

412759



F.e. 10-4-75

Inv. No. F27D

M E M O R I A        D E S C R I P T I V A  
de una Patente de Invención a nombre de:  
RHEINSTAHL AKTIENGESELLSCHAFT Y VFG VER-  
TRIEBSGESELLSCHAFT FÜR FEUERFESTE UND  
GIESSTECHNISCHE ERZEUGNISSE mbH., de na-  
cionalidad alemana, domiciliadas en Essen,  
Am Rhein Stahlhaus 1 y Viersen (ALEMANIA);  
respectivamente; por: "PROCEDIMIENTO PARA  
EL REVESTIMIENTO DE HORNOS METALURGICOS".

-----ooo000ooo-----

5        El invento se refiere a un procedimiento para el re-  
vestimiento de hornos metalúrgicos, especialmente hornos de in-  
ducción, en el que un material refractario granuloso y seco  
que contiene un medio de sinterización se carga en la cavidad  
formada por una pared del horno y un patrón, se compacta y a  
continuación se sinteriza cerámicamente calentándolo.

10        Hornos metalúrgicos para la fusión y/o el tratamien-  
to de hierro y acero se revisten muchas veces con masas apiso-  
nadas refractarias con el empleo de patrones, a no ser que sean  
mamposteados con ladrillos refractarios. Esto se refiere de un  
modo especial a los hornos de inducción, cuyos crisoles de des



412759

gaste se revisten por regla general con masas refractarias plásticas, semi-plásticas y/o secas a base de  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , espinelas etc. Al efecto el material refractario se apisona en la cavidad entre la pared del horno y el patrón o la compactación del material se consigue de tal manera que este es vibrado después de su introducción.

Un inconveniente esencial de las masas refractarias plásticas, que siempre contienen del 6 al 8% de agua, consiste en que hay que realizar un engorroso proceso de secado con el empleo de calefacción, de modo que el tiempo total para revestir un horno, quiere decir el tiempo necesario para el revestimiento, el secado y la sinterización, es de una semana o tal vez más. Por la sinterización se crea un casco uniforme en todo el grueso de la pared, de modo que las grietas que se originan por un esfuerzo elevado atraviesan por regla general toda la pared y no se puede excluir el peligro de la destrucción de la bobina de inducción refrigerada por agua. Por cierto existe en cambio la ventaja de que el patrón puede extraerse después del apisonado, pudiendo emplearse por lo tanto de nuevo como patrón duradero.

Los hornos de inducción para la fusión de metales no férricos y de todas las aleaciones de hierro y de acero se revisten hoy en día en su mayoría con masas refractarias del tipo ácido, especialmente con masas de cuarcita.

En la revista "Giesserei" de 1970, página 450, se han dado a conocer ensayos de plastificar una masa refractaria de cuarcita con la adición de una cantidad adecuada de un



12759

5 aglomerante líquido de varios componentes (fosfato monoalumí-  
nico, aglomerantes polímeros inorgánicos a base de peróxido de  
cloruro, etc.), de modo que después de la compactación habitual  
se produce un forro de horno que se mantiene en pie por si so-  
la y se puede utilizar un patrón duradero.

10 Un tiempo total de revestimiento mucho más corto, del  
orden de unas 12 a 24 horas, puede conseguirse con materiales  
refractarios secos a los que se han añadido medios de sinte-  
rización secos, ácido bórico en la mayoría de los casos. Ocu-  
rre además que masas de cuarcita secas se obtienen a precios  
especialmente favorables. Al efecto se procede por regla gene-  
ral de tal manera que el material refractario seco se introdu-  
ce en la cavidad formada por la pared del horno, por ejemplo  
el revestimiento duradero, y el patrón y se compacta por vi-  
bración, y que después el horno con una carga de sinterización  
15 sólida o líquida se calienta a una temperatura tal y se man-  
tiene caliente durante tanto tiempo hasta que el forro se sin-  
teriza cerámicamente.

20 Según el actual estado de la técnica no es posible  
fabricar el crisol o el forro de desgaste de hornos metalúr-  
gicos, especialmente de hornos de inducción, de un relleno  
seco compactado de material refractario como forro refracte-  
rio que se mantiene en pie por si solo. En cambio se cree ne-  
cesario apoyar el material refractario seco y compactado has-  
ta su sinterización, permaneciendo el patrón dentro del horno  
25 durante el calentamiento de este, donde se funde y es absor-  
bido por la carga de sinterización que apoya entonces el fo-

412759



rrro. Puesto que los gastos del patrón perdido rebasan de un modo considerable los demás dispendios del revestimiento, el empleo de patrones duraderos es una meta apetecible.

