

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 501 740**

51 Int. Cl.:

**F27D 25/00** (2010.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.06.2011** **E 11727069 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.08.2014** **EP 2577204**

54 Título: **Método para eliminar la acumulación de depósitos en un horno**

30 Prioridad:

**07.06.2010 US 352143 P**

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

**02.10.2014**

73 Titular/es:

**PRAXAIR TECHNOLOGY, INC. (100.0%)**  
**39 Old Ridgebury Road**  
**Danbury, CT 06810, US**

72 Inventor/es:

**DENEYS, ADRIAN C.;**  
**MANLEY, STEPHEN A.;**  
**MAHONEY, WILLIAM J.;**  
**ALBRECHT, KEVIN W.;**  
**CATES, JESSE E.;**  
**ENRIQUEZ, ARSENIO C. y**  
**WRIGHT, KYLE BRENT**

74 Agente/Representante:

**DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto**

**ES 2 501 740 T3**

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

**DESCRIPCIÓN**

Método para eliminar la acumulación de depósitos en un horno

**Campo de la invención**

5 La presente invención se refiere a la eliminación de depósitos de la solera de un horno y, más particularmente, al uso de una lanza de chorro coherente sencilla y de poco peso para la fusión y eliminación de depósitos de la solera de un horno de ánodo de cobre o de mantenimiento de cobre.

**Antecedentes**

10 La producción de cobre implica típicamente un procedimiento multietapa que incluye procedimientos de concentración, fusión, conversión, refinado, colada en ánodo y refinado electrolítico. Típicamente, partiendo de un mineral que comprende uno o más minerales de sulfuro de cobre o sulfuro de cobre-hierro, tales como calcosina, calcopirita y bornita, se convierte el mineral en un concentrado que contiene habitualmente entre 25 y 35 por ciento en peso de cobre. A continuación, se convierte el concentrado con calor y oxígeno en primer lugar en una mata y a continuación en cobre negro. El refinado posterior del cobre negro en un horno de ánodo consigue la reducción posterior de impurezas de oxígeno y azufre en el cobre negro, típicamente desde niveles tan altos como 0,80% y 1,0% respectivamente, hasta niveles tan bajos como 0,05% y 0,002% respectivamente, y se lleva a cabo habitualmente en el intervalo de temperaturas de aproximadamente 1090°C (2000°F) a 1300°C (2400°F). Sin embargo, durante el proceso de refinado de ánodo, se acumulan en el horno de ánodo depósitos sólidos que tienden a afectar desfavorablemente a la capacidad del horno y en última instancia a la producción de cobre.

20 Los documentos EP 0 965 649 A1, JP 2000 161864 A, JP 7 151474 A desvelan una lanza de chorro de gas coherente pero no describen un método para eliminar depósitos sólidos del horno. El documento DATADATABASE WPI week 198335, Thomson Scientific, London AN1983-752133-& SU 969768 A (HEAVY NONFERR METAL) del 30 de octubre de 1982 (1982-10-30) desvela un método para eliminar depósitos sólidos de un horno, pero no se describe el uso de una lanza de chorro de gas coherente.

25 Los depósitos de horno están generalizados en los reactores pirometalúrgicos tanto ferrosos como no ferrosos. Los depósitos de horno incluyen depósitos de solera y depósitos de pared (o conducto) así como depósitos de la garganta de la caldera de recuperación de calor y depósitos del colector de absorción que se observan en los hornos de fusión rápida. Se han documentado depósitos de solera en reactores no ferrosos en tempranas operaciones en convertidor y más recientemente en hornos de fusión rápida no ferrosos. Se piensa que el mecanismo de la formación de depósito de solera es un fenómeno complejo que incluye factores tales como la química de las escorias, el potencial de oxígeno, así como los mecanismos de transferencia de calor y masa. Parece que la acumulación del depósito de solera está relacionada, al menos parcialmente, con los esfuerzos para prolongar la vida de la campaña de los hornos y consideraciones operativas seleccionadas de los hornos que incluyen la frecuencia de desnatado de escorias, comportamiento del tapón poroso de mezclado de inyección de gas y condiciones ocasionales alteradas corriente arriba.

35 Un ejemplo de los efectos desfavorables de los depósitos de solera se observó en las operaciones de fusión en Kennecott Utah Copper. Como resultado de la capacidad decreciente del horno, de una capacidad operativa normal de aproximadamente 600 toneladas a una capacidad operativa reducida de aproximadamente 400 toneladas, los hornos de ánodo de cobre usados en Kennecott Utah Copper llegaron a estar llenos después de solamente dos sangrías de cobre negro del convertidor rápido y este tiempo más corto de llenado del horno redujo el tiempo disponible para la fusión de escorias. Además, la disminución de la capacidad del horno aumentó el número de ciclos de refinado para cumplir el volumen de salida deseado de producción de cobre. En suma, la productividad del ánodo de fundición en la fábrica de Kennecott se había reducido hasta aproximadamente 20% debido a los depósitos de solera.

45 Los esfuerzos anteriores para eliminar la acumulación de depósitos de solera se han centrado en fundentes y en el uso de combustibles sólidos que ayuden a que se funda la acumulación. Por ejemplo, se ha usado ferrosilicio como combustible en tentativas para fundir la acumulación del depósito de solera. En hornos básicos de oxígeno para fabricación de acero se eliminan típicamente los depósitos de solera cargando el horno con ferrosilicio y quemando el ferrosilicio con oxígeno suministrado a través de la lanza principal de oxígeno. Un esfuerzo alternativo para mitigar o eliminar la acumulación del depósito de solera en el horno es el uso de fundente de sosa, con o sin adición de cal y virutas de aluminio (esto es reacción de termita). Sin embargo, los inconvenientes asociados a combustibles tales como ferrosilicio y fundente de sosa, que incluyen control de temperatura y generación localizada de calor pueden tener efectos desfavorables sobre la vida de la campaña de los hornos de ánodo. En particular, y dado que la geometría del horno de ánodo es típicamente no simétrica con respecto a la fuente de oxígeno, hay preocupación respecto al control de temperatura y potencial deterioro del refractario por exceso de generación localizada de calor cuando se usan combustibles tales como ferrosilicio y fundente de sosa.

55 Otra técnica para eliminar la acumulación del depósito de solera que se ha usado previamente es la adición de energía significativa de un quemador de oxi-combustible en la vecindad de la acumulación del depósito para fundir parcialmente el depósito y ablandarlo. Aun cuando se ha demostrado que esta solución es eficaz, hay graves

preocupaciones respecto a los efectos del quemador de oxi-combustible sobre la integridad del material refractario, así como preocupaciones medioambientales asociadas al aumento de emisiones asociadas al quemador de oxi-combustible.

5 También se ha sugerido la tecnología tradicional de chorro coherente para abordar el problema de los depósitos de solera. Un sistema de chorro coherente de este tipo es el sistema Praxair's CoJet® que proporciona tanto energía química como capacidades de inyección de gases a procesos metalúrgicos tales como el proceso de refinado de ánodo de cobre. En resumen, el proceso de chorro coherente crea una cortina protectora de llama alrededor de un chorro de gas de alta velocidad. La cortina protectora de llama reduce el arrastre de gas de ambiente al chorro de alta velocidad manteniendo con ello el perfil de velocidad del chorro a distancias más largas, en comparación con las  
10 de un chorro de gas sin cortina protectora. Se ha puesto de manifiesto que la tecnología y el sistema de chorro coherente son potencialmente útiles en el refinado de ánodo de cobre como fuente de chorros de gas de oxidación y reducción de soplado superior para refinado al fuego así como una fuente de energía para tener mayores velocidades de fusión de escorias. Se han confirmado velocidades de fusión de escorias de aproximadamente 9 toneladas/h usando la tecnología y los sistemas tradicionales de chorro coherente en un horno de ánodo de cobre  
15 en Konnect Utah Copper, con un máximo de 203 toneladas de escoria fundida durante un período de fusión.

Sin embargo, se necesita resolver algunas cuestiones operativas e inconvenientes del uso de sistemas existentes o tradicionales de chorro coherente si se quiere que el uso de la tecnología de chorro coherente para eliminación de depósitos de solera llegue a ser una práctica comercial. Estas cuestiones operativas incluyen: que la apertura de la acometida del chorro coherente requería a menudo aplicar martillos neumáticos y lanzas de arco mag; la conexión  
20 de las mangueras de suministro de gas al ensamblaje de la lanza de chorro coherente requería mucho trabajo de puestas en práctica y realizaciones de controles; el taponado de la acometida de chorro coherente era difícil y podría dar como resultado fugas de cobre fundido; y el tamaño y peso de los dispositivos del ensamblaje de la lanza de chorro coherente requerían típicamente al menos dos personas para instalarlos y retirarlos.

