



Para ser mas precisos, el procedimiento básico al que se refieren las mejoras introduce desde arriba, en una retorta vertical, externamente calentada, una mezcla de mineral de hierro y carbón y retira por el fondo, esponja de hierro junto con cenizas, polvo de carbón y carbón, habiendo sido previamente enfriado el conjunto de todo ello. La esponja de hierro es seguidamente separada magnéticamente de las impurezas y del carbón todavía activo, que es después reciclado.

La producción de esponja de hierro por reducción directa de mineral con carbón, es un procedimiento que ha sido conocido desde tiempos antiguos. Sin embargo, los procedimientos conocidos implican desventajas considerables y hasta ahora ninguno de estos procedimientos ha sido llevado a cabo a escala industrial. Durante estos últimos años, la planta que usaba el conocido método Echevarria ha sido cerrada.

Actualmente no hay plantas que lleven a cabo la reducción del mineral en retortas verticales, externamente calentadas a escala industrial, debido a las considerables dificultades que ello implica.

Entre estas varias dificultades se cuentan las siguientes: El largo tiempo que el mineral es retenido en las retortas, que va desde 45/48 horas hacia abajo, hasta un mínimo de 30 a 36 horas; baja productividad por metro cúbico de retorta; consumo de grandes cantidades de las substancias empleadas para calentar la retorta externamente; considerable deterioro de las retortas debido a la presencia de vapores acuosos y otras reacciones corrosivas; imposibilidad de tratar determinados minerales de hierro, tales como las magnetitas -

.../...



1975

- 3 -

naturales, por ejemplo: sinterización de la esponja de hierro; baja eficiencia térmica, etc.

5 Estos y otros factores desfavorables han hecho imposible usar a escala industrial los métodos conocidos hasta ahora, de reducción en una retorta vertical calentada externamente.

Es, por consiguiente, objeto de esta invención el hacer posible la realización de dicho procedimiento a escala industrial.

10 De acuerdo con las mejoras, la carga debe estar tan íntimamente mezclada como sea posible, con vistas a mejorar la homogeneidad de los medios reductores, con el mineral a reducir. Además, la carga o mezcla debe estar, tanto como sea posible, exenta de humedad antes de alcanzar la retorta propiamente dicha. Con vistas a esto, el procedimiento propuesto
15 dispone una primera fase de pre-calentamiento, que tiene por objeto el secado completo de la mezcla. Aparte de eliminar - sustancias volátiles, este calentamiento sirve también para eliminar cualquier cantidad de agua contenida en la mezcla -
20 misma.

Habiendo sido introducida la carga, de acuerdo con las mejoras, la mezcla desciende a una primera velocidad constante o virtualmente constante (Fase de secado) y después desciende a una segunda velocidad que tiene una función constante de -
25 reducción de la velocidad de descenso.

Dicha función constante o virtualmente constante de reducción de la velocidad, coincide substancialmente y condiciona las tres fases siguientes:

-Llevar la mezcla a la temperatura de iniciación de la reacción reductora;

30

.../...



-Iniciar el proceso estequiométrico de reducción, obteniendo así Fe_3O_4 en el caso de la hematita (Fe_2O_3);

-Obtención de FeO .

5 Seguidamente, la velocidad de descenso de la mezcla es reducida de acuerdo con una función constante, mayor que la función precedente. Esta tercera fase de descenso coincide substancialmente con la fase de reducción desde FeO a Fe .

10 Esta última fase tiene todavía casi el mismo requerimiento de calor que las fases precedentes y tiene lugar durante un periodo mucho mas largo; es decir, que tiene lugar - mas lentamente. Por otra parte, durante esta tercera fase es necesario prevenir que varias piezas de esponja de hierro - elementarias sean formadas por adhesión de unas a otras.

15 De acuerdo con la invención, un método diferente de tratamiento por calentamiento externo coincide con cada - fase del proceso estequiométrico de reducción.

20 Nuevamente, de acuerdo con la invención, es ventajoso el usar quemadores con una cubeta frontal radiador; una - variante a dicha solución consiste en utilizar los gases de deshecho para precalentar el aire utilizado por los medios - calefactores.

