

MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA
Registro de la Propiedad Industrial



ESPAÑA

Concedida el registro de acuerdo con los datos que figuran en la presente descripción y según el contenido de la Memoria adjunta.

10	ES	11	NUMERO	483373	10	A1
		21				
		22	FECHA DE PRESENTACION	4 AGO. 1979		

PATENTE DE INVENCION

30	PRIORIDADES:	32	FECHA	33	PAIS
	31) NUMERO				
	933.691		15 de agosto de 1.978		EE. UU. de A.

34	FECHA DE PUBLICIDAD	31	CLASIFICACION INTERNACIONAL	32	PATENTE DE LA QUE ES DIVISIONARIA
			C21B 15/00		

34	TITULO DE LA INVENCION
	PROCEDIMIENTO PARA REDUCIR OXIDO DE HIERRO EN UN HORNO DE REDUCCION DIRECTA.

71	SOLICITANTE (S)
	MIDREX CORPORATION.

	DOMICILIO DEL SOLICITANTE
	One NCNB Plaza Charlotte, North Carolina 28280, EE. UU. de A.

72	INVENTOR (ES)
	David Charles Meissner, Ing., Charles Walter Sanzenbacher, Ing.

73	TITULAR (ES)

74	REPRESENTANTE
	D. JOSE MIGUEL GOMEZ-ACEBO Y POMBO.

En los últimos años la reducción directa de óxido de hierro, tal como pellets o terrones, a hierro metálico en estado sólido, ha llegado a ser una realidad comercial en muchas plantas de reducción directa de todo el mundo. La capacidad anual combinada de estas plantas actualmente en operación o en construcción, es superior a 15 millones de toneladas métricas de producto de hierro de reducción directa, el cual se utiliza principalmente como alimentación en hornos de fabricación de acero por arco eléctrico. La demanda mundial de hierro de reducción directa adicional está prevista que aumente en un grado sustancial durante muchos para satisfacer una necesidad mundial cada día mayor de dicha alimentación, a medida que se construyen más plantas de fabricación de acero en horno de arco eléctrico.

La mayoría de las plantas que producen hierro de reducción directa emplean gas natural como fuente de reductor. El gas natural se reforma para producir los reductores CO y H₂. Algunas plantas utilizan carbón fuente de reductor en procesos de horno rotativo, tal como el proceso SL/RN, el cual reacciona directamente carbón in situ en el horno sin gasificar por separado el carbón a CO y H₂. Los procesos en horno rotativo tienen una ineficacia inherente en la utilización del carbón, ya que aproximadamente dos tercios del carbón se queman en el horno para suministrar calor y solamente se emplea un tercio para suministrar el gas reductor para la reducción directa. Esta ineficacia se traduce en una necesidad de carbón de 5,0 a 6,0 Goals (Gigacalorías) por tonelada métrica de producto de hierro reducido directamente. Esto se encuentra en contraste con las 3-3,5 Goals de gas natural requeridas por tonelada métrica de hierro de reducción directa reducido en los procesos de gas natural, eficaces, tales como los procesos Midrex, Purofer ó Arco.

Existen muchos procesos tal como el indicado en la Patente USA No 3.853.538, todavía no comercializado, que gasifican carbón median

te oxidación parcial con oxígeno y vapor de agua para producir un gas que se utiliza entonces de muchas formas diferentes en la reducción directa de hierro. La razón principal de que ninguno de estos procesos haya sido comercializado, reside en que el proceso en cuestión es demasiado complejo o impracticable para su comercialización, o bien las necesidades de carbón son demasiado altas. El problema básico que conduce a un proceso impracticable o a una elevada necesidad total de carbón, es que el gas caliente del gasificador de carbón es demasiado bajo en reductores (CO más H_2) con respecto a los oxidantes (CO_2 más vapor de agua) para que pueda utilizarse directamente de forma eficaz en la reducción directa de hierro.

En la presente invención, el gas caliente del gasificador de carbón se templea con gas reductor agotado enriquecido procedente del horno de reducción y se desulfura por reacción con un aceptor de azufre, preferiblemente cal, para producir un gas desulfurado caliente. Una segunda corriente de gas reductor agotado enriquecido se calienta por la combustión del gas reductor agotado y se mezcla con el gas desulfurado caliente para producir gas reductor caliente para el horno de reducción. El proceso de la invención consigue una elevada eficacia térmica y hace posible la realización comercial de la reducción directa de hierro empleando gasificación de carbón como fuente de reductor con la tecnología mejorada de gasificación de carbono ahora en desarrollo. La presente invención requiere aproximadamente 3,1 Gcals de carbón a gasificar y aproximadamente Gcals de carbón para generar electricidad a una eficacia de conversión del 30%, para producir oxígeno para la gasificación, para una necesidad total de carbón de aproximadamente 3,5 Gcals por tonelada métrica de hierro reducido directamente.

El objeto principal de esta invención es proporcionar un proceso térmicamente eficaz y eficiente en energía para la reducción directa

de hierro utilizando un gas de carbón, en donde la totalidad del gas agotado de la reducción directa se utiliza eficazmente en el proceso para reducir al mínimo las necesidades de carbón.

