

22



PATENTE DE INVENCION

Your Case 1009

315686

Memoria Descriptiva
sobre

" PROCEDIMIENTO PARA LA REDUCCION DE BOLAS
ARTIFICIALES DE MINERAL DE HIERRO BENEFICIADO "

Solicitante: ARMCO STEEL CORPORATION, entidad norteamericana,
residente en 703 Curtis Street, Middletown, Ohio,
EE.UU. de A.

Según es bien conocido, la recupera-
ción de hierro del mineral de hierro se lleva
a cabo generalmente en un alto horno que es un
horno de cuba en el que se introducen por la -
5. parte superior el mineral de hierro, coque y



5. piedra caliza y del que se sangran en intervalos de
unas horas el hierro líquido y la escoria. Un cho-
rro de aire precalentado se introduce a través de
unas toberas situadas en la parte inferior del hor-
no. El oxígeno del aire se une con el coque para
formar monóxido de carbono, que a su vez reduce
el mineral de hierro con la consiguiente libera-
ción del hierro y la formación de dióxido de car-
bono. El hierro liberado se funde por el calor de
10. la reacción del coque que arde con el aire en las
toberas.

Una operación lograda del alto horno
exige una buena calidad de coque de tamaño unifor-
me y bien exige un mineral de hierro de buena ca-
15. lidad clasificado en trozos, o aglomerados forma-
dos artificialmente o bolas de tamaño sensiblc-
mente uniforme de mineral de hierro beneficiado.

Los minerales de hierro de alta cali-
dad y el coque para alto horno son cada día más
20. caros y escasean en muchas áreas. Hasta ahora se ha
tenido entendido que si el mineral de hierro se
pudiera someter a reducción en un reactor apropia-
do mediante gases de reducción generados en algu-
na parte, se podría vencer la necesidad de tener
25. que emplear un mineral en terrones de alta calidad y
no se necesitaría coque en ningún caso. El medio
gaseoso para la reducción del mineral de hierro
podría generarse mediante la combustión parcial
de cualquier gas móvil incluyendo los gases natura-
30. les o artificiales combustibles, combustibles hi-



- drocarburos de carácter líquido y, en algunas circunstancias, carbón o coque en polvo. En algunos sectores, en particular cerca de los campos de petróleo, existe un suministro abundante y relativamente barato de gas natural, mientras que dichos sectores pueden estar alejados de cualquier fuente de mineral en terrones de alta calidad o de carbón apropiado para la preparación de un coque de calidad. Se ha sugerido que se mucla el mismo mineral muy fino, y que la reducción gaseosa directa se lleva a cabo en un reactor en el que se mantiene el mineral finamente dividido en un estado fluidizado por medio de los gases. Se ha conseguido algún éxito al poner en práctica estas sugerencias; pero los intentos para realizar la reducción gaseosa y fundición del hierro liberado han presentado muchas dificultades, mientras que los intentos realizados para reducirlos minerales de hierro finamente divididos en un reactor de fluidos sólidos son a menudo insatisfactorios porque algunos minerales son difíciles de fluidificar.
- 5.
- 10.
- 15.
- 20.

Las bolas artificiales de minerales de hierro beneficiado, a los que se ha hecho referencia anteriormente, normalmente se obtienen de las taconitas, que es un mineral de hierro abundante aunque de calidad relativamente inferior. Las taconitas, que son ricas en sílice u otros materiales de ganga, contienen óxido de hierro magnético. De esta forma es fácil triturar las taconitas reduciéndolas a un estado de molido fino, bene-

25.

30.



