

230703



Memoria Descriptiva

para

**una Patente de Invención
por veinte años en España**

a favor de

Don Werner Wenzel

(de nacionalidad alemana)

residente en

Bad Godesberg (Alemania), Spiegelhofstrasse 15

por:

"PROCEDIMIENTO DE REDUCCION ELECTRICO"

220703

31



El presente invento se ha propuesto resolver el problema de acor-
tar considerablemente el tiempo de carga en la reducción eléctrica de minera-
les, especialmente de minerales de hierro y crear un tipo de horno que es
adecuado para rendimientos de carga lo más altos posible. Especialmente de-
berá evitarse también el defecto de los hornos eléctricos de reducción hasta
ahora existentes, de utilizar corrientes de baja tensión, por la posibilidad
del mantenimiento de una gran caída de tensión en el horno.

Según el invento se alcanza esta meta en primer lugar, porque una
mezcla de carbón finamente granulada hasta pulveriforme con mineral finamente
granulado hasta pulveriforme, con carbón en exceso, se calienta eléctricamente
mediante acción directa de la corriente eléctrica sobre la mezcla de reacción,
y porque los productos de reacción sólidos o líquidos se separan del carbón
en exceso, especialmente mediante aprovechamiento de su mayor peso específico.

El modo de trabajo de este nuevo procedimiento de reducción es el
siguiente:

El carbón de reducción se utiliza en estado desde pulveriforme a fi-
namente granulada. Este carbón de reducción forma, en un pozo de varios me-
tros de diámetro, un lecho de varios metros de profundidad. En este lecho
se sumergen en la periferia, por ejemplo, en disposición triangular, los elec-
trodos de alimentación de corriente (material: grafito o carbón calcinado).
La corriente va desde los electrodos a través del lecho de carbón pulveriforme
hasta granulada finamente. El carbón se encuentra en éste principalmente en
suspensión, soportado por el gas de óxido de carbono, que asciende desde el
lecho de reducción. Este lecho de carbón forma, por lo tanto, casi un líqui-
do. La tensión que ha de aplicarse a los electrodos para el calentamiento
del lecho de carbón importa varios millares de voltios, según la finura y la
densidad de este lecho. La tensión puede ajustarse y regularse, entre otras

230703

31



medidas, por el grado de finura del combustible que llega a utilizarse. Se dispone de numerosa experiencia sobre esto por los así llamados hornos de granalla de carbón que se utilizan frecuentemente como hornos de fusión eléctricos (en laboratorios) y en los que una capa de carbón de grano fino está conectada como resistencia eléctrica.

Para la ejecución del proceso de reducción se espere, desde arriba en la capa de carbón altamente calentada, mineral de hierro en forma de polvo hasta granulado fino. Esta introducción esparcida del mineral de hierro se efectúa de tal modo que se evite la formación de partes compactas de mineral en el lecho de carbón, es decir, por lo tanto, que cada partícula de mineral esté circundada por un exceso de carbón. A consecuencia de su gravedad o peso descienden las partículas de mineral hacia abajo en el lecho de carbón casi líquido y se recogen en el fondo del recipiente de reducción por debajo del carbón. En su recorrido a través del lecho de carbón se reducen las partículas de mineral en parte por los gases reductores, en parte por el contacto directo con las partículas de carbón. Los factores que gobiernan la velocidad de reducción y el tiempo de permanencia de las partículas de mineral en el lecho de carbón, se regulan de tal modo que el mineral esté esencialmente reducido hasta el agotamiento después de caer a través del lecho de carbón.

Para el dominio y la regulación del proceso de reducción se dispone de los siguientes factores:

La temperatura del lecho de carbón, regulada por la tensión aplicada a los electrodos;

la altura del lecho de carbón;

el tamaño de los granos del carbón;

el tamaño de los granos del mineral y

el movimiento del lecho de carbón.

230703

31 AG



Fundamentalmente es posible trabajar en un lecho de carbón calentado eléctricamente, por debajo de la temperatura de fusión del mineral, o por encima de la temperatura de fusión del mismo. También se puede hacer pasar el mineral primeramente moviéndose por una zona de temperatura, situada por debajo de su temperatura de fusión, y después a través de una zona de temperatura que esté situada por encima de su punto de fusión. El caso normal podría ser aquel, en el que los productos de reducción se extraigan en estado líquido derretido desde la instalación de reducción. Esto significa que en el fondo del recipiente de reducción se forma un baño de metal, por ejemplo, un baño de hierro, y encima se encuentra una escoria líquida que se compone de la ganga fundida de mineral, de la ceniza fundida del carbón y de minerales circunstancialmente no reducidos todavía, por ejemplo, óxidos de hierro.