Como se explica con más detalle en las secciones que siguen, el sistema y el método que se desvelan en la presente memoria para eliminación de depósitos usando un diseño más sencillo de ensamblaje de lanza de chorro coherente han resuelto muchas de estas dificultades.  
25

### Resumen de la invención

En un aspecto, la presente invención se puede caracterizar como un método para eliminar depósitos sólidos de un horno de ánodo que comprende las etapas de: (a) conectar o disponer al menos un ensamblaje de lanza de chorro coherente en el horno, siendo capaz dicho ensamblaje de lanza de chorro coherente de generar una corriente de gas de oxígeno-combustible coherente exenta de gas de nitrógeno, comprendiendo la corriente de gas de oxígeno-combustible coherente una corriente principal de gas de oxígeno y una envoltura circundante de la llama de gas de oxígeno y combustible; (b) dirigir la corriente de gas de oxígeno-combustible coherente de dicho ensamblaje de lanza de chorro coherente hacia los depósitos sólidos a una velocidad de combustión entre aproximadamente 1172  
30 kw y aproximadamente 4395 kw (4 millones de BTU/hora a aproximadamente 15 millones de BTU/hora) y teniendo la corriente principal de gas de oxígeno una velocidad axial entre aproximadamente 23 y aproximadamente 152 metros por segundo (75 a aproximadamente 500 pies por segundo); y (c) desconectar o retirar el ensamblaje de lanza de chorro coherente del horno de ánodo; y (d) hacer que gire el horno de ánodo para eliminar los depósitos fundidos del horno de ánodo por la vía de la acometida. La longitud de la llama de la corriente de gas de oxígeno-combustible coherente es suficiente para fundir los depósitos sólidos dentro del horno pero no incide en la pared refractaria.  
40

En otro aspecto, la presente invención se puede caracterizar como un sistema para la eliminación de depósitos sólidos de un horno de ánodo que comprende: un horno que tiene una porción de fondo donde tienden a acumularse depósitos sólidos y una porción superior, teniendo el horno una pared refractaria y conteniendo una o más acometidas que se pueden cerrar en la porción superior del horno; al menos un ensamblaje de lanza de chorro coherente está montado en la porción superior del horno y dirigido a los depósitos sólidos en la porción de fondo del horno, el ensamblaje de lanza de chorro coherente está conectado a fuentes de gas que contiene oxígeno, gas inerte, y combustible; y un sistema de control de gas que está acoplado operativamente al ensamblaje de lanza de chorro coherente y a dichas fuentes de gas que contiene oxígeno, gas inerte, y combustible. El sistema de control de gas se adapta para que controle el suministro de dichos gases al ensamblaje de lanza de chorro coherente para producir una corriente de gas de oxígeno-combustible coherente que comprende una corriente principal de gas que contiene oxígeno y una envoltura circundante de la llama con una velocidad de combustión entre aproximadamente 1172 kw y aproximadamente 4395 kw (4 millones de BTU/hora a aproximadamente 15 millones de BTU/hora) y teniendo la corriente principal de gas de oxígeno una velocidad axial entre aproximadamente 23 y aproximadamente  
50 152 metros por segundo (75 a aproximadamente 500 pies por segundo); y en donde la longitud de la llama de la corriente de gas de oxígeno-combustible coherente es suficiente para fundir los depósitos sólidos en la porción de fondo del horno sin incidir sobre la pared refractaria.  
55

### Breve descripción de los dibujos

Los aspectos, rasgos y ventajas anteriores y otras de la presente invención serán más evidentes con la siguiente

descripción más detallada de la misma, presentada en conjunción con los siguientes dibujos, en donde:

La Figura 1 es una ilustración en vista de corte trasversal de un horno de ánodo de cobre que representa la acumulación del depósito sólido;

5 Las Figuras 2A y 2B son imágenes amplificadas de muestras pulidas de depósitos que identifican las diversas fases de los depósitos;

La Figura 3 es la ilustración esquemática de una porción del proceso de refinado de ánodo de cobre, que incluye hornos de ánodo, usados en la fábrica de Kennecott Utah Copper;

10 La Figura 4A es una vista isométrica de un ensamblaje de lanza de chorro coherente de la técnica anterior dispuesta dentro de un alojamiento refrigerado con agua, mientras que la Figura 4B es un dibujo del ensamblaje de lanza de chorro coherente más sencillo, más pequeño y de menos peso de la presente invención;

La Figura 5A representa un ensamblaje de lanza de chorro coherente de la técnica anterior instalado y en funcionamiento en un horno de ánodo de cobre, mientras que la Figura 5B representa un ensamblaje de lanza de chorro coherente de la presente instalado y en funcionamiento en un horno de ánodo de cobre;

15 La Figura 6 es una vista en sección transversal del extremo de un ensamblaje de lanza de chorro coherente en conformidad con una realización de esta invención;

La Figura 7 es una vista longitudinal en sección transversal del ensamblaje de lanza de chorro coherente de la Figura 6;

20 La Figura 8 es un gráfico que muestra el volumen de salida de horno de ánodo medida en toneladas de cobre en función del tiempo, entre septiembre de 2008 y noviembre de 2009, para un primer horno de ánodo de cobre en la fábrica de Kennecott Utah Copper; y

La Figura 9 es un gráfico que muestra el volumen de salida de horno de ánodo medida en toneladas de cobre en función del tiempo, entre septiembre de 2008 y noviembre de 2009, para un segundo horno de ánodo de cobre en la fábrica de Kennecott Utah Copper (gráfico).

**Descripción detallada**

25 Según se usa en este documento, la expresión "corriente de gas coherente" o "chorro coherente" quiere dar a entender una corriente de gas que tiene poco o nulo aumento en el diámetro del chorro en la dirección radial y que retiene su velocidad axial sobre una distancia significativa desde la cara de la boquilla del chorro. Los chorros de este tipo se forman mediante eyección del chorro de gas a través de una boquilla convergente/divergente y circundando la misma con una envoltura de llama que se extiende al menos sobre una porción de la longitud del  
30 chorro, y preferiblemente sobre la longitud total del chorro. De modo similar, la expresión "envoltura de llama" quiere dar a entender un flujo en combustión que se forma mediante la combustión de un combustible y un oxidante que se extiende a lo largo de una o más corrientes de gas.

35 En sentido amplio, el sistema y el método que se desvelan en la presente memoria se refieren en general a la aplicación de tecnología de chorro coherente para la eliminación de depósitos sólidos en un horno durante el refinado de metales no ferrosos. Aun cuando las realizaciones preferidas se refieren a los depósitos creados durante el refinado de ánodo de cobre fundido, ciertos aspectos y rasgos de los presentes sistemas y métodos son igualmente aplicables a la fusión y refinado de otros metales no ferrosos tales como níquel, plomo, cinc y estaño. Se entiende que puede que haya diversas cantidades de metal ferroso en la fundición de metal no ferroso que se ha refinado utilizando las técnicas que se desvelan en este documento. El sistema y el método desvelados son  
40 particularmente útiles para eliminación de depósitos sólidos en el horno de ánodo de cobre.

45 Según se ha explicado anteriormente, la tecnología de chorro coherente implica inyectar gases en forma de chorros de gas coherentes a altas velocidades para lograr beneficios de proceso superiores en comparación con las técnicas convencionales de inyección de gases en refinado pirometalúrgico de metales no ferrosos. Unas boquillas de inyección de gases especialmente diseñadas mantienen coherente el chorro de la corriente de gas. Coherente quiere dar a entender que conserva el diámetro y la velocidad del chorro. El chorro coherente proporciona cantidades precisas de corriente de gas hacia los depósitos sólidos con momento más alto, mejor incidencia, menor divergencia o decaimiento, menos arrastre de gases de ambiente del horno. De manera más importante, la aplicación del chorro coherente para fundir los depósitos sólidos se hace sin comprometer gravemente la integridad del material refractario ni acortar desfavorablemente la vida de la campaña del horno.

50 Volviendo ahora a la Figura 1, se muestra una ilustración en vista de corte trasversal de un horno de ánodo de cobre 10 del tipo instalado en fábrica de Kennecott Utah Copper. La inspección visual del interior 11 del horno de ánodo de cobre 10 mostró que la acumulación del depósito de solera 12 es típicamente la más grande en la parte próxima al extremo de alimentación de cobre 14 del horno 10. También hay acumulación de depósito 12 en la parte próxima al extremo del quemador 16 del horno 10 mientras que la acumulación de depósito 12 es la más delgada en la sección

central 18 de la región central del horno 10.

La caracterización de la acumulación de depósito en el horno de ánodo se realizó tomando muestras que se obtienen usando un tubo que se conduce por el depósito de solera. Las muestras de depósito consistieron típicamente en una porción rica en cobre, y una porción deficiente en cobre. Se consideró que la fase deficiente en cobre era representativa de la masa de la acumulación dentro del horno. En las Figuras 2A y 2B se presentan muestras pulidas de depósito con amplificación de 40x y 370x. Según se observa en las mismas, las fases presentes en las muestras de depósitos son predominantemente espinela oscura 22 con una cantidad moderada de escoria de Ca-Si 24 (esto es óxido de Ca, Si, Fe, Cu). Otras fases también presentes en el depósito en cantidades relativamente pequeñas incluyen: espinela clara 25 (esto es óxido de Fe, Cu); óxido de Cu-Fe 26 (esto es  $\text{Cu}_2\text{O}:\text{Fe}_2\text{O}_3$ ); fase alta en Cu 27 (esto es Cu y  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ); y fase de Cu metal 28 (esto es 98% Cu).

Se usó microanálisis de sonda electrónica (EPMA) para identificar las diversas fases presentes, y calcular aproximadamente los volúmenes de cada fase dentro de las muestras de depósito. Según se muestra en la Tabla 1 a continuación, la fase predominante del depósito de solera fue espinela oscura, una fase de espinela rica en magnetita con otros componentes minoritarios estabilizadores de espinela y el depósito también comprendía un componente secundario de espinela clara y algo de silicato de calcio también presente.

Fase	Cantidad	Descripción
Espinela oscura	75%	Óxido de Fe, Mg, Cr, Cu
Escoria de Ca-Si	20%	Óxido de Ca, Si, Al, Fe, Cu
Espinela clara	Minoritaria	Óxido de Fe, Cu
Óxido de Cu-Fe	Minoritaria	1:1 $\text{Cu}_2\text{O}$ , $\text{Fe}_2\text{O}_3$
Fase alta en Cu	Minoritaria	85% de Cu, óxido de Fe
Cu metálico	Minoritaria	98% de Cu

Tabla 1. Muestras de la acumulación de depósito

Hay numerosos factores que contribuyen al problema de la acumulación del depósito sólido dentro del horno de ánodo de cobre y que incluyen la composición de las nuevas cargas; las temperaturas del proceso, los tiempos de los ciclos del proceso, etc. Cualquiera que sea la causa, la acumulación del depósito dentro del horno de ánodo contribuye directamente a que disminuya la producción de cobre con el tiempo puesto que la acumulación del depósito reduce efectivamente el volumen del horno disponible para la producción de cobre. Además, no hay mucho tiempo entre la sangría del cobre fundido desde el horno para colada y la recepción de nuevas cargas de cobre negro y/o cobre de escoria dentro del horno para mitigar el problema de la acumulación del depósito con los medios tradicionales.

