto próximo a la pared lateral (110).  
 55
8. Un sistema de calentamiento (10) de acuerdo con la reivindicación 7, en el que el medio para recibir el criógeno inerte comprende una cubierta (230) acoplada al exterior de la lanza (210), en el que la cubierta (230) dirige los componentes de flujo (500A, 500B) del criógeno inerte hacia el metal fundido (300), en el que la cubierta (230) está configurada para dirigir el componente de flujo líquido (500A) del criógeno inerte hacia la pared de fondo (105) del recipiente (100) de modo que el componente de flujo líquido (500A) esté en contacto con el metal fundido (300) para formar un volumen de gas de expansión (600) que tiene una velocidad de expansión, y en el que la cubierta (230) está configurada además para dirigir el componente de flujo en estado de vapor (500B) hacia el metal fundido (300) para inhibir la velocidad de expansión del volumen de gas de expansión (600).  
 60  
 65
9. El sistema de calentamiento (10) de la reivindicación 8, en el que la cubierta (230) comprende un alojamiento



curvado que incluye una entrada y una salida situadas corriente abajo desde la entrada.

5 10. El sistema de calentamiento (10) de la reivindicación 8 ó 9, en el que la cubierta (230) comprende una salida orientada de modo que sea generalmente coplanar con la apertura del recipiente u orientada dentro del recipiente en un punto ligeramente por debajo de la apertura del recipiente.

10 11. El sistema de calentamiento (10) de una cualquiera de las reivindicaciones 8 a 10, en el que el sistema de suministro de criógeno inerte bifásico (200) comprende además un difusor dispuesto en la salida de la lanza (210) y alojado dentro de la cubierta (230), el difusor (220) que puede funcionar para separar el componente de flujo líquido (500A) del componente de flujo en estado de vapor (500B).

15 12. El sistema de calentamiento de una cualquiera de las reivindicaciones 7 a 10, en el que el sistema de suministro de criógeno inerte bifásico (200) puede funcionar para generar un caudal de criógeno inerte en el intervalo de aproximadamente  $0,14 \text{ g/cm}^2$  ( $0,002 \text{ lb/pulgada}^2$ ) a aproximadamente  $0,35 \text{ g/cm}^2$  ( $0,005 \text{ lb/pulgada}^2$ ), basado en el área de superficie del metal fundido (300).

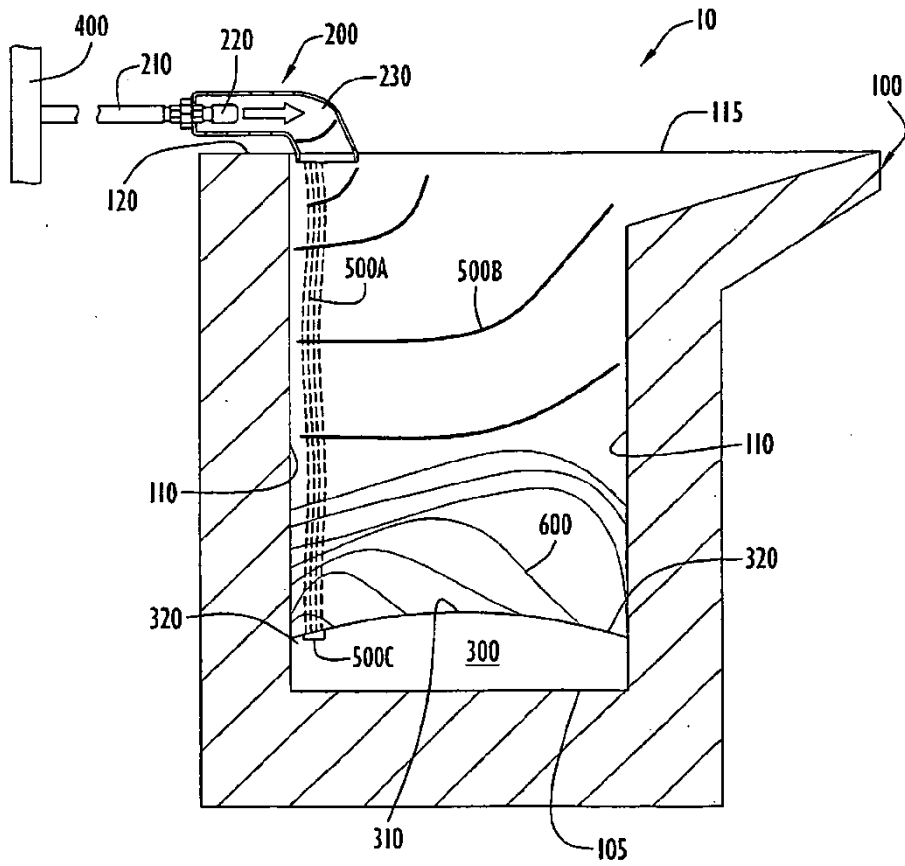


FIG.1

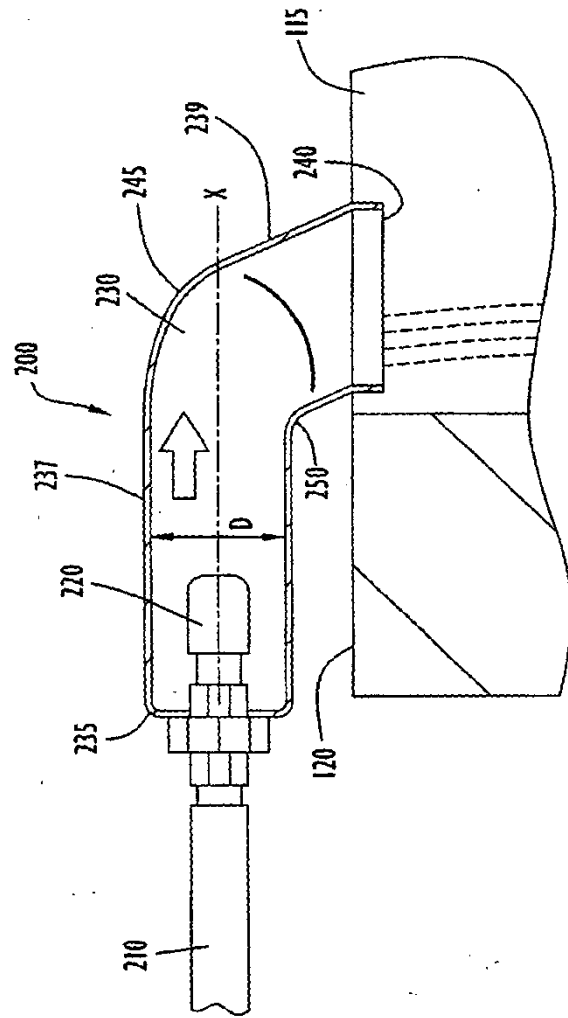


FIG. 2