- ficiando el mineral mediante separación magnética. El material beneficiado o rico puede entonces dársele la forma de bolas o piezas de un tamaño suficiente para utilizarse en un alto
5. to horno de modos diversos, (veáanse los Estudios del Comité de Materias Primas y Altos Hornos del A.I.M.M.E., volumen 4, 1944, páginas 46 a 65). Al mineral beneficiado se le da forma de
10. bolas esféricas, de forma regular, con un diámetro de aproximadamente 9,5 m/m con una consistencia suficiente para su manejo, envío,
- almacenamiento y uso en un alto horno. Las bolas se manufacturan con un contenido real de hierro de hasta el 67% y solamente el 1,5 % de sílice u otra ganga. En general es posible hacer
15. estas bolas con un costo, basado en su contenido de hierro, comparable al costo del mineral empleado normalmente en altos hornos.

El empleo de estas bolas en altos

20: hornos ha tenido un gran éxito.

El invento presente se relaciona con la reducción gaseosa directa de bolas de esta naturaleza general. En el procedimiento que se describe en la presente memoria no es necesario

25. el coque siderúrgico y el costo del mineral por unidad de hierro recuperado no será sensiblemente superior que el costo del mineral para alto horno, El procedimiento que se describe no es de fundición en sí, porque el hierro reducido no

30. se funde en este proceso; pero se ha descubierto



- que las bolas del tipo citado se pueden someter a la reducción gaseosa directa sin desintegración. El grado de reducción conseguida en el proceso puede ser al menos del 97 al 98%, pero el procedimiento se puede llevar a la práctica produciendo menores grados de reducción. Las bolas reducidas salen a una temperatura por debajo de la temperatura de oxidación en el aire y son muy apropiadas para emplearse como carga de fundición en un horno, por ejemplo, eléctrico. El técnico en la materia comprenderá que en muchos sectores donde no se dispone de arrabio o metal de primera fundición, los productos del hierro y el acero se obtienen fundiendo chatarra en hornos eléctricos. Dicha chatarra está contaminada generalmente con metales extraños, por lo que el producto de este invento tiene una gran utilidad para diluir dichos metales extraños así como para sustituir a la chatarra donde lo permita la economía.
- 5.
 - 10.
 - 15.
 - 20.

- La reducción real de las bolas tiene lugar en un horno alargado y vertical de cuba. Esto no representa una dificultad puesto que las bolas tienen un tamaño uniforme; y, puesto que no se desintegran con la reducción, se cargan bien en el horno, no se adhieren a las paredes del horno y permiten un contacto por igual de los gases de reducción con todas las partes de la carga. El horno de cuba tiene un gradiente de temperatura desde una zona caliente central
- 25.
 - 30.



- hacia la parte superior e inferior del horno. La reducción se consigue principalmente en la zona caliente donde la temperatura es aproximadamente de 704°C a 982°C. Con una permanencia de aproximadamente tres horas (que puede variar ampliamente dependiendo de diversas condiciones, incluyendo la fuerza de reducción del gas, la velocidad de flujo del mismo, y otras cosas semejantes) se puede conseguir un alto grado de reducción en las bolas. El procedimiento que se describe tiene la ventaja de ser continuo en carácter, por ejemplo, se cargan las bolas por la boca superior del horno y éste puede descargar bolas de mineral reducido en una forma continua a una velocidad que depende al tamaño del horno y del tiempo que se desee permanezcan las bolas en él.
- 5.
- 10.
- 15.

Un objeto básico de este invento es conseguir una mayor eficacia en el combustible y unos costos más reducidos de operación en un proceso que se describirá más adelante.

20.

Otro fin del invento es proporcionar un procedimiento autónomo en el sentido que su economía no depende del uso que se dé y a los fines que se pudiera dedicar la gran cantidad de gases generados en el proceso y que contengan valores combustibles.

25.

Otro objeto del invento es proporcionar un procedimiento y aparato sencillo y más económico que los ya conocidos.

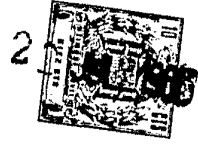
30.



