

261083



261083

MEMORIA DESCRIPTIVA

que se presenta para unir a la solicitud

de

PATENTE DE INVENCION

formulada el 17 de Septiembre de 1960, con el N° 261.083

en

ESPAÑA

por VEINTE años

a nombre de THE STEEL COMPANY OF CANADA LIMITED, entidad canadiense, establecida en Wilcox Street, Hamilton, Ontario, Canadá, por:

"UN PROCEDIMIENTO PARA LA REDUCCION DE OXIDOS DE HIERRO"

=====

El invento se refiere a la fabricación de hierro y acero. Está dirigido especialmente a un procedimiento para la reducción del contenido de oxígeno de los óxidos de hierro en estado sólido, con el aumento correspondiente del contenido de hierro, a efectos de fabricar un producto que contenga óxido de hierro y hierro metálico, que sea apropiado para la carga de hornos productores de acero, cubilotes y similares.



261083

5 Son conocidos procedimientos para la reducción de óxido de hierro en estado sólido, a un estado de oxidación más bajo, hasta un hierro metálico, o un producto que contiene hierro metálico, que están basados en la reacción directa con un agente reductor, tal como p.e. monóxido de carbono, en presencia de partículas de un agente reductor sólido, tal como p.e. carbono en forma de carbón o de coque menudo.

10 En esta reducción directa de óxido de hierro en la fase sólida, para obtener un estado de oxidación más bajo hasta un hierro metálico y un producto que contenga hierro metálico, se presentan, no obstante, dificultades económicas y técnicas. Un horno de tubo giratorio, en el que por un extremo se cargan el mineral, el agente reductor sólido y cal, y en el que se extrae el producto de la reacción por el otro extremo, parece a primera vista ser el tipo de aparato más apropiado, a base de su sencilla construcción. La reacción se lleva a cabo a una temperatura suficientemente elevada, para asegurar una velocidad de reacción suficiente. Esta temperatura está generalmente en las proximidades de la temperatura a la que se producen, al menos parcialmente, fenómenos de fusión, de modo que las partículas de la carga tienden a la adhesión. Con ello se motiva una adhesión de las partículas de la carga a la pared del reactor, con lo que se reduce la sección transversal útil del mismo y se producen dificultades en el servicio. Además, tiene generalmente lugar la aglomeración de las partículas de la carga, que forman conglomerados consistentes en hierro reducido, óxido de hierro sin reducir o parcialmente reducido, agentes reductores sólidos óxidos de ceniza y fundentes. Con ello se impide la reacción de la reducción y se provocan dificultades en el servicio

15

20

25

30



261083

y el vaciado del horno.

Otra dificultad es de índole del procedimiento. Así p.e. los minerales de hierro están acompañados generalmente de gangas, que contienen por lo menos pequeñas cantidades de azufre. El azufre está corrientemente contenido también en el combustible empleado para la reducción. Por otra parte debe el producto reducido tener un contenido bajo de azufre, debiendo p.e. el contenido de azufre ascender a menos de 0,05%, si el producto está destinado a ser utilizado para procedimientos para la producción de acero. Por consiguiente hay que adoptar medidas para asegurar este bajo contenido de azufre. La caliza, carbonato de calcio, ha sido ya utilizada en esta forma, pero la manera en la que ha sido empleada, ha producido una nueva dificultad, por que las superficies de las partículas de hierro tienden a recubrirse con una película de componentes finos fundidas de óxido de calcio, que puede contener sulfato de calcio y/o ferrita cálcica. La presencia de esta película repercute desfavorablemente sobre la reacción entre el contenido de oxígeno del óxido de hierro y el monóxido de carbono en las superficies limitantes de las partículas, y provoca generalmente también una elevación del contenido de azufre del producto terminado.

Como consecuencia de las dificultades descritas y de otras, ha sido muy lento el progreso técnico en la reducción de óxidos de hierro a un estado de oxidación más inferior hasta hierro y un producto que contenga hierro elemental en fase sólida, a pesar de que el principio fundamental es en sí conocido, y ninguno de los procedimientos propuestos ha pasado de la fase experimental, habida cuenta de las difi-



261083

5 cultados del procedimiento y de los gastos considerables de inversión y de servicio, que ha ocasionado el intento de vencer estas dificultades. El producto obtenido por un proceso de reducción ligado a tales dificultades, no puede satisfacer las exigencias metalúrgicas para su empleo en hornos productores de hierro y acero. Además, de todo ésto, es preciso en algunos casos otro tratamiento preparatorio o similar, lo que asimismo eleva los gastos del procedimiento.

10 Se ha descubierto ahora, que pueden orillarse los problemas en la reducción directa del óxido de hierro para obtener un estado de oxidación inferior, hasta hierro metálico, y un producto que contenga hierro metálico en la fase sólida, empleando el óxido de hierro, el agente reductor sólido y la dolomita y/o caliza, dentro de determinados tamaños de grano, y llevando a cabo la reacción de reducción
15 en una zona de reacción, que se mantiene a una temperatura exactamente controlable, practicamente invariable.