En la Figura 3 se representa una ilustración esquemática de los hornos de ánodo 30 en la fábrica de Kennecott Utah Copper. Se muestra que el primer horno de ánodo 32 tiene una acometida única 33 de lanza de chorro coherente mientras que se muestra que el segundo horno de ánodo 34 está adaptado para que tenga una o más acometidas 35 y 36 de lanzas de chorro coherente. Después de la retirada de escoria, se alimenta el cobre negro 37 del convertidor rápido 38 a los hornos de ánodo de cobre por la vía de la acometida de alimentación 39 donde el cobre negro 37 experimenta una parte importante del proceso de refinado al fuego, que incluye las etapas de oxidación y reducción. En el proceso de refinado al fuego se usan los quemadores de los extremos dispuestos en el extremo 31 de cada horno de ánodo de cobre alejados de la acometida de alimentación 39. Las etapas de oxidación y reducción del proceso se aplican al cobre fundido dentro del horno de ánodo equipado con toberas 41 para introducir los gases apropiados al cobre fundido durante el proceso de refinado. Los gases de salida típicamente se expulsan o escapan por la vía de las acometidas de alimentación 39. Tras la terminación del proceso de refinado al fuego dentro de cada horno de ánodo, se hace que gire el horno de modo que se realice la sangría del cobre fundido desde el horno de ánodo 32, 34 al proceso de colada 43. Tras el vaciado del horno de ánodo queda al descubierto la acumulación de depósitos dentro del horno de ánodo.

La Figura 4A muestra una vista isométrica de un ensamblaje de lanza de chorro coherente de la técnica anterior dispuesta dentro de un alojamiento refrigerado con agua. El ensamblaje de lanza de chorro coherente de la técnica anterior tiene una huella de aproximadamente 94 cm (37 pulgadas) de longitud y un desarrollo máximo o diámetro de aproximadamente 41 cm (16 pulgadas). El inyector de chorro coherente de la técnica anterior dispuesto dentro del alojamiento refrigerado con agua tiene un diámetro de aproximadamente 15 cm (6 pulgadas) y pesa aproximadamente 90,7 kg (200 libras). El sistema completo de chorro coherente con el alojamiento refrigerado con agua típicamente pesa cerca de 181,4 kg (400 libras).

Por el contrario, el ensamblaje de lanza de chorro coherente de la presente invención más sencillo, más pequeño y más ligero de peso, y que se muestra en la Figura 4B dispuesto dentro de un alojamiento refrigerado con agua tiene una huella de aproximadamente 94 cm de longitud, pero un diámetro máximo de aproximadamente solo 18 cm (7 pulgadas). El inyector más delgado de chorro coherente tiene un diámetro de aproximadamente solo 9 cm (3,5

pulgadas) y el sistema completo de chorro coherente pesa aproximadamente la mitad que el dispositivo de la técnica anterior que se muestra en la Figura 4A. Este ensamblaje de lanza de chorro coherente más pequeño más delgado permite acometidas más pequeñas en la porción superior del vaso del horno y taponado más fácil y más seguro.

5 La situación del soporte para el ensamblaje de lanza de chorro coherente de la presente invención es preferiblemente adyacente a una plataforma existente o una pasarela de tal manera que no se requieran prácticas de trabajo en altura para el acceso al ensamblaje de lanza de chorro coherente. Esta colocación representa una mejora importante desde el punto de vista de la facilidad operativa.

10 El peso más ligero del presente ensamblaje de lanza de chorro coherente junto con la situación del soporte anteriormente descrita proporciona una instalación y una retirada notablemente más fáciles del ensamblaje de lanza de chorro coherente dentro del horno de ánodo. Las acometidas de diámetro más pequeño generalmente son más fáciles de abrir y más fáciles de taponar lo que minimiza los riesgos de seguridad asociados a los derrames.

15 El presente ensamblaje de lanza de chorro coherente también tiene una colocación más sencilla para conectar mangueras flexibles de suministro de gas. Las mangueras flexibles de suministro de gas que se desvelan se separan fácilmente y pueden espaciarse de la cubierta del horno. Estas diferencias quedan resaltadas cuando se compara visualmente la Figura 5A, que muestra el ensamblaje de lanza de chorro coherente de la técnica anterior instalado y en funcionamiento en un horno de ánodo de cobre en la fábrica de Kennecott Utah Copper con el presente ensamblaje de lanza de chorro coherente instalado y en funcionamiento en un horno de ánodo de cobre también en la fábrica de Kennecott Utah Copper, que se muestra en la Figura 5B. Si bien de diseño más sencillo, cada uno de los presentes ensamblajes de lanza de chorro coherente es capaz de suministrar hasta 5273 kw (18 MM BTU/h) al horno de ánodo de cobre.

20 En cualquier momento que se considere el uso de un ensamblaje de lanza de chorro coherente en un horno, la integridad de la estructura del horno y, en particular la integridad de las características refractarias de la superficie interior del horno sigue siendo una cuestión importante. Al usar un ensamblaje de lanza de chorro coherente más pequeño junto con las acometidas de lanza más pequeñas, se minimizan los problemas de la estructura y del material refractario asociados a la tecnología, y la producción así como los beneficios del coste de la eliminación del depósito de solera son superiores a los riesgos y preocupaciones asociados al mantenimiento de la integridad del horno y a la reducción de la vida del horno debidos a la integración del ensamblaje del chorro coherente con el horno.

25 Haciendo referencia ahora a las Figuras 6 y 7, se ilustra una lanza de chorro coherente preferida para eliminación de depósitos, que se indica en general en 40, que comprende una cara de lanza 42 que tiene dispuesta centralmente en la misma alrededor de su punto medio radial una boquilla principal 44 circundada por anillos concéntricos de combustible y acometidas oxidantes 46 y 48. Aunque no se muestra en las Figuras 6 y 7, el ensamblaje de lanza de chorro coherente está contenido en un alojamiento encamisado refrigerado con agua y ellos mismos están refrigerados con agua mediante una manguera flexible de la camisa de agua a la conexión de agua 49.

30 En la realización preferida, el combustible secundario es preferiblemente gas natural y el oxidante secundario es un gas que contiene oxígeno tal como oxígeno puro industrial. Preferiblemente, cada una de las acometidas secundarias 46 y 48 están dispuestas en un rebaje anular dentro del alojamiento refrigerado con agua a fin de minimizar cualquier bloqueo de las acometidas secundarias. La boquilla de gas primario 44 es una boquilla convergente-divergente de alta velocidad que es del tamaño apropiado en función de los gases y los flujos de gases que se espera se vayan a suministrar con el dispositivo de chorro coherente. La boquilla 44 se conecta preferiblemente en su extremo corriente arriba a una fuente de gas que contiene oxígeno por la vía de un primer manguito. Si bien las Figuras 6 y 7 ilustran el diseño de boquilla sencillo y preferido, se pueden emplear configuraciones alternativas de boquillas, si se desea. Por ejemplo, se pueden emplear boquillas duales de gas primario con fuentes de gas múltiples en lugar de una boquilla central única. Asimismo, en lugar del diseño de dos anillos concéntricos que circundan la boquilla primaria o principal que se muestra en las Figuras 6 y 7, un diseño alternativo de lanza puede implicar un anillo único de acometidas alternantes de combustible y gas que contiene oxígeno circundando a la boquilla primaria o principal o tal vez un diseño que use tres o más anillos concéntricos.

35 Otra ventaja clave de usar tecnología de chorro coherente para eliminación de depósitos es la capacidad de usar la tecnología de chorro coherente para realizar múltiples funciones durante el proceso de refinado de cobre. Un uso de este tipo del presente ensamblaje de lanza de chorro coherente que se ha comprobado es la capacidad de calentar rápidamente el baño de cobre fundido dentro del horno de ánodo de cobre. Esta capacidad de multiuso habilita a los operarios del horno para que recuperen rápidamente la temperatura del baño en el caso de una sangría fría del cobre negro o una situación desfavorable con el quemador de la pared del extremo.

40 Por ejemplo, si el cobre negro se sangra a una temperatura por debajo de 1193°C (2180°F) el operario necesita típicamente poner el quemador de la pared del extremo a una velocidad de combustión más alta para aumentar la temperatura del baño. Típicamente, los quemadores de la pared del extremo tienen una velocidad de combustión entre aproximadamente 1758 kw y 3809 kw (6 MM BTU/h a 13 MM BTU/h) usando gas natural con oxígeno. Esta transferencia de energía solamente es capaz de calentar el cobre líquido dentro del horno a una velocidad de aproximadamente 6°C (10°F) por hora. El aumento real de temperatura del cobre líquido depende de muchos otros

factores y de las condiciones de funcionamiento del horno tales como grosor de la capa de escoria, estado de la punta del quemador de la pared del extremo, y también impacta sobre el material refractario al descubierto. En comparación, el ensamblaje de lanza de chorro coherente que se desvela en la presente memoria es capaz de aportar una velocidad de combustión con gas natural de 2637 kw (9 MM BTU/h) y cuando se usan dos ensamblajes de lanza de chorro coherente en un horno de ánodo, el sistema es capaz de calentar el cobre fundido a alrededor de 17°C a 33°C por hora (30 a 60°F por hora).

Todavía se pueden potenciar otras funciones de refinado usando la tecnología de chorro coherente en el horno de ánodo, y que incluyen, por ejemplo, fusión suplementaria de escoria, oxidación, y reducción de la masa fundida de cobre. Como el horno de ánodo está equipado con acometidas de chorro coherente y con ensamblajes de lanza de chorro coherente fáciles de retirar e instalar, los operarios pueden usar los ensamblajes de lanza existentes o intercambiarlos con otros ensamblajes de lanza para proporcionar flexibilidad adicional durante el proceso de refinado. Los usos de este tipo que se contemplan se describen a continuación con más detalle.

