

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 395 761**

51 Int. Cl.:

C21C 5/52 (2006.01)

F27D 21/00 (2006.01)

F27D 19/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.09.2010 E 10009599 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **31.10.2012 EP 2302080**

54 Título: **Procedimiento y dispositivo para el control de la generación de una escoria espumosa en una colada metálica**

30 Prioridad:

29.09.2009 DE 102009043639

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

14.02.2013

73 Titular/es:

**SMS SIEMAG AKTIENGESELLSCHAFT (100.0%)
Eduard-Schloemann-Strasse 4
40237 Düsseldorf, DE**

72 Inventor/es:

REICHEL, JOHANN

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 395 761 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

Procedimiento y dispositivo para el control de la generación de una escoria espumosa en una colada metálica

La presente invención se refiere a un procedimiento y a un dispositivo para el control de la generación de una escoria espumosa en una colada metálica.

5 La presente invención se refiere particularmente a un procedimiento para el control de escoria espumosa de una colada de acero en un horno de arco voltaico.

A la colada metálica se añade en un horno de arco voltaico una mezcla que contiene al menos un óxido de metal y carbono. La mezcla reacciona químicamente en la zona entre la colada metálica y la capa de escoria cuando se introduce en ese lugar. A este respecto comienza un proceso de reducción del óxido de metal. Durante el proceso
10 de reducción del óxido de metal con el carbono se produce monóxido de carbono (CO). El CO da lugar a una formación de burbujas y forma espuma en la escoria.

Durante el funcionamiento de un horno de arco voltaico se funde la carga, tal como la chatarra a fundir, en el horno mediante el arco voltaico de los electrodos. La función primaria de la escoria espumosa consiste en la retirada de constituyentes indeseados de la colada metálica. La escoria espumosa cumple, debido al estado espumado,
15 además una función de protección. La escoria espumosa rellena al menos parcialmente el espacio entre los extremos de los electrodos y la superficie de metal y protege, debido a su reducida conductividad térmica, la mampostería refractaria del horno frente a la energía de radiación del arco voltaico. La radiación del arco voltaico se reduce intensamente frente a la pared del horno de arco voltaico y se mejora la aportación de energía a la colada metálica.

20 El arco voltaico envuelto o recubierto por escoria espumosa emite menos ruidos al entorno, por lo que se mejoran las condiciones del entorno en la zona del horno. La escoria espumosa disminuye las tensiones mecánicas y térmicas en las puntas de los electrodos y reduce pérdidas térmicas, el sonido y la formación de polvo disminuyen durante el periodo de fusión y sobrecalentamiento.

25 Por el documento WO 2007/087979 A1 se conoce un procedimiento para la generación de una escoria espumosa en una colada metálica en un horno metalúrgico. En el procedimiento se introduce una mezcla que contiene óxido de metal y carbono en el horno.

El documento DE 10 2005 034409 desvela un procedimiento (y un dispositivo) para la medición de la altura de la escoria espumosa en un horno de arco voltaico, midiéndose las oscilaciones en el horno de arco voltaico con sensores de sonido propagado a través de cuerpos sólidos y transmitiéndose para la evaluación.

30 Por el documento EP 0637634 A1 se conoce un procedimiento para la producción de una colada de metal, particularmente una colada de acero, en un horno de arco voltaico. A este respecto se cubre la superficie del baño durante los periodos de baño plano con una escoria espumosa. La altura de capa de la escoria espumosa a este respecto se dimensiona de tal manera que la escoria espumosa se extiende al menos a lo largo de todo el arco voltaico. La medición del nivel se realiza a través de un método de medición de alta temperatura óptico con una
35 cámara de vídeo de alta temperatura o un radar de alta temperatura.

Por el documento WO 2007/009924 A1 se conoce un procedimiento para la determinación de al menos una magnitud de estado de un horno de arco voltaico con al menos un electrodo. A este respecto se establece el suministro de energía al horno de arco voltaico con ayuda de al menos un sensor eléctrico. Se miden oscilaciones en el horno de arco voltaico. Se determina al menos una magnitud de estado con ayuda de una función de
40 transmisión que se establece mediante evaluación de las oscilaciones medidas y mediante evaluación de datos de medición del al menos un sensor eléctrico.

45 Para conseguir las ventajas que se han mencionado anteriormente de la escoria espumosa es muy necesario que la escoria espumosa esté presente siempre a una altura predeterminada en el horno de arco voltaico. En procedimientos conocidos se ha demostrado que el control preciso de la cantidad/altura de la escoria espumosa es difícil.

