

3-6-73

P.- 54.361

L-8630-SP

Apparatus-Div. I

12 M



MEMORIA DESCRIPTIVA

414721

414721

para solicitar PATENTE DE INVENCION por 20 años

A nombre de UNION CARBIDE CORPORATION

entidad norteamericana

Int. Cl.: C22B/822D

establecida en 270 Park Avenue, Nueva York, N.Y.  
10017, Estados Unidos de América.

por: "UN APARATO PARA REFINAR ALUMINIO EN ESTADO DE  
FUSION" (Clase Internacional C22b)

5.5.73

- 1 -

414721



La presente invención se refiere en general a la refinación del aluminio en estado de fusión, y más en particular a un método y aparato para eliminar los gases disueltos y las impurezas no metálicas del aluminio y sus aleaciones en estado de fusión, sin la emisión de gases y humos corrosivos o perjudiciales para el ambiente.

El aluminio en fusión, antes de la colada, contiene muchas impurezas que, de no ser eliminadas, ocasionan elevadas pérdidas por desperdicio en la colada, o de lo contrario son causa de mala calidad del metal en los productos fabricados con él. En las aleaciones a base de aluminio, en estado de fusión, las principales impurezas recusables son el hidrógeno disuelto y las partículas no metálicas en suspensión, tales como los óxidos de aluminio y magnesio, partículas de refractario, etc.

La solubilidad del hidrógeno en las aleaciones de aluminio decrece aproximadamente en un orden de magnitud al solidificarse el metal. Por consiguiente, se libera hidrógeno gaseoso del metal durante la colada, si el contenido de hidrógeno del metal fundido no se reduce por bajo del límite de solubilidad en sólido, del hidrógeno en el metal. El hidrógeno produce una fina porosidad (porosidad puntiforme) en el metal rápidamente solidificado, tal como los lingotes de colada de enfriamiento



5 directo, o bien llena las cavidades de contracción en el metal lentamente solidificado. Incluso el hidrógeno que permanece disuelto en el material tras la solidificación es dañoso, porque durante el tratamiento térmico se difunde por los huecos y otras discontinuidades existentes en el metal sólido, agravando con ello los efectos perjudiciales de estos puntos de defecto en las propiedades del metal. Las cantidades excesivas de hidrógeno producen fisuras brillantes en las piezas forjadas y vejigas o ampollas en los productos laminados.

10 Las partículas sólidas no metálicas suspendidas en el metal en fusión son causa de serias dificultades durante la colada y la mecanización de las aleaciones de aluminio. Estas partículas constan principalmente de óxidos que se introducen en la masa fundida con la chatarra durante la operación de fusión, o bien se producen por oxidación directa con aire, vapor de agua, dióxido de carbono y otros gases oxidantes mientras se trata el metal en el estado de fusión. Las películas de óxido finas y fracturadas, agitadas en el metal fundido, resultan particularmente perjudiciales, puesto que en contraste con los óxidos y otras partículas sólidas de tamaño más macroscópico no pueden ser eliminadas por la superficie, como la espuma o escoria flotante, y quedan en suspensión en el metal fundido. Se ha sugerido el

414721



recurso de dar flotación a estas partículas de óxido me  
diante burbujas microscópicas de hidrógeno adsorbidas  
en las partículas. Si bien esta sugerencia, como otras  
que preconizan alguna forma de asociación entre el hi-  
5 drógeno y la materia sólida subdividida en partículas en  
la masa fundida, carecen de apoyo experimental convin-  
cente, es un hecho establecido el de que existe realmen-  
te una interacción entre las partículas sólidas y el hi-  
drógeno durante la colada del metal. Las partículas só-  
10 lidas dispersas en el metal actúan de núcleos para la  
formación de burbujas de hidrógeno durante la solidifi-  
cación del metal. Asimismo, estas impurezas no metáli-  
cas pueden actuar dando origen a tensiones que perjudi-  
quen seriamente a las propiedades mecánicas del metal co-  
15 lado. Además, las impurezas no metálicas son causa de  
dificultades en la fabricación de piezas de aleaciones  
de aluminio, dificultades tales como las de un excesivo  
desgaste de herramientas al mecanizar las piezas molde-  
das en coquilla, y las que se manifiestan como defectos  
20 de superficie en los productos laminados o extruidos.

La pureza requerida en el metal para ser  
moldeado o colado en forma de lingotes para la obtención  
de productos de aluminio depende de varios factores, ta-  
les como el tipo y calidad de la aleación, la práctica  
25 del moldeo, los sucesivos procedimientos de fabricación

414721

121



o mecanizado y la aplicación a que se destina el producto fabricado. En la presente Memoria descriptiva y en las reivindicaciones se emplea el término "metal sano" o "metal de buena calidad" para hacer referencia a la  
5 calidad del metal en estado de fusión inmediatamente antes de la colada, y se requiere dar a entender con ello que del metal en fusión se han eliminado tanto el hidrógeno disuelto como las impurezas no metálicas, en la extensión o el grado que se requiere para la producción de  
10 piezas coladas esencialmente sin fisuras ni imperfecciones o para la fabricación de un producto metálico útil partiendo de la aleación particular. La buena calidad del metal se determina por medio de procedimientos de ensayo usuales ya conocidos en la técnica del ramo, tales  
15 como el de ensayo de solidificación al vacío del metal en fusión antes de la colada, el examen metalográfico y ultrasonico del metal sólido con arreglo a las normas pertinentes, los ensayos de porosidad, las pruebas destructivas, etc.

20 En el pasado, la reducción del contenido de gas disuelto y del contenido de impurezas no metálicas en el metal en estado de fusión se ha venido efectuando mediante el recurso de mantener lo más baja posible la temperatura en el hogar o cámara de fusión y en  
25 otros recipientes de tratamiento del metal, y de conser-

414721



var el metal en el estado de fusión durante un período o intervalo de tiempo prolongado. Ahora bien, tan laboriosas prácticas se han ido modificando y en gran parte sustituyendo por diversos procedimientos de adición de fundente, en los cuales el metal en fusión se pone en contacto con fundentes reactivos, gaseosos o sólidos, que generalmente contienen halógenos. El fundente más universalmente utilizado en el tratamiento del aluminio es el gas cloro, o los compuestos que generan cloro gaseoso, tales como el hexacloroetano. El gas cloro se inyecta generalmente en la aleación fundida desde unos tubos de hierro esmaltado, o desde unos tubos de fundente de grafito específicamente contruidos a este fin. La adición de cloro como fundente da por resultado una satisfactoria eliminación del hidrógeno y las impurezas no metálicas, en la mayoría de las clases de aleación. Para obtener aleaciones estructurales de gran resistencia, se ha visto que es necesario someter el metal a un tratamiento adicional, tal como el de filtración. Ahora bien, aparte de estos casos especiales, la adición de cloro como fundente viene satisfaciendo las normas actuales establecidas para un metal de buena calidad.

