

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 405 998**

51 Int. Cl.:

C21C 5/32 (2006.01)

C21C 5/46 (2006.01)

C21C 7/068 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.01.2005 E 05711864 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.04.2013 EP 1721017**

54 Título: **Método para producir acero de bajo contenido en carbono**

30 Prioridad:

23.01.2004 US 762298

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

04.06.2013

73 Titular/es:

**PRAXAIR TECHNOLOGY, INC. (100.0%)
39 OLD RIDGEBURY ROAD
DANBURY, CT 06810-5113, US**

72 Inventor/es:

**RILEY, MICHAEL, FRANCIS y
MAHONEY, WILLIAM, JOHN**

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 405 998 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 producir acero de bajo contenido en carbono.

Campo técnico

5 Esta invención se refiere, de forma general, a la elaboración de acero, en el que se proporciona oxígeno al acero fundido desde encima de la superficie del acero fundido y, más concretamente, al empleo de tal procedimiento para la producción de acero de bajo contenido en carbono.

Antecedentes de la invención

10 El horno básico de oxígeno (BOF) es un método bien conocido de elaboración de acero usado para producir la mayoría del acero mundial, de alta calidad, de bajo contenido en carbono. El proceso BOF usa hierro fundido procedente de un alto horno como la fuente principal de hierro. Debido a la naturaleza del proceso del alto horno, este hierro fundido del alto horno está saturado con carbono disuelto. En el proceso BOF, este hierro fundido se carga junto con chatarra de acero en un convertidor abierto por su parte superior. Se inserta una lanza enfriada con agua a través de la abertura superior y se sopla oxígeno desde la lanza en múltiples chorros hacia el metal fundido. Este oxígeno quema el carbono contenido en el hierro fundido, fundiendo la chatarra, y creando un baño acero líquido.

15 La velocidad a la que el carbono es quemado por el oxígeno determina la productividad del proceso BOF. Cuando el acero líquido parcialmente refinado contiene más de aproximadamente el 0,3 por ciento en peso de carbono disuelto, la oxidación del carbono se produce tan rápidamente como pueda soplar el oxígeno a través de la lanza al baño de acero líquido. Sin embargo, por debajo del 0,30 por ciento de carbono, la velocidad de oxidación del carbono depende del transporte del carbono disuelto desde masa interior del baño de acero hasta el área donde el chorro de oxígeno impacta con el baño.

20 Un problema que hay con el proceso BOF convencional es que la agitación y la mezcla en la masa interior del baño de acero son relativamente pobres. Como resultado, por debajo de aproximadamente el 0,30 por ciento en peso de carbono, el transporte del carbono desde la masa interior del baño a la zona de reacción es lento y la descarburación es ineficaz. A medida que el contenido de carbono disminuye, una creciente cantidad de oxígeno reacciona con el metal en vez de con el carbono. La oxidación metálica da como resultado pérdidas a la escoria de elementos valiosos tales como hierro y manganeso. Esta oxidación metálica es también costosa debido a que se consume oxígeno por encima de los requisitos de la elaboración del acero, y aumenta el tiempo para completar el refinado del baño. Además, la oxidación de otros materiales metálicos aleantes puede reducir la calidad del acero y aumentar la cantidad de la costosa formación de una nueva aleación que se requiere. La oxidación metálica en exceso aumentará también la temperatura de la masa fundida y el contenido de óxidos de la escoria, que son perjudiciales para el revestimiento refractario del convertidor de refinado. Todos estos problemas reducen la eficacia y aumentan el coste del proceso BOF.

35 El documento US 6.432.163 B1 se refiere, según parece, a un proceso BOF en el que en una primera fase ("soplado suave"), se suministra al acero fundido oxígeno rodeado de una cortina protectora de gas, y en una segunda fase ("soplado severo") el oxígeno está rodeado por una llama en forma de cortina protectora cuando está siendo suministrado al acero fundido. Durante la fase de soplado suave, el oxígeno se reparte desde un anillo exterior de orificios y el gas inerte se reparte desde un anillo interior de orificios para formar una cortina protectora de gas que rodea a las corrientes de gas del soplado suave y permite que las corrientes de gas del soplado suave se expandan.

40 El documento US 4.397.685 se refiere a un proceso BOF, en el que cuando el contenido de carbono de la masa fundida disminuye, se inyecta gas inerte en la masa fundida. Se menciona que es necesario realizar una buena mezcla en el baño para un refinado eficaz de la masa fundida.