Puede utilizarse la capa de escoria para la regulación adicional del proceso eléctrico de reducción. En el caso de temperatura muy alta del lecho de carbón, tendrá lugar una amplia reducción y carburación de las finas partículas de mineral, por ejemplo, de las partículas de mineral de hierro. Según la clase de ganga y según las materias de adición, se efectúa también una reducción de óxido de silicio, etc. Si se suministran ahora de modo regulado trocitos de mineral mayores en el mineral esparcido dentro del carbón, estos trocitos de mineral llegan en su mayor parte sin reducir a la escoria y la enriquecen con mineral, por ejemplo, óxido de hierro. Por ello puede ejercerse una acción regulada de oxidación por parte de la escoria, sobre las partículas de metal que gotean a través de la misma.

Por otra parte también es posible que se adicione al carbón de forma regulada trozos de carbón de grano grueso, que van a situarse encima de la escoria, de modo que las gotas de escoria que se precipitan hacia abajo desde el lecho de carbón suspendido, tienen que pasar goteando a través

3 1 AGO



230703

de un lecho de carbón dispuesto esencialmente sólido, y aquí pueden ser reducidas completamente. Por lo tanto, en tal aparato de reducción se dispone de amplias posibilidades de regulación para la reducción total de los minerales, por ejemplo, minerales de hierro, así como para la obtención de determinados productos de reducción.

Para la obtención de un pequeño consumo de carbón en el presente procedimiento eléctrico de reducción se aplican, según el invento, medidas que sirven para el enriquecimiento con ácido carbónico de los gases que abandonan la instalación de reducción. Se aprovecha especialmente en este sentido también la reacción de descomposición del monóxido de carbono según la ecuación de reacción:



A causa de la dependencia de la presión que tiene esta reacción, es ventajoso ejecutar el procedimiento eléctrico de reducción, según el invento, a presión elevada, por ejemplo, por encima de 3 atmósferas de sobrepresión.

Para la configuración constructiva del horno de reducción eléctrico de polvo de carbón es especialmente importante el modo de inserción de los electrodos. Los electrodos - de carbón o de grafito - se introducen adecuadamente desde arriba en el lecho de carbón, de modo más sencillo dejen sumergirse los electrodos desde arriba en el lecho de carbón casi líquido.

Es especialmente ventajosa la utilización de una montura refrigerada no conductora de corriente. Tales monturas suelen componerse, por ejemplo, de tubos de cuarzo recorridos por agua. Por el empleo de tales monturas es posible alcanzar que la corriente eléctrica se conduzca primordialmente en una determinada capa horizontal a través del lecho de carbón y por ello se produce correspondientemente una determinada distribución favorable de temperatura en el lecho de carbón. La punta inferior de los electrodos tiene que estar situada tan alta sobre la superficie de la capa de escoria, que

230703



la corriente se conduzca en su mayor parte directamente a través del lecho de carbón. Solo así puede mantenerse una tensión alta entre los electrodos, con una gran recepción de rendimiento del horno, ya que en otro caso la corriente eléctrica fluye a través de la capa de escoria y aquí solo encuentra la presencia de una baja resistencia eléctrica. Por el ajuste regulable de la distancia de los electrodos con respecto a la superficie de escoria, puede regularse la cantidad de corriente que fluye a través de la escoria, y por ello su temperatura. El desgaste de combustión en los electrodos deberá mantenerse lo menos posible. Este se alcanza ante todo porque el mineral de hierro se carga solamente en la zona central del lecho de carbón, de modo que los electrodos de carbón no entren en contacto con el mineral.

Para la introducción del carbón existen dos posibilidades distintas: primeramente puede dejarse caer en el lecho de carbón conjuntamente al carbón con el mineral. Esto, sin embargo, tendría por consecuencia que en la superficie del lecho existiese un exceso en peso de mineral, ya que a cuatro partes de peso de mineral corresponde en general aproximadamente una parte de peso de coque. Esto puede conducir a concreciones e irregularidades en la distribución del mineral. Por lo tanto, presumiblemente es más favorable que se aporte el mineral y el combustible, separados entre sí, al lecho de reducción. El carbón finamente granulado hasta pulveriforme se suministra en este caso adecuadamente desde un costado, de modo que se mantenga siempre un determinado nivel del lecho de combustible casi líquido. Sobre la superficie de este lecho de combustible se esparse desde arriba el mineral finamente granulado con intervalo entre las distintas partículas tan grande que éstas no entren en contacto mutuo en lo posible, en su recorrido descendente en el lecho de carbón.

Un importante desarrollo para el procedimiento de reducción por polvo de carbón consiste en la introducción de medios reductores gasiformes

230703



o líquidos en el lecho de carbón. Por ejemplo, puede insuflarse gas metano o aceite lateralmente en la parte inferior del lecho de carbón calentado eléctricamente. El gas, respectivamente los productos de cracking, participan en las reacciones de reducción y ahorran en cantidad correspondiente el carbono que habría que introducir en forma sólida.