Ahora bien, el uso del cloro presenta problemas debidos a su naturaleza tóxica y corrosiva. Así, aun cuando el uso del cloro como fundente para aleacio-



1973

414721

nes de aluminio se ha venido considerando en el pasado como práctica comercialmente aceptable, las crecientes preocupaciones relativas a la contaminación del aire vienen haciendo énfasis en la necesidad de su eliminación. Como consecuencia, se han puesto más de relieve los numerosos inconvenientes asociados al empleo del cloro como fundente.

Uno de los principales inconvenientes del cloro es su fuerte reactividad para con los metales. El cloro vaporiza al aluminio formando un gas de cloruro de aluminio, y reacciona con esencialmente la totalidad de los elementos de aleación que entran en las aleaciones de aluminio. Esto es indeseable desde un punto de vista tanto funcional como económico. Además, el gas cloro que no haya reaccionado representa un riesgo contra la salud del personal operario. Por lo tanto, la cámara de tratamiento con fundente se hace funcionar generalmente bajo presiones negativas, para impedir fugas del gas tóxico a la atmósfera. Esto, en cambio, facilita la entrada, en la cámara, del aire y la humedad de la atmósfera circundante, que se ponen entonces en contacto con el metal fundido. Como consecuencia, el metal puede volver a contaminarse con hidrógeno y oxígeno durante y después de la operación de tratamiento con fundente.

414721



5 Uno de los problemas más graves producidos por el tratamiento con cloro como fundente se refiere a los productos de hidrólisis del cloruro de aluminio. En presencia de humedad, el cloruro de aluminio forma humos de óxido de aluminio y ácido clorhídrico, considerados ambos como serios contaminantes del aire. Además, la presencia del ácido clorhídrico agrava aún más los problemas de corrosión originados por el cloro. Como el coste de eliminación de estos compuestos, por medio de equipos de limpieza de gas, es relativamente elevado, existe la urgente necesidad, en el estado actual de la técnica del ramo, de sustituir el cloro como agente fundente para las aleaciones de aluminio.

10

15

En un esfuerzo para evitar los problemas originados por el uso del cloro como fundente, se ha sugerido el empleo de gases inertes, tales como el nitrógeno y el argón, para el tratamiento con fundentes del aluminio y sus aleaciones. Ahora bien, los ensayos comparativos realizados con estos gases inertes en condiciones similares a las empleadas para el tratamiento con cloro como fundente han puesto de manifiesto que los gases inertes eran inferiores al cloro en su aptitud como fundentes, y además vienen cau-

20

25

5.5.73

414721



sando dificultades operacionales. Entre los problemas con que se tropieza al utilizar gases inertes se vienen incluyendo el de ser menos eficaz el grado de eliminación del hidrógeno, el de producirse fuerte proyección o salpicaduras del metal con caudales de gas para los cuales no se producían salpicaduras con el cloro, el de la deficiente eliminación de impurezas no metálicas y el de producirse un apreciable aumento en el contenido metálico de la espuma.

10                   Se ha sugerido el uso de un medio poroso para la introducción del gas inerte en el metal, en lugar de los tubos usuales de tratamiento con fundente. Esta sugerencia tendía aparentemente a mejorar la técnica de inyección de gas y, de hecho, contribuía en algunos casos a una mejor utilización del gas inerte en la eliminación del hidrógeno. Sin embargo, esta técnica no ha logrado una amplia aceptación por parte de la industria del aluminio, debido al hecho de que sólo con caudales de paso de gas relativamente bajos pueden los medios porosos dispersar eficazmente el gas en burbujas gaseosas marcadas y bien definidas en el aluminio en fusión, y porque, con los caudales de gas empleados en la práctica, el grado de eliminación de las impurezas no metálicas viene siendo insatisfactorio. Así, los gases inertes

5.5.73

414721

12



introducidos a través de materiales porosos se usan principalmente para desgasificar las aleaciones de aluminio en condiciones especiales de instalaciones en las cuales la economía y el sistema normal de producción justifiquen una velocidad de tratamiento de metal relativamente lenta.

El punto de vista que hoy prevalece en la industria del aluminio derivado de la tentativa de uso de los gases inertes, es el de que si bien el nivel de hidrógeno disuelto puede controlarse satisfactoriamente en algunas aleaciones de aluminio, estos gases no pueden eliminar con éxito las impurezas no metálicas del metal, y dan origen a una fuerte carga metálica de la espuma. Esta conclusión ha conducido al desarrollo de complicados y costosos métodos de tratamiento con fundente, que combinan la introducción de un gas inerte por debajo de la superficie con la filtración del metal en estado de fusión, o bien, como alternativa, al de métodos de tratamiento con fundente menos rebuscados, en los que se usan diversas mezclas de gases que contienen cantidades apreciables de cloro, hasta el punto de que los efectos secundarios del tratamiento con cloro como fundente, a saber, la emisión de gases y humos corrosivos y perjudiciales, solamente son aminorados, pero no eliminados por la

5.5.73

414721

12



sustitución parcial del cloro, o por la simple dilu-  
ción del gas efluente. Así, pues, el empleo de mez-  
clas de cloro y nitrógeno y otras mezclas gaseosas  
que contengan cantidades apreciables de cloro no re-  
5 presentan soluciones a largo plazo para el problema  
de la contaminación producida por la industria del  
aluminio.

Por todo ello, es objeto de la presen-  
te invención un sistema efectivo para refinar aluminio  
10 mediante eliminación del hidrógeno y otras impurezas  
no metálicas del mismo sin originar la emisión de sub-  
productos gaseosos corrosivos ni tóxicos.