45 El documento EP 0965649 A1 se refiere a un método de inyección de oxígeno en un metal fundido, en el que se menciona que el gas principal, que está rodeado por una llama en forma de cortina protectora, y que es oxígeno, se puede cambiar para que sea un gas inerte, tal como el argón, para suministrar el argón al metal fundido con el fin de agitar el metal fundido. En particular, la concentración de oxígeno en el gas principal puede disminuir de una manera programada reemplazando el oxígeno por un gas inerte.

El documento US 6604937 B1 se refiere a una lanza de chorro coherente con un único anillo de orificios de salida alrededor de una pluralidad de boquillas.

50 Es un objeto de esta invención proporcionar un proceso mejorado de soplado desde arriba, tal como un proceso BOF mejorado, para la producción de acero de bajo contenido en carbono.

Resumen de la invención

El anterior y otros objetos, que serán evidentes para los expertos en la técnica tras la lectura de esta descripción, se consiguen mediante la presente invención, que es un método para producir acero de bajo contenido en carbono como se define en la reivindicación 1.

5 Según se usa aquí, el término “acero de bajo contenido en carbono” significa un acero que tiene una concentración de carbono inferior al 0,1 por ciento en peso.

Según se usa aquí, el término “gas inerte” significa uno o más gases entre argón, nitrógeno, monóxido de carbono, dióxido de carbono y helio.

Según se usa aquí, el término “cortina protectora de gas” significa una envoltura gaseosa que no entra en combustión, que está alrededor y a lo largo de una o más corrientes de gas.

10 Según se usa aquí, el término “llama en forma de cortina protectora” significa una envoltura gaseosa que entra en combustión, que está alrededor y a lo largo de una o más corrientes de gas.

Según se usa aquí, el término “chorro coherente” significa una corriente supersónica de gas que tiene poco, o que no tiene, aumento de diámetro en su dirección de flujo.

15 Según se usa aquí, el término “chorro convencional” significa una corriente supersónica de gas que tiene un aumento de diámetro en su dirección de flujo.

Breve descripción de los dibujos

La Figura 1 es una vista frontal de una lanza particularmente preferida para usar en la práctica de esta invención.

La Figura 2 es una vista en corte transversal de la lanza particularmente preferida para usar en la práctica de esta invención.

20 La Figura 3 es una representación generalizada del método de esta invención en funcionamiento.

La Figura 4 es una representación gráfica de los resultados obtenidos con la práctica de esta invención, comparados con los resultados obtenidos con dos prácticas conocidas.

Descripción detallada

25 La invención es un método que emplea tres etapas diferentes, en un orden especificado, por el que se produce acero de bajo contenido en carbono mediante el suministro de oxígeno al acero fundido desde encima de la superficie del acero fundido. El oxígeno reacciona con el carbono del acero fundido dentro de un convertidor para producir dióxido de carbono y monóxido de carbono que burbujea hacia el exterior del acero fundido, disminuyendo así la concentración de carbono y produciendo acero de bajo contenido en carbono.

30 La invención se describirá con mayor detalle con referencia a los dibujos. Los números en los dibujos son los mismos para los elementos comunes.

35 Habitualmente, aproximadamente el 75 por ciento del hierro cargado en el convertidor BOF, como el convertidor 11 ilustrado en la Figura 3, es metal caliente procedente de un alto horno, y el 25 por ciento restante del hierro cargado en el convertidor es chatarra de acero. La carga 15, antes del comienzo del proceso de refinado en tres etapas de esta invención, tiene una concentración de carbono superior al 0,30 por ciento en peso, y habitualmente tiene una concentración de carbono dentro del intervalo de 4,0 a 4,5 por ciento en peso.

40 La primera etapa del método de refinado de esta invención abarca de aproximadamente el 30 a aproximadamente el 70 por ciento del periodo de refinado, es decir, de aproximadamente el 30 a aproximadamente el 70 por ciento del oxígeno total suministrado al acero fundido durante el método de refinado de esta invención se suministra durante la primera etapa. Al comienzo del periodo de refinado se añaden fundentes tales como cal y dolomita para conseguir la química deseada de la escoria 12 y neutralizar el dióxido de silicio que se forma durante la primera etapa.