25 El empleo de la cubeta de radiación frontal, que - es puesta incasdencente por las llamas, hace posible el recuperar el calor de radiación.

De acuerdo con la invención, el calentamiento externo es realizado por medio de anillos de quemadores; estos anillos están en ángulos rectos al eje vertical de la retorta y comprenden la altura total de la retorta mínima, aparte de la zona de precalentamiento, que es calentada ventajosamente

.../...



con los gases de combustión. Los anillos de quemadores pueden ser regulados uno a uno o por grupos. Cada grupo de anillos - cubre una zona vertical bien definida de retorta, una zona - que coincide substancialmente con una fase de transición en el proceso estequiométrico de reducción.

Por lo tanto, las mejoras del procedimiento carbo-térmico para reducir mineral de hierro con el uso de una retorta vertical externamente calentada, en las que la mezcla de carbón, mineral y cualquier agente activador o desulfurizador es introducida desde arriba y es posible inyectar gases reductores a cualquier altura deseada y en las que hay - también una zona de enfriamiento y algunos medios para extraer esponja de hierro y carbón y cenizas excedentes por debajo de la zona de reducción, se caracterizan por el hecho de que presentan en la retorta, en reciproca cooperación y coordinación:

- Una primera zona alta de pre-calentamiento, que tiene unas - substancialmente constantes sección y velocidad de descenso - de la carga;
- Una segunda zona calentada, que empieza inmediatamente debajo de dicha primera zona e inicia la reacción y primera reducción; tiene una sección progresivamente mayor y una velocidad, progresivamente menor, de descenso de la mezcla.
- Al menos una tercera zona caliente de reducción, que empieza debajo de dicha segunda zona y tiene una sección progresivamente mayor y una velocidad de descenso de la mezcla, progresivamente menor;
- Una temperatura óptima máxima, que es mantenida substancialmente constante en, al menos, parte de dicha segunda zona y en la totalidad de dicha segunda zona,

.../...



estando dicha primera zona calentada con los gases de combustión, mientras que dichas segunda y tercera zonas lo están con los medios de calentamiento directo.

5

Veamos ahora, en detalle, las mejoras de acuerdo con la presente invención.

10

Utilizando el caso de hematita como índice de reducibilidad superior a 90, las piezas o gránulos de mineral deberán tener un diámetro de entre 5 y 25mm; los mejores resultados han sido obtenidos con un tamaño de granos promedio de 15 a 20mm. El tamaño de gránulo de carbón, en el caso de coke de 80 % de carbón fijado con un índice de reactividad de 0,55, debe estar comprendido entre unos 5 y 30mm; los mejores resultados han sido obtenidos con un gránulo medio del orden de 5 a 15 mm. El refinado de mineral, es decir, del polvo o piezas de tamaños inferiores a 5 o 6mm, no deben ser introducidos sueltos en la mezcla de carga, a menos que hayan sido convertidos en briquetas o que hayan sido nodulizados.

15

De acuerdo con una variante, en lugar de la carga indicada, puede usarse una carga con briquetas o bolitas con teniendo ya el mineral, el carbón reductor y cualquier agente activador y/o desulfurizador de un tipo conocido.

20

De acuerdo con una variante, las briquetas o bolitas pueden ser mezcladas con cualquier carbón excedente.

25

En la retorta, la carga es secada primero completamente, elevándola a una temperatura de unos 400°C en la zona de pre-calentamiento, de forma que, mas adelante, en la parte subsecuente de la retorta no haya vapor H₂O; la zona de pre-calentamiento está hecha ventajosamente de acero refractario. Las retortas tienen una sección substancialmente rectangular

.../...