El objeto indicado, y otros que se irán  
desprendiendo para las personas versadas en la mate-  
ria, se consiguen por medio de la presente invención,  
15 uno de cuyos aspectos comprende: un dispositivo ca-  
paz de inyectar un gas en forma de pequeñas burbujas  
discretas, por debajo de la superficie, en una masa  
de metal en estado de fusión contenida en un recinto,  
20 dispositivo que comprende, en combinación:

1) un eje capaz de girar acoplado  
por su extremo superior a unos medios propulsores o  
de accionamiento, y sujeto fijamente por su extremo  
inferior a un rotor dotado de paletas;

25 2) un manguito estacionario que ro-

5.5.73





- 2) un recipiente aislado provisto de medios de entrada y de salida para el paso continuo de metal en estado de fusión a través de dicho recipiente; unos medios para la descarga de gas de dicho recipiente; y
- 5 3) una cubierta de recipiente que cierra herméticamente dicho recipiente impidiendo la infusión de aire y humedad al interior de dicho recipiente, lo que permite hacer funcionar a dicho recipiente bajo una presión positiva, y la cual tiene una abertura por la
- 10 que se introduce dicho dispositivo de inyección de gas, de manera herméticamente cerrada.

El tercer aspecto de la presente invención es un procedimiento para eliminar el hidrógeno disuelto y las impurezas no metálicas del aluminio en estado de fusión, antes de la colada, procedimiento que comprende las etapas de:

15

- 1) introducir el aluminio en estado de fusión en una zona de refinación;
- 2) mantener sobre la superficie del metal en estado de fusión una atmósfera protectora, a una presión positiva respecto a la presión ambiente, impidiendo con ello la infusión de aire y humedad al interior de dicha zona y el contacto del metal en estado de fusión con ella;
- 25 3) introducir un gas inerte, en forma

5.5.73

414721



de burbujas discretas, en el metal en estado de fusión y por debajo de la superficie de la masa fundida;

5                   4) agitar el metal en estado de fusión en la zona de refinación hasta crear en el metal en estado de fusión un diseño de circulación relacionado con los puntos de introducción de las burbujas de gas en la masa fundida de tal modo que las burbujas de gas introducidas en la masa fundida se  
10                   transporten esencialmente en sentido radial hacia fuera respecto a los citados puntos de introducción de las burbujas, prolongándose de ese modo el tiempo de residencia de las burbujas de gas en la masa fundida y haciendo que las burbujas de gas se pongan en  
15                   íntimo contacto con esencialmente la totalidad de la masa de aluminio en estado de fusión contenida en dicha zona de refinación;

20                   5) retirar el gas inerte gastado que contenga hidrógeno liberado por el metal, al propio tiempo que se recogen y separan las demás impurezas no metálicas en una capa de espuma o residuos flotantes en la superficie del aluminio en estado de fusión;  
y

25                   6) retirar de dicha zona de refinación el aluminio fundido refinado.

5.5.73

3-4-73  
414721



Con el término "gas inerte", tal como aquí se utiliza, se quieren dar a entender como incluidos los gases que sean inertes para con el aluminio en estado de fusión. A este propósito se prefieren el argón y el nitrógeno o las mezclas de los mismos, aún cuando también resultan adecuados para la presente invención los gases inertes de la Tabla Periódica de los elementos como, por ejemplo, el helio, criptón, xenón o mezclas de cualquiera de ellos.

El término "aluminio" utilizado en toda la Memoria y en las reivindicaciones se emplea con la intención de incluir el aluminio metálico puro y también las aleaciones de aluminio.

En los dibujos adjuntos:

- la figura 1 es una vista en perspectiva de una forma preferida del dispositivo de inyección de gas de la presente invención;

- la figura 2 es una vista en sección recta del dispositivo representado en la fig. 1;

- la figura 3 es un corte esquemático en sección recta que ilustra un sistema preferido para refinar una corriente de metal en un procedimiento continuo con arreglo a la presente invención; y

- las figuras 4 y 5 son unas vistas en sección recta y en planta por la parte superior,

5.5.73

414721

12



respectivamente, de otra forma preferida de realización de un aparato adecuado para refinar metal fundido con arreglo a la presente invención.

El dispositivo de inyección de gas del  
5 presente invento se caracteriza por su aptitud para  
inyectar un gas, en forma de burbujas discretas de  
gas y con elevados caudales de paso, en un metal en  
estado de fusión; y para lograr un alto grado de dis-  
persión de gas por toda la masa fundida. El disposi-  
10 tivo, en funcionamiento, induce en el metal unos di-  
seños de distribución de flujo o circulación en las  
proximidades del dispositivo, de tal modo que las bur-  
bujas de gas que se forman son transportadas a lo largo  
de un vector de flujo o circulación resultante que va  
15 radialmente hacia fuera, con una componente descenden-  
te o hacia abajo respecto al eje vertical del disposi-  
tivo de inyección. Estos diseños de circulación tie-  
nen varios efectos ventajosos. En primer lugar, se  
obtiene una agitación esencialmente vertical de la  
20 totalidad del cuerpo o de la masa en estado de fusión,  
en virtud de la cual una circulación dirigida hacia  
abajo a lo largo del dispositivo, en combinación con  
las paletas rotatorias, produce la subdivisión del  
gas en pequeñas burbujas de gas discretas o desunidas.  
25 En segundo lugar, el rápido transporte de las burbujas

5.5.73



de gas que salen del punto de introducción al interior de la masa fundida impide la unión o coalescencia de las burbujas en la zona en que la concentración de burbujas de gas es máxima. En tercer lugar, el tiempo de residencia del gas de las burbujas de gas bien dispersadas en la masa fundida se prolonga, porque las burbujas de gas no suben a la superficie, inmediatamente de formadas, bajo el influjo de la gravedad.

Otro factor que contribuye a llevar al máximo la subdivisión del gas en pequeñas burbujas y, por tanto, conduce a obtener una gran área interfacial de metal con gas, es el precalentamiento del gas antes de entrar éste en la masa fundida. Este precalentamiento viene proporcionado en la presente invención por la acción de conducir el gas a través de un pasaje que corre a todo lo largo del dispositivo, que está sumergido en el metal caliente en estado de fusión. Así, el gas inicialmente frío se precalienta por contacto con las paredes calientes, conductoras del calor, del pasaje de gas, con lo cual este gas se expande antes de ser subdividido en burbujas de gas. Por consiguiente, aumenta sustancialmente el número de burbujas generadas a partir de un volumen dado de gas, y se impide esencialmente

414721



el desarrollo térmico de las pequeñas burbujas en la masa fundida.