Un rasgo significativo de cualquiera de los diseños de ensamblaje de lanza contemplados es que dichas lanzas son de peso bajo, delgadas, pero capaces de suministrar chorros de gas tanto convencionales (soplado suave) como coherentes (soplado fuerte) y que son capaces de funcionar para producir una llama de fusión del cobre y corrientes coherentes de gas circundadas por envolturas de llama. Según se usa en este documento, una "llama de fusión del cobre" se refiere a una llama de soplado suave, que no es llama de lanza (también se denomina "llama tupida" en la técnica de los quemadores de oxi-combustible) que tiene amplia cobertura de superficie. Se producen llamas de este tipo ajustando los flujos de combustible (preferiblemente gas natural), oxidante (preferiblemente gas que contiene oxígeno), corriente principal de gas que contiene oxígeno y opcionalmente una corriente de gas inerte de tal manera que se produce una llama que se extiende en la dirección radial. Como indica su nombre, las llamas de este tipo se emplean preferiblemente para la fusión de cobre sólido y otros materiales de carga tales como escoria de cobre, ya que proporcionan una gran cantidad de calor sobre un área superficial grande para fundir el material de carga. En las presentes realizaciones, las corrientes de gas que se usan durante dicha fusión del cobre sólido y fusión de la escoria son preferiblemente flujos de gas exentos de nitrógeno.

Preferiblemente, en la generación de llamas que funden el cobre, se disminuye la velocidad del flujo de gas a las boquillas primarias de gas 44 desde unas condiciones de flujo intenso de alta velocidad a un flujo reducido que es al menos suficiente para impedir el atasco de las boquillas (que se denomina en este documento "flujo de purga"), aunque si se desea, se puede continuar con el flujo de gas de alta velocidad a través de la boquilla 44, pero sin formación de envoltura de llama, para producir una llama híbrida que funde/lancea. Este tipo de llama híbrida puede que tenga ventaja cuando se desea una función combinada fusión/corte, tal como por ejemplo, cuando se emplea escoria sólida de cobre como parte del material de carga. El sistema y los métodos presentes contemplan el uso de ambas llamas tupida e híbrida y las mismas están englobadas en la expresión general "llama de fusión". Combustibles útiles para uso de este documento incluyen combustibles de hidrocarburos, tales como gas natural. Oxidantes útiles incluyen gas que contiene oxígeno y preferiblemente oxígeno de calidad industrial de alta pureza. Preferiblemente, los flujos de gas natural y de gas que contiene oxígeno se ajustan de tal manera que el flujo total de gas natural y de gases que contienen oxígeno se dividen entre la boquilla primaria 44 y las acometidas secundarias 46 y 48.

El presente sistema de chorro coherente también incluye un sistema de control de gas (también denominado regleta de gases o tren de válvulas) que recibe los gases de las tuberías de cabecera, regula los flujos de gas usando un controlador PLC a base de micro-procesadores, y suministra flujos de gas dosificados con precisión al menos a un ensamblaje de lanza de inyección de chorro coherente acoplado a los hornos de ánodo. Los flujos reales de gas están dictados por el modo en que el funcionamiento y el proceso se están llevando a cabo (por ejemplo, eliminación de depósito, calentamiento de cobre negro frío, etc.). La selección de los modos de funcionamiento que se pre-programan y las etapas de proceso detalladas que se emplean por los sistemas de chorro coherente se hacen preferiblemente por los operarios del horno de ánodo por la vía de interfaz máquina humano de pantalla táctil en una sala de control o estación de control.

En las Tablas 2 y 3 a continuación, se proporcionan intervalos de flujos de gas y velocidades de combustión típicos en el proceso de eliminación de depósito. Según se contempla en este documento, los flujos de gas del oxígeno y del combustible deberían incluir un flujo en exceso de combustible por encima del flujo estequiométrico de tal manera que el gas proporcione un efecto reductor sobre el depósito muy oxidado (por ejemplo espinela) cuando la llama incide sobre el depósito sólido. El intervalo preferido de combustible en exceso está entre aproximadamente 5% de combustible en exceso y aproximadamente 17% de combustible en exceso. Asimismo, en el modo de funcionamiento preferido del ensamblaje de lanza de chorro coherente para eliminación de depósito, se suministra entre aproximadamente 70% y 80% del oxígeno a la boquilla central o primaria y se suministra el resto del oxígeno al anillo concéntrico de las acometidas secundarias que forman la cortina protectora.

ES 2 501 740 T3

Flujo de combustible (gas natural)	(pies <sup>3</sup> /hora)	4000	6000	8000	10000	12000	15000
	m <sup>3</sup> /hora	113	170	227	283	340	425
Flujo de oxígeno total	(pies <sup>3</sup> /hora)	7619	11429	15238	17391	20870	26087
	m <sup>3</sup> /hora	216	324	431	492	591	739
Porcentaje de oxígeno a la boquilla principal		70%	75%	80%	70%	75%	80%
Flujo de oxígeno a la boquilla principal	(pies <sup>3</sup> /hora)	5333	8571	12190	12174	15659	20870
	m <sup>3</sup> /hora	151	243	345	345	443	591
Flujo de oxígeno a la cortina protectora	(pies <sup>3</sup> /hora)	2286	2858	3048	5217	5217	5217
	m <sup>3</sup> /hora	65	81	86	148	148	148
Proporción O <sub>2</sub> /Combustible (gas natural)		1,90	1,90	1,90	1,74	1,74	1,74
Combustible en exceso (%)		5%	5%	5%	15%	15%	15%

Tabla 2. Intervalo preferido de flujos de gas de chorro coherente

Velocidad de quemador (MMBTU/h)	Quemador kw	Boquilla principal		Cortina protectora		Flujo total de O <sub>2</sub>		Cortina protectora		Flujo de gas natural		Velocidad de gas natural	
		(pie <sup>3</sup> /hora)	m <sup>3</sup> /hora	(pie <sup>3</sup> /hora)	m <sup>3</sup> /hora	(pie <sup>3</sup> /hora)	m <sup>3</sup> /hora	(pie <sup>3</sup> /hora)	m <sup>3</sup> /hora	(pie <sup>3</sup> /hora)	m <sup>3</sup> /hora	(pie/seg)	m/seg
4	1172	5714	162	1905	54	7619	216	109	33	4000	113	229	70
5	1465	7143	202	2381	67	9524	270	137	42	5000	142	287	87
6	1758	8571	243	2857	81	11429	324	164	50	6000	170	344	105
7	2051	10000	283	3333	94	13333	378	191	58	7000	198	402	123
8	2344	11429	324	3810	108	15238	431	219	67	8000	227	459	140
9	2637	12857	364	4286	121	17143	485	246	75	9000	255	516	157
10	2930	14286	405	4762	135	19048	539	273	83	10000	283	574	175
11	3223	15714	445	5238	148	20952	593	300	91	11000	311	631	192
12	3516	17143	485	5714	162	22857	647	328	100	12000	340	688	210
13	3809	18571	526	6190	175	24762	701	355	108	13000	368	746	227
14	4102	20000	566	6667	189	26667	755	382	116	14000	396	803	245
15	4395	21429	607	7143	202	28571	809	410	125	15000	425	860	262

Tabla 3. Flujos de gas de chorro coherente @ 75% de flujo de O<sub>2</sub> a la boquilla principal y 5% de combustible en exceso

Como se observa en la Tabla 3 anterior, las velocidades de salida de gas de oxígeno oscilan desde 33,2 m/seg hasta aproximadamente 125 m/seg (109 pies por segundo hasta 410 pies por segundo) para condiciones de flujo que implican 75% de flujo de oxígeno a la boquilla primaria y 25% de flujo de oxígeno a las acometidas secundarias o cortina protectora junto con 5% aproximadamente de combustible en exceso. Ajustando el flujo relativo de oxígeno a aproximadamente 70% de flujo de oxígeno a la boquilla primaria y 30% de flujo de oxígeno a las acometidas secundarias o cortina protectora se tienen unos resultados de velocidades de salida que se aproximan a 152 m/seg (500 pies por segundo). Por otra parte, aumentando el combustible en exceso hasta 17% y proporcionando un flujo relativo de oxígeno de aproximadamente 80% de flujo de oxígeno a la boquilla primaria y 20% a las acometidas secundarias o cortina protectora a una velocidad de combustión de gas natural de 1172 kw (4 MM BTU/h) se obtiene una velocidad de salida tan baja como aproximadamente 22,9 m/seg (75 pies por segundo). Cálculos similares confirman un flujo de oxígeno total entre 195 m<sup>3</sup>/h y 850 m<sup>3</sup>/h (aproximadamente 6900 pies cúbicos por hora y casi 30000 pies cúbicos por hora) para velocidad de combustión máxima de aproximadamente 4395 kw (15 MM BTU/h).

El control del porcentaje de combustible en exceso; la proporción del flujo de oxígeno entre la boquilla principal y la cortina protectora; y la velocidad de combustión del quemador permite al operario optimizar la eliminación de depósito en función de la forma del depósito y del tiempo disponible para la eliminación del depósito, al tiempo que minimiza los efectos desfavorables para el material refractario que se pueden producir por el chorro coherente. Idealmente, la longitud de la llama no debería exceder de aproximadamente 2,1 a 2,7 m (7 a 9 pies) de longitud de modo que no incida sobre el material refractario de la solera del horno opuesto al ensamblaje de lanza. La longitud de la llama y las velocidades de salida se controlan preferiblemente ajustando las velocidades de combustión del quemador de chorro coherente y los correspondientes flujos de gas de oxígeno y de combustible. La cantidad de combustible en exceso que se usa en el presente sistema puede depender muy bien de la caracterización de la cantidad y fases de los depósitos sólidos. Dado que muchas de las fases en el depósito son compuestos altamente oxidados, el efecto reductor del chorro coherente rico en combustible probablemente va a determinar las reacciones que ocurran durante la fusión del depósito sólido. El beneficio de usar proporciones más altas de flujo de oxígeno a través de la boquilla principal es que hay significativamente menos transferencia de calor a la camisa refrigerada con agua del ensamblaje de lanza lo que mitiga el impacto del calor en el material refractario próximo a la lanza y permite un diseño más pequeño y más sencillo de la camisa refrigerada con agua que circunda al ensamblaje de lanza.