45 Durante la primera etapa del método de refinado de esta invención se suministra oxígeno en al menos una corriente desde la punta de la lanza, o desde el frontal de la lanza, al acero fundido. Una cortina protectora de gas envuelve las corrientes de oxígeno. Preferiblemente la cortina protectora de gas se extiende desde la punta de la lanza hasta la superficie del acero fundido. La cortina protectora de gas comprende oxígeno y un gas inerte. Preferiblemente, el gas inerte para la cortina protectora de gas es nitrógeno.

Las Figuras 1 y 2 ilustran un aparato preferido para la práctica de cada una de las tres etapas del método de refinado de esta invención. Al usar el aparato ilustrado en las Figuras 1 y 2, se suministra oxígeno desde cuatro boquillas 2 a través de cuatro aberturas 4 de las boquillas que hay en el frontal 6 de la lanza 3. Un anillo 20 de orificios en una ranura 21 rodea las boquillas en la punta de la lanza, y el oxígeno y el gas inerte se suministran desde esos orificios

para formar la cortina protectora de gas. Preferiblemente, se suministra oxígeno desde un primer grupo de orificios, por ejemplo 22, y se suministra gas inerte desde un segundo grupo de orificios, por ejemplo 23, que se alternan con los orificios del primer grupo.

5 La cortina protectora de gas que hay alrededor de las corrientes de oxígeno origina que las corrientes de gas formen chorros convencionales. Los chorros supersónicos convencionales decaen rápidamente a velocidades subsónicas, momento en el que el chorro se esparce con un semiángulo de aproximadamente 10 grados, que da como resultado un chorro menos penetrante y un gran área de superficie de contacto con la atmósfera circundante y el baño. Es menos probable que tales corrientes de oxígeno sean reflejadas por la chatarra sin fundir que está presente durante el comienzo del periodo de refinado que originaría daños en la lanza o en el revestimiento del convertidor.

10 Los chorros convencionales son turbulentos y arrastran una significativa cantidad de la atmósfera que los rodea, que contiene un alto porcentaje de monóxido de carbono. El monóxido de carbono entra en post-combustión con los chorros de oxígeno para dar dióxido de carbono, y el calor resultante que se libera aumenta la cantidad de chatarra que se puede fundir, lo que disminuye el coste y aumenta la productividad. El oxígeno adicional contenido en la cortina protectora anular de gas, usado con los chorros convencionales, reacciona también con el monóxido de carbono y aumenta más la cantidad de post-combustión que tiene lugar. La mezcla del baño es menos importante durante la porción inicial del soplado debido a que los niveles de carbono y la eficacia de la descarburación son altos y las velocidades y cantidades de pérdida de hierro por oxidación son bajas. Por lo tanto, los reducidos niveles de mezcla en el baño, proporcionados por los chorros supersónicos convencionales durante este periodo inicial, no disminuyen significativamente la producción.

20 Después de que al cero fundido se le haya suministrado del 30 a aproximadamente el 70 por ciento del oxígeno para la descarburación del acero fundido, y que el contenido de carbono del acero fundido se haya reducido a aproximadamente al 0,3 por ciento en peso y, de forma general, a dentro del intervalo de 1,0 a 0,2 por ciento en peso, se concluye la primera etapa del método de refinado de esta invención, y se inicia la segunda etapa. Durante la segunda etapa del método de refinado de esta invención, se suministra oxígeno al cero fundido en al menos una corriente procedente de la punta de la lanza o del frontal de la lanza. Una llama en forma de cortina protectora envuelve la corriente, o corrientes, de oxígeno. Preferiblemente, la llama en forma de cortina protectora se extiende desde la punta de la lanza hasta la superficie del acero fundido.

30 En la práctica de esta invención se puede usar cualquier combustible adecuado para producir la llama en forma de cortina protectora. Preferiblemente, el combustible es un combustible que contenga hidrógeno. Entre estos combustibles se puede señalar al metano, gas natural, propano, butano, gas del petróleo, gas de horno de coque, aceites combustibles gasificados o evaporados e hidrógeno, y sus mezclas. También se pueden usar mezclas de combustibles que contienen hidrógeno con monóxido de carbono o gases inertes.

35 Al emplear el aparato ilustrado en las Figuras 1 y 2, el combustible para la llama en forma de cortina protectora es suministrado, preferiblemente, desde los orificios a través de los cuales se suministró el gas inerte durante la primera etapa, y el oxígeno para la llama en forma de cortina protectora es suministrado, preferiblemente, desde los mismos orificios a través de los cuales fue suministrado para formar la llama en forma de cortina protectora durante la primera etapa. El oxígeno de refinado durante la segunda etapa es suministrado a través de las mismas boquillas que durante la primera etapa.