Utilizado para inyectar gas inerte en aluminio en estado de fusión, el dispositivo de inyección del presente invento produce una mejora sorprendente en el rendimiento de la operación de refinación. Además de poderse desgasificar el metal con un elevado rendimiento de paso o de producción, la vigorosa acción de agitación producida por el dispositivo, combinada con la gran área de contacto de gas con metal, de las burbujas de gas bien distribuidas, aseguran una eficaz eliminación de las impurezas sólidas subdivididas en partículas en suspensión en la masa fundidas, acción importante que se echa de menos en la técnica ya conocida de la refinación de metales ligeros con gases inertes. Como consecuencia, con el procedimiento de la invención se puede refinar aluminio con un rendimiento comparable al logrado con el cloro, eliminándose al propio tiempo los problemas inherentes al empleo del cloro como fundente.

Como se ilustra en las figs. 1 y 2, el dispositivo de inyección de gas consta de un rotor 1 equipado con unas paletas verticales 2 y que gira movido por un motor, tal como un motor neumático o eléctrico (no representado), por medio del eje 3. El eje 3,

5.5.73

3.6.73



414721

que no entra en contacto con la masa de metal fundi  
do durante el funcionamiento normal, puede estar he  
cho de acero, en tanto que el resto del equipo está  
de preferencia construido de un material refractario,  
5 tal como el grafito o el carburo de silicio obteni-  
bles en el mercado, materiales que son inertes para  
con el aluminio y sus aleaciones a las temperaturas  
de trabajo que aquí se tienen. El eje 3 está prote  
gido del metal en estado de fusión por medio de un  
10 manguito 4, sólidamente fijado al estator 5. Las  
superficies interiores a tope 6 y 7, respectivamen-  
te, del manguito 4 y del estator 5, y las superfi-  
cies exteriores a tope 8 y 9, respectivamente, del  
eje 3 y del rotor 1, forman un pasaje anular y axil  
15 10 para el gas a inyectar.

En el estator 5 hay una pluralidad  
de canales verticales 11 practicados por mecaniza-  
ción. El estator 5 y el rotor 1 combinados, en fun  
cionamiento, inducen un diseño de circulación supe-  
rior e inferior de metal en estado de fusión en tor  
20 no al dispositivo de inyección, según lo indicado  
en general por las flechas 13 y 12, respectivamente.  
Concretamente, el diseño de circulación superior 13  
tiene un vector principal de velocidad que se dirige  
25 esencialmente hacia abajo, esto es, que es coaxil

5.5.73

414721

12 M



con el eje de rotación del rotor 1, obligando de ese modo al metal en estado de fusión a pasar por los canales 11 del estator 5; el diseño inferior de circulación, más localizado, indicado por las flechas 12, se desarrolla por debajo del rotor 1 y se dirige esencialmente hacia arriba y perpendicular al eje de rotación del rotor 1. El flujo de circulación resultante de estas componentes es el señalado con las flechas 14, que indican que el metal en estado de fusión es descargado a la fuerza por las paletas en rotación 2, radialmente y hacia abajo respecto del rotor 1. El diseño de circulación resultante ocasiona una dispersión de gas uniforme y bien distribuida y una completa agitación del metal derretido dentro del recipiente de tratamiento.

En el pasaje anular 10 se introduce un gas inerte (indicado por la flecha 15), tal como el argón o el nitrógeno, con un caudal de paso y una presión prefijados. El gas llena la bolsa 16 de forma de campana, que es una prolongación del pasaje 10 que rodea al cuello 17 del rotor 1. Como el gas se suministra a una presión superior a la que predomina en el metal en estado de fusión a una altura como la indicada por la flecha 18, la bolsa de gas 16 impide que el metal en estado de fusión retroceda por el

5.5.73

34676

414721

12



pasaje de gas y se ponga en contacto con el eje metá  
 lico 3 del inyector de gas. El cuello 17 rodea al eje  
 3 y está construido de un material resistente al alu-  
 minio en estado de fusión, a fin de proteger al eje 3  
 5 del ataque por parte del aluminio en estado de fusión.  
 Como se indica en la fig. 2, el par motor del eje 3  
 es transmitido al rotor 1 por medio de una pieza trans-  
 versal 21 con aletas, roscada en el eje 3. La pieza  
 transversal 21 se coloca durante el montaje en la ca-  
 10 vidad 23 del rotor 1, teniendo la cavidad 23 una for-  
 ma correspondiente a la de la pieza transversal 21.  
 A continuación, se cierra la cavidad 23 atornillando  
 para ello y pegando el cuello 17 en la rosca 24 del  
 rotor 1.

15 La introducción del gas inerte 15 en  
 el pasaje anular 10 no tiene por qué ser necesariamen-  
 te el único medio de suministrar el gas a inyectar.  
 Una variante de realización del invento puede incluir  
 un eje hueco, en el que haya un pasaje 19 que se ex-  
 20 tienda recorriendo el eje 3 en sentido axial, provis-  
 to de una pluralidad de taladros 20 que sirvan de co-  
 municación con el pasaje 10 y la bolsa de gas 16.  
 Así, el gas inerte (indicado por las flechas 15 y 25),  
 puede suministrarse a través del pasaje 10 ó del pa-  
 25 saje 19, ó de ambos.

5.5.73

414721



Es importante que el gas frío (indicado por las flechas 15 y 25) que entra en el inyector sea precalentado durante su recorrido por el pasaje 10 o por el pasaje 19, y por la bolsa de gas 16, mediante contacto con el manguito 4 y el eje 3, que están esencialmente a la temperatura de la masa fundida. El gas precalentado se ve obligado a pasar entre las paletas del rotor 1, donde se descompone en pequeñas burbujas discretas al chocar con las paletas 2 y con el flujo de circulación de metal que corre por entre éstas. La circulación forzada del metal en torno al dispositivo inyector dispersa rápidamente las burbujas de gas, al formarse éstas, en dirección que corre esencialmente a lo largo del vector principal de velocidad del flujo de circulación, según lo indicado por las flechas 14. La trayectoria inicial de las burbujas de gas sigue la dirección de las flechas 14, hasta que la fuerza de flotación predomina y hace que las burbujas de gas suban hasta la superficie de la masa fundida.