La invención se basa en el objetivo de proporcionar un procedimiento mejorado y fiable así como un dispositivo correspondiente para el control o la regulación de la formación de escoria espumosa, para que se produzca y se mantenga una cantidad/altura óptima de escoria espumosa en el horno de arco voltaico.

50 Este objetivo se resuelve mediante un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1. Comprende las siguientes etapas:

5 determinación continua de la magnitud de la amplitud de oscilación y/o la frecuencia de oscilación del horno de arco voltaico, representando la amplitud de oscilación y/o la frecuencia de oscilación la altura de capa real de la escoria espumosa en el horno de arco voltaico; adición de una mezcla que contiene al menos un óxido de metal y carbono en el horno de arco voltaico en respuesta a la amplitud de oscilación y/o frecuencia de oscilación medida, de tal manera que se produce o mantiene una altura (h) de capa teórica deseada de la escoria espumosa (1); y estableciéndose la magnitud de la amplitud de oscilación y/o de la frecuencia de oscilación del horno de arco voltaico mediante evaluación de las oscilaciones medidas en al menos un electrodo en el horno de arco voltaico, por ejemplo, mediante un vibrómetro de láser Doppler.

10 Por debajo de la colada se reduce el óxido de metal por el carbono. Los gases que se producen durante la reducción forman burbujas en la escoria y se forma espuma en la escoria.

La altura de capa de la escoria espumosa se mantiene de forma dirigida en un nivel deseado, habiéndose de entender por el intervalo de la altura un marco de tolerancia admisible para la altura de la capa de escoria espumosa.

A este respecto, la adición de la mezcla que contiene al menos un óxido de metal y carbono puede realizarse de forma tanto continua como en intervalos temporales predefinidos.

15 Se halló que existen condiciones óptimas para la formación de espuma cuando se realiza la adición de la mezcla con una cantidad de 3 a 20 kg por minuto y por tonelada de colada metálica. De forma particularmente preferente, la adición se encuentra entre 5 y 15 kg por minuto y por tonelada de colada metálica.

20 Como horno metalúrgico se utiliza la mayoría de las veces un horno de arco voltaico o un grupo de fusión con electrodos. A este respecto está previsto que con la pared del horno configurada esencialmente de forma circular y con la disposición esencialmente central de al menos un electrodo del horno se realice la adición de la mezcla sobre una superficie de anillo circular entre los electrodos y la pared. Se ha visto que es ventajoso que la adición de la mezcla se realice en la zona del centro radial de la superficie de anillo circular.

25 Se puede utilizar una mezcla que además del óxido de metal y carbono presente además un material de soporte de hierro y/o cromo. Además puede presentar un material aglutinante. El manejo de la mezcla se simplifica si contiene briquetas o pellas.

30 Los materiales que dan lugar a la formación de una escoria espumosa generalmente son sólidos, tales como carbón, coque, madera, cementita, hierro directamente reductor (DRE), hierro aglomerado en caliente (HBE), mena, polvo de filtro, calamina, lodo seco y triturado, formadores de escoria tales como cal, piedra caliza, dolomita, fluorita así como mezclas de los mismos y gases, tales como O₂, aire, N₂, gas natural e hidrocarburos, H₂O (vapor) así como mezclas de los mismos.

35 En el procedimiento de acuerdo con la invención se mantiene la cantidad de escoria espumosa dentro de límites deseados, la denominada banda teórica, de tal manera que se puede utilizar de forma optimizada el efecto ventajoso de la escoria espumosa. La expresión "banda teórica", por lo tanto, indica en la descripción en primer lugar un intervalo óptimo para la cantidad o la altura de capa de la escoria. Sin embargo, al mismo tiempo indica también un intervalo óptimo / una anchura de banda óptima para la amplitud o frecuencia de las oscilaciones del horno de arco voltaico, que representan la altura de capa de la escoria.

En el procedimiento de acuerdo con la invención se establece la magnitud de la amplitud de oscilación y/o la frecuencia de oscilación del horno de arco voltaico mediante evaluación de las oscilaciones medidas en los electrodos en el horno de arco voltaico mediante un vibrómetro de láser Doppler de forma continua y sin contacto.

40 En el procedimiento de acuerdo con la invención se miden como alternativa oscilaciones que parten del arco voltaico del electrodo del horno de arco voltaico.