5 El problema del procedimiento de acuerdo con el invento consiste en revestir hornos metalúrgicos, especialmente hornos de inducción, con un forro de desgaste de materiales refractarios secos para obtener un tiempo de revestimiento muy corto, aminorar los gastos de revestimiento considerablemente por el empleo de un patrón duradero y tener sin embargo la seguridad de que el forro de desgaste terminado resiste los elevados esfuerzos térmicos y mecánicos por lo menos tan bien como los forros conocidos.

10 De acuerdo con el invento se resuelve este problema porque un material refractario, compactado y que contiene un medio de sinterización se calienta hasta una temperatura intermedia y se mantiene en esta hasta que el material refractario ha alcanzado una estabilidad suficiente para que el patrón se pueda retirar y después se sinteriza cerámicamente con continuado calentamiento el forro del horno formado por el material refractario y que se mantiene en pie por si solo.

15 En cuanto a los materiales refractarios y secos convencionales, especialmente las masas secas de cuarcita mezcladas con ácido bórico como medio de sinterización, puede procederse por regla general de tal manera que el material refractario compactado se calienta a una temperatura intermedia de unos 400 a 800°C, de un modo preferente de 500° a 700°C, y que se mantiene a esta temperatura intermedia según el tamaño del

25

412759



5                   horno desde 1/2 hora hasta 5 horas, que entonces se retira el patrón y que el forro de horno formado y que se mantiene en pie por si solo se sigue calentando junto con una carga de sinterización, manteniéndose en la temperatura de sinterización hasta la sinterización cerámica del forro.

10                   De un modo sorprendente se ha visto que tratándose de los convencionales materiales refractarios secos y compactados se puede conseguir con medios de sinterización ya por el empleo de una temperatura moderadamente elevada una estabilización tal del forro que este después sin apoyo mecánico se mantiene en pie y puede recibir una carga de sinterización.

15                   El procedimiento de acuerdo con el invento puede desarrollarse de un modo especialmente sencillo porque se emplea un patrón de chapa de acero que después de haberse conseguido la estabilidad del material refractario frente a la temperatura intermedia se enfría por ejemplo mediante aire a presión, de modo que el patrón se contrae y puede ser extraído del horno sin dificultad. Para el revestimiento de hornos de crisol de inducción el patrón de chapa de acero está configurado preferentemente en una sola pieza y tiene por lo menos en su mayor parte, preferentemente en toda su extensión longitudinal, una forma cónica. Con esto se consigue no solamente una extracción más fácil del patrón duradero, sino que se aumenta también de un modo considerable la duración de vida del  
20                   crisol en comparación con las formas convencionales predominantemente cilíndricas de los crisoles que se estrechan solamente en la parte del fondo. Pero lógicamente pueden emplear-

25

412759



5 se también patrones duraderos de varias piezas que especial-  
mente si se trata de hornos metalúrgicos con formas complica-  
das de la solera permiten una extracción sencilla y que me-  
diante refuerzos hacen posible una gran resistencia del reve-  
stimiento contra alabeos.

10 El procedimiento de acuerdo con el invento se puede  
realizar con los más diversos materiales refractarios y secos  
convencionales a base de  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  y espinelas. Median-  
te la elección adecuada del tipo y de la cantidad del medio  
de sinterización puede obtenerse ya a temperaturas intermedias  
moderadas una reacción química de estabilización del material  
refractario, de modo que este da un forro de horno que se  
mantiene en pie por si solo y que después de la sinterización  
cumple plenamente las condiciones requeridas. En particular,  
15 los forros de desgaste fabricados de acuerdo con el invento  
tienen también la ventaja conocida de las masas secas de que  
- contrariamente a las masas plásticas, con las que se produce  
un casco uniforme - el forro está sinterizado solamente hasta  
una parte del grueso de pared y que queda una zona restante  
20 con material poco estabilizado. Grietas que parten del inte-  
rior atraviesan por lo tanto el forro en la mayoría de los ca-  
sos solamente en parte y se aminora de un modo correspondien-  
te el peligro de roturas del horno.

25 El procedimiento de acuerdo con el invento puede  
realizarse también especialmente con las masas secas de cuar-  
cita apisonadas que para la metalurgia del hierro tienen un  
interés preponderante y a las que se ha añadido como de cos-

412759



tumbre ácido bórico, especialmente ácido bórico en forma de polvo seco ( $H_3BO_3$ ) como medio de sinterización.