20 El procedimiento de acuerdo con el invento ha sido explicado a continuación con más detalle, a base de los dibujos.

La fig. 1 es un esquema de paso de una forma de realización preferente del procedimiento.

La fig. 2 es la representación esquemática de un aparato, en el que puede realizarse el procedimiento.

25 Los mismos números de referencia, designan en la descripción siguiente y en las figuras, piezas constructivas siempre iguales. El óxido de hierro empleado de acuerdo con el procedimiento según el invento, se encuentra preferentemente, pero no ineludiblemente, en forma de un mineral o de un concentrado de pureza elevada. Otras impurezas, que no sean
30



361093

las oxidables, tales como p.e. el azufre, que puede ser volatilizado en una fase de tostación o sinterización preliminar, no son eliminadas por el procedimiento. Cuando el material de partida contiene impurezas indeseables, hay que rebajar su contenido hasta un valor admisible, bien sea antes, o bien durante un tratamiento previo, tal como p.e. una tostación u otro tratamiento.

5

10

15

20

25

30

Tal como muestra la fig. 1, las partículas de mineral de hierro son puestas durante la fase de aglomeración 1, en una forma deseada, tal como p.e. la de píldoras o de grajeas esféricas. Esta fase del procedimiento puede ser suprimida, cuando el mineral suministrado se encuentra en un tamaño de grano apropiado. El dispositivo empleado en esta fase es una conocida máquina de grajear, en la que las partículas de mineral se conglomeran para obtener la forma y el tamaño deseados. Se ha descubierto, que el mineral de hierro suministrado o en estado aglomerado, debe tener un tamaño de grano de al menos 6 mm y preferiblemente de 6 - 15 mm, con el fin de asegurar, tanto una velocidad de reacción suficiente, como también un grado de reducción bastante dentro de un tiempo económicamente admisible. Por lo tanto, si las grajeas son esféricas, deben tener al menos un diámetro de 6 mm. Si se dispone de grajeas o trozos de mineral de otra forma, p.e. elíptica, entonces la dimensión mínima tiene que ascender al menos a 6 mm. De este modo se garantiza una proporción óptima entre el volumen de las partículas empleadas y su superficie, de modo que se reduce la superficie expuesta a las impurezas de azufre procedente del combustible, conteniéndose también en amplio grado la formación de una película adherente de óxidos de ceniza y partículas sólidas, granuladas, de combustible.

201083



5 Para una reducción satisfactoria dentro de un lapso de tiempo económicamente racional, es el tamaño máximo de aproximadamente 15 mm. Para tiempos de permanencia más largos, se pueden emplear también dimensiones mayores. Se ha descubierto, que las partículas de óxido de hierro de menos de unos 6 mm, son menos satisfactorias desde el punto de vista del contenido de azufre y del grado de reducción del producto terminado, así como debido también a la posible adherencia de componentes de gangas.

10 Las grajeas se cargan en la fase de tostación 2, en la que son tostadas a una temperatura suficiente para unir entre si las partículas de hierro. Según sea la composición de la ganga, se mueve esta temperatura, por lo general, entre los límites de alrededor de 1000° a 1500° C. Las condiciones de temperatura óptimas para cada mineral, pueden comprobarse fácilmente en cada caso. Preferentemente se realiza la tostación en presencia de un gas, que contenga oxígeno libre, tal como p.e. aire, aire enriquecido con oxígeno, u oxígeno. Esta fase del procedimiento, que puede llevarse a cabo en un

15 horno de tostación conocido o en una cinta de sinterización, sirve para varios fines ventajosos. Las partículas de óxido de hierro se unen para formar cuerpos sólidos coherentes, que pueden ser manejados sin peligro de desmoronamiento en la fase del procedimiento siguiente. Los óxidos de hierro de un grado de oxidación inferior, posiblemente existentes, tales como p.e. la magnesita Fe_3O_4 , se oxidan para formar óxido

20 férrico Fe_2O_3 , y el contenido de azufre del mineral puede ser eliminado prácticamente por completo, en forma de SO_2 . La eliminación del azufre en esta fase es importante, puesto que cualquier azufre residual es arrastrado al producto final,

25

30

261083



en el que la concentración de azufre teórica en una reducción completa, asciende a alrededor de 1,4 veces el contenido de azufre de las grajeas tostadas.