45 Un vibrómetro de láser Doppler es un aparato de medición para la cuantificación de oscilaciones mecánicas. A este respecto se mide la frecuencia de oscilación de un electrodo. Los vibrómetros de láser Doppler contienen un láser que se enfoca sobre la superficie a medir del electrodo o del brazo de electrodo. Debido al efecto Doppler, con un movimiento de la superficie a medir del electrodo, se desplaza la frecuencia de la luz láser dispersada de vuelta. Este desplazamiento de la frecuencia se evalúa en el vibrómetro con ayuda de un interferómetro y se emite como señal de tensión o corriente de datos digital.

50 Un láser (ampliación de luz mediante emisión estimulada de radiación) es una fuente artificial de radiación dirigida. El efecto Doppler es la modificación de la frecuencia medida de oscilaciones mientras que el electrodo y el vibrómetro de láser Doppler se aproximan entre sí o se alejan uno de otro.

Si se aproxima el electrodo al vibrómetro de láser Doppler aumenta la frecuencia medida por el vibrómetro de láser Doppler, si se aleja el electrodo del vibrómetro de láser Doppler, disminuye la frecuencia.

5 La altura de capa de la escoria espumosa en el horno de arco voltaico se establece de acuerdo con la invención mediante medición de oscilación sin contacto de los electrodos durante el diseño del arco voltaico. Con el vibrómetro de láser Doppler se registran las vibraciones de los arcos voltaicos en los electrodos de forma indirecta y continua.

La altura de capa de la escoria espumosa determina la calidad de las oscilaciones. Si los arcos voltaicos están envueltos con escoria espumosa, las oscilaciones se reducen y se estabilizan en un determinado nivel. Debido a este efecto se reducen las tensiones térmicas y mecánicas en las puntas de los electrodos. Por ello disminuye el consumo de los electrodos.

10 La diferencia en la evolución de la señal ofrece un criterio ideal para la adición de material de formación de espuma. Se mide una señal modulada de la oscilación, por tanto, la amplitud y la frecuencia. Después de un procedimiento adicional de filtración se usa esta señal para la adición de agente de formación de espuma.

Por tanto, la altura de capa de la escoria espumosa se registra mediante una medición continua de amplitud y frecuencia y se controla correspondientemente la adición del material de formación de espuma.

15 En el procedimiento de acuerdo con la invención, al abandonar una banda teórica, que se corresponde con la envoltura completa del arco voltaico con escoria espumosa, se realiza la adición de la mezcla con una velocidad mayor o menor.

Al disminuir la amplitud de oscilación y/o la frecuencia de oscilación por debajo de la banda teórica se realiza la adición de la mezcla con una menor velocidad.

20 Al aumentar la amplitud de oscilación y/o la frecuencia de oscilación por encima de la banda teórica se realiza la adición de la mezcla con una mayor velocidad.

Al alcanzar la banda teórica se reduce o detiene la adición de la mezcla. La banda teórica se determina de antemano y la adición se controla de tal manera que la amplitud de oscilación y/o la frecuencia de oscilación se encuentren en la medida de lo posible en la banda teórica.

25 El objetivo de la presente invención se resuelve además mediante un dispositivo para el control de la generación de una escoria espumosa en una colada metálica, produciéndose y/o manteniéndose una altura de capa deseada de la escoria espumosa. El dispositivo comprende un horno de arco voltaico con al menos un electrodo, al menos un arco voltaico, al menos un equipo de suministro para una mezcla, que contiene al menos un óxido de metal y carbono, y al menos un vibrómetro de láser Doppler que está colocado preferentemente en el exterior del horno de arco voltaico, para el registro de oscilaciones del horno de arco voltaico, que representan la altura de capa real de la escoria; y un equipo de control o regulación para el control/la regulación de la altura de capa de la escoria espumosa en respuesta a las oscilaciones registradas del horno de arco voltaico.

30 La invención se explica adicionalmente con detalle mediante un dibujo. En el dibujo está representado un ejemplo de realización de la invención.

35 Se muestra:

En la Figura 1, un horno de arco voltaico de acuerdo con el corte A-B según la Figura 2,
En la Figura 2, el horno de arco voltaico de acuerdo con el corte C-D según la Figura 1,
En la Figura 3, una vista lateral esquemática de la medición de las oscilaciones de un electrodo del horno de arco voltaico mediante un vibrómetro de láser Doppler,

40 En la Figura 4, un espectro de la medición de oscilaciones del electrodo durante la adición de agente de formación de espuma y
En la Figura 5, un espectro de la medición de oscilación del electrodo durante la adición de agente de formación de espuma.

45 El horno de arco voltaico 3 representado en las Figuras 1 y 2 sirve para la producción de una colada metálica 2 mediante fusión de producto metálico. Sobre la colada 2 se encuentra una capa de escoria 1. Se debe formar espuma en la escoria 1 para obtener las ventajas que se han mencionado anteriormente.