.../...



y tienen dos lados opuestos substancialmente paralelos y equidistantes entre si en toda su altura, mientras que los otros dos lados forman substancialmente tres grandes zonas. Las zonas, como hemos dicho, coinciden con fases bien definidas o grupos de fases. En la zona superior, donde la re-
5 torta es calentada externamente con gases de combustión, la sección es substancialmente constante y deberá tener una - proporción entre el lado largo y el lado corto de, alrededor de 1 : 5 a 1 : 8,5 y ventajosamente de 1 : 6. Una velocidad
10 de descenso constante o casi constante coincide con esta - sección constante. La velocidad de descenso óptima en las diferentes zonas varía con el mineral o tipo de carbón reduc- tor empleado. En el caso de las hematitas y carbones anterior- mente indicados y que tengan el tamaño medio de gránulo in-
15 dicado, la velocidad de descenso es aproximadamente de 1 me- tro, 1 a 2 metros o 2 metros por hora; buenos resultados han sido obtenidos con una velocidad de descenso de 1,3 a 1,5 - metros por hora. Los parámetros que enlazan la altura de esta zona con la velocidad de descenso, coinciden con una tempera-
20 tura final de unos 400°C para la mezcla, cuando esta alcanza el final de la zona de pre-calentamiento.

La zona siguiente, en la cual tiene lugar el cam- bio de Fe_2O_3 a Fe_3O_4 a FeO , tiene, como hemos dicho, una sección vertical que aumenta según avanza hacia abajo. La
25 sección en el fondo de la zona corresponde con una media óp- tima de velocidad de 0,80 a 0,90 metros por hora, en el caso de una mezcla de las del tipo indicado, cuya velocidad media en la zona de pre-calentamiento era de 1,3 a 1,5 metros por hora. El calentamiento por medio de anillos de quemadores, se

.../...



5 realiza ventajosamente sólo en los lados largos, siendo los
lados cortos lamidos por los gases de combustión. Los ani-
llos de quemadores estan distribuidos de tal manera que pro-
vean calor uniforme de acuerdo con las necesidades calóricas
del proceso de reducción durante las diferentes fases reduc-
toras.

10 De acuerdo con la invención, al principio del se-
gundo cuarto de la primera zona, que sucede a la zona de -
pre-calentamiento, la temperatura de la mezcla deberá ser de
unos 850 a 900° C de manera que asegure la iniciación de la
reacción reductora. Hacia el centro de dicha primera zona,
la temperatura óptima es de unos 1000 a 1030°C con un máximo
de 1.050°C.

15 La última zona o zona inferior, que tiene la segun-
da función constante de engrandecimiento de su sección y tie-
ne las secciones y la velocidad de entrada anteriormente in-
dicadas, se caracteriza por una velocidad de salida de unos
0,50 a 0,55 metros por hora. En esta zona también, como hemos
dicho antes, el calentamiento se realiza a lo largo de los
20 dos lados grandes. En esta última parte, el calentamiento -
externo sirve sólo para mantener homogeneamente la tempera-
tura óptima en el interior de la mezcla, siendo esta tempe-
ratura de unos 1.000° a 1.030°C, con un máximo de 1.050°C,
en el caso de mezclas como las detalladas anteriormente.

25 En una planta a escala industrial se han obtenido
los siguientes resultados.

El mineral y el carbón empleados para la hornada
fueron del tipo antes expuesto. El contenido medio del mine-
ral introducido fue como sigue:

.../...



63 a 64 % de hierro, 90 a 91 % hematita Fe_2O_3 .

Tras permanecer en la retorta (para pre-calentamiento y reducción) durante 12 a 13 horas, la esponja de hierro obtenida tenia un contenido total de hierro (hierro metal mas FeO) de alrededor de 87/88 % con un grado de metalización (esto es, proporción entre hierro metal y hierro total) igual a aproximadamente 92%, lo que significa que de todo el hierro presente en la esponja, aproximadamente el 80% es hierro metal. Estos resultados fueron obtenidos con las velocidades medias anteriormente indicadas, que han dado una productividad de 60 a 70 kg/m^3 por hora.

Hay que hacer notar que el mineral y, sobre todo, el carbón utilizado en los experimentos, no eran de los mejores grados. Cuando se emplean briquetas o bolitas, los resultados consecuentes son mejores y pueden ser mejorados todavía por la presencia de un agente activador de reacción. Las briquetas del tipo auto-reductor proveen, además, la ventaja de que es posible ajustar su composición a la carga, obteniendo así a la salida una esponja de hierro substancialmente exenta de impurezas acompañantes apreciables.