5 De la fase de tostación 2, pasan las grajeas a la fase de reducción 3, en la que son tratadas con un gas reductor, tal como p.e. monóxido de carbono, en presencia de partículas de carbono en cantidad de agente reductor sólido, tal como p.e. carbón, preferentemente carbón no aglutinante o coque, y un fundente, tal como caliza CaCO_3 , o preferentemente dolomita $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$. Preferiblemente se emplea dolomita como fundente 10 en esta fase del procedimiento, por que las partículas de dolomita pueden obtenerse fácilmente dentro de una gama de tamaño de grano dada, y por que estas partículas tienen una tendencia menor a astillarse o desmoronarse durante la fase de reducción, que las partículas de caliza. La reducción se realiza preferentemente en un horno de tubo giratorio. 15

Se ha descubierto asimismo, que el tamaño de grano de las partículas de combustible carbonáceo y caliza o dolomita, es importante para un curso satisfactorio de la reducción, especialmente cuando ésta se lleva a cabo en un horno de tubo giratorio u otra clase de horno, donde los materiales de que se compone la carga, son volcados constantemente y removidos 20 entre sí. Los trozos del combustible carbonáceo han de ser, indiferentemente de hallarse presentes en forma de carbón o de coque, menores de 12 mm. para tener una superficie máximamente grande en contacto con la superficie libre de las grajeas de óxido de hierro. Un límite inferior crítico, en el estricto sentido, no existe, si bien se prefieren trozos dentro de una gama de tamaños de grano de alrededor de 25 1 - 12 mm, para mantener pequeñas las pérdidas de polvo, fa- 30

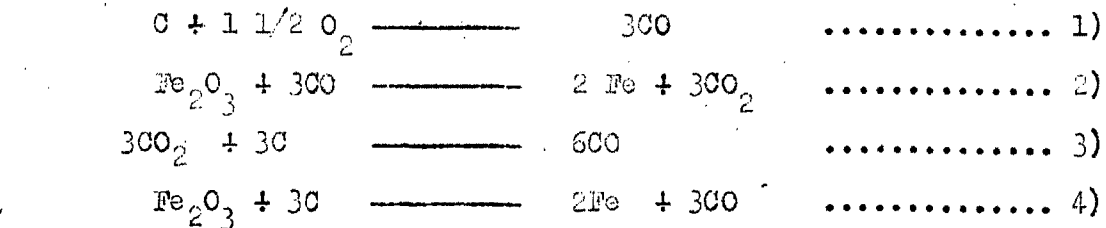
261083



facilitar el transporte y no obstante disponer de una superficie suficientemente grande.

5 Los trozos de caliza y/o dolomita, tienen que estar en una gama de tamaños de grano de alrededor de 1 - 3 mm. La presencia de partículas más finas provocaría dificultades en el servicio, debido a que la temperatura a la que se realiza la reducción, las partículas finas tienden a fijarse sobre el revestimiento del horno y sobre la superficie libre de las grajeas. La caliza o dolomita debe agregarse a la mezcla de la carga en una cantidad de al menos 4% en peso del mineral, para asegurar un exceso sobre la teórica para la combinación del azufre contenido en los participantes de la reacción y en el combustible.

15 La secuencia de la reacción que tiene lugar durante esta fase del proceso abarca las reacciones iniciales entre el carbono y el oxígeno, en las que se forma CO₂ y CO, reaccionando el CO con el contenido de oxígeno del óxido de hierro para formar CO₂, de modo que se puede repetir la secuencia de la reacción. Esta secuencia de la reacción puede ser representada por las ecuaciones siguientes:



25 En el horno reductor existen, por lo tanto, al menos 2 zonas, a saber, la zona de precalentamiento en la que se carga la mezcla de óxido de hierro, agente reductor sólido y fundente, calentándola a la temperatura de reacción, y la zona de reducción, en la que transcurren las reacciones 1), 3) y 4)

261083



5 en la medida deseada. Si bien resulta teóricamente posible llevar a cabo una reducción completa de las grajeas de óxido de hierro hasta conseguir hierro metálico, se ha descubierto que ello resulta antieconómico para la obtención de un material
10 en bruto para hornos productores de hierro y acero conectados a continuación. En relación a la velocidad de la reacción los gastos de inversión y los gastos de combustible, se ha descubierto, que el procedimiento puede llevarse a cabo sobre una base económicamente admisible, si únicamente se reducen 85 - 95% del contenido de hierro para obtener hierro metálico, permaneciendo parte del hierro en forma de un óxido. El producto así obtenido es apropiado como material bruto para hornos de obtención de hierro y acero. El procedimiento es muy adaptable, pudiendo determinarse fácilmente
15 las condiciones de temperatura y el tiempo de la reacción para el tratamiento de un mineral específico, con el fin de conseguir la reducción deseada teniendo en cuenta los factores económicos y las condiciones del horno productor de hierro o acero, en el que haya de emplearse el producto como material en bruto.
20

La temperatura empleada para la reacción reductora, es importante para la realización del procedimiento. Se ha descubierto, que debe mantenerse una temperatura prácticamente uniforme a través de toda la zona de reducción del horno, que
25 ha de moverse dentro de estrechos límites mínimos y máximos.