A través de equipos de suministro 7 adecuados se añade un mezcla 4 que presenta al menos un óxido de metal y carbono. La mezcla 4 puede presentar además un material de soporte que contiene hierro, así como un material aglutinante. La mezcla 4 está prensada preferentemente hasta dar briquetas o pellas. Las líneas discontinuas de los

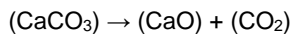
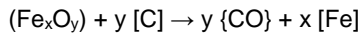
equipos de suministro 7 en dirección a la colada 2 deben indicar cómo deben descargarse las pellas o briquetas sobre la superficie de la escoria 1 o la colada 2.

5 El peso específico o la densidad de prensado de la mezcla 4 están seleccionados de tal manera que se realiza una formación óptima de burbujas con respecto a la intensidad de la reacción y la duración del procedimiento. La mezcla 4, debido al peso específico, después de la introducción en el horno de arco voltaico 3 se mantiene entre la colada metálica 2 y la escoria espumosa 1. Las pellas o briquetas de la mezcla 4 se hunden por debajo de la escoria espumosa 1, sin embargo, flotan sobre la colada metálica 2. Con respecto a estas relaciones se hace referencia al documento WO 2004/104232 A1, cuyo contenido es parte de la presente solicitud.

10 Como se puede ver en la Figura 1, la escoria espumosa 1 presenta una altura h de capa que se debe mantener en un valor teórico deseado o en un intervalo de tolerancias predefinido. Para conseguir esto se introduce de acuerdo con la especificación una cantidad correspondiente de mezcla 4, que contiene al menos un óxido de metal y carbono, por tiempo y con respecto a la masa de la colada 2 en el horno de arco voltaico 3. Esto puede realizarse de forma continua o a intervalos temporales predefinidos. Con separaciones regulares en el tiempo se introduce o aplica la mezcla 4 en el horno de arco voltaico 3 y, con ello, sobre la colada metálica 2. La adición de la mezcla 4 tiene como consecuencia una reacción química. La superposición de todas las reacciones conduce a una reacción total que conduce a una altura de capa h definida de la escoria espumosa 1. La altura de capa h se mantiene preferentemente en un intervalo de tolerancias. La adición de la mezcla 4 a este respecto se selecciona de tal manera que está garantizada, en la medida de lo posible, una formación continua de burbujas.

20 La mezcla 4 se introduce entre la escoria espumosa 1 y la colada metálica 2. Las pellas o briquetas, debido a la diferencia de temperatura entre el entorno y la colada, se envuelven con una cubierta de metal solidificado, por lo que el proceso de fusión y las reacciones químicas del material tienen lugar en el interior de la cubierta. Dependiendo de la diferencia de temperatura se termina la reacción en el interior de la cubierta antes o después de la fusión de la cubierta o más tarde. En el primer caso, el proceso puede conducir al estallido de la partícula, lo que tiene como consecuencia una liberación explosiva de una burbuja de CO, en el segundo caso se formará la burbuja de CO de forma libre en el metal.

25 En este caso se producen, por ejemplo, las siguientes reacciones químicas:



30 Se pueden conseguir resultados óptimos si se añaden entre 5 y 15 kg de mezcla 4 por tonelada (1.000 kg) de colada metálica 2 y por minuto.

Se consigue un resultado de formación de espuma óptimo si, por un lado, la velocidad de la adición de la mezcla 4, por tanto, la cantidad de mezcla 4 por tiempo y por masa de la colada metálica 2, se elige de forma adecuada y, si, por otro lado, se realiza la distribución de la mezcla 4 en la medida de lo posible de forma anular sobre la superficie de la escoria 1 o la colada metálica 2.

35 Con ello se mantiene una altura de capa h deseada de la escoria espumosa 1 a lo largo del tiempo, lo que tiene el efecto ventajoso que se ha mencionado anteriormente.

40 La Figura 3 es una vista lateral de la medición de las oscilaciones de un electrodo 6 del horno de arco voltaico 3 mediante un vibrómetro de láser Doppler 8. Se muestra el principio de la medición como se representa en la Figura 1. A este respecto se registran las vibraciones de los arcos voltaicos 10 en los electrodos 6 de forma indirecta, sin contacto y de forma continua. Se mide la frecuencia de oscilación de un electrodo 6. Un láser 8 se enfoca preferentemente de forma horizontal sobre la superficie a medir del electrodo 6 o el brazo de electrodo. Debido al efecto Doppler, con un movimiento de la superficie a medir del electrodo 6, se desplaza la frecuencia de la luz láser dispersada de vuelta 9. Este desplazamiento de la frecuencia se evalúa en el vibrómetro 8 con ayuda de un interferómetro y se emite como señal de tensión o como corriente de datos digital.