La retirada de la esponja de hierro, de acuerdo con la invención, debe ser tal que asegure la uniformidad de descenso en cualquier zona horizontal de la retorta. Esto es así porque un descenso no homogéneo implica tiempos estáticos y, por lo tanto, grados de metalización diferentes de una zona a otra.

De acuerdo con la invención, la esponja de hierro que sale de los medios de retirada, es temporalmente almacenada en una primera cámara que tiene en su base un cierre de admisión.



5 La esponja de hierro es enviada entonces desde esta primera cámara a una segunda cámara, mantenida bajo extra presión de manera que, cada vez que dicho cierre de admisión se abre, el FeO presente en dicha primera cámara es imposibilitado de salirse. La extra-presión en la segunda cámara es realizada con gas inerte.

10 Dicho gas inerte consiste ventajosamente en gases extraídos de la chimenea (a unos 850° a 950°C), enfriados a la temperatura ambiente (unos 20° a 40°C) e introducidos en dicha segunda cámara. Estos gases inertes cumplen también el objeto de prevenir la oxidación de la esponja.

15 El exceso de gases inertes se hace pasar después a través de unas placas desviadoras, eliminadoras de polvo, siendo descargado en la atmósfera.

20 Con referencia a lo que antecede, hemos mostrado en la tabla adjunta y en forma diagramática, una planta que adopta las mejoras de la presente invención.

25 En la figura, 10 es genéricamente la retorta; 11 es la zona superior de pre-calentamiento; 12 es la primera zona externamente calentada con los quemadores 13; 14 es la segunda zona calentada externamente; 17 es la abertura de entrada; 18 es la abertura de salida de la retorta; 19 es la estructura que comprende la cámara 15 y que sostiene los quemadores 13; 20 es la zona que enfría la esponja de hierro, siendo realizado el enfriado por medio de circulación forzada de agua por los inter-espacios; 21 son los medios de retirada del tipo de tornillo sin fin; 22 es la primera cámara para contener la esponja de hierro; 23 son los cierres; 24 es la segunda cámara para contener la esponja de hierro; 25 es un

.../...



5 posible transportador de correa para retirar la esponja de hierro; 26 es el dispositivo para extraer gases de la cuba 16; 27 es el circuito para enfriar los gases; 28 son los medios para insuflar los gases; 29 son las placas desviadoras filtrantes.

Hemos descrito aqui las mejoras relativas a la invención y el procedimiento de reducción resultante. Algunas variantes, sin embargo, son posibles.

10 Asi, es posible actuar sobre las velocidades de descenso y mantener las secciones y/o alturas invariables; es posible calentar todos los lados de la retorta; es tambien posible disponer en la carga algún medio para activar el proceso estequiométrico de reducción o algún medio de -sulfurizante u otros medios necesarios para este fin; asi, 15 es posible inyectar agentes reductores gaseosos a una temperatura y alturas deseadas; es posible calentar la zona de pre-calentamiento, también directamente; es posible utilizar los gases de combustión para pre-calentar el aire de combustión; estas y otras variantes son posibles sin separarse por 20 ello del alcance de la idea inventiva.

NOTA REIVINDICATORIA
=====

En esta Patente de Invención se reivindica:

25 1.- Mejoras en el procedimiento carbotérmico del tipo de los que usan calentamiento externo para obtener esponja de hierro, usando una retorta vertical externamente calentada para la reducción de mineral de hierro en que la mezcla de carbón, mineral y cualquier agente activante y/o desulfurizante es introducida desde arriba y es posible -

.../...



inyectar gases reductores a cualquier altura deseada, y con lo que, debajo de la zona de reducción, hay una zona de reducción, hay una zona de enfriamiento con medios para retirar la esponja de hierro, el carbón excedente y las cenizas, estando caracterizadas dichas mejoras por el hecho de que presentan en la retorta, en reciproca cooperación y coordinación:

5

- una primera operación de precalentamiento realizada a una velocidad constante de descenso de la carga, por medio de

10 los gases de combustión provenientes de la cuba, siendo seguida dicha operación por una

- segunda operación de calentamiento progresivo con el uso de quemadores para iniciar la reacción y primera reducción, haciéndose progresivamente mas lenta la velocidad de descenso

15 de la mezcla, siendo seguida esta segunda operación por

- una tercera operación de calentamiento que mantienen una temperatura constante con el empleo de quemadores, para completar la reducción, haciéndose progresivamente mas lenta la velocidad de descenso de la mezcla,

20 en que la temperatura óptima máxima es mantenida substancialmente constante en, al menos, parte de dicha primera zona - calentada con quemadores y en dicha segunda zona calentada con quemadores, y en que, la retirada de la esponja de hierro es tal que la velocidad temporal de descenso de la mezcla se

25 mantenga constante en cualquier punto de cualquier sección horizontal.