La velocidad de recorrido de las partículas de mineral, por ejemplo, de las partículas de mineral de hierro en dirección vertical a través del lecho de carbón puede ser regulada por medios mecánicos, por ejemplo, produciendo una vibración regulada de las distintas partículas de mineral. Tales vibraciones pueden obtenerse de modo conocido con los medios del sonido y del ultrasonido.

Un ejemplo de ejecución del procedimiento de reducción según el invento se explica en lo que sigue a base del dibujo adjunto.

El dibujo muestra una sección vertical por un horno eléctrico de reducción por polvo de carbón, en representación esquemática. 1 es un recipiente provisto de un revestimiento 2 refractario. El recipiente está cerrado herméticamente por una tapa 3. Céntricamente a través de la tapa 3 está pasado un cilindro 4 revestido cerámicamente. La tapa 3 tiene además las aberturas 5, dispuestas excéntricamente, para el paso de los electrodos 6, y una o varias aberturas 7 dispuestas excéntricamente para la alimentación del carbón. Los electrodos 6 están situados en monturas 8, eventualmente refrigeradas. 9 son las conducciones de corriente para los electrodos. El cilindro 4, revestido cerámicamente, tiene en su extremo superior una abertura 10 de salida de gas. En la tapa de cierre 11, dispuesta sobre el cilindro 4, revestido cerámicamente, está colocado céntricamente el órgano de suministro y distribución para el mineral. Este se compone en el caso presente, de una abertura 12 en la tapa 11. Encima de la abertura 12 se encuentra la tolva de almacenaje 13, debajo de la abertura 12 se halla el platillo distribuidor

230703

31 AG



14. El platillo distribuidor 14 se pone en rotación por el árbol 15. Encima del fondo cerámico del recipiente 1 se encuentra un orificio de extracción 16 para los productos líquidos.

5 El modo de funcionamiento del horno eléctrico de reducción por polvo de carbón, representado en el dibujo, es el siguiente: A través de la abertura 7 se carga en el recipiente 1 el carbón en forma de polvo hasta granulado fino, de modo que se mantenga constantemente el nivel 17 del lecho de carbón casi líquido. Entre los electrodos 8 se mantiene una tensión eléctrica de modo que se efectúe un paso de corriente en esencia transversalmente por el lecho de carbón, y produce en éste una temperatura regulable por la 10 tensión. En el lecho de carbón se esparce desde arriba, continuamente o en circunstancias también discontinuamente, mineral finamente granulado hasta pulveriforme, y se hace de tal modo que las partículas de mineral se distribuyan uniformemente por la superficie del lecho de carbón casi líquido, evitándose un contacto mutuo de las partículas de mineral, conservando intervalos co- 15 rrespondientes. La distribución uniforme del mineral de hierro se efectúa en el presente caso por el platillo distribuidor 14 rotativo. Mediante el árbol 15 se varía la velocidad de rotación del platillo 14 constantemente entre un valor mínimo y un valor máximo. Por ello se lanza el material, 20 vertido hacia abajo por el platillo giratorio, según la velocidad de rotación, más hacia el borde del cilindro 4 revestido cerámicamente, o cae más hacia el eje central del cilindro. Por el mantenimiento de un programa de velocidad-tiempo, controlado automáticamente, del platillo giratorio 14, se alcanza la amplia uniformidad de la distribución del mineral de hierro por 25 toda la sección transversal del cilindro 4. Las partículas de mineral, que se sumergen en el lecho de carbón, se hunden en éste, dependiendo la velocidad de hundimiento del tamaño del grano del mineral y del tamaño del grano del carbón. El mineral se calienta previamente durante el descenso de hun-

230703

31 AGO.



disuelto en el lecho de carbón casi líquido, después se reduce por los gases
 que ascienden en el lecho, y finalmente se funde. Por la altura del lecho
 de carbón casi líquido, por la velocidad del mineral en el lecho de carbón,
 dependiente del tamaño del grano y por la temperatura del mismo, regulada
 por la tensión, se crean las condiciones requeridas para que en el fondo del
 recipiente 1 se obtenga el deseado grado de reducción del mineral. El metal
 producido por ello, líquido y, en circunstancias ampliamente carburado, por
 ejemplo hierro, se deposita en el fondo del recipiente 1 como capa líquida
 de hierro 18. Por encima de la capa de hierro 18 se forma la capa de escoria
 19. El hierro y la escoria pueden sacarse del recipiente continua o dis-
 continuamente a través del orificio de extracción 16.