40 La llama en forma de cortina protectora alrededor de la corriente, o corrientes, de oxígeno durante la segunda etapa del método de refinado de esta invención, origina que la corriente, o corrientes, de oxígeno formen chorros de oxígeno coherentes. Preferiblemente, el chorro o los chorros coherentes se extienden desde la punta de la lanza hasta la superficie del acero fundido.

45 Los hornos básicos de oxígeno con frecuencia sufren proyecciones de metal y de escoria desde el horno debido a la rápida reacción del oxígeno y el FeO de la escoria con el carbono, que da como resultado altas tasas de desprendimiento de monóxido de carbono que arrastran el metal y la escoria, y los transportan fuera del convertidor. Esto da como resultado una pérdida de rendimiento, la acumulación de escoria y de metal solidificado en la boca y en el cono del horno, que requiere que sean retirados periódicamente, y la pérdida de producción asociada, desprendimientos de humos que no pueden ser capturados por el sistema de descarga de gases, y posibles daños en la campana de captura de humos del BOF. Con frecuencia, es deseable ser capaces de fundir en el BOF tanta chatarra pesada como sea posible, como por ejemplo películas metálicas solidificada, restos del mecanizado, chatarra del pozo de escoria, etc., debido a su inferior coste. Sin embargo, una falta de agitación y la pobre transferencia de calor asociada pueden dar como resultado que la fusión tardía, o incluso la chatarra sin fundir, afecten negativamente al control de la química y de la operación global del horno. El cambio de chorros convencionales a chorros coherentes aumenta la agitación del baño y la transferencia de calor, y permite que se use chatarra pesada sin encontrar los problemas asociados a la fusión incompleta o tardía.

55 A medida que transcurre el soplado de refinado en el BOF, la velocidad que limita el paso de la retirada de carbono cambia de la velocidad de inyección del oxígeno (caudal total de O₂ a través de la lanza) a la de transferencia de masa de carbono dentro del baño. El cambio de chorros convencionales a coherentes aumenta la velocidad de transferencia de masa de carbono en el baño, debido a la mezcla incrementada en el baño proporcionada por los

chorros que penetran más profundamente. Esto da como resultado una retirada más eficaz del carbono y menos formación de FeO, lo que da como resultado una producción de Fe mejorada. El punto específico del soplado en el que se hace el cambio de la primera etapa a la segunda etapa está basado en el contenido de silicio del metal caliente y en la importancia relativa de cada uno de los anteriores factores de ambos modos de operar, con chorro convencional y coherente, y en la optimización global de la operación del horno y el coste.

Después de la segunda etapa del método de refinado de esta invención, el acero fundido tiene, por lo general, una concentración de carbono inferior al 0,3 por ciento en peso y, habitualmente, dentro del intervalo de 0,3 a 0,02 por ciento en peso. En este punto se inicia la tercera etapa del método de refinado de esta invención.

Durante la tercera etapa del método de refinado de esta invención, se suministra al acero fundido gas inerte, u oxígeno y gas inerte, en el que el gas inerte comprende al menos el 10 por ciento en moles de oxígeno y gas inerte, en al menos una corriente desde la punta de la lanza o desde el frontal de la lanza. Una llama en forma de cortina protectora envuelve la corriente o las corrientes. Preferiblemente, la llama en forma de cortina protectora se extiende desde la punta de la lanza hasta la superficie del acero fundido. Al emplear el aparato ilustrado en las Figuras 1 y 2, la llama en forma de cortina protectora se forma de una manera similar a la manera en que se forma durante la segunda etapa del método de refinado de esta invención. El gas inerte, o el oxígeno y gas inerte, suministrado durante la tercera etapa del método de refinado de esta invención, es suministrado a través de los orificios 2. El gas inerte preferido, empleado durante la tercera etapa del método de refinado de esta invención, es argón.

La llama en forma de cortina protectora alrededor de la corriente, o de las corrientes, de gas inerte, o de oxígeno y gas inerte, durante la tercera etapa del método de refinado de esta invención origina que la corriente, o las corrientes, de gas inerte, o de oxígeno y gas inerte, formen chorros coherentes. Preferiblemente, el chorro, o los chorros, coherentes se extienden desde la punta de la lanza hasta la superficie del acero fundido. A la conclusión de la tercera etapa, el acero fundido tiene una concentración de carbono inferior al 0,10 por ciento en peso.