La reducción de mineral de hierro por

- gases que consisten principalmente en monóxido de carbono e hidrógeno da como resultado una conversión del monóxido de carbono en dióxido de carbono y una conversión del hidrógeno en vapor de agua,
5. acompañado por una disminución del potencial de reducción de la mezcla gaseosa. En la mayoría de los procedimientos sugeridos hasta ahora, una de sus características ha sido la recirculación
10. de los gases. Enfriando los gases sometidos a una nueva circulación se puede separar de ellos una gran cantidad de humedad. Pero la pérdida de monóxido de carbono e hidrógeno tiene que suplirse de algún modo. La generación de gases de reducción
15. por la combustión parcial de un combustible móvil es lo que se ha propuesto normalmente a este fin. Pero en general, es necesario emplear oxígeno en lugar de aire para la combustión. Esto es más eficaz desde el punto de vista termodinámico pues-
20. to que se evita la presencia, calentamiento y enfriamiento de gases inertes como el nitrógeno. Al mismo tiempo, el procedimiento requiere una planta de oxígeno, lo que supone un gran costo.
- En estos procedimientos anteriores,
25. los gases recirculados enfriados, a los que se había repuesto en cierto modo su potencial de reducción, se pueden mezclar con los productos de combustión. Naturalmente, será necesario sangrar de la instalación una cantidad de gas equivalente a los productos añadidos de combustión menos la cantidad
- 30.

315686



correspondiente a cualquier escape.

5. Un objeto de este invento es proporcionar un procedimiento para la reducción gaseosa de minerales de hierro que no necesiten la combustión parcial de un combustible móvil o el tener que disponer de una planta de oxígeno.

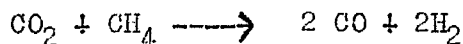
10. Hasta ahora se ha propuesto el intentar la reformación del dióxido de carbono de los gases usados. Se ha creído que se tendría necesidad de un catalizador y hasta el momento no se han descubierto catalizadores satisfactorios para este fin. El invento presente evita también el uso de vapor como agente reformante, eliminando por consiguiente el gasto considerable de extraer el agua de los gases reformados y el recalentamiento de los mismos antes de que se pudieran emplear para fines de reducción.

15. Otro fin del invento es proporcionar un procedimiento que comprende la reformación no catalítica del dióxido de carbono.

20. Estos y otros fines del invento que se expondrán más adelante o que resultarían obvios para el experto en la materia al leer esta memoria, mediante la descripción de una construcción determinada y una disposición de sus partes, así como de un procedimiento que a título de ejemplo de una de las modalidades del invento pasamos a describir. El plano adjunto, que es una representación esquemática de la instalación de este invento, ha de tomarse como referencia.



Para abreviar, la práctica de este invento depende de la reacción no catalítica del dióxido de carbono y metano (, por ejemplo, gas natural) de acuerdo con lo siguiente :



No solamente procede esta reacción en condiciones de calor y sin el uso de un catalizador, si no que se notará también que el volumen de los gases de reacción se duplica como resultado de la reacción y éste tiene importancia en el proceso en sí porque el volumen extra suministra gases que se necesitarían de otro modo para reponer los gases perdidos en el proceso.

Tomando ahora como referencia el plano, 10. 1, representa un horno de cuba de diseño y longitud apropiados para la reducción gaseosa de bolas de mineral. Las bolas se introducen en el horno en su parte superior según se indica con el número 2. Normalmente esto se lleva a cabo en cargas adicionales a través de un mecanismo de doble campana (no representado). Las bolas de mineral se reducen en el horno mediante los gases de reducción que consisten esencialmente en monóxido de carbono e hidrógeno, y a una elevada temperatura entre 704 y 15. 982°C y, de preferencia entre 815°C y 982°C. Los 20. gases que salen por la parte superior del horno se sacan a través de un conducto 3 y pasan a través de un lavador de gas 4, en el que se enfrían los



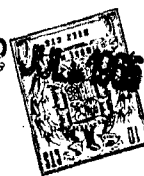
gases, una bomba 5 que obliga a recircular los gases, y un separador de agua 6.