Con 20 se han designado aberturas de insuflación, que desembocan en
 la parte inferior del lecho de carbón. Por estas aberturas pueden insuflar-
 se primeramente gases en el lecho de carbón, que sirven para mantener suspen-
 didas las partículas de carbón, respectivamente para levantar el lecho en
 torbellinos. Entran en consideración como tales gases ante todos los gases
 de escape del horno, que salen de éste por la abertura 10. Además pueden in-
 suflarse a través de las aberturas de insuflación 20 en el horno eléctrico
 de reducción, también gases reductores - como gas metano y análogos y/o acei-
 tes. Finalmente, también existe la posibilidad de introducir carbón finamen-
 te granulado en el lecho de carbón, total o parcialmente a través de las
 aberturas de insuflación 20.

.....

.....

230703

31 AGO.



N O T A

La presente patente de invención comprende las siguientes reivindicaciones:

5 1.- Procedimiento para el beneficio eléctrico de minerales, especialmente de minerales de hierro, caracterizado, porque una mezcla de carbón finamente granulado hasta pulveriforme y de mineral finamente granulado hasta pulveriforme, con carbón en exceso, se calienta eléctricamente con acción directa de la corriente eléctrica sobre la mezcla de reacción, y porque los productos de reacción sólidos e líquidos se separan del carbón en exceso, especialmente aprovechando su mayor peso específico.

10 2.- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque los minerales finamente granulados hasta pulveriformes se separan en un lecho de carbón calentado eléctricamente, en el que se encuentra carbón pulveriforme hasta finamente granulado, en emulsión con un gas portador, o en el que el carbón pulveriforme hasta granulado finamente se mantiene en suspensión por un gas portador en forma de un lecho de torbellino casi líquido.

3.- Procedimiento según las reivindicaciones 1 ó 2, caracterizado porque se conduce corriente eléctrica a través del lecho de carbón.

20 4.- Procedimiento según las reivindicaciones 1, 2 ó 3, caracterizado porque los electrodos de alimentación de corriente, preferentemente compuestos de grafito o de carbón calcinado, se sumergen desde arriba en el lecho de carbón.

25 5.- Procedimiento según las reivindicaciones 1, 2, 3 ó 4, caracterizado porque los electrodos se introducen en el lecho de carbón, mediante una montura, de modo corredizo verticalmente, estando compuesta la montura, por lo menos en la zona del lecho de carbón, de un material no conductor o poco conductor de corriente, por ejemplo, cuarzo, y porque la montura se re-

31 AGO



230703

frigera mediante un líquido refrigerante, que fluye a través de la misma, por ejemplo, agua.

6.- Procedimiento según las reivindicaciones 1, 2, 3, 4 ó 5, caracterizado porque el carbón, de acuerdo con el consumo por el proceso de reducción, se suministra al lecho de carbón separado del mineral.

7.- Procedimiento según las reivindicaciones 1, 2, 3, 4 ó 5, caracterizado porque el carbón, de acuerdo con el consumo por el proceso de reducción, se suministra al lecho de carbón conjuntamente con el mineral.

8.- Procedimiento según las reivindicaciones 1, 2, 3, 4, 5, 6 ó 7, caracterizado porque en la parte inferior del lecho de carbón en suspensión se insufla gases, que mantienen en suspensión al lecho de carbón.

9.- Procedimiento según las reivindicaciones 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 u 8, caracterizado porque en la parte inferior del lecho en suspensión se insufla medios de reducción gasiformes, líquidos o pulveriformes.

10.- Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 9, caracterizado porque los productos de reacción no gasiformes en el fondo del horno de reducción se extraen en estado sólido.

11.- Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 9, caracterizado porque los productos de reacción no gasiformes se extraen líquidos del horno de reducción.

12.- Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 9 u 11, caracterizado porque se adicionan al mineral de modo regulado troyos mayores de mineral, que llegan a la escoria esencialmente sin reducir.

13.- Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 8, 9 u 11 ó 12, caracterizado porque al carbón se le añaden en forma regulada troyos de carbón mayores, que forman, debajo del lecho de carbón suspendido, un lecho sólido de carbón.

14.- Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 13, ca-

230703 01



caracterizado porque el mineral se carga solo en la zona central del lecho de carbón de modo que los electrodos de carbón no entren en contacto con el mineral.

5 15.- Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 14, caracterizado porque el proceso de reducción se desarrolla sometido a presión aumentada, por ejemplo, por encima de 2 atmósferas de sobrepresión.

16.- Procedimiento de reducción eléctrico.

Según se describe y reivindica en la presente memoria descriptiva y se ilustra con los dibujos que a la misma se acompañan.

10 Consta esta memoria de doce hojas foliadas y escritas a máquina por una sola de sus caras.

Madrid, a 31 de Agosto de 1956.

GUILLELMO ROER
P. E.