2.- Mejoras en el procedimiento carbotérmico del tipo de los que usan calentamiento externo, para obtener esponja de hierro, usando una retorta vertical calentada ex

.../...

A handwritten mark or signature, possibly a stylized letter 'B' or a similar symbol, located at the bottom left of the page.



5 ternamente para la reducción de hierro, como en la reivin-
dicación 1, caracterizadas por el hecho de que la mezcla
se efectua de una manera muy homogenea, teniendo los com-
ponentes de la misma, dimensiones no menores de 5 mm y estan
do la carga exenta de refinados o polvo suelto.

10 3.- Mejoras en el procedimiento carbotérmico del
tipo de los que usan calentamiento externo, para obtener -
esponja de hierro, usando una retorta vertical externamente
calentada para la reducción de mineral de hierro, como en
las reivindicaciones 1 o 2, caracterizadas por el hecho -
de que en una mezcla compuesta de hematitas que tienen -
un índice de reducibilidad de 90 a 92 y de coke que tiene
80% de carbón fijado y un índice de reactividad de aproxima-
damente 0,5 %, el tamaño del gránulo de las hematitas debe
15 ser mantenido entre 5 y 25 mm y el del coke entre 5 y 30mm.

20 4.- Mejoras en el procedimiento carbotérmico del ti-
po de los que usan calentamiento externo, para obtener espon-
ja de hierro, usando una retorta vertical externamente calen-
tada para la reducción de mineral de hierro, como en la rei-
vindicación 1 y en una u otra de las reivindicaciones siguien-
tes, caracterizadas por el hecho de que el calentamiento -
externo de la retorta en su zona superior de pre-calentamien-
to es realizado con los gases de combustión provenientes de
la cuba, por medio de los cuales es efectuado el pre-calen-
tamiento de la mezcla en dicha zona a una temperatura de -
25 hasta 400°C con el consecuente secado de la mezcla.

5.- Mejoras en el procedimiento carbotérmico del
tipo de los que usan calentamiento externo, para obtener es-
ponja de hierro, usando una retorta vertical externamente -

129

.../...



calentada para la reducción de mineral de hierro, como en la reivindicación 1 y en una u otra de las reivindicaciones siguientes, caracterizadas por el hecho de que el calentamiento externo de la retorta en sus zonas inferiores, sub-
5 siguiente al pre-calentamiento, es llevado a cabo con quemadores, en las que los quemadores están dispuestos en anillos situados substancialmente sobre planos en ángulos rectos al eje vertical de la retorta y cooperan con, al menos, dos caras opuestas de la retorta y en la que los anillos de quemadores pueden ser ajustados en, al menos, grupos de anillos
10 y, al menos, un anillo de quemadores en cada zona de reducción del proceso reductor puede ser ajustado independientemente, teniendo lugar el calentamiento de tal manera que mantenga la temperatura substancialmente uniforme y constante en la sección en cuestión
15

6.- Mejoras en el procedimiento carbotérmico del tipo de los que usan calentamiento externo, para obtener esponja de hierro, usando una retorta vertical externamente calentada para la reducción de mineral de hierro, como en la
20 reivindicación 1 y en una u otra de las reivindicaciones siguientes, caracterizadas por el hecho de que, por la progresión substancialmente constante de aumento en la sección de la primera zona calentada con quemadores, la reducción progresiva de la velocidad de descenso, hace que los tiempos de demora coincidan con los tiempos de reacción del proceso reductor.
25

7.- Mejoras en el procedimiento carbotérmico del tipo de los que usan calentamiento externo, para obtener esponja de hierro, usando una retorta vertical externamente ca

.../ ...