En la Figura 3, el elemento 16 es una representación generalizada de la corriente, o las corrientes centrales, es decir oxígeno en la primera y en la segunda etapa, y gas inerte u oxígeno y gas inerte, en la tercera etapa, y de las cortinas protectoras, es decir, de la cortina protectora de gas durante la primera etapa y la llama en forma de cortina protectora durante la segunda y la tercera etapa, empleadas en la práctica del método de refinado de esta invención.

El uso de la tercera etapa de la práctica de esta invención, junto con la primera y la segunda etapa, sirve para reducir las zonas no homogéneas en composición química y en la temperatura del metal fundido, debido a la falta de una mezcla apropiada en el baño de metal sin excesiva oxidación del baño de metal y oxidación de la escoria. Los efectos beneficiosos de la mezcla mejorada que resulta de los chorros coherentes de gas inerte, o de oxígeno y gas inerte, soplados desde arriba sobre los metales licuados con bajo contenido en carbono, incluyen una incrementada descarbonación del acero, un contenido reducido FeO en la escoria, lo que da como resultado una mejor producción de hierro, y una reducida erosión del material refractario inducida por la escoria, un reducido oxígeno disuelto en el metal que da como resultado un inferior consumo de aluminio en la cuchara de colada, un contenido de manganeso más alto en el metal, que da como resultado un consumo inferior de ferromanganeso, una incrementada desulfuración y desfosforización, y una reducida captación de hidrógeno.

En la Figura 4 se muestra una comparación, para tres ensayos, del nivel de oxígeno disuelto en el acero refinado como una función del nivel final del carbono disuelto. La curva A ilustra eso para un proceso BOF convencional con agitación en el fondo con chorros convencionales de oxígeno ($40.000 \text{ Nm}^3/\text{h}$) y argón soplado a través de toberas en el fondo del convertidor ($800 \text{ Nm}^3/\text{h}$). La curva B ilustra eso para un proceso BOF agitado en el fondo con chorros coherentes de oxígeno y con argón soplado a través de toberas en el fondo del convertidor. La curva C ilustra eso para la invención que, en este ejemplo, se usaron chorros coherentes de argón soplados desde arriba en vez soplar argón a través de toberas en el fondo del convertidor. El nivel de oxígeno disuelto refleja la cantidad de elementos metálicos que se han oxidado y se han perdido en la escoria. También refleja la cantidad de desoxidante, por ejemplo aluminio, que se debe usar para retirar el oxígeno disuelto y hacer que el acero quede adecuado para la colada. Como se puede ver a partir de los resultados registrados en la Figura 4, la práctica de la invención produce resultados que son superiores a los que se pueden conseguir con las prácticas conocidas, en concreto a muy bajos niveles de carbono.

REIVINDICACIONES

1. Un método para producir acero de bajo contenido en carbono, que comprende las siguientes etapas secuenciales de refino:
 - 5 (A) suministrar oxígeno, en al menos una corriente envuelta en una cortina protectora de gas, desde una lanza al acero fundido que tiene una concentración de carbono superior al 0,30 por ciento en peso, en el que la cortina protectora de gas se proporciona desde la lanza a través de un único anillo de orificios que hay alrededor de una pluralidad de boquillas; después de eso,
 - (B) suministrar oxígeno en al menos una corriente envuelta en una llama en forma de cortina protectora desde la lanza hasta el acero fundido; y después de eso,
 - 10 (C) suministrar gas inerte, u oxígeno y gas inerte, en al menos una corriente envuelta en una llama en forma de cortina protectora desde la lanza hasta el acero fundido; sirviendo dichas etapas de refino para producir acero de bajo contenido en carbono.
2. El método de la reivindicación 1, en el que la cortina protectora de gas comprende oxígeno y nitrógeno.
3. El método de la reivindicación 1, en el que el oxígeno se suministra en una pluralidad de corrientes en
15 ambas etapas (A) y (B).
4. El método de la reivindicación 1, en el que el oxígeno y el gas inerte se suministran en una pluralidad de corrientes en la etapa (C).
5. El método de la reivindicación 1, en el que el gas inerte empleado en la etapa (C) es argón.