### 30 Ejemplos - Proceso de eliminación de depósito

En el método preferido de eliminación de depósito, se instala el presente ensamblaje de lanza de chorro coherente en las acometidas del horno situadas para la tecnología de chorro coherente después del extremo de la colada. Una vez instalado, se procede a la combustión en el ensamblaje de lanza de chorro coherente en la dirección general de la acumulación del depósito de solera durante varias horas para fundir el depósito sólido. El tiempo real asignado a la fusión depende mucho del tiempo disponible para la eliminación del depósito antes de que se vuelva a emprender la producción de cobre en el horno.

La velocidad de combustión del ensamblaje de lanza de chorro coherente durante los ejemplos de eliminación de depósito se seleccionó para minimizar el potencial de desgaste para el material refractario en la acometida. En particular, se aplicó un perfil conservador de velocidad de combustión para eliminar el depósito a lo largo de un período amplio, haciendo que el sistema funcionara durante varias horas al día. Típicamente el ensamblaje de lanza de chorro coherente mantuvo la combustión a velocidades entre aproximadamente 1172 kw (4 MM BTU/h) y aproximadamente 4395 kw (15 MM BTU/h) usando gas natural y oxígeno y se pudo ajustar tan alto como 5274 kw (18 MM BTU/h). Es importante controlar la velocidad de combustión y la longitud de la llama que sale del ensamblaje de lanza de chorro coherente porque aportar demasiada energía con una llama demasiado larga podría dañar el material refractario en el punto de incidencia de la llama. Después de fundir el depósito, se sangra a continuación el depósito fundido desde el horno por la vía de la boca del horno, por una acometida de sangría u otra acometida de salida.

Volviendo ahora a las Figura 8 y 9, se muestran gráficos de los volúmenes de salida de horno para dos hornos de ánodo de Kennecott Utah Copper medidos en toneladas de salida de cobre en función del tiempo entre septiembre de 2008 y noviembre de 2009.

Según se observa en la Figura 8, el volumen de salida de cobre del primer horno de ánodo disminuyó desde aproximadamente 520 toneladas en septiembre de 2008 a menos de 250 toneladas en agosto de 2009, tiempo durante el que se realizaron pocas o ninguna tentativa de eliminación de depósito. Esta disminución significativa de la producción se debe principalmente a la acumulación de depósitos sólidos dentro del horno de ánodo. La velocidad de disminución de la producción de cobre que se muestra en la Figura 8 resalta la importancia comercial de eliminar los depósitos sólidos. Hacia el 3 de septiembre de 2009 se probó inicialmente un prototipo del sistema y el método basados en chorro coherente para eliminación de depósito en un horno de ánodo. Desde este momento en adelante, la producción de cobre mejoró mucho hasta niveles cercanos a 450 toneladas de producción de cobre cuando se usaban el sistema y el método presentes para eliminación de depósito.

De manera similar, según se observa en la Figura 9, el volumen de salida de cobre del segundo horno de ánodo

disminuyó desde aproximadamente 570 toneladas en septiembre de 2008 a solamente 250 toneladas aproximadamente en agosto de 2009. Otra vez, esta disminución significativa en la producción se debe principalmente a la acumulación de depósitos sólidos dentro del horno de ánodo. La velocidad de disminución de la producción de cobre que se muestra en la Figura 9 resalta la importancia comercial de eliminar los depósitos sólidos.

5 Hacia el 3 de septiembre de 2009 se probó inicialmente un prototipo del sistema y el método basados en chorro coherente para eliminación de depósito en un horno de ánodo. Desde este momento en adelante, la producción de cobre mejoró mucho hasta niveles por encima de 500 toneladas de producción de cobre siempre que se usaban el sistema y el método basados en chorro coherente para eliminación de depósito.

10 El uso de tecnología de chorro coherente para eliminación de depósito proporciona la cimentación para usar tecnología de chorro coherente para otras etapas del proceso de refinado, que incluyan fusión, desnatado de escoria, oxidación, reducción y colada.

15 Por ejemplo, se puede llevar a cabo la fusión de la carga por medio del calor generado por el ensamblaje de lanza de chorro coherente a una temperatura y durante un período de tiempo suficientes para producir y mantener una temperatura de masa fundida de aproximadamente 1200°C a 1250°C. Para este propósito, los flujos de gas hacia el ensamblaje de lanza de chorro coherente podrían incluir oxígeno y combustible y preferiblemente podrían estar sustancialmente exentos de nitrógeno. Se podría ajustar el control de flujos de gas para que proporcionaran una llama de fusión que se proyecte desde el o los ensamblajes de lanza de chorro coherente al espacio de cabeza del horno y en contacto con la carga de cobre. La llama de fusión proporciona la fusión rápida de la carga para formar la masa líquida de cobre fundido.

20 Asimismo, después de fundir la carga, la masa fundida de cobre resultante se puede soplar por arriba con una corriente de gas de oxígeno coherente para desulfurar la masa fundida de cobre y oxidar el azufre presente en la misma a SO<sub>2</sub>. La corriente de gas de oxígeno coherente puede comprender hasta 100% en volumen de oxígeno con solamente cantidades en trazas de otros gases. La corriente de gas de oxígeno coherente tiene típicamente una velocidad axial de aproximadamente 1,0 a 2,5 Mach y se controla ajustando los flujos de oxígeno secundario, combustible (por ejemplo gas natural) y de la corriente de gas de oxígeno principal de la boquilla principal de tal manera que se produzca una envoltura de llama alrededor de la corriente principal de oxígeno al menos para una porción de la longitud la corriente de gas de oxígeno principal, y preferiblemente sobre la longitud total de la corriente de gas de oxígeno principal.

30 Otro uso del presente ensamblaje de lanza de chorro coherente puede ser el de ayudar en el desnatado de escoria. Aun cuando no es esencial para la práctica de los sistemas y métodos que se desvelan actualmente, el desnatado de escoria puede ser periódicamente deseable para prevenir la acumulación de escoria en el horno y prevenir la acumulación de depósitos. En esta etapa, se hace que gire el horno alrededor de su eje longitudinal de manera que se pueda retirar la escoria a través de la boca del horno. El ensamblaje de lanza de chorro coherente se usa para soplar por arriba la masa fundida de cobre para subir la escoria a la superficie de la misma y dirigir la escoria en la dirección de la boca del horno.

35 Después de la oxidación y opcional desnatado de escoria, la masa fundida de cobre contendrá típicamente aproximadamente 3.000 a 7.000 ppm en peso de oxígeno. A fin de reducir el oxígeno presente en la masa fundida a niveles aceptables, la masa fundida se sopla entonces por arriba mediante el mismo ensamblaje de lanza de chorro coherente o uno diferente con un gas reductor, tal como hidrógeno, CO o amoníaco, a fin de desoxigenar la masa fundida y reducir el oxígeno presente en la masa fundida al valor deseado.

40 Tras la terminación de las etapas de reducción, el cobre de ánodo resultante contendrá típicamente aproximadamente 15 ppm o menos de azufre, 1.900 ppm o menos de oxígeno y tendrá una temperatura de fusión en el intervalo de aproximadamente 1200°C. En este momento, el cobre de ánodo está listo para colada en ánodos para refinado electrolítico posterior. A fin de proporcionar calor para mantener la temperatura de la masa fundida cuando la masa fundida de cobre sale del horno con destino a la operación de colada, la masa fundida de cobre se puede soplar otra vez por arriba con una llama de fusión desde el ensamblaje de lanza de chorro coherente usando una llama de fusión rica en combustible.