Los gases extraídos contienen dióxido de carbono, pero su capacidad de reducción se ha mejorados de modo sensible por la eliminación de la mayor parte de la humedad. Entonces los gases pasan a través de conductos 7 y 8 a un dispositivo de conexión derivado 9 que contiene válvulas (no representadas) por las que pasan los gases a través de las estufas 10 y 11 en forma selectiva. A pesar de que se representan dos estufas, se podrían colocar más si así se deseara. Antes de penetrar en una estufa, los gases recirculados se enriquecerán con gas natural que se representan penetrando en la instalación por 12, añadido preferiblemente en proporción estequiométrica al contenido de dióxido de carbono para la reacción indicada anteriormente.

Las estufas 10 y 11, debe comprender el experto en la materia, son similares en construcción a las de un alto horno, ya que serán recipientes forrados o revestidos de material refractario con relleno de ladrillos apantillados o con bolas refractarias u otras formas que permitan el libre paso de los gases. Puesto que se han enfriado los gases recirculados, la función de las estufas será la de recalentar los gases reconstituidos al grado apropiado de temperatura para la reducción así como para causar la reacción entre el monóxido de carbono y el metano. Cada

315686

22



- estufa estará dotada de un quemador o quemadores y de una chimenea para la expulsión de los productos de combustión. Estos elementos no se han ilustrado porque el experto en el oficio los conoce muy bien. Se hallarán provistos con un dispositivo de válvula bien sea manual o automático; y se comprenderá que una estufa o grupo de estufas se calentará en su interior por combustión, después de lo cual se apagarán los quemadores,
- 5.
10. se cerrará la chimenea y los gases del proceso pasarán a través de ellas para que se calienten y reaccionen según se ha explicado anteriormente,

- De preferencia, el grado de temperatura de la estufa, es de 1.093 a 1.648°C, cuyo
15. límite de temperatura superior quedará dictado por los materiales empleados en la construcción.

- Será necesario sangrar algo de gas de la instalación para compensar el aumento de volumen de los gases reforzados producido por la carga del alimentador 12 y por la reacción de la estufa o estufas en funcionamiento. La estufa o estufas que se están calentando pueden emplear al mismo tiempo el gas purgado como combustible, junto con las cantidades adicionales de gas natural u otro combustible móvil
- 20.
25. según sea necesario. Se puede emplear aire para la combustión y ésta puede ser completa puesto que los productos de dicha combustión se expulsan simplemente a la atmósfera y no penetran en la instalación de recirculación.

30. Los gases calientes se recogen en 14

315686



y se devuelven por medio de un conducto 15 al horno para la reducción de bolas adicionales de mineral.

5. Es posible proporcionar un tubo de paso 16 para que los gases enfriados procedentes de la parte superior del horno pasen al conducto 15. De esta forma dichos gases relativamente enfriados se pueden emplear a través de un dispositivo de válvula para evitar que se eleve demasiado la temperatura de los gases del proceso.

10. Se podrá comprobar en la figura que se representa el horno de cuba en dos partes; una superior 1 en la que se reducen las bolas de mineral y otro inferior la que es una sección de enfriamiento; pero no está de más introducir otra parte de los gases enfriados a través de un conducto 17 en la parte inferior de la sección de enfriamiento la.

15. El objeto de esta medida es enfriar las bolas de mineral reducido en una atmósfera protectora hasta que alcancen una temperatura lo suficientemente baja para evitar la oxidación por aire al extraer los bolas reducidas, según se indica en 18.