45 La Figura 4 y la Figura 5 muestran espectros de las mediciones de oscilaciones de los electrodos 6 durante la adición de agente de formación de espuma (mezcla 4). Se registra la intensidad o la fuerza de amplitud sobre el eje Y frente al tiempo sobre el eje X. La frecuencia se obtiene como cantidad de oscilaciones por tiempo. Se miden de forma continua oscilaciones de los electrodos 6 a lo largo de la colada 2. Esto se puede ver bien en las oscilaciones oscuras en los bordes de los espectros. Estas oscilaciones muestran una intensidad claramente mayor que las oscilaciones en el intervalo temporal central de los espectros. En el intervalo temporal central de los espectros se representan oscilaciones durante la adición de agente de formación de espuma. Esto se puede ver bien en las oscilaciones más claras en la zona central de los espectros. Esta zona se refiere en la Figura 4 al intervalo de tiempo de aproximadamente 17:29 horas a aproximadamente 17:40 horas y en la Figura 5, al intervalo de tiempo de

aproximadamente 15:48 horas a aproximadamente 16:03 horas. Por tanto, el intervalo de tiempo para la adición de agente de formación de espuma es aproximadamente de 10 min a aproximadamente 20 minutos.

- 5 La diferencia en la evolución de la señal ofrece un criterio ideal para la adición de agente de formación de espuma. Se mide una señal modulada de las oscilaciones, por tanto, la amplitud y frecuencia. La señal se continúa filtrando y se usa como señal de frecuencia F_m filtrada o señal de amplitud A_m filtrada para la adición de agente de formación de espuma. La altura de capa h de la escoria espumosa 1, por tanto, se registra mediante una medición continua de amplitud y frecuencia y se controla correspondientemente la adición del material de formación de espuma. El criterio de control está representado con la banda de amplitud/frecuencia en la siguiente Tabla 1.

Tabla 1

| Paso | Frecuencia | Amplitud | V_b | Comparación V_b |
|------|-----------------------------------|-----------------------------------|----------------|----------------------|
| 1 | $F_{\min} \leq F_m \leq F_{\max}$ | $A_{\min} \leq A_m \leq A_{\max}$ | $V_b = V_{b1}$ | V_{b1} |
| 2 | $F_m \leq F_{\min}$ | $A_m \leq A_{\min}$ | $V_b = V_{b2}$ | $V_{b2} \leq V_{b1}$ |
| 3 | $F_{\max} \leq F_m$ | $A_{\max} \leq A_m$ | $V_b = V_{b3}$ | $V_{b3} \geq V_{b1}$ |

F_m - señal de medición de frecuencia filtrada (primer orden)
 F_{\min} - nivel de señal de frecuencia mínimo
 F_{\max} - nivel de señal de frecuencia máximo
 A_m - señal de medición de amplitud filtrada (primer orden)
 A_{\min} - nivel de señal de amplitud mínimo
 A_{\max} - nivel de señal de amplitud máximo
 V_b - velocidad de adición de la mezcla 4 (kg/min)
 V_{b1} - velocidad de adición teórica de la mezcla 4 en el paso 1
 V_{b2} - velocidad de adición teórica de la mezcla 4 en el paso 2
 V_{b3} - velocidad de adición teórica de la mezcla 4 en el paso 3

- 10 El intervalo de frecuencia y amplitud del paso 1 ($F_{\min} - F_{\max}$ o $A_{\min} - A_{\max}$) se corresponde con la denominada banda teórica, que se corresponde con la envoltura completa del arco voltaico 12 con escoria espumosa 1. Si los arcos voltaicos 12 están envueltos con escoria espumosa 1, se reducen las oscilaciones y se estabilizan en un determinado nivel. En la banda teórica se realiza la adición de la mezcla 4, que contiene al menos un óxido de metal y carbono, con una velocidad V_{b1} .

- 15 Al abandonar la banda teórica, tal como en el paso 2, con $F_m \leq F_{\min}$ o $A_m \leq A_{\min}$ se realiza la adición de la mezcla 4 con una menor velocidad ($V_{b2} \leq V_{b1}$) hasta alcanzar la banda teórica en F_{\min} o A_{\min} .