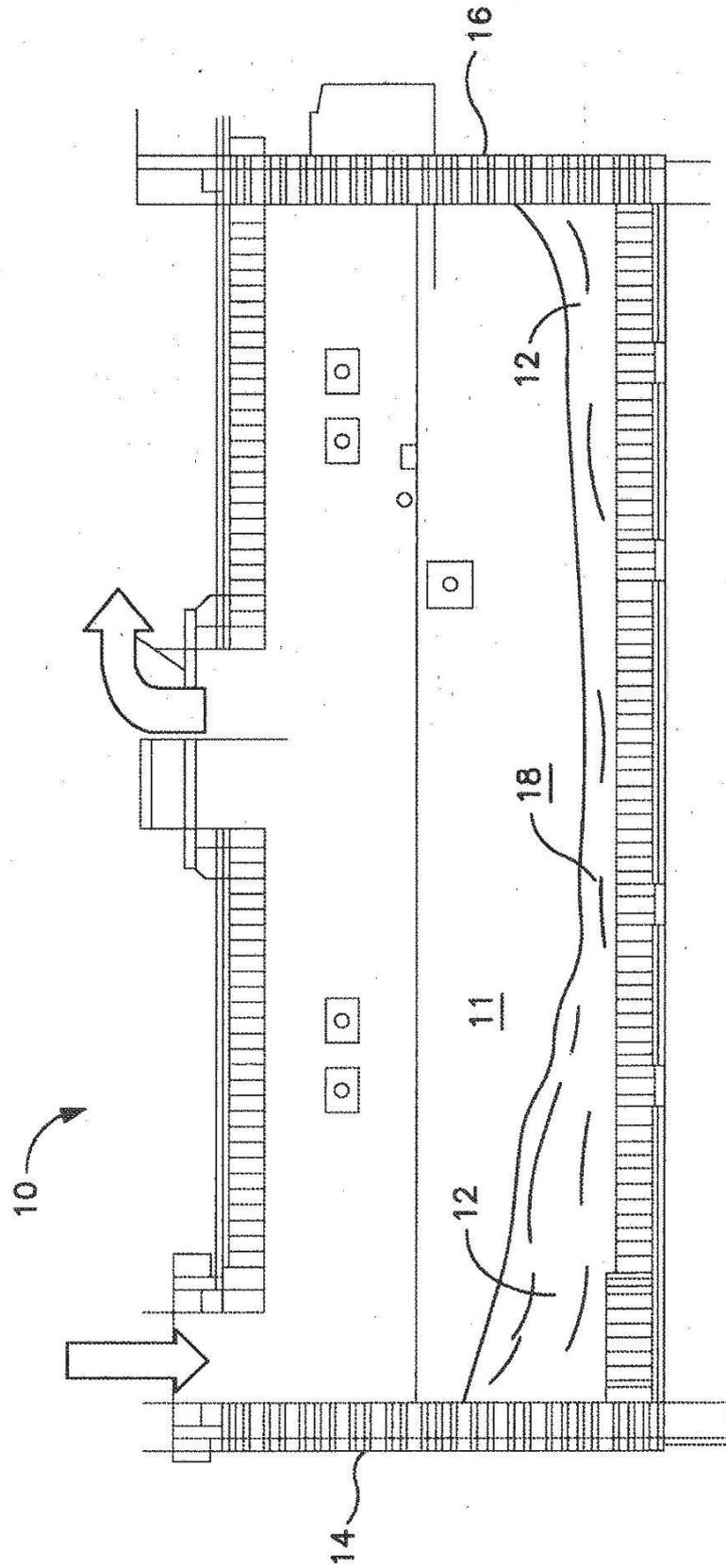
45 Partiendo de lo que antecede, se debería apreciar que las realizaciones y los ejemplos que se desvelan proporcionan diversos métodos y sistemas de usar tecnología de chorro coherente en un horno de ánodo de cobre incluyendo uso de un ensamblaje de lanza de chorro coherente para prevención y eliminación de depósito. Aunque la invención se ha descrito en detalle con referencia a ciertas realizaciones preferidas, como se les ocurrirá a los expertos en la técnica, se pueden hacer otros numerosos usos, modificaciones, cambios, variaciones adiciones y omisiones sin apartarse del espíritu y alcance de las reivindicaciones de este momento.

50

**REIVINDICACIONES**

1. Un método para eliminar depósitos sólidos (12) de un horno de ánodo (10, 30, 32, 34) que comprende las etapas de:
- 5 (a) conectar o disponer al menos un ensamblaje de lanza de chorro coherente (40) en el horno (10, 30, 32, 34), siendo capaz dicho ensamblaje de lanza de chorro coherente (40) de generar una corriente de gas de oxígeno-combustible coherente sustancialmente exenta de gas de nitrógeno, comprendiendo la corriente de gas de oxígeno-combustible coherente una corriente principal de gas de oxígeno y una envoltura circundante de la llama de gas de combustible y oxígeno; y
- 10 (b) dirigir la corriente de gas de oxígeno-combustible coherente de dicho ensamblaje de lanza de chorro coherente (40) hacia los depósitos sólidos (12) a una velocidad de combustión de aproximadamente 1172 kw a aproximadamente 4395 kw (4 millones de BTU/hora a aproximadamente 15 millones de BTU/hora) y teniendo la corriente principal de gas de oxígeno una velocidad axial entre aproximadamente 23 y aproximadamente 152 metros por segundo (75 a aproximadamente 500 pies por segundo) y en donde la longitud de la llama de la corriente de gas de oxígeno-combustible coherente es suficiente para fundir los depósitos sólidos (12) dentro del horno (10, 30, 32, 34) pero no incide en la pared refractaria;
- 15 (c) desconectar o retirar el ensamblaje de lanza de chorro coherente (40) del horno de ánodo; y
- (d) hacer que gire el horno de ánodo (10, 30, 32,34) para eliminar los depósitos fundidos del horno de ánodo (10, 30, 32, 34) por la vía de una acometida.
- 20 2. El método para eliminar depósitos sólidos (12) de la reivindicación 1 en donde la corriente de gas de oxígeno-combustible coherente, rica en combustible, contiene entre aproximadamente 5% y aproximadamente 17% de combustible en exceso.
3. El método para eliminar depósitos sólidos (12) de la reivindicación 1 en donde el flujo total de gas de oxígeno suministrado al horno (10, 30, 32, 34) por la vía del ensamblaje de lanza de chorro coherente (40) está entre aproximadamente 195 metros cúbicos por hora y aproximadamente 850 metros cúbicos por hora (aproximadamente 6900 pies cúbicos por hora y aproximadamente 30000 pies cúbicos por hora) y en donde entre aproximadamente 70% y aproximadamente 80% del gas de oxígeno suministrado al horno (10, 30, 32, 34) por la vía del ensamblaje de lanza de chorro coherente (40) está en la corriente principal de gas de oxígeno y el resto del gas de oxígeno en la envoltura de la llama.
- 25 4. El método para eliminar depósitos sólidos (12) de la reivindicación 1 en donde la proporción de oxígeno a combustible que se suministra al horno (10, 30, 32, 34) está entre aproximadamente 1,7 y aproximadamente 1,9.
- 30 5. El método para eliminar depósitos sólidos (10) de la reivindicación 1 en donde la acometida a través de la que se eliminan los depósitos fundidos es la boca del horno.
6. El método para eliminar depósitos sólidos (12) de la reivindicación 1 en donde la acometida a través de la que se eliminan los depósitos fundidos es una acometida de sangría dispuesta en el horno (10, 30, 32, 34).
- 35 7. El método para eliminar depósitos sólidos (12) de la reivindicación 1 que comprende además repetir las etapas (a) hasta (d) sobre una base intermitente durante prolongados períodos de tiempo.
8. El método para eliminar depósitos sólidos (12) de la reivindicación 8 en donde las etapas (a) hasta (d) se repiten entre las etapas operativas de sangría del cobre fundido del horno (10, 30, 32, 34) para colada y para recepción de nuevas cargas de cobre dentro del horno (10, 30, 32, 34).