R9



5 lentada para la reducción de mineral de hierro, como en la reivindicación 1 y en las reivindicaciones siguientes hasta la 6, caracterizadas por el hecho de que, por la progresión de aumento substancialmente constante en la sección de la segunda zona calentada por quemadores, la reducción progresiva de la velocidad de descenso corresponde con un tiempo de demora para la mezcla, de manera que asegura la reducción total del mineral.

10 8.- Mejoras en el procedimiento carbotérmico del tipo de los que usan calentamiento externo, para obtener esponja de hierro, usando una retorta vertical calentada externamente para la reducción de mineral de hierro, como en la reivindicación 1 y en una u otra de las reivindicaciones siguientes, caracterizadas por el hecho de que las funciones constantes de la primera y segunda zonas calentadas con quemadores son diferentes, siendo la velocidad de salida de la tercera zona entre 0,40 y 0,80 metros por hora, siendo ventajosa una velocidad de 0,50 a 0,55 metros por hora.

20 9.- Mejoras en el procedimiento carbotérmico del tipo de los que usan calentamiento externo, para obtener esponja de hierro, usando una retorta vertical calentada externamente para la reducción de mineral de hierro, como en la reivindicación 1 y en una u otra de las reivindicaciones siguientes, caracterizadas por el hecho de que en el caso de una mezcla de briquetas o de pelotitas hechas de hematita, que tenga un índice de reducibilidad de 90 a 92 y de coke que tenga 80% de carbón fijado y un índice de reactividad de 0,55, la temperatura de reducción máxima permisible es de 1.050°C.

pe

.../...



10.- Mejoras en el procedimiento carbotérmico del tipo de los que usan calentamiento externo, para obtener esponja de hierro, usando una retorta vertical externamente calentada para la reducción de mineral de hierro, -
5 como en la reivindicación 1 y en una u otra de las reivindicaciones siguientes, caracterizadas por el hecho de que la retirada de la esponja de hierro de la parte inferior de la retorta reductora es llevada a cabo de tal manera que se -
10 mantenga una velocidad de descenso casi constante en el area de cualquier plano horizontal de la misma.

11.- Mejoras en el procedimiento carbotérmico del tipo de los que usan calentamiento externo, para obtener esponja de hierro, usando una retorta vertical externamente calentada para la reducción de mineral de hierro, como en la
15 reivindicación 1 y en una u otra de las reivindicaciones siguientes, caracterizadas por el hecho de que la esponja de hierro retirada es suministrada a una primera cámara y desde allí, a través de una compuerta, a una segunda cámara mantenida bajo extrapresión con gas inerte.

20 12.- Mejoras en el procedimiento carbotérmico del tipo de los que usan calentamiento externo, para obtener esponja de hierro, usando una retorta vertical externamente - calentada para la reducción de mineral de hierro, como en -
25 la reivindicación 1 y en una u otra de las reivindicaciones siguientes, caracterizadas por el hecho de que la segunda - cámara es mantenida bajo extrapresión con gases de combustión extraídos de la cuba y enfriados a la temperatura ambiente (25° a 40° C).

13.- Mejoras en el proceso carbotérmico del tipo

139
11

.../...



de los que usan calentamiento externo para obtener esponja
de hierro usando una retorta vertical externamente calenta-
da para la reducción de mineral de hierro, en el que la mez-
cla de carbón, mineral y cualquier agente activante y/o de-
sulfurizante, son introducidas desde arriba y es posible -
5 inyectar gases reductores a cualquier altura deseada, como
en una u otra de las mejoras de las reivindicaciones 1 a 12.

14.- "MEJORAS EN EL PROCEDIMIENTO CARBOTERMICO,
DEL TIPO DE LOS QUE USAN CALENTAMIENTO EXTERNO, PARA OBTENER
10 ESPONJA DE HIERRO", de conformidad en un todo en lo esencial
y fines industriales a lo descrito en la precedente memoria
descriptiva y graficamente representado en los adjuntos pla-
nos para su mejor comprensión.

Esta memoria consta de DIECISIETE hojas escritas
15 o mecanografiadas por una sola cara a doble espacio.

Madrid, 3 JUN. 1975

Por autorización de la interesada.