20. Además es posible enriquecer los gases enfriados que penetran en la parte inferior del horno añadiendo gas natural u otro producto rico en metano, como se indica en 19. Se ha averiguado que mientras los gases enriquecidos se

315686 22 JUN 1964



calientan mediante las bolas reducidas descen-
 dentes, dichas bolas actúan como catalizador,
 permitiendo que la reacción reformante, igual
 a la explicada anteriormente, tenga lugar en
 una temperatura más baja en la sección de en-
 friamiento del horno. De esta forma, la re-
 formación ocurre hasta un punto de gran utili-
 dad, aunque no hasta el punto conseguido en
 las estufas de alta temperatura.

5.

N O T A
 =====

Descrita suficientemente la natura-
 leza del invento, así como la manera de realizar-
 lo en la práctica, debe hacerse constar que, las
 disposiciones anteriormente indicadas son sus-
 ceptibles de modificaciones de detalle en cuanto
 no alteren su principio fundamental. También se
 hace constar que el invento se refiere a una So-
 licitud de patente, presentada en Norteamérica,
 con el número, Ser. No. 384.373, de fecha 22 de
 julio de 1.964, acogiéndose por lo tanto a los
 beneficios que conceden los Convenios Internacio-
 nales en vigor, y siendo lo que constituye la esen-
 cial del referido invento, y por lo que se soli-
 cita Patente de Invención por 20 años en España.
 sobre.: " PROCEDIMIENTO PARA LA REDUCCION DE BOLAS
 ARTIFICIALES DE MINERAL DE HIERRO BENEFICIADO ";
 caracterizándose por lo siguiente :

1ª.- Procedimiento para la reducción
 de bolas artificiales de mineral de hierro bene-

10.

20.

25.

30.

315686 22



- ficiado, que comprende las etapas de reducir minerales de hierro hechos bolas con una mezcla gaseosa consistente esencialmente en monóxido de carbono e hidrógeno en una zona de reducción a temperatura elevada, por lo que se producen dióxido de carbono y vapor de agua en dicha mezcla gaseosa; regenerando la citada mezcla gaseosa por extracción de gases de la citada zona de reacción.
5. enfriando dichos gases del horno para separar el agua de los mismos permitiendo que permanezca en ellos el dióxido de carbono, enriqueciendo dichos gases del horno con un gas portador de metano, pasando los gases enriquecidos a través de una zona de calentamiento que se halla a una temperatura
10. de 1.093 a 1.648°C, en la que se produce una reacción entre el dióxido de carbono y el metano para que tenga lugar la producción de monóxido de carbono e hidrógeno, moderando la temperatura de los gases a una temperatura comprendida esencialmente entre
15. 704°C y 982°C, y devolviendo los gases regenerados a la zona de reducción.

20. 2ª.- Procedimiento según la reivindicación 1ª, caracterizado porque la citada zona calentada está formada por una pluralidad de estufas y en el que al menos alguna de dichas estufas portan los citados gases regenerados mientras que alguna de ellas se calienta por combustión de combustible, expulsándose a la atmósfera los productos de combustión.

25. 3ª.- Procedimiento según la reivindi-

30.

315686²²



cación 2ª, que comprende la etapa de regular la temperatura de los gases regenerados antes de que vuelvan a penetrar en la zona de la reducción mezclando con dichos gases una parte de los gases enfriados.

5.

4ª.- Procedimiento, según la reivindicación 2ª, caracterizado porque las bolas de mineral reducidas pasan de la zona de reducción a la zona adyacente de enfriamiento y en el que una parte de dichos gases enfriados se introducen en la citada zona de enfriamiento para enfriar las bolas reducidas.

10.

5ª.- Procedimiento, según la reivindicación 4ª, caracterizado porque la parte de los citados gases del horno enfriados que pasan a la zona de enfriamiento se enriquece primero con parte de un gas que contenga metano, por lo que se produce una reacción de reformación en la citada zona.

15.