La temperatura máxima admisible en la reacción reductora, está determinada, en primer lugar, por la composición y la cantidad de gangas existentes en las grajeas junto con el mineral. La temperatura de ablandamiento de un mineral
30 de hierro determinado o de una mezcla de minerales de hierro,

201083



5 puede comprobarse fácilmente por métodos de ensayo conocidos. Como temperatura máxima puede determinarse la temperatura a la que se puede llevar a cabo la reacción sin fusión o sin principio de fusión en las superficies de las grajeas, que provocaría la formación de una película adherente o la sinterización entre sí de los trozos de la carga.

10 La misión principal del combustible sólido en el proceso de acuerdo con el invento, es la de suministrar una fuente de carbono para la transformación del CO_2 en CO . Todo el calor de la reacción o parte del mismo, puede ser suministrado por una fuente térmica exterior, tal como p.e. un quemador de aceite o de gas axial y/o varios radiales, dispuestos a cierta distancia entre sí a lo largo del reactor. Si existe una necesidad residual de calor para la realización de la reacción, se puede conseguir éste del carbono sólido en la mezcla de la reacción. La proporción en que se genera calor dentro por el carbono de la carga y en que se suministra desde fuera, se basa en consideraciones económicas y puede determinarse fácilmente antes de ponerse en práctica el procedimiento, controlándose exactamente durante la realización del mismo. De este modo, la temperatura a la que se lleva a cabo la reducción, se controla exactamente y se mantiene prácticamente uniforme por toda la zona de reducción, evitándose sobretemperaturas locales en la superficie de las grajeas. El contenido de carbono de la carga puesta en el reactor, se regula de tal modo, que el consumo de carbono para la reducción del óxido de hierro a hierro, y la parte de calor de la reacción, que debe ser suplido por esta fuente, queden cubiertos, restando además un exceso para mantener una atmósfera reductora en el reactor.

15
20
25
30



El fundente de cal o preferiblemente dolomita, del tamaño de grano anteriormente mencionado, se agrega en exceso sobre la cantidad teóricamente necesaria para la combinación del azufre contenido en el combustible y el agente reductor. Tal como se ha mencionado ya, se prefiere la dolomita como fundente, por que las partículas de la misma no se desmoronan y forman polvo durante la reacción reductora, en la misma medida que la caliza.

La temperatura máxima que puede aplicarse en cualquier punto de la zona de reacción, debe ser lo más próxima posible, pero con seguridad inferior a la temperatura, en la que pueda producirse la adhesión del fundente o de óxido de cenizas en la superficie de las grajeas y del revestimiento del horno, y/o la sinterización de la carga.

La velocidad de la reacción de la reducción, depende de la temperatura. Si bien en realidad no existe límite inferior crítico, se realiza, no obstante, generalmente la reacción a una temperatura, a la que transcurra a una velocidad suficiente. Una ventaja sustancial del procedimiento de acuerdo con el invento consiste, en que debido al empleo de un agente de reducción sólido y fundentes dentro de la gama de tamaños de grano indicada, y gracias al empleo de fuentes de calor exteriores, resulta, posible mantener una temperatura prácticamente uniforme dentro de toda la zona de reacción, siendo al mismo tiempo posible mantener esta temperatura próxima, pero con seguridad por debajo de la temperatura, a la que se produciría una adherencia de fundentes o de óxidos de ceniza en la superficie de las grajeas y en el revestimiento del horno.

La fig. 2 muestra esquemáticamente y a manera de ejem-



261083

5 plo un dispositivo, en el que puede realizarse el procedi-
miento de acuerdo con el invento. La mezcla de la carga,
consistente en grajeas de óxido de hierro, un agente reduc-
tor sólido con contenido de carbono, y fundentes, es carga-
da por el extremo de entrada 13 de un horno de tubo gira-
torio, a partir de una tolva de alimentación 10 a través de
un canal de carga 11.

10 Como horno reductor se puede emplear un horno de sec-
ción transversal redonda, de tipo de construcción conocido
en sus rasgos fundamentales. Puede, por lo tanto, consistir
en una envoltura exterior 12 con un revestimiento interior
de un material refractario, tal como tierra refractaria, mag-
nesita, cromita o similares. El horno está soportado de la
manera usual sobre gorriones 22 y puede ser hecho girar a un
15 número de revoluciones previamente determinado, p.e. median-
te un motor 15, a través de un juego de mecanismo reductor
16, cuya rueda dentada final engrana con una corona dentada
17 montada alrededor de la envoltura exterior 12. El horno
puede montarse horizontalmente, debiendo entonces preverse
20 medios para el transporte de la carga desde el extremo de en-
trada al extremo de expulsión, o bien puede colocarse inclina-
damente, para facilitar el flujo de material a través de él.
Pueden preverse chapas directrices, para facilitar el avan-
ce de la carga a través del horno. Son conocidas construc-
25 ciones de horno apropiadas, que no son objeto del presente
invento.