Tiempos de duración especialmente largos del crisol pueden obtenerse con cuarcita terciaria que consta principalmente de granos redondos hasta cúbicos y que ha sido ajustada a la combinación de tamaños de granos siguiente: 60% - 40% de granos de 5,0 - 0,6 mm, hasta 30% de granos de menos de 0,06 mm y el resto de granos con diámetros de 0,6 - 0,06 mm. Si una masa semejante de cuarcita terciaria se mezcla con aproximadamente un 1% de ácido bórico en polvo como medio de sinterización y por medio de vibradores conocidos después de haber sido introducida en la cavidad entre el patrón duradero y la pared del horno (o el forro duradero) se compacta hasta una porosidad entre el 16% y el 24%, entonces después de la sinterización se obtiene un forro muy resistente al desgaste que satisface de manera especial las exigencias. En un horno de crisol el forro refractario representa geoméricamente un cuerpo anular, cuyo diámetro se dilata con el aumento de la temperatura. Puesto que el crisol esté exteriormente frío y en parte sujeto, el aumento interior de la temperatura tiene la consecuencia favorable de que el mencionado material del forro experimenta una compactación posterior desde el interior, de modo que después de la sinterización tiene una porosidad de solo un 10% aproximadamente. Un forro de este tipo es especialmente insensible contra la penetración indeseada de la colada.

Para explicar más ampliamente una elección ventajosa de los materiales refractarios secos que de acuerdo con el

412759



invento son especialmente aptos para el procedimiento, sea advertido que por regla general las masas, mayormente encima de unos 1000°C, muestran un comportamiento de dilatación diferente en dependencia del tipo y de la composición del material refractario y de su medio de sinterización. Véase a este respecto la Figura 1 que representa en dependencia de la temperatura la dilatación de tres diferentes masas A, B, C a base de cuarcita. Mientras con las masas A y C se obtiene un forro de desgaste bueno posteriormente compactado, la masa B no es recomendable debido a su merma a temperatura elevada.

Los hornos de crisol al igual que los hornos de canal para el tratamiento de aluminio pueden revestirse de acuerdo con el invento ventajosamente con una masa seca espionada a base de chamota con aproximadamente un 38% de  $Al_2O_3$  que está mezclada por ejemplo con vidrio fritado como medio de sinterización. A una temperatura intermedia de 300°C mantenida durante unas 3 horas se estabiliza la masa compactada formando un forro de horno que se mantiene en pie por si solo, de modo que el patrón duradero se puede extraer y el forro puede ser sinterizado a una temperatura de unos 1000°C. También masas refractarias con un elevado contenido de tierra arcillosa, por ejemplo un 90% de  $Al_2O_3$ , han dado buenos resultados para la finalidad indicada.

A continuación se explican de un modo más detallado ejemplos de realización del invento con ayuda del dibujo.

En el crisol de un horno de inducción de 13 t de acuerdo con la Figura 2 con unas medidas interiores del forro

412759



duradero 1 de 1400 mm de diámetro y 2440 mm de altura, a cuyo lado interior se ajusta un patrón intermedio 2, después de haberse apisonado un fondo 3 de 380 mm de espesor, se colocó un patrón 4 de chapa de acero de una sola pieza y de conicidad continua con un grueso de pared de 6 mm, un diámetro de 1040 en el fondo y un diámetro de 1140 mm en el borde superior, estando este borde superior reforzado interiormente. En la cavidad entre el patrón duradero 4 y el forro duradero 1 se ha introducido y vibrado una masa de cuarcita completamente seca que se había mezclado con 1,4% de ácido bórico en polvo seco y cuyo contenido de agua libre era menor de 0,2%. Debido a la vibración con el vibrador 5 a través del patrón duradero 4 la masa de cuarcita ha sido compactada hasta una porosidad del 22% aproximadamente. La masa de cuarcita se componía de granos de forma cúbica redondeada sus tamaños de granos se componían como sigue:

	<u>estructura de granos</u> <u>en mm</u>	<u>proporción</u> <u>en %</u>
	4,0 - 5,0	1,20
20	3,0 - 4,0	17,60
	2,0 - 3,0	6,10
	1,0 - 2,0	17,10
	0,6 - 1,0	<u>12,60</u>
		54,60