6ª.- Procedimiento, según las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque se emplea, un horno de cuba, para la reducción de minerales de hierro en bolas, un dispositivo para la introducción de bolas de mineral en el citado horno de cuba y para extraer las bolas reducidas del mismo sin tener que abrir el horno de cuba al aire exterior, y un sistema o instalación de recirculación para los gases del horno, que comprende un dispositivo para efectuar el movimiento del gas, un dispositivo de condensación y enfriamiento

20.

25.

30.



- para extraer el agua de los citados gases del horno, un dispositivo para regenerar dichos gases que comprenden un dispositivo para añadir un gas portador de metano y para calentar los gases a una temperatura en la que pueda tener lugar una reacción entre el dióxido de carbono y el metano, y un dispositivo para devolver los gases regenerados al horno de cuba.
- 5.
- 7ª.- Procedimiento, según la reivindicación 6ª, caracterizado porque el horno de cuba tiene una sección inferior de enfriamiento y comprende un dispositivo para devolver a dicha sección de enfriamiento una parte de los citados gases enfriados.
- 10.
- 8ª.- Procedimiento, según la reivindicación 6ª, caracterizado porque el horno de cuba tiene una sección inferior de enfriamiento y comprende un dispositivo para devolver a dicha sección de enfriamiento una parte de los citados gases enfriados y un dispositivo para añadir a dichos gases enfriados una parte de gas que contenga metano.
- 15.
- 20.
- 9ª.- Procedimiento, según la reivindicación 8ª, caracterizado porque dicho dispositivo de calentamiento comprende una pluralidad de estufas por las cuales pueden pasar los referidos gases enriquecidos en forma alternativa y en la que se proporciona un dispositivo para calentar estufas alternas por medio de combustión directa de un combustible y para expulsar los productos de la combustión
- 25.
- 30.

315686



a la atmósfera.

5. 10ª.- Procedimiento, según la reivindicación 9ª, caracterizado porque la citada instalación de recirculación tiene un dispositivo para sangrar algo del gas de la misma y para utilizar dicho gas como parte, al menos, del combustible que calienta dichas estufas alternas.

10. 11ª.- " Procedimiento para la reducción de bolas artificiales de mineral de hierro beneficiado" ; tal y como queda sustancialmente descrito en la presente Memoria, e ilustrado en los dibujos adjuntos.

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

MADRID, 22 JUL. 1965

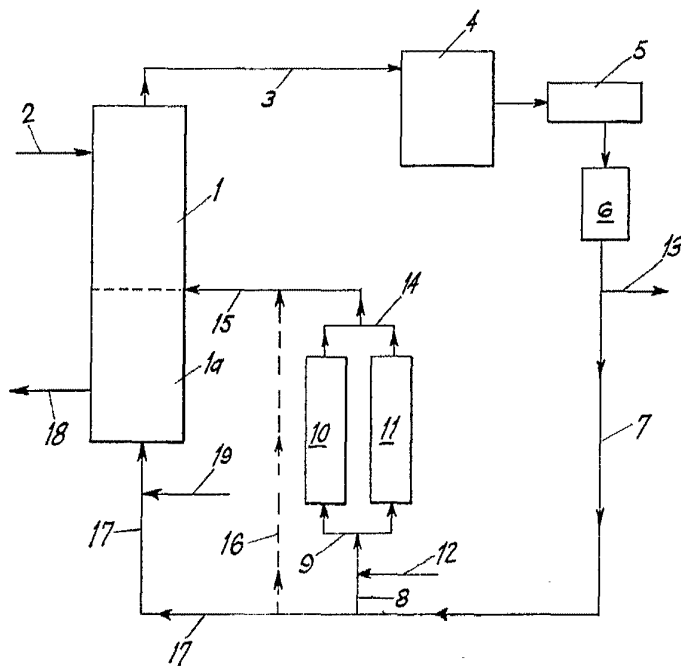
AFRICO STEEL CORPORATION.

J. GOMEZ ALCEO Y MOQUE

315686

72 JUL 1965

ESCALA VARIABLE



72 JUL 1965

SECRET