30 La carga introducida en el horno, atraviesa la zona
de caldeo 18, en donde se calienta a la temperatura de la
reacción, preferiblemente alrededor de 1100° C, bien sea
mediante el gas fluyente a contra-corriente, o bien por ca-



1082

refacción exterior, o también por otras fuentes térmicas. Preferiblemente se emplean como combustible, gases de calefacción si bien es utilizable también el aceite combustible.

5 La carga caldeada pasa a continuación a la zona de reducción 21, que es mantenida a la temperatura de la reacción mediante la combustión del combustible sólido que contiene carbono, y adicionalmente mediante combustible introducido por el extremo de salida del horno a través de los quemadores 19 y del quemador axial 26. Los quemadores 19 están dispuestos a intervalos a lo largo de las zonas de reducción y de caldeo del horno. Estos quemadores están comunicados a través de la tubería 20, provista de válvulas, con una fuente de combustible. El aire necesario para las reacciones es suministrado a través de los quemadores 19 y 26 por la tubería de alimentación de aire 20a. También el suministro de calor y el suministro de aire puede regularse por las válvulas en las tuberías 20 y 20a dentro de límites muy estrechos, alcanzando la zona de regulación, tanto para la calefacción, como también para el aire, desde 0 hasta un máximo.

10

15

20 Los gases introducidos en el horno y formados en éste, fluyen a contra-corriente de la carga sólida, tal como ha sido representado en el dibujo. El gas de salida es extraído por el extremo de entrada 29, alrededor de la canal de carga ll. Puede ser expulsado por encima del techo, o bien ser recogido, a efectos de recuperación de calor o de componentes sólidos o gaseiformes.

25

El extremo de salida 25 del horno es caldeado preferentemente por un quemador 26 dispuesto axialmente, que a su vez está comunicado con fuentes para el combustible y el aire.

30 La mezcla de la reacción, terminada de tratar y consis-

261083



5 tonte en grajeas reducidas que contienen hierro y óxido de
 hierro, óxidos de ceniza, componentes de carbono sin reac-
 cionar y fundentes reaccionados y sin reaccionar, es extraí-
 da por el extremo de expulsión 27. Por lo general es nece-
 sario refrigerar la mezcla de la reacción a una temperatura,
 a la que de manera apropiada pueda ser tratada con medios
 conocidos, a efectos de obtener las deseadas grajeas de hie-
 rro y óxido de hierro. Esta refrigeración tiene que realizar-
 se en condiciones tales, que se evite una reoxidación de las
 10 grajeas. Un procedimiento utilizable ha sido representado en
 el dibujo, de acuerdo con el cual se mantiene una atmósfera
 fuertemente reductora en el extremo de expulsión del horno.
 La mezcla de la reacción es conducida en esta atmósfera re-
 ductora a un refrigerador 31, en el que, asimismo en una at-
 15 mósfera reductora, es enfriada a la temperatura de la atmós-
 fera o al menos a una temperatura, a la que las grajeas de
 la mezcla de la reacción puedan ser separadas sin peligro de
 reoxidación. Como refrigerador 31 puede emplearse uno de
 tipo conocido, tal como p.e. el tambor giratorio represen-
 tado en el dibujo, refrigerado por fuera.

20 En el refrigerador 31 puede mantenerse una atmósfera
 reductora, p.e. mediante la introducción de monóxido de car-
 bono a través de la tubería 41. El gas procedente del refri-
 gerador puede ser utilizado en la zona de reducción o de cal-
 deo, en calidad de combustible, si así se desea.

25 Las grajeas de hierro y óxido de hierro, obtenidas
 de la manera conocida de la mezcla de la reacción enfriada en
 el refrigerador 31, pueden ser separadas p.e. mediante cri-
 bado o por otros procedimientos de separación cualquiera.

30 Las grajeas pueden ser cargadas directamente en un horno



261083

productor de hierro o acero, o bien se almacenan. En este último caso es conveniente revestirlas de una película protectora de grafito o cal, o bien de ambos a la vez, para protegerlas contra oxidaciones.

5 La temperatura que se mantiene en la zona de reducción, depende de la composición del mineral de hierro y de la ganga acompañante. La temperatura de reducción máxima puede ser determinada fácilmente mediante ensayos conocidos, debiendo tenerse en cuenta, que hay que evitar la formación de un revestimiento delgado de ganga sobre la superficie de las grajeas y la adhesión de partículas de la carga sobre la pared del horno. En el tratamiento del mineral en los ejemplos siguientes, se mantuvo la zona de reducción a una temperatura comprendida en la gama de 950° C a 1130° C.