40



**FIG. 1**

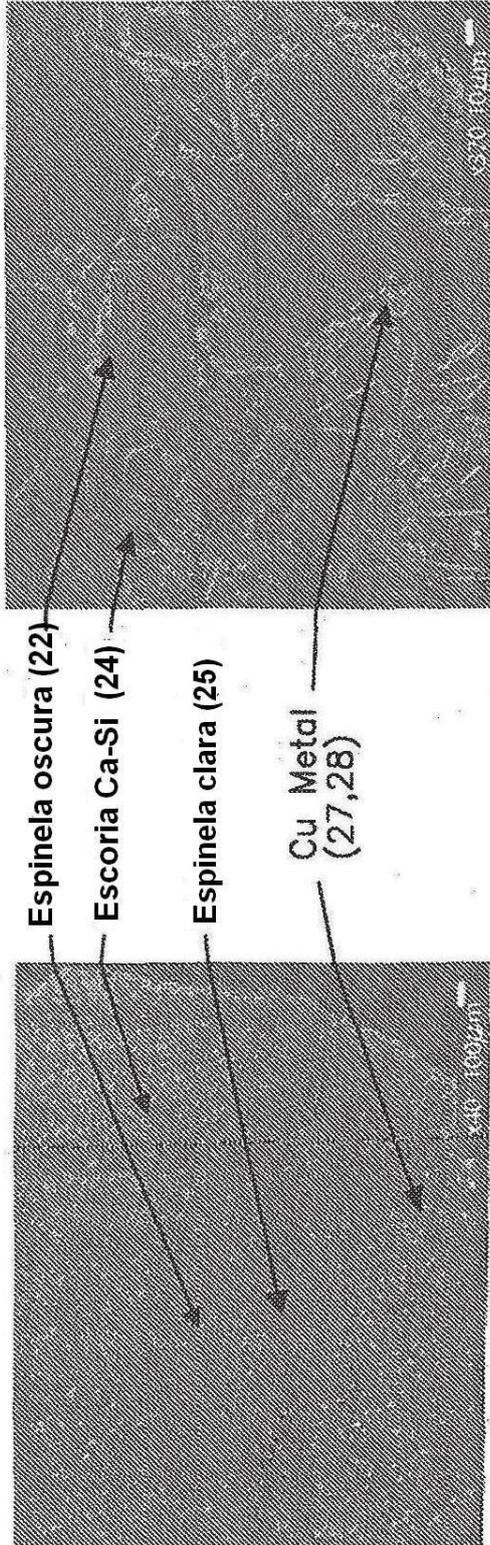


FIG. 2A

FIG. 2B

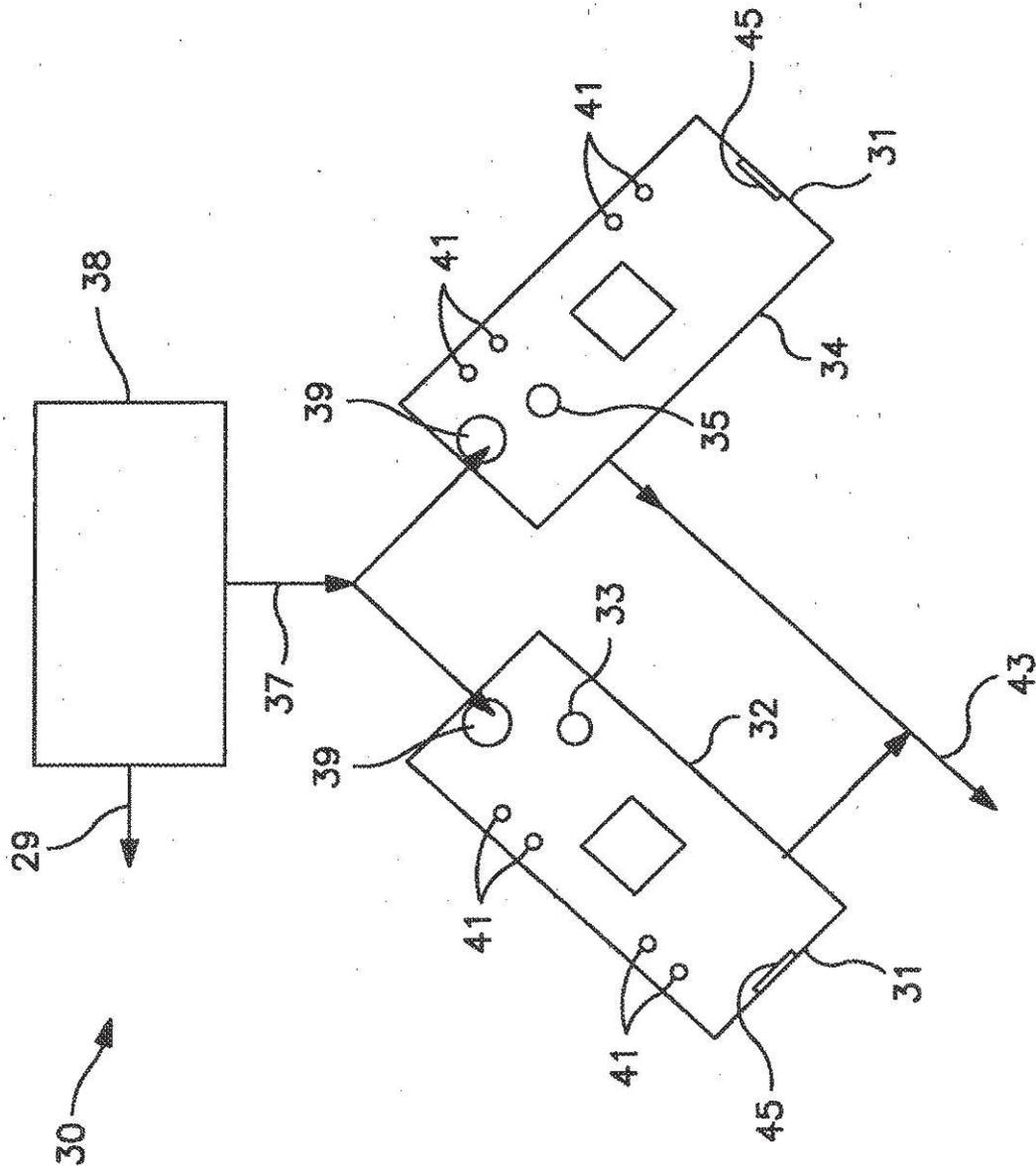
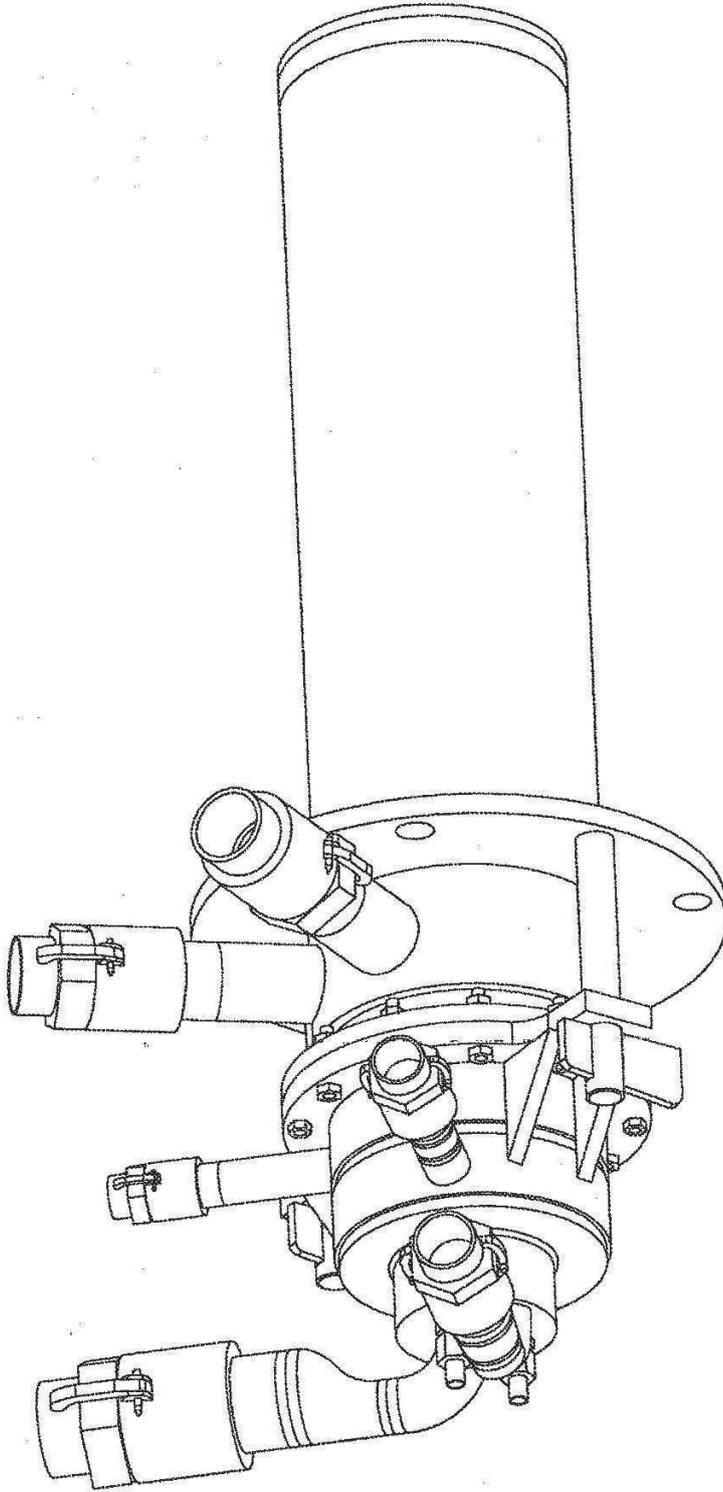
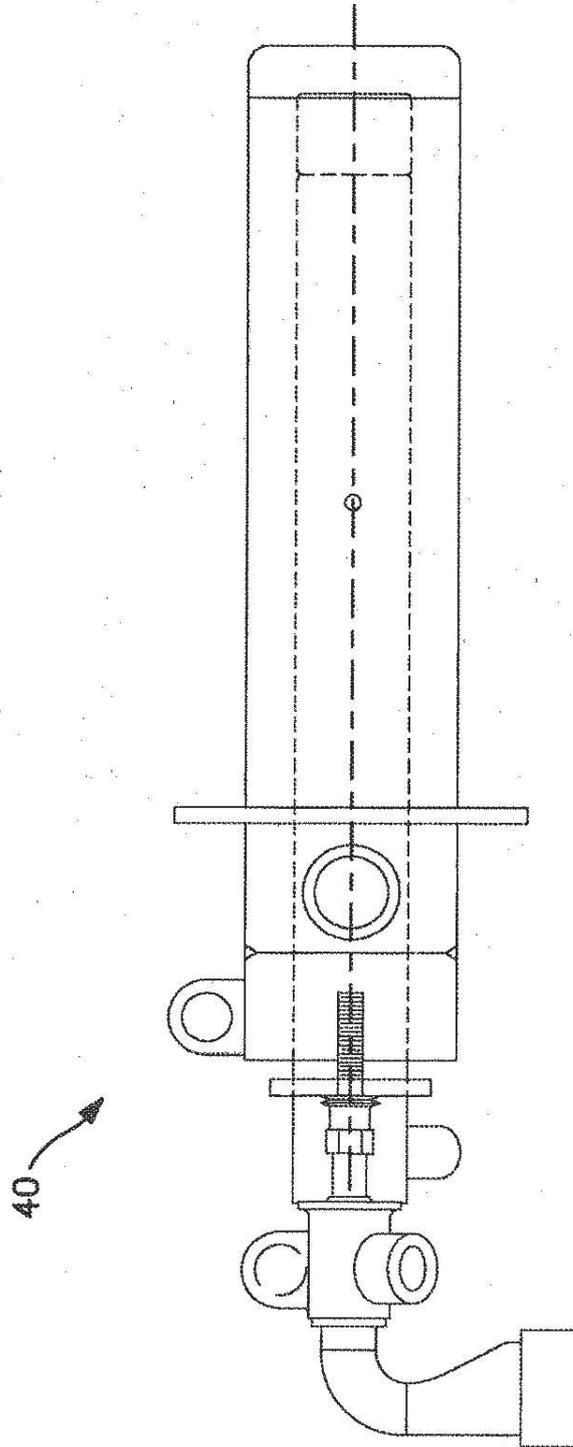