Al abandonar la banda teórica, tal como en el paso 3, con $F_{\max} \leq F_m$ o $A_{\max} \leq A_m$ se realiza la adición de la mezcla 4 con una mayor velocidad ($V_{b3} \geq V_{b1}$) hasta alcanzar la banda teórica en F_{\max} o A_{\max} .

Lista de referencias:

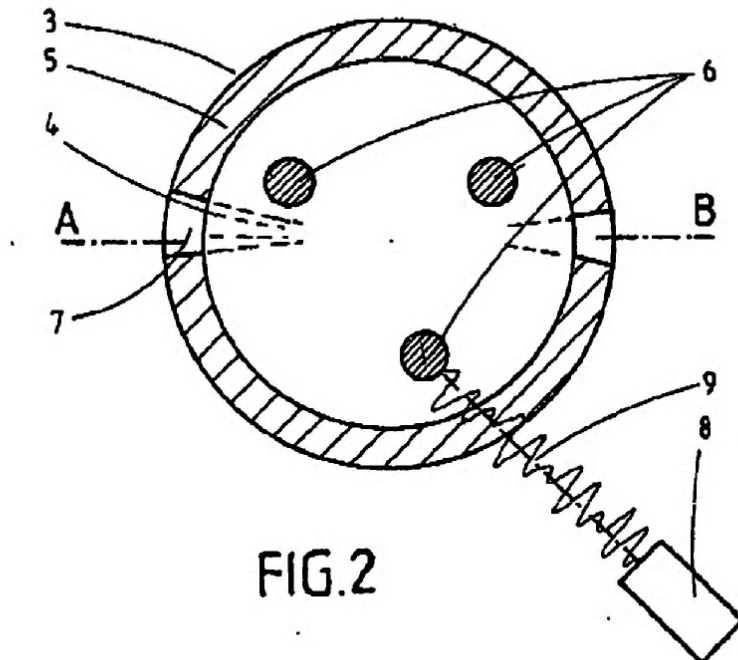
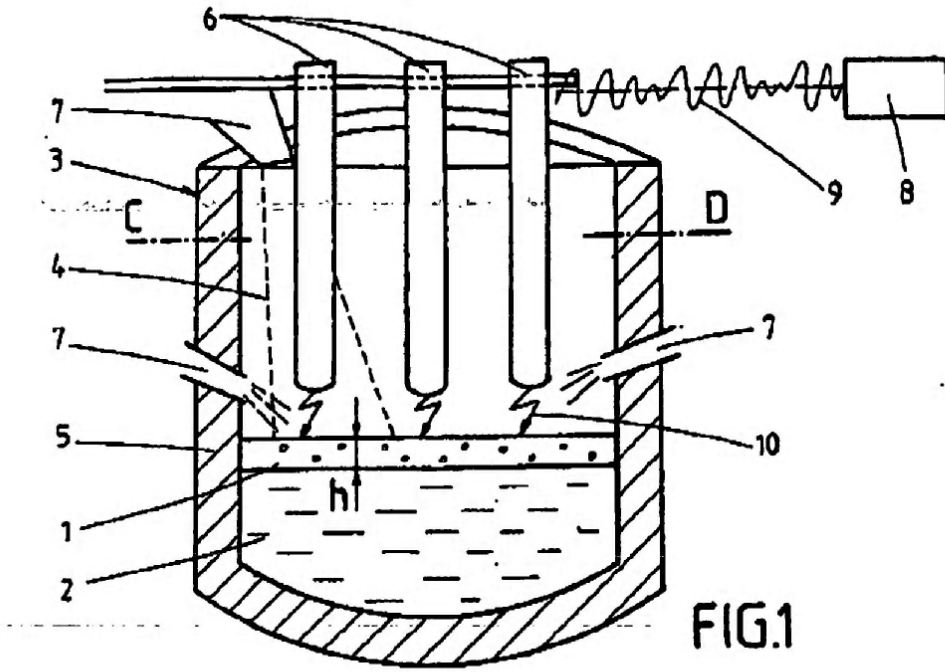
1. Escoria o escoria espumosa
2. Colada metálica
3. Horno de arco voltaico
4. Mezcla
5. Pared
6. Electrodo
7. Equipo de suministro
8. Vibrómetro de láser Doppler
9. Rayo láser
10. Arco voltaico