Entre los efectos beneficiosos del diseño de circulación forzada del metal en torno al dispositivo de inyección se incluyen los siguientes:

- 1) la obtención de un mecanismo eficaz para la formación de pequeñas burbujas de gas; 2) la prevención

5.5.73

3.6.73

414721

12



de la coalescencia de las burbujas, por dispersarse las pequeñas burbujas de gas casi simultáneamente con su formación; 3) la obtención de una eficaz circulación del metal; y 4) la prolongación del tiempo de residencia de las burbujas de gas en la masa fundida, más allá del tiempo en que permanecerían en esta última si fuese la de la gravedad la única fuerza que actuase sobre ellas.

El procedimiento de la invención puede llevarse a cabo en una operación discontinua o por lotes, o bien en una operación continua mediante el empleo de un sistema de refinación o afino tal como el ilustrado en la fig. 3. El sistema de refinación comprende una envolvente 31 de hierro colado, mantenida a su temperatura de trabajo por unos medios de caldeo usuales que pueden estar colocados en la cavidad 32, y aisladas contra las pérdidas de calor por una envolvente exterior 33 de material refractario. La superficie interior de la envolvente 31 está forrada con grafito 34 o con otros materiales refractarios inertes para con el aluminio en estado de fusión y las impurezas no metálicas que pueda haber presentes. La envolvente 31 está provista de una cubierta 36 que descansa sobre las pestañas 39.

Entre las pestañas 39 y la cubierta 36 que puede estar

5.5.73

414721

12 MAY 1954



atornillada o sujeta a aquellas de otra manera, se dispone un cierre hermético a los gases que permita al sistema funcionar sin que haya filtración de aire. Hay un dispositivo 35 de inyección de gas, tal como  
5 el ilustrado en la figura 1, sujeto a la cubierta 36 y sostenido por ésta.

El inyector de gas 35 inyecta en el metal fundido 38 un gas inerte (indicado por la flecha 37). El gas, después de pasar a través del metal en estado de fusión, se recoge en el espacio superior de cabeza o colector 43 formando como una "manta" o cobertura de gas inerte sobre la masa fundida, y sale por la lumbrera 40 de entrada de metal en contracorriente con la de circulación de metal en  
10 trante. El área libre de sección recta de paso de gas y, por tanto, la presión en el sistema, se regula por medio del registro 49 situado en la lumbrera 40. El gas inerte ligeramente comprimido en el espacio de colector 43 impide la infiltración de aire al  
15 interior del recipiente.

La entrada del metal 38 en el sistema de refinación se hace por medio de la lumbrera 40 de entrada de metal. En el interior del recipiente, el metal 38 es atravesado por las pequeñas burbujas de  
25 gas inerte, uniformemente distribuidas, y agitado por

5.5.73

414721



la acción proporcionada por el inyector de gas 35 rotatorio. El hidrógeno disuelto en la masa fundida se difunde pasando a las burbujas de gas inerte y es arrastrado por éstas al elevarse a través de la masa fundida, hasta la superficie 42 de la masa fundida. La gran área superficial de las burbujas de gas finamente dispersas sirve también de eficaz medio de transporte para las partículas de óxido de suspensión, hasta la capa de espuma o residuos flotantes 48 que hay en la superficie 42 de la masa fundida, de la cual pueden retirarse por desespumado. El diseño principal de circulación general desarrollado en el metal fundido es el indicado esquemáticamente por las flechas 50. Es este diseño de circulación de metal inducido en el recipiente el que continúa poniendo metal de nueva aportación en contacto con las burbujas de gas que se están descargando desde el espacio comprendido entre el rotor y el estator del dispositivo de inyección.

20 El metal refinado en estado de fusión abandona al recipiente de refinación por la lumbrera de salida o descarga 44 situada por debajo de la superficie 42 del metal en la pared 45. El metal recorre a continuación la cavidad 46, y sale del sistema por el canal de salida 47 pasando a un puesto

5.5.73

414721

12



o estación de colada. La cavidad 46 puede contener un medio filtrante usual tal como, por ejemplo, grafito o partículas refractarias sólidas.

5 La espumadura de la superficie 42 del metal puede ejecutarse deteniendo el flujo de entrada de metal al recipiente de refinación y manteniendo al propio tiempo el flujo de paso de gas inerte 37 por el inyector de gas 35, para así empujar la capa de espuma 48 hasta el canal de entrada 40, de donde  
10 de puede ser retirada o eliminada por medios mecánicos. Como alternativa, la superficie 42 del metal puede espumarse por medio de una herramienta de mano introducida en la envolvente 31 por el canal de entrada 40, o por una abertura (no representada) de la  
15 cubierta 36.

La operación de refinar no se limita a ser realizada en una sola zona de refinación como la indicada en la fig. 3; por el contrario, el recipiente puede contener una pluralidad de zonas o  
20 compartimientos individuales de refinación, a través de los cuales pasa el metal en estado de fusión recorriéndolos en serie. Las figs. 4 y 5 ilustran una disposición alternativa o variante de este género.

El recipiente de refinación 55, indicado en las figs. 4 y 5, está hecho de un material  
25

5.5.73

30476

414721

12



refractario inerte para con el aluminio en estado de fusión, y está aislado contra las pérdidas de calor, por medio de materiales aislantes de elevada temperatura. De ser necesario, el recipiente puede estar  
5 asimismo provisto de elementos eléctricos de caldeo (no representados) para compensar las pérdidas de calor. El recipiente o depósito de refinación 55 está provisto de una cubierta 56 que se fija al recipiente 55 de manera estanca a los gases, dejando sin cerrar herméticamente sólo el canal 57 de entrada de  
10 metal. Los inyectores de gas 59 y 60, que son del tipo descrito en relación con la fig. 1, y sus sistemas de accionamiento respectivos 61 y 62, están sostenidos por la cubierta 56. Los números de referencia 75 indican el gas inerte que entra en los  
15 inyectores 59 y 60 por sus respectivas lumbreras de entrada.