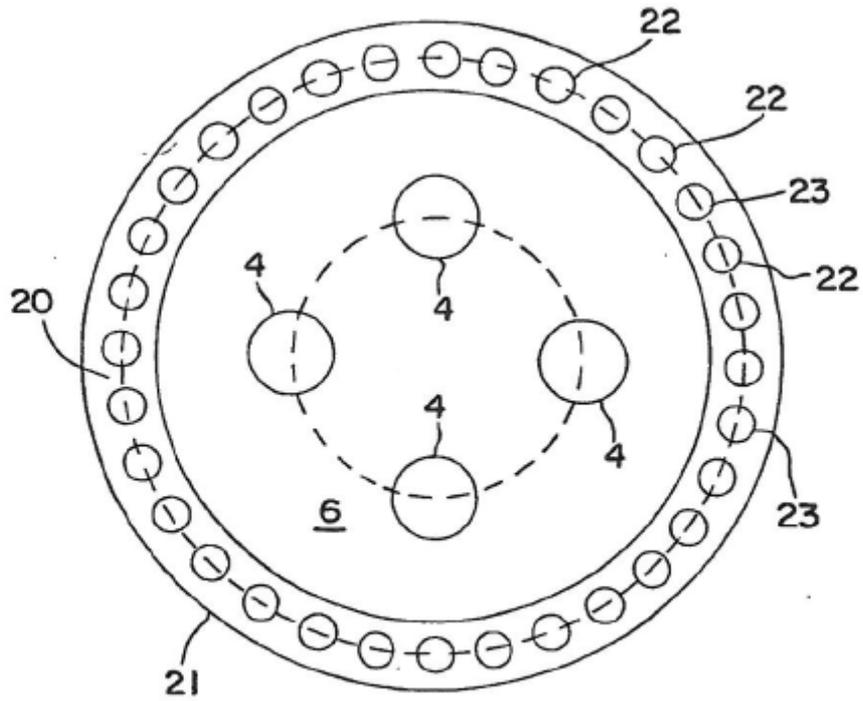


FIG. 1

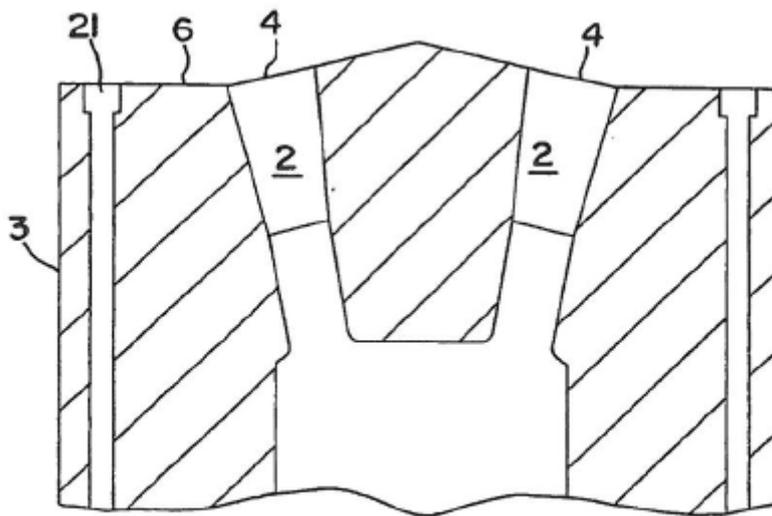


FIG. 2