412759



	0,3 - 0,6	5,95
	0,2 - 0,3	2,20
	0,1 - 0,2	4,75
	0,06 - 0,1	2,80
5	menos de 0,06	<u>29,70</u>
		45,40

Por medio de un quemador de gas dispuesto en el interior del crisol el patrón 4 de chapa de acero y el material refractario se calentó en 6 ó 7 horas hasta unos 700°C y esta temperatura intermedia se mantuvo durante 5 horas con descensos no por debajo de 600°C. Con esto se realizó un endurecimiento del material refractario 6, de modo que el forro llegó a sostenerse en pie por si solo. Por consiguiente, el patrón duradero 4 se enfrió rápidamente por medio de aire a presión dentro de 20 minutos hasta unos 200°C, de modo que el patrón 4 se contrajo en su diámetro y pudo ser extraído del horno sin dificultad alguna. A continuación el horno se siguió calentando inmediatamente, de modo que el mismo alcanzó en 5 horas unos 1100°C. Después se le cargó con arábigo líquido como carga de sinterización y este se recalentó hasta 1600°C y se mantuvo a esta temperatura por espacio de unas 3 horas, con lo que el forro 6 se sinterizo cerámicamente y el horno quedó después disponible para el trabajo normal. Para su mejor comprensión el proceso de caldeamiento que se acaba de describir está representado gráficamente en la Figura 3. En lugar del calentamiento con un quemador de gas, lógicamente puede caldearse también inductivamente

412759



te con un bloque de puesta en marcha. En lugar de una carga líquida de sinterización también puede emplearse una pieza sólida como carga de sinterización, especialmente en hornos de inducción de media y alta frecuencia.

5                   Hornos de crisol y de canal para la fusión y el tratamiento de aluminio y de sus aleaciones se revistieron en la forma siguiente:

                  Una masa completamente seca a base de chamota con aproximadamente un 38% de  $Al_2O_3$  con una granulación de 0 a 5 mm, la cual estaba mezclada con vidrio fritado como medio de sinterización, se introdujo por estratos en la cavidad entre el forro duradero y un patrón duradero de varias piezas de chapa de hierro con un grueso de pared de 5 mm y fácilmente desmontable y se compactó con un apisonador-vibrador eléctrico. En aquellas partes del horno donde no es posible un endurecimiento por alta temperatura, se apisonó la masa mezclada con un 6% de aglutinante fosfatado. El patrón y la masa compactada se calentaron después a una velocidad entre 50 a 100°C por hora hasta una temperatura intermedia de 300°C y se mantuvieron a esta temperatura durante 4 a 5 horas. Con esto la masa apisonada experimentó un endurecimiento, de modo que se creó un forro de desgaste manteniéndose en pie por sí solo. Por el enfriamiento del patrón duradero este se separó del forro y pudo ser extraído con facilidad. Después se siguió calentando el forro auto-sostenido con un quemador de gas y a una temperatura de 800°C se cargó el horno con aluminio líquido como carga de sinterización. La carga de aluminio se calentó después por in-

10

15

20

25

412759



ducción hasta 1000°C y se mantuvo a esta temperatura de sinterización durante 12 horas, de modo que el forro de chamota quedó sinterizado y el horno pudo ser dedicado a su uso normal.

5 Un horno de crisol de inducción a baja frecuencia de 3 t para la fusión de bronce se revistió con una masa seca cuarcítica con el 98% de SiO<sub>2</sub> y ácido bórico como medio de sinterización. Con la masa se llenó la cavidad entre el forro duradero y un patrón duradero de una sola pieza de chapa de hierro de 8 mm de grueso de pared y fácilmente desmontable, llegando hasta el borde superior y compactando con un conocido dispositivo vibrador y compactador. Después el patrón y la masa compactada se calentó por medio de un quemador de gas con una velocidad de 100 a 150°C por hora hasta una temperatura de 500 a 600°C y se mantuvo en esta durante 4 a 5 horas. Con esto la masa episonada experimentó un endurecimiento, de modo que se creó un forro de desgaste auto-sostenido. Por el enfriamiento del patrón duradero este se desprendió del forro y pudo ser extraído con facilidad. El horno se cargó ahora con material sólido y se calentó por inducción con un aumento de temperatura de 100 a 150°C por hora hasta la temperatura de fusión. La temperatura de fusión era alrededor de 1150°C. El horno se recalentó hasta una temperatura de 1250°C y se mantuvo esta temperatura durante 8 horas hasta la sinterización completa del forro, después de lo cual el horno estaba dispuesto para su utilización. En lugar de la mencionada carga sólida con calefacción inductiva también se puede continuar utilizando al quemador de gas después de la extracción del patrón para calentar el horno hasta la temperatura de sinterización.