El recipiente de refinación 55 está destinado a ser utilizado en una operación continua: es decir, el metal en estado de fusión se introduce  
20 continuamente por el canal de entrada 57 en el recipiente 55; el metal es refinado mediante agitación continua e inyección de gas a través de los inyectores 59 y 60; y el metal refinado es retirado continuamente del recipiente por el canal de salida 58.  
25

5.5.73

414721



Un examen de la fig. 5 pone de manifiesto que el recipiente de refinación 55 está provisto de dos zonas de refinación 63 y 64 separadas por una placa defle-  
5 63, donde es agitado y atravesado por un gas inerte  
proporcionado por el inyector de gas 59. El metal sale de la zona de refinación 63, en parte desbordándose por encima de la parte alta de la placa defle-  
65, y en parte mediante una corriente de fondo que  
10 atraviesa las lumbreras 66 practicadas en la placa  
defle- 65. La refinación del metal se prosigue  
en la segunda zona de refinación 64, donde éste es  
similarmente agitado y atravesado por el gas inerte  
proporcionado por el inyector de gas 60. El metal  
15 sale de la zona de refinación 64 por desbordamiento  
por encima de la placa defle- inferior o de fon-  
do 67, y entra en el tubo de salida 68. El tubo de  
salida 68 está hecho de un material refractario, tal  
como grafito o carburo de silicio, y sirve para condu-  
20 cir el metal refinado en estado de fusión desde la  
zona de refinación 64 a la cavidad de salida 69, des-  
de donde abandona el recipiente de refinación por el  
canal de salida 58.

El gas de refinación introducido en  
25 el sistema atraviesa y recorre el metal en estado de

2.5.73

414721

12



de fusión, se recoge en el espacio de colector 74 que hay encima del metal y sale del recipiente de refinación 55 por el canal de entrada 57 que hay encima, circulando en contracorriente con respecto al metal derretido entrante. La presión en el recipiente de refinación 55 puede ajustarse por medio de un registro 73 de charnela colocado en el canal de entrada 57, por medio del cual se regula el área libre de sección recta de paso de gas en el canal de entrada 57. Así, es posible obtener, además del cierre hermético estático proporcionado por la cubierta 56, un cierre hermético dinámico de gas para el recipiente de refinación, haciendo funcionar el recipiente 55 ligeramente por encima de la presión ambiente, para impedir que entre aire en el recipiente.

El grado de refinación necesario variará, naturalmente, con el uso a que se destine el producto colado. Para las aleaciones estructurales de gran resistencia, puede ser ventajoso añadir un fundente salino durante la refinación, para favorecer la separación entre óxido y metal. De preferencia, el fundente se elige de entre el grupo que consta de haluros de metales alcalinos y alcalino-térreos. Este fundente químico puede introducirse como carga en el canal de entrada 57 cuando se inicie el paso de metal

5.5.73

414721



5 en su recorrido por el recipiente de refinación,  
o a través de una lumbrera (no representada) pre-  
vista en la cubierta 56. Además, la cavidad de sa-  
lida 72 puede estar rellena de un medio filtrante  
adecuado, que tenga de preferencia una densidad  
menor que la del aluminio o sus aleaciones en es-  
tado de fusión (tal como el coque o el grafito tri-  
turado), para asegurar la eliminación del fundente  
respecto del metal al abandonar éste el recipiente  
10 de refinación 55.

Un método alternativo, eficaz y con-  
veniente, de suministrar "in situ" un agente funden-  
te al baño, es el de añadir al gas inerte una pe-  
queña cantidad de cloro. Cuando se introduce el  
15 cloro en una aleación de aluminio en estado de fu-  
sión, que contenga magnesio, parte del cloro reac-  
ciona con el magnesio formando cloruro de magnesio,  
que es un agente fundente eficaz, y la parte res-  
tante reacciona con el aluminio formando cloruro  
20 de aluminio en estado gaseoso. Según se ha des-  
cubierto, en presencia de un gran exceso de gas  
inerte, se forma el cloruro de magnesio con prefe-  
rencia respecto al cloruro de aluminio, hasta el  
punto de que esencialmente todo el cloro suminis-  
25 trado con el gas inerte reacciona con el magnesio.

5.5.73

414721



Por lo tanto, es posible generar "in situ" un agente fundente eficaz, en las aleaciones de aluminio que contengan magnesio, mediante el recurso de introducir cloro en la masa fundida, muy diluido con un gas inerte, a través del dispositivo de inyección del presente invento. La acción de íntima mezcla del gas inyectado y el metal en estado de fusión, provocada por el dispositivo de inyección, refuerza la formación del cloruro de magnesio, impidiendo de ese modo la emisión de cloro sin reaccionar, o de cloruro de magnesio, al exterior del sistema. La concentración de cloro en el gas inerte se regula en general en el intervalo de 0 a 5 por ciento en volumen, según el contenido de magnesio de la aleación, pero en ningún caso se deja que exceda de la proporción que dé lugar a una emisión de subproductos perjudiciales al exterior del sistema.

Una clara ventaja del sistema de la presente invención es la de que puede ser ajustado fácilmente para suministrar o proveer las necesidades de gas de refinación para distintas clases de aleaciones, y la velocidad de refinación puede adaptarse a una amplia gama de variación de las velocidades de colada. La necesidad específica de gas de refinación, expresada en general como volumen de gas

5.5.73

414721



a presión y temperatura normales por unidad de peso de metal a tratar, es función de la composición de la aleación y del grado de pureza requerido en el producto acabado. El caudal de paso de metal a través del sistema de refinación viene gobernado por la velocidad de colada o moldeo requerida, esto es, por el tipo de máquinas de moldear utilizado y por el número de lingotes colados simultáneamente partiendo del metal refinado. Los ejemplos siguientes ilustran una manera conveniente mediante la cual pueden ajustarse las condiciones de trabajo en el sistema, según la particular aleación a refinar y la tasa o velocidad de refinación deseada, con arreglo al presente invento.

Inicialmente, el caudal de paso del gas de refinación por cada dispositivo de inyección de gas se calcula partiendo de la siguiente fórmula:

$$V = W \cdot C/N \quad (1)$$

en la que: V es el caudal de paso del gas de refinación por el dispositivo, en metros cúbicos normales por minuto; W es el caudal de paso de metal, o tasa (velocidad) de refinación, en kilogramos por minuto; C es la necesidad específica de gas de refinación, en metros cúbicos normales por kilogramo de metal;

5.5.73



414721

y N es el número de dispositivos de inyección de gas que hay en el sistema.