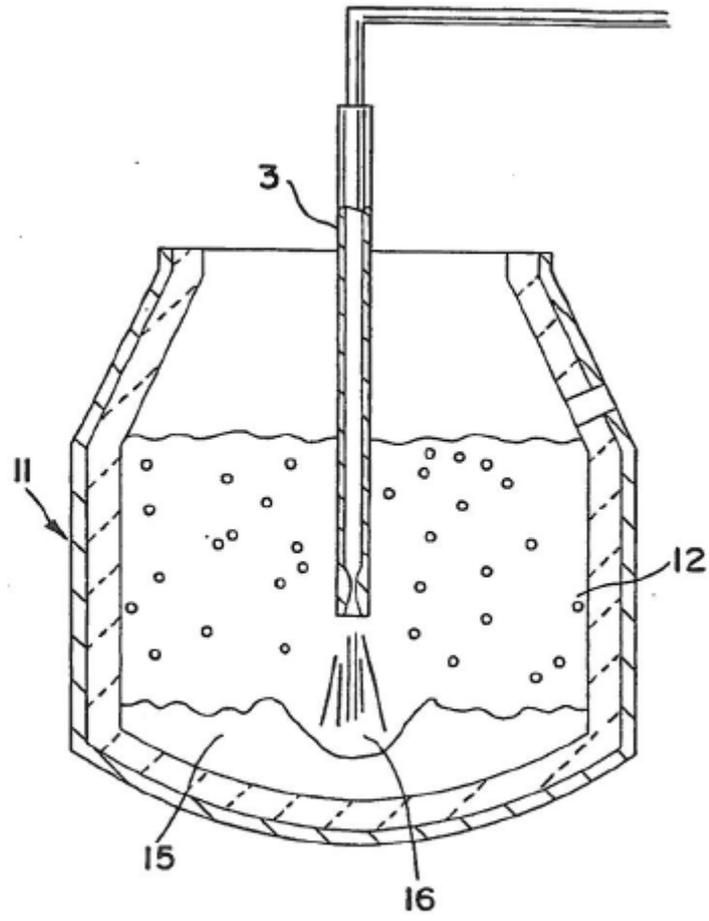


FIG. 3

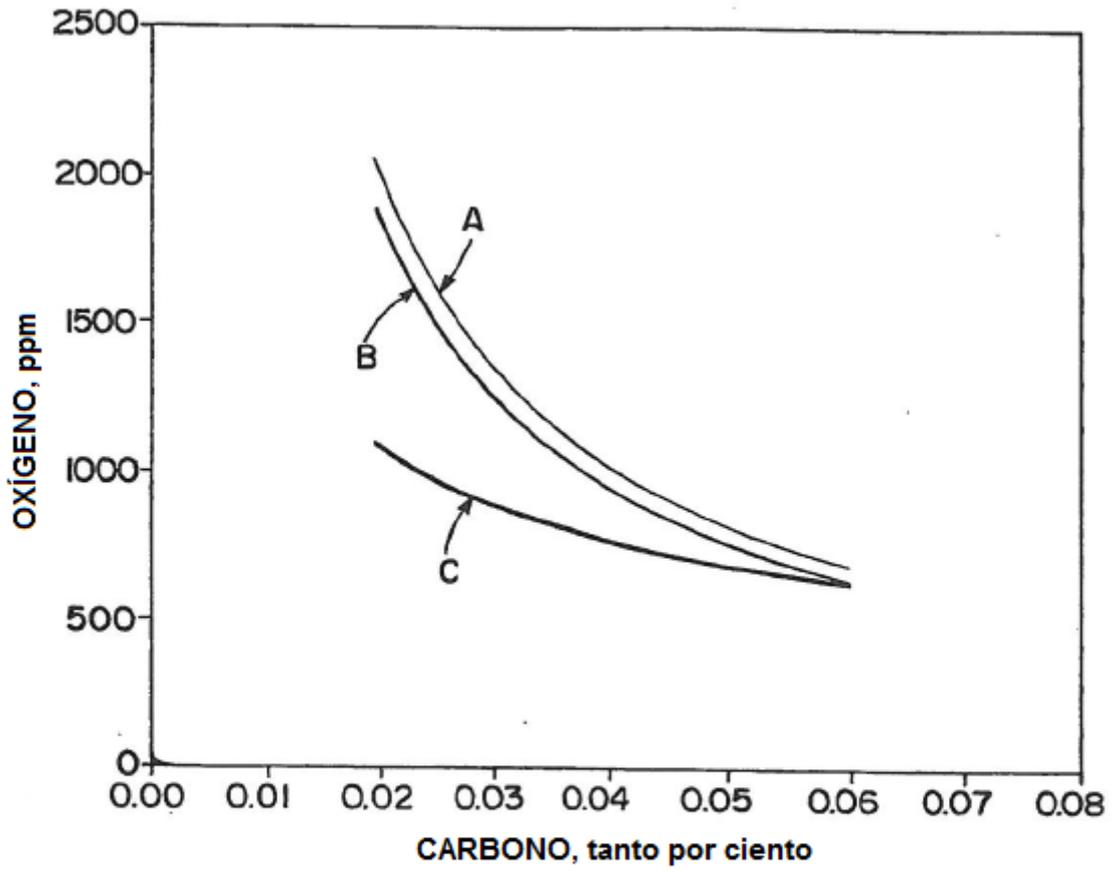


FIG. 4