h Altura de capa de la escoria espumosa

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para el control/la regulación de la generación de una escoria espumosa (1) en una colada metálica (2) en un horno de arco voltaico (3), presentando el procedimiento las siguientes etapas:
 - 5 determinación continua de la magnitud de la amplitud de oscilación y/o la frecuencia de oscilación del horno de arco voltaico, representando la amplitud de oscilación y/o la frecuencia de oscilación la altura de capa real de la escoria espumosa (1) en el horno de arco voltaico;
 - adición de una mezcla (4), que contiene al menos un óxido de metal y carbono, al horno de arco voltaico (3) en respuesta a la amplitud de oscilación y/o la frecuencia de oscilación medida, de tal manera que se produce o se mantiene una altura (h) de capa teórica deseada de la escoria espumosa (1); y
 - 10 estableciéndose la magnitud de la amplitud de oscilación y/o la frecuencia de oscilación del horno de arco voltaico mediante la evaluación de las oscilaciones medidas en al menos un electrodo (6) en el horno de arco voltaico (3) mediante un vibrómetro de láser Doppler (8).
2. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, estableciéndose la magnitud de la amplitud de oscilación y/o la frecuencia de oscilación del horno de arco voltaico mediante evaluación de las oscilaciones que parten de un arco voltaico (10) del electrodo (6) del horno de arco voltaico (3).
3. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 2, realizándose la adición de la mezcla (4) con una velocidad mayor o menor cuando la magnitud medida de la amplitud de oscilación y/o la frecuencia de oscilación del horno de arco voltaico se encuentra en el exterior de una banda de amplitud o frecuencia teórica y, por tanto, la altura de capa real (h) medida de la escoria espumosa (1) ya no es tan grande que el arco voltaico (10) esté envuelto por completo con escoria espumosa (1) a lo largo de toda su altura.
4. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 3, realizándose con disminución de la amplitud de oscilación y/o la frecuencia de oscilación por debajo de la banda teórica la adición de la mezcla (4) con una menor velocidad.
5. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 3, realizándose con aumento de la amplitud de oscilación y/o la frecuencia de oscilación por encima de la banda teórica la adición de la mezcla (4) con una mayor velocidad.
- 25 6. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 2, reduciéndose o deteniéndose la adición de la mezcla (4) al alcanzar la banda teórica.
7. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 6, realizándose la adición de la mezcla (4) de forma continua.
8. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 6, realizándose la adición de la mezcla (4) a intervalos de tiempo predefinidos.
- 30 9. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 8, introduciéndose la mezcla (4) entre la colada metálica (2) y la escoria (1).
10. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 9, presentando la mezcla (4) además un material de soporte de hierro y/o cromo.
- 35 11. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 10, presentando la mezcla (4) además un material aglutinante.
12. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 11, conteniendo la mezcla (4) briquetas y/o pellas.
13. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 12, reduciéndose por debajo de la escoria (1) el óxido de metal por el carbono y formando los gases que se producen durante la reducción burbujas en la escoria (1) y formándose espuma en la escoria (1).
- 40 14. Dispositivo para el control de la generación de una escoria espumosa (1) en una colada metálica (2), produciéndose y/o manteniéndose una altura (h) de capa deseada de la escoria espumosa (1), que comprende un horno de arco voltaico (3) con al menos un electrodo (6), al menos un arco voltaico (10), al menos un equipo de suministro (7) para una mezcla (4), que contiene al menos un óxido de metal y carbono, y al menos un vibrómetro de láser Doppler (8) que está colocado preferentemente en el exterior del horno de arco voltaico (3), para el registro de oscilaciones del horno de arco voltaico, que representan la altura de capa real de la escoria; y un equipo de control o regulación para el control/la regulación de la altura (h) de capa de la escoria espumosa (1) en respuesta a las oscilaciones registradas del horno de arco voltaico.
- 45

15. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 14, midiendo el vibrómetro de láser Doppler oscilaciones en los electrodos (6) en el horno de arco voltaico (3).
 16. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 14 o 15, midiendo el vibrómetro de láser Doppler oscilaciones que parten del arco voltaico (10) del electrodo (6).
- 5 17. Uso de un vibrómetro de láser Doppler para la medición de oscilaciones en los electrodos en el horno de arco voltaico (3) y para la determinación continua de la altura (h) de capa de la escoria espumosa (1).