10

15 Los ejemplos siguientes muestran los resultados de la realización del procedimiento. Para los ejemplos de realización se empleó un horno de tubo giratorio de 10 m de largo y 0,45 m de diámetro interior, que fué hecho girar a una velocidad de rotación de 1/3 de vuelta por minuto. El refrigerador tenía 6 m de largo, un diámetro interior de 0,30 m y fué hecho girar a una velocidad de aproximadamente 2/3 de revoluciones por minuto. La composición de los materiales de partida, fué la siguiente:

20

25

30

TABLA I

	$\% \text{SiO}_2$	$\% \text{Al}_2\text{O}_3$	$\% \text{CaO}$	
Pildoras en bruto	1.63	0.29	1.37	
Antracita	0.86	0.79	0.14	
Dolomia	1.60	0.55	32.86	
Caliza	0.50	0.25	54.77	
Gas del alumbrado	2.3% CO_2 ;	0.4% O_2 ;	9.3% CO ;	50



261083

% MgO	% S	% Fe	% C fijo	% de componen- tes volátiles	% H ₂ O
0.20	0.003	66.80	-	-	-
0.15	1.00	0.94	86.30	9.30	0.90
16.00	0.15	0.74	-	-	0.08
0.16	0.05	0.34	-	-	-
50.1% H ₂ ;	21.7% CH ₄ ;	13.7% N ₂ ;	2.5% C H .		
			m n		

261083



5 Se grajeó el concentrado de óxido de hierro. Las grajeas fueron caldeadas bajo atmósfera oxidante sobre una parrilla móvil, y el producto fué introducido en el horno reductor. La velocidad de alimentación en el horno reductor se reguló de manera, que se consiguió un grado de carga de aproximadamente 30% de la capacidad del horno y un tiempo total de permanencia en el horno de alrededor de 4 horas, de las cuales 2 1/2, en número redondos, transcurrieron en la zona de reducción.

10 La condiciones observadas en los diversos ensayos, han sido reseñadas en la Tabla 2.

TABLA 2

Agente reductor sólido

15 Coque: Tamaño de partícula: inferior a 1 mm.

antracita: En los diversos ensayos se utilizó antracita con los límites de tamaño de grano 0 - 1 mm; 0 - 3 mm; 0 - 5 mm; 0 - 10 mm.

20 Cantidades empleadas: Se emplearon 150%, 200%, 250%, 300% de la cantidad precisa en teoría para la reducción.

Tamaño de grano de las grajeas: Inferior a 3 mm, 6 - 8 mm, 12 - 15 mm, 20 - 25 mm y 25 - 35 mm.

Tamaño de grano de la dolomita: 1 - 3 mm;

25 Cantidades empleadas: 0%, 6%, 8% y 12% del peso del mineral empleado.

Caliza: Tamaño de grano inferior a 1 mm; 1 - 3 mm. Las cantidades empleadas fueron las mismas que de dolomita.

Temperatura en la zona de reducción:

950°C, 1000°C, 1050°C, 1100°C, 1130°C.

30 Los ensayos se llevaron a cabo con diversas combinacio-



261083

nes de tamaños de partículas de los participatentes de la reacción, cantidades de adiciones y temperaturas.

Las condiciones de los ensayos se mantuvieron en cada ensayo para la duración del periodo de ensayo, es decir, de
5 4 - 8 horas. Los periodos de ensayo formaron parte de una campaña de ensayos continua, que duró 5 - 6 días. Los ensayos se realizaron durante varias campañas de ensayos. Se empleó gas de horno de coque purificado como fuente térmica adicional para los quemadores 19 y 26, cuando fué necesario. La ve-
10 locidad de alimentación de la cantidad de calor, el volumen de gas y de aire, así como el volumen y la composición de los gases de salida, se midieron continuamente. El perfil de temperatura del horno fué asimismo medido continuamente, manteniéndose dentro de límites predeterminados. La cantidad y la
15 distribución de grano de la descarga del horno se midieron, determinándose su composición química.

Se comprobó, que las grajeas reducidas mejor fabricadas, contenían 90 a 94% de hierro. Tenían un contenido de azufre inferior a aproximadamente 0,03% y no tenían adherido ningún fundente ni cenizas volátiles. Eran excelentemente apropiadas para su empleo en un horno productor de hierro o acero. Las grajeas mejores se consiguieron al emplear grajeas en bruto de un diámetro de 6 - 15 mm. y agregando a la carga al menos 4% del peso de mineral empleado, de fundentes
20 de un tamaño de grano de 1 - 3 mm. y cuando el agente reductor sólido había sido agregado en un tamaño de grano inferior a 12 mm. y en tal cantidad, que en el producto saliente del horno había todavía al menos tanto carbono, que correspondiera a 10% del peso de las grajeas en bruto empleadas, y manteniendo la temperatura para este mineral especial dentro de
30



261083

los límites de 1100 a 1130°C.