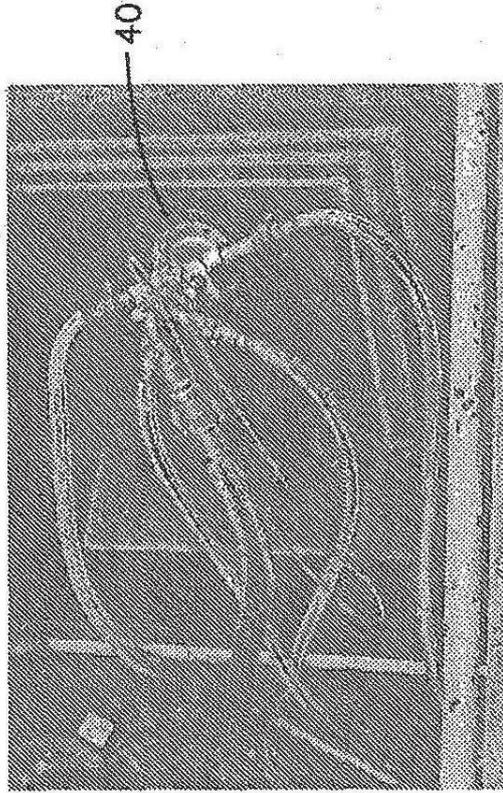
FIG. 3



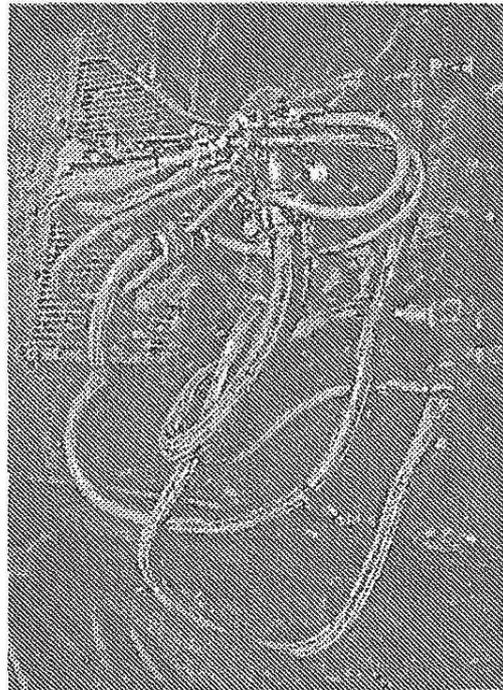
**FIG. 4A**  
(TÉCNICA ANTERIOR)



**FIG. 4B**



**FIG. 5B**



**FIG. 5A**  
(TÉCNICA ANTERIOR)

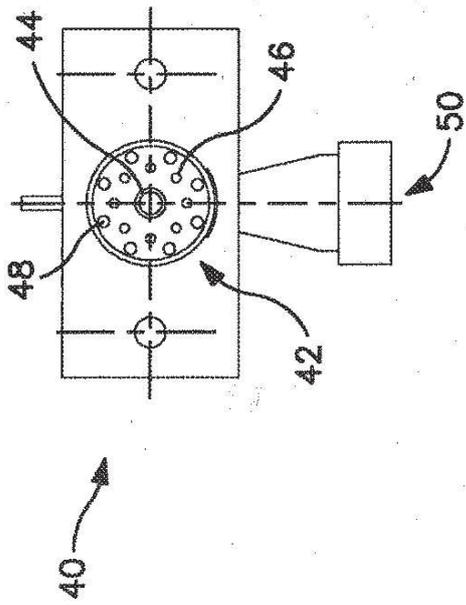


FIG. 7

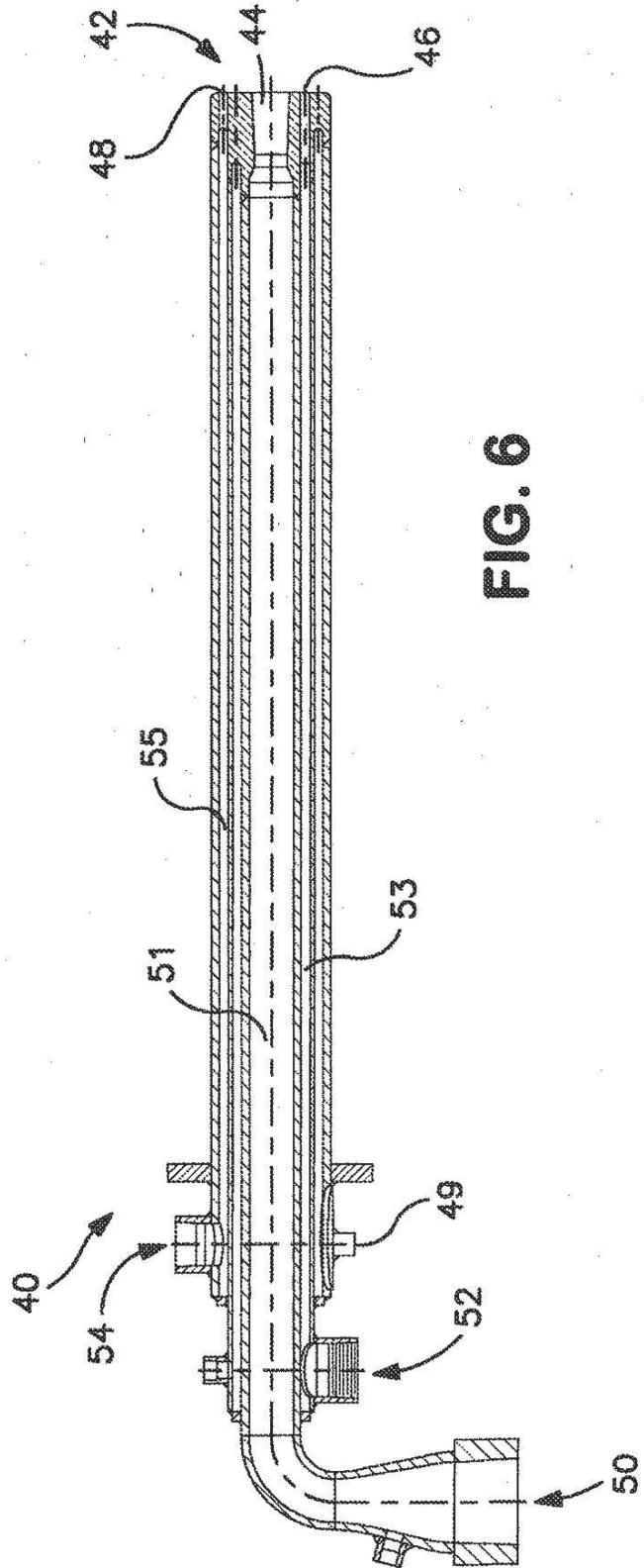


FIG. 6

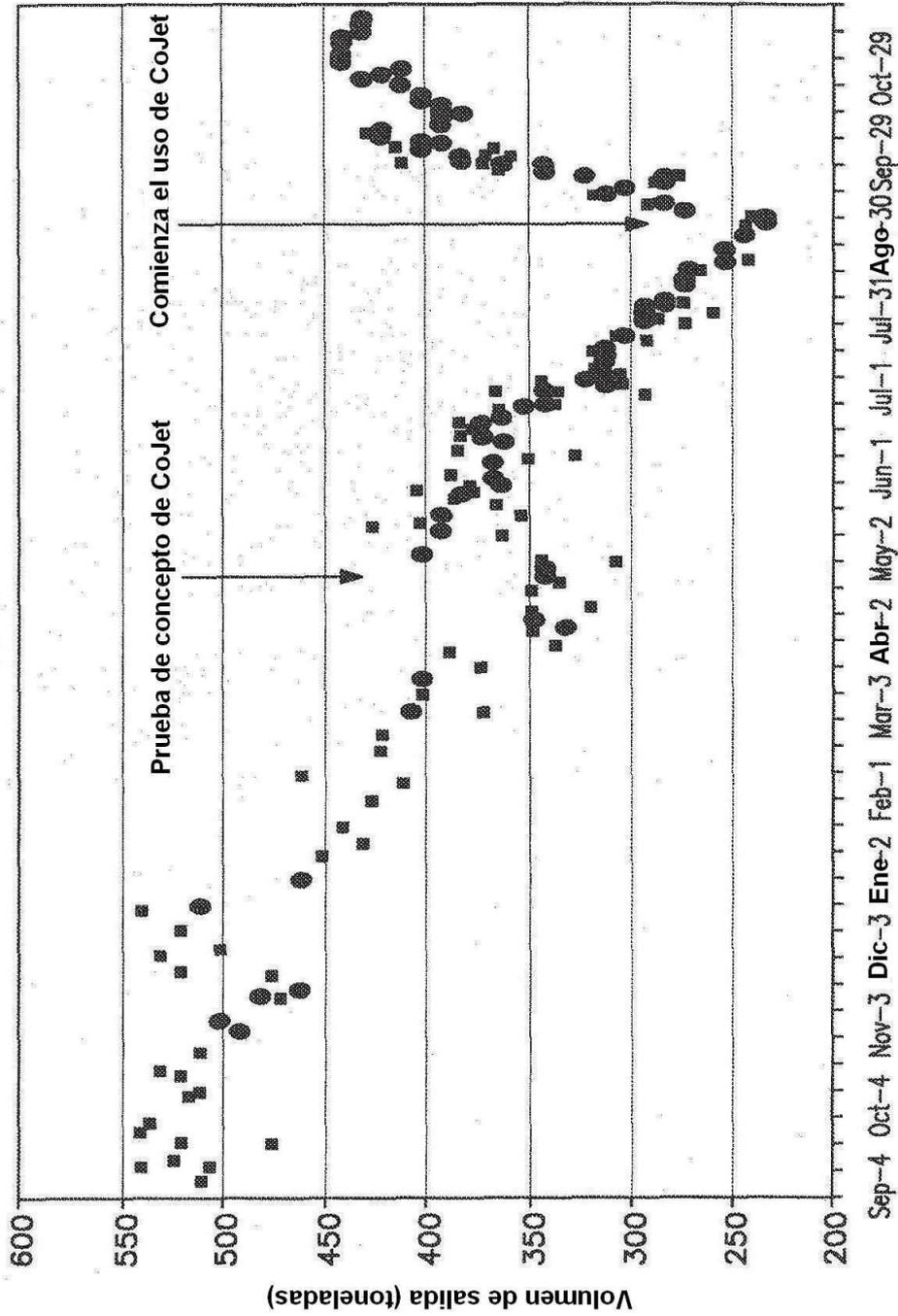


FIG. 8