5 La necesidad específica de gas de refinación, C, se determina por experimentación, o bien, cuando se va a empezar, puede ser estimada basándose en la cantidad de cloro utilizada como fundente para tratar la particular aleación en cuestión en la práctica usual del trabajo con cloro. Por ejemplo, las aleaciones de las que se sabe que son relativamente fáciles de desgasificar, o que no tienen aplicación crítica, pueden ser refinadas con  $C = 0,31 \cdot 10^{-3}$  metros cúbicos de gas por kilogramo de metal, en tanto que las aleaciones estructurales de gran resistencia pueden requerir  $C = 2,5 \cdot 10^{-3}$  metros cúbicos normales de gas por kilogramo de metal, para satisfacer los requisitos de pureza más rigurosos del producto.

10 Después de determinado el caudal de paso de gas necesario a través del dispositivo de inyección, se ajusta la velocidad de rotación del rotor con arreglo a la fórmula siguiente:

$$R = (300 + 750.35,3V + 83r^2)/39,37a, \quad (2)$$

en la que: R es la velocidad de rotación del rotor, en rpm; V es el caudal de paso de gas por el dispositivo de inyección, calculado por la fórmula (1),

5.5.73

414721



en metros cúbicos normales por minuto;  $r$  es la razón  
o cociente de la mínima dimensión en sección recta de  
la zona de refinación en torno al rotor, respecto al  
diámetro del rotor (calculada en unidades homogéneas);  
5 por ejemplo, en el sistema de refinación ilustrado en  
la fig. 5, la dimensión mínima en sección recta de la  
zona de refinación 63 es la menor de las dos dimensio-  
nes indicadas por las flechas 70 y 71; y  $d$  es el diá-  
metro del rotor, en metros.

10 La fórmula da un número aproximado de  
revoluciones por minuto para el rotor, que asegura  
una dispersión satisfactoria del gas de refinación  
y una buena agitación del baño de metal en la mayoría  
de las condiciones de trabajo. Por la fórmula puede  
15 verse que es preciso aumentar la velocidad del rotor  
cuando aumenta el caudal de paso de gas de refinación.  
Es de notar, no obstante, que resulta posible hacer  
funcionar el dispositivo a velocidades apreciablemen-  
te menores que las predichas por esta fórmula, y que  
20 la velocidad óptima viene dictada principalmente por  
el grado de refinación deseado.

#### Ejemplo I

25 Se van a refinar en 12 minutos 745 kg.  
de una aleación seleccionada de la serie 6.000. La

5.5.73

414721

12 MAY 1963



necesidad específica de gas de refinación para la aleación es de  $0,91 \text{ dm}^3$  normales de gas por kilogramo de metal. El sistema contiene un solo dispositivo de inyección y está caracterizado por las siguientes constantes dimensionales:  $r = 4$  y  $d = 20$  cm. La velocidad o tasa de refinación  $W$  definida en la fórmula (1) es, por el cálculo,  $W = 745 \text{ kg}/12 \text{ min.} = 62,2 \text{ kg}/\text{min.}$

De la fórmula (1) sale  $V = 56,6 \text{ dm}^3$  normales por minuto. Sustituyendo en la fórmula (2) este valor, en unión de las constantes dimensionales citadas, se obtiene mediante el cálculo la velocidad de rotación necesaria de  $R = 391$  revoluciones por minuto. En la práctica se ha visto que la velocidad de 300 rpm es adecuada para refinar esta aleación particular en las condiciones descritas.

#### Ejemplo II

Se va a refinar una aleación estructural de alta resistencia seleccionada de la serie 7000 en una operación continua, esto es, mientras el metal se está trasladando a un puesto de colada en el que se moldean varios lingotes de fabricación simultáneamente partiendo de la aleación refinada, a una velocidad o tasa total de 16.800 kilogramos de metal por hora. Se determinó por experimentación la necesidad

5.5.73

12 MAY 1973

414721

específica de gas de refinación de dicha aleación,  
que resultó ser de 1,18 dm<sup>3</sup> normales por kilogramo  
de metal. El sistema contiene dos dispositivos de  
inyección, y se halla caracterizado por las constan-  
tes dimensionales siguientes:  $r = 3,2$  y  $d = 19$  cm.

Para una velocidad de refinación de  
280 kg/min., la solución de la fórmula (1) da un cau-  
dal de paso de gas de 165,8 dm<sup>3</sup> normales por minuto  
y, con arreglo a la fórmula (2), se consigue una re-  
finación satisfactoria haciendo girar los dispositi-  
vos de inyección del gas a una velocidad de 739 rpm.

La presente solicitud que correspon-  
de a la presentada en los Estados Unidos de América,  
con fecha 27 de Diciembre de 1.972, bajo el número  
211.950, se acoge a los beneficios del Artículo 51  
del vigente Estatuto sobre Propiedad Industrial.

20

#### REIVINDICACIONES

Los puntos de invención propia y nue-  
va que se presentan para que sean objeto de esta so-  
licitud de Patente de Invención en España, por VEINTE

5.5.73

30473

12



414721

años, son los que se recogen en las Reivindicaciones siguientes:

1ª.- Un aparato para refinar aluminio en estado de fusión, que comprende en combinación:

5 1) un dispositivo de inyección de gas como el expuesto en la reivindicación 1ª; 2) un recipiente aislado provisto de medios de entrada y de salida para el paso continuo de metal en estado de fusión a través de dicho recipiente; unos medios para la descarga de gas  
10 de dicho recipiente; y 3) una cubierta de recipiente que cierra herméticamente dicho recipiente impidiendo la infusión de aire y humedad al interior de dicho recipiente, lo que permite hacer funcionar a dicho recipiente bajo una presión positiva, y la cual tiene una  
15 abertura por la que se introduce dicho dispositivo de inyección de gas, de manera herméticamente cerrada.

2ª.- El aparato de la reivindicación 1ª, en el que dicho recipiente contiene una pluralidad de zonas de refinación, cada una de las cuales está  
20 provista de un dispositivo de inyección de gas como el expuesto en la reivindicación 1ª.

3ª.- Un aparato para refinar aluminio en estado de fusión.

Tal y como se ha descrito en la Memoria  
25 que antecede, representado en los dibujos que se acom-

5.5.73

*MFE*

414721

12 MAYO 1973



pañan y para los fines que se han especificado.

Esta Memoria consta de treinta y ocho  
hojas escritas a máquina por una sola cara.

5

Madrid, 12 MAYO 1973

P.A.