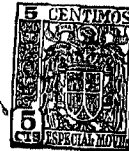
5 El procedimiento de acuerdo con el invento ofrece una serie de ventajas sustanciales. El óxido de hierro puede ser reducido rápidamente y con gastos de instalación y de servicio relativamente reducidos, proporcionando un producto consistente en hierro metálico y óxidos de hierro, que es apropiado para su empleo en hornos productores de hierro y acero. El contenido de azufre del producto, puede ser reducido y mantenido a un valor admisible. El producto está prácticamente libre de impurezas, tales como fundente sulfurado y óxidos de ceniza. Las condiciones del procedimiento pueden ajustarse fácilmente, de modo que se obtiene un producto con cualquier grado de reducción deseado, de hasta alrededor de 95%.

15 Esta solicitud que corresponde a la presentada en Canadá el 18 de Marzo de 1960, bajo el número 794.811, se acoge a lo establecido en el artículo 51 del vigente Estatuto sobre Propiedad Industrial.

20 - N O T A -

Los puntos de invención propia y nueva que se presentan para que sean objeto de esta solicitud de Patente de Invención en ESPAÑA por VEINTIS años, son los siguientes:

25 1º.- Un procedimiento para la reducción de óxidos de hierro a un estado inferior de oxidación en fase sólida a temperatura incrementada con monóxido de carbono en presencia de combustible carbonoso sólido y un fundente, caracterizado porque una mezcla, consistente en partículas de mine-



261083

ral de hierro oxidado de un tamaño de grano de 6 mm. por lo menos, combustible carbonoso sólido en un tamaño de grano de menos de 12 mm. y fundente en un tamaño de grano de 1 mm. por lo menos, en la cual el contenido de carbono es mayor que el que teóricamente es necesario para la reducción completa del mineral de hierro, estando presente el fundente en una proporción de por lo menos 4% en peso del mineral cargado, se lleva a reacción con monóxido de carbono en una zona de reacción que para alimentar al menos una parte del calor necesario para el mantenimiento de la reacción es mantenida a una temperatura prácticamente uniforme en todas sus partes mediante fuentes exteriores de calor.

2º.- Un procedimiento según el punto 1º, caracterizado porque el combustible carbonoso se carga en un tamaño de grano de 1 a 12 mm.

3º.- Un procedimiento según los puntos 1º y 2º, caracterizado porque el óxido de hierro se carga en tamaños de grano de 6 a 15 mm.

4º.- Un procedimiento según el punto 1º, caracterizado porque una parte predominante de las partículas del fundente poseen un tamaño de grano en la zona de 1 a 3 mm.

5º.- Un procedimiento para la reducción de óxido de hierro a un estado inferior de oxidación por reacción de óxido de hierro en fase sólida a temperatura incrementada con monóxido de carbono en presencia de material carbonoso sólido y partículas de fundente, caracterizado porque el óxido de hierro se moldea en gránulos de por lo menos 6 mm. de diámetro, los granos se calientan en una atmósfera reductora en una zona de calentamiento a aproximadamente la temperatura de la reacción, luego se conducen por una zo-

261083



na de reacción la cual se mantiene en todas partes por
aportación de calor desde una fuente de calor situada ex-
teriormente a una temperatura unitaria situada por deba-
jo de la temperatura de ablandamiento de la carga, se
5 alimenta a la zona de reacción un gas oxigenado desde fue-
ra y se lleva a cabo la reacción de reducción hasta forma-
ción de un producto que contiene hierro metálico y óxido
de hierro, después de lo cual la mezcla de reducción se
enfria en una zona de refrigeración en atmósfera reduc-
10 tora y el producto que contiene hierro y óxido de hierro
se separa de la mezcla de reacción.

6º.- Un procedimiento según el punto 5, caracteriza-
do porque el gas reductor es conducido desde la zona de
enfriamiento a la zona de reacción.

15 7º.- Un procedimiento según el punto 5º, caracteriza-
do porque fluye gas en contracorriente a las materias sólidas
a través de la zona de reacción y de la zona de calen-
tamiento y se retira de la zona de calentamiento.

20 8º.- Un procedimiento según el punto 5, caracteriza-
do porque al menos una parte del calor necesario para la
reacción de reducción es conducido desde fuera en varios
puntos dispuestos a distancias determinadas a lo largo de
la zona de calentamiento y reacción.

25 9º.- Un procedimiento para la reducción de óxidos de
hierro.

Tal y como se ha descrito en la Memoria que antecede,
representado en el dibujo que se acompaña y con los fines
que se han especificado.



261083

Esta Memoria consta de veintidos hojas escritas a máquina por una sola cara.

Madrid,

P.A.)