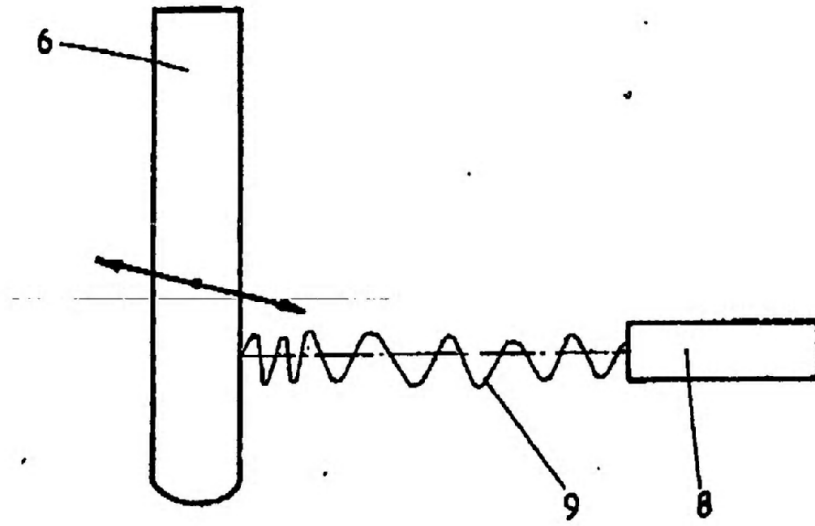


FIG.3

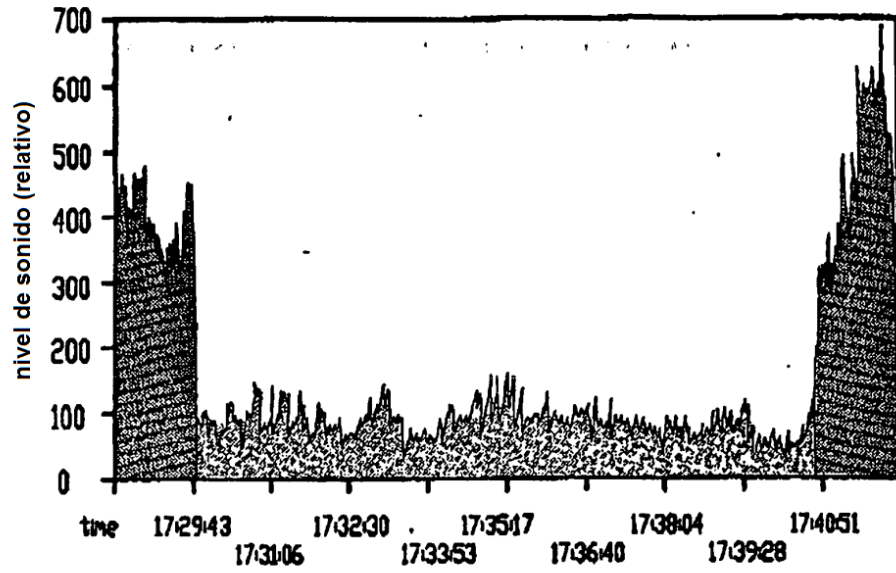


FIG. 4

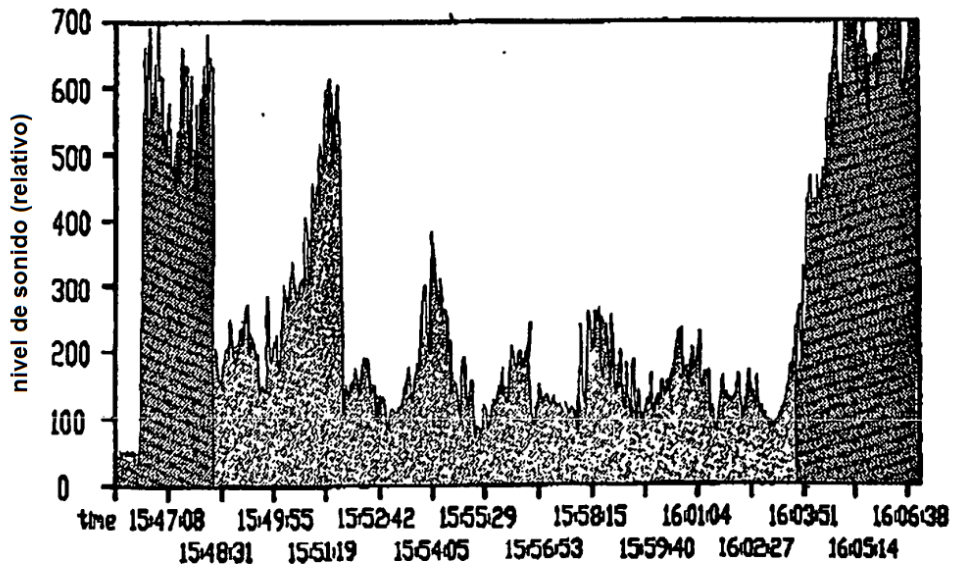


FIG. 5