10

15

20

25

412759



5 El trabajo con patrones duraderos de chapa de hierro resulta particularmente económico para la fusión de aleaciones de metales pesados. El empleo convencional de patrones de fusión exige que estos sean del mismo material de la respectiva aleación de metales pesados, porque de otro modo se presenta una impureza correspondiente. Los patrones duraderos de chapa de hierro que son mucho más económicos y que están destinados a ser extraídos del horno antes de cargar la aleación, evitan este inconveniente.

10

N O T A

Se reivindica como nuevo y de propia invención.

15 1.- Procedimiento para el revestimiento de hornos metalúrgicos, especialmente hornos de inducción, en el que un material refractario granuloso y seco que contiene un medio de sinterización se carga en la cavidad formada por una pared del horno y un patrón, se compacta y a continuación se sinteriza cerámicamente calentándolo, caracterizado porque el material refractario compactado se calienta hasta una temperatura intermedia y se mantiene en esta hasta que el material refractario ha alcanzado una estabilidad suficiente, porque después se retira el patrón y el forro de horno formado por el material refractario y que se sostiene en pie por si solo, es sinterizado cerámicamente mediante un calentamiento ulterior.

20

25 2.- Procedimiento, de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque el material refractario compactado se

*MG*

412759



5 caliente hasta una temperatura intermedia de unos 300°C a 800°C, preferentemente hasta 500°C - 700°C y se mantiene en esta temperatura intermedia preferentemente durante 1/2 hora hasta 5 horas, porque entonces se extree el patrón y el forro de horno formado que se sostiene en pie por si solo se sigue calentando junto con una carga de sinterización y se mantiene a la temperatura de sinterización hasta que el forro está sinterizado cerámicamente.

10 3.- Procedimiento, de acuerdo con las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el patrón, después de obtenida la estabilidad del material refractario, es enfriado con referencia a la temperatura intermedia y después extraido del horno.

15 4.- Procedimiento, de acuerdo con las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque para el revestimiento de hornos de crisol de inducción se emplea un patrón de chapa de acero de una sola pieza que por lo menos en su mayor parte, preferentemente en toda su extensión longitudinal, tiene una forma cónica.

20 5.- Procedimiento, de acuerdo con las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque se emplea un material refractario que consta de masa seca apisonada de cuarcita y a la que se ha añadido ácido bórico, especialmente ácido bórico en polvo seco ( $H_3BO_3$ ), como medio de sinterización.

25 6.- Procedimiento, de acuerdo con las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el material refractario consta de una cuarcita terciaria que ha sido preparada de tal manera que ostenta particularmente una forma de granos redondeada hasta cúbica y la composición granulométrica siguiente:

M E

412759



60% - 70% de granos de 5,0 - 0,6 mm.  
hasta 30% de granos menores de 0,06 mm.  
el resto de granos de 0,6 - 0,06 mm.

5 7.- Procedimiento, de acuerdo con las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el material refractario de cuarcita terciaria con aproximadamente un 1% de ácido bórico en polvo como medio de sinterización se compacta por medio de vibradores conocidos hasta una porosidad de 16% - 24%.

10 8.- Procedimiento, de acuerdo con las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el material refractario consta de una masa seca apisonada a base de chamota con aproximadamente un 38% de  $Al_2O_3$ , la cual está mezclada con vidrio frito como medio de sinterización, porque el material refractario compactado se calienta hasta una temperatura intermedia de  
15 300°C y se mantiene a la misma durante 3 horas, porque el patrón duradero se extrae del horno y el forro de horno formado de modo que se sostiene en pie por si solo es calentado hasta  
20 800°C, porque el horno se carga con aluminio líquido y se calienta por inducción hasta la temperatura de sinterización de 1000°C, manteniéndose a la misma durante 12 horas, de modo que el forro se sinteriza.

9.-"PROCEDIMIENTO PARA EL REVESTIMIENTO DE HORNOS METALURGICOS".

25 Tal como se describe y reivindica en la presente Memoria Descriptiva que consta de quince hojas escritas a máquina por una sola cara y de sus correspondientes dibujos.

Madrid, 10 MAR. 1973

*me*

CARLOS FERRAZ CANDELAS  
P.I.