[Handwritten signature]

AV



261083

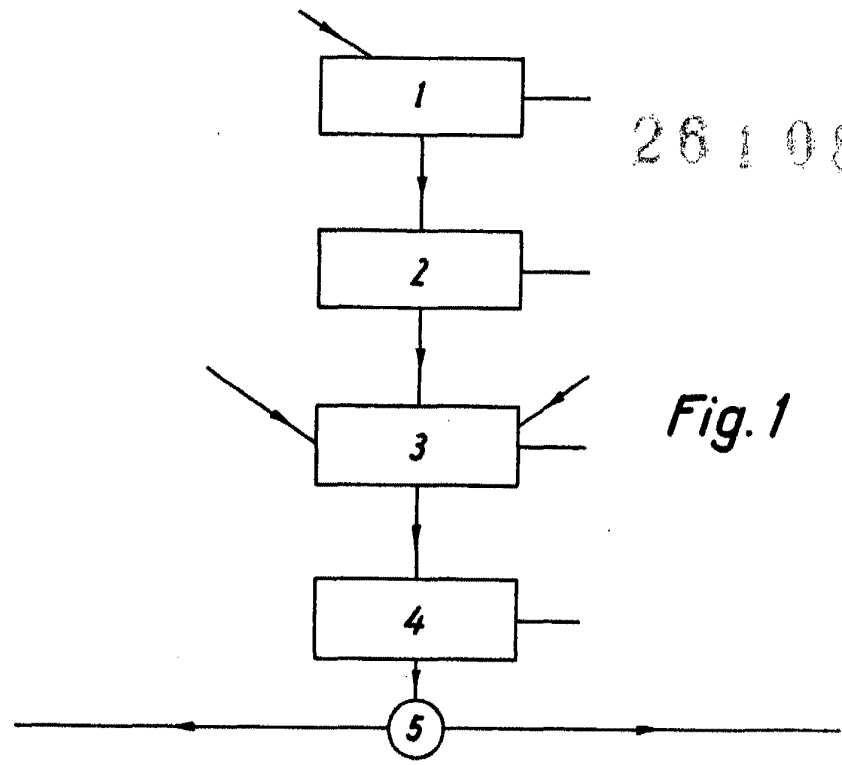


Fig. 1

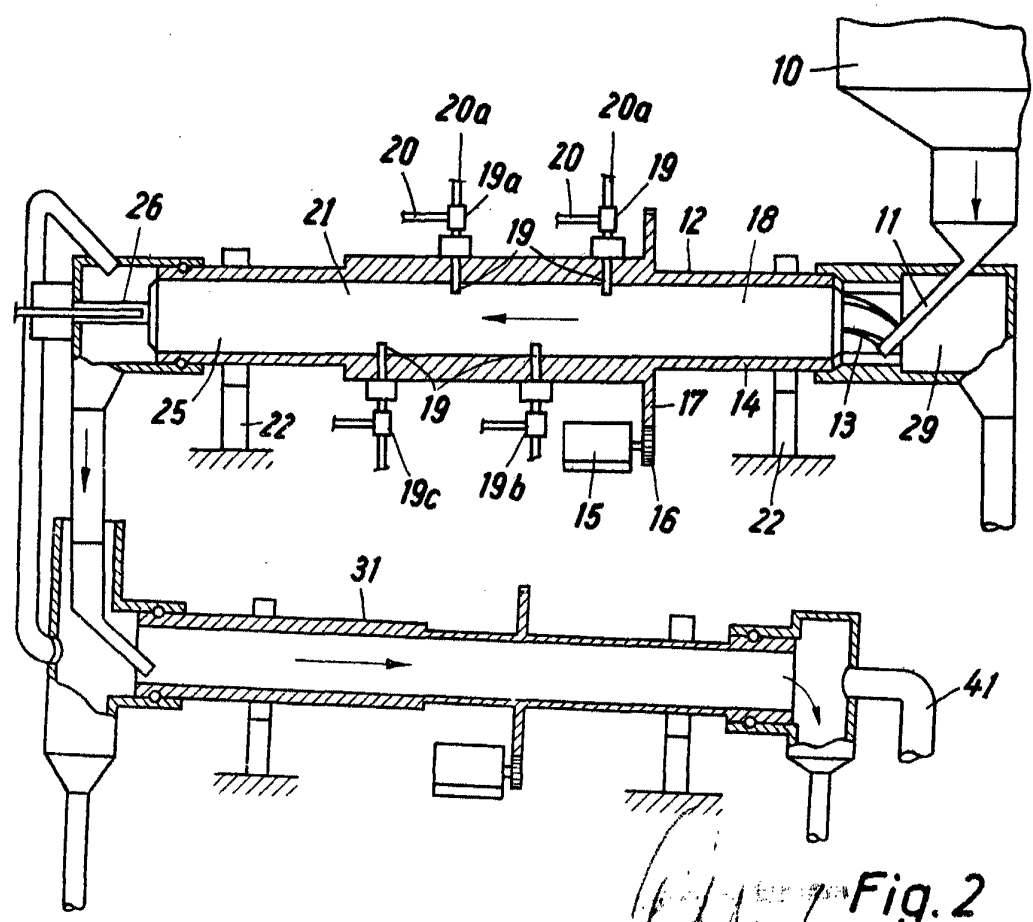


Fig. 2

W. J. ...