Alberto de Elizaburu  
Por Poder

5.5.73

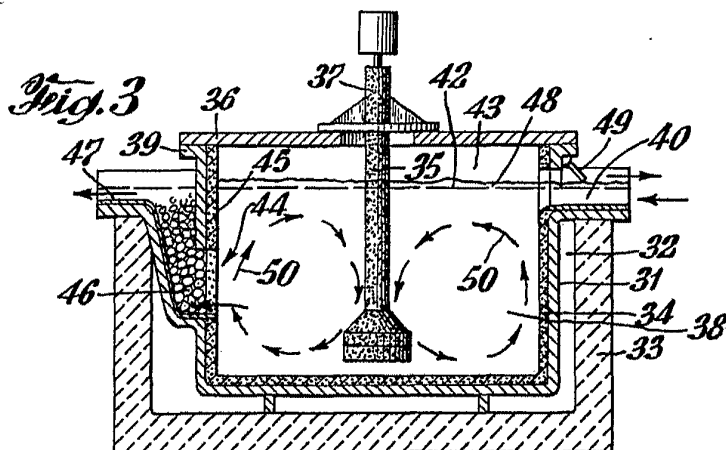
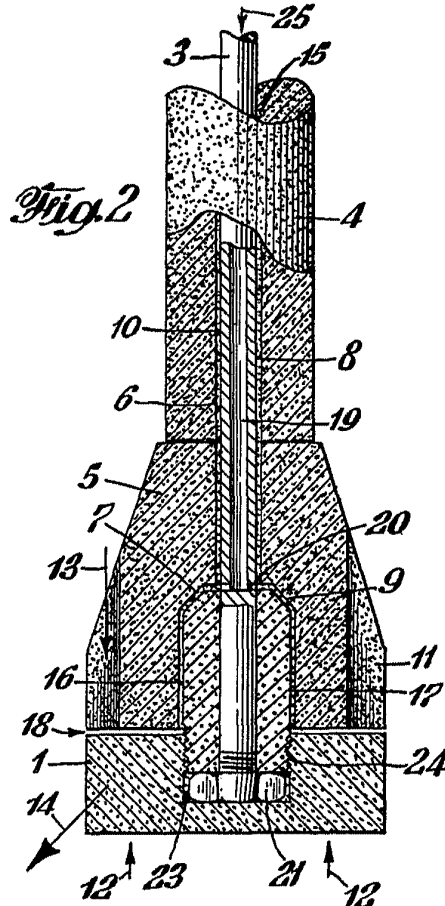
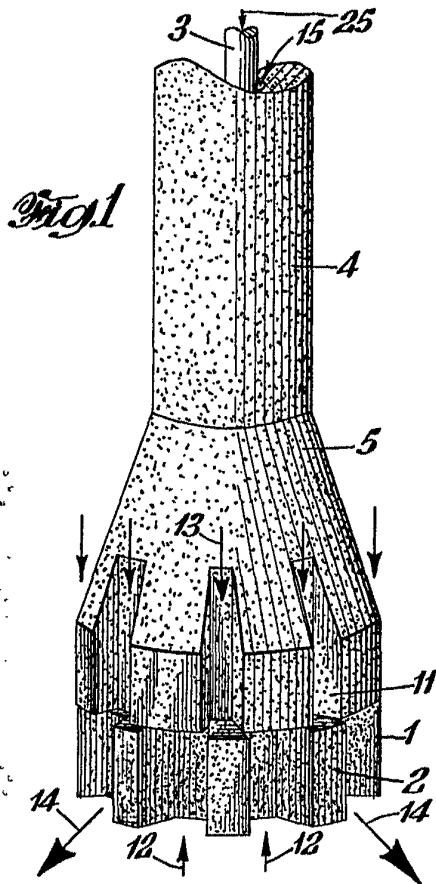
JGM/.

- 38 -

214501



414721



ALDO... & LIZGOURU  
Per Ped...

414721

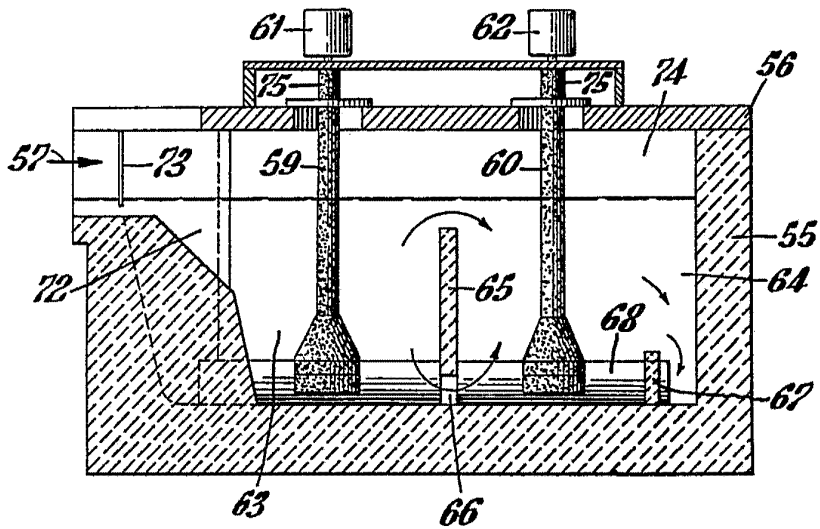


Fig. 4

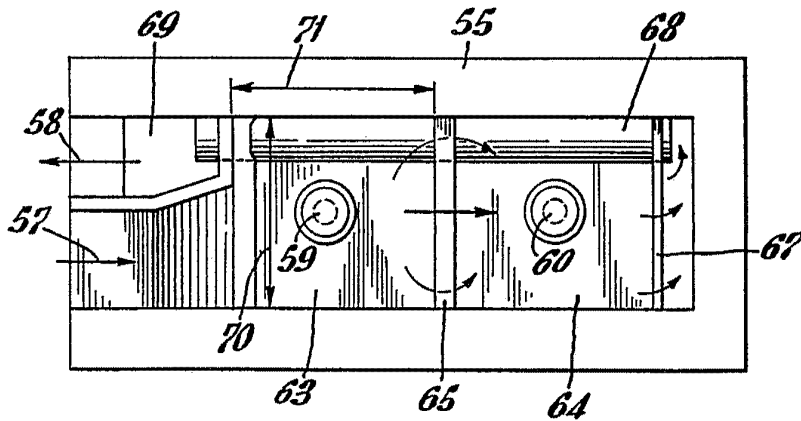


Fig. 5

Albert S. ...  
Per Patent