5 También es un objeto de esta invención proporcionar un método eficaz para la utilización directa de gas caliente procedente de un gasificador de carbón en la reducción directa de hierro mediante mezcla con gas reductor agotado enriquecido procedente del horno de reducción.

10 Otro objeto de la invención es proporcionar un método para la producción de gas reductor caliente por desulfuración de gas caliente de un gasificador de carbón mediante reacción con un aceptor de azufre tal como cal y mezcla del gas desulfurado con el gas reductor agotado, reciclado, rico en reductor caliente.

15 Un objeto más de esta invención es la reutilización de gas agotado de un horno de reducción directa de un modo más eficaz que en los procesos de reducción directa a base de carbón de la técnica anterior.

La única figura adjunta es una ilustración esquemática de la modalidad preferida de la presente invención.

20 En el dibujo, con el número 10 se representa en general un horno de reducción directa, del tipo de cuba en contraflujo, revestido con refractario. El material de alimentación de óxido de hierro 12, en forma de pellets de óxido y/o mineral en terrones natural de un tamaño de partícula nominal de 5 a 30 mm, se alimenta a una tolva de alimentación 14 al interior del horno a través de un conducto de alimentación 16 para establecer una carga dentro del horno. Los pellets y/o grumos de
25 hierro reducido se extraen de la región inferior del horno a través de un tubo de descarga del horno 18 mediante un transportador de descarga 20, cuya velocidad controla la velocidad de descenso de la carga a través del horno 10.

30 En el horno 10 se introduce nuevo gas reductor en caliente

a través de un conducto de entrada de gas reductor caliente 21 y a continuación a través de una pluralidad de puertas de entrada de gas 22 dispuestas en la pared refractaria en la región media del horno. El gas reductor caliente fluye por dentro y entonces hacia arriba en contraflujo con la carga descendente. El gas reductor agotado, rico en dióxido de carbono, sale cerca de la parte superior del horno en la línea de depósito 24 formada por el ángulo de reposo de la alimentación del conducto de alimentación de óxido 16. El gas reductor agotado, rico en dióxido de carbono, denominado a continuación gas superior, sale del horno a través de un conducto de recogida 26.

La región inferior del horno 10 está dotada en un circuito de gas de refrigeración para enfriar el hierro reducido antes de la descarga. Este circuito de refrigeración incluye una entrada de gas de refrigeración 30 que conduce a un elemento distribuidor de gas de refrigeración 31 dentro del horno 10, un elemento recogedor de gas de refrigeración 32 situado por encima del elemento distribuidor dentro del horno, un elemento de salida de gas de refrigeración 34 y un sistema de recirculación de gas externo que tiene un enfriador-lavador 36 y una soplante de recirculación 38.

Se emplea un gasificador de combustible fósil 40, que utiliza oxígeno u oxígeno y agua admitidos a través de un inyector 42, para gasificar un combustible fósil pulverizado tal como carbón, lignito o carbón de leña, admitidos a través de un inyector de combustible 44, con el fin de producir un gas de gasificador caliente que abandona el gasificador a través del conducto 46. Las cenizas residuales de la gasificación del combustible se extraen del gasificador 40 a través de la descarga de cenizas 48.

El gas superior que sale del horno 10 a través del conducto de recogida 26 se enfria y se lava para eliminar polvo en el enfriador-

lavador 50, fluyendo entonces al interior del conducto 51. Una porción del gas superior enfriado se ventila del sistema a través del conducto de ventilación 52, para utilizarse como gas combustible para la producción de vapor de agua como más adelante se describe. Una segunda porción del gas superior enfriado se extrae a través del conducto 54 para utilizarse como combustible del quemador. Una tercera porción del gas superior enfriado se comprime mediante un compresor de gas 56 y se introduce entonces en una unidad de separación de dióxido de carbono 58 del tipo regenerativo convencional, a través del conducto 60. En la unidad de separación de dióxido de carbono, se separa una porción principal del dióxido de carbono del gas superior para producir un gas rico en reductor el cual abandona la unidad 58 a través del conducto 64. Una porción del gas rico en reductor se alimenta a un conducto de templado 66 para templar el gas caliente del gasificador en el conducto 46 a una temperatura por debajo del punto de solidificación de cenizas. Este gas de templado podría introducirse alternativamente a la región de descarga de gas del gasificador 40, en donde no tendría ningún efecto adverso significativo sobre la temperatura de gasificación.

El gas de gasificador caliente del conducto 46, después de mezclarse con gas de templado del conducto 66 y enfriarse parcialmente con el mismo, se introduce al desulfurador de gas 70 a través de un conducto de entrada de gas 68. El desulfurador 70 es un horno de tipo cuba en contraflujo, revestido con refractario, en cuya parte superior se introduce piedra caliza particulada a través de la tolva de alimentación 72 y conducto de alimentación 74 para formar una carga en el desulfurador. El gas caliente de gasificador templado procedente del conducto de entrada de gas 68 se introduce en el desulfurador a través de las puertas de entrada de gas 76 dispuestas en la pared refractaria en la región media del reactor. Este gas fluye por dentro a través de la carga y a continuación ascendentemente en contraflujo con la carga descendente.

El gas desulfurado caliente sale de la carga en una línea de depósito 78 y a continuación a través de un conducto de recogida 80. La cal particulada reaccionada, que contiene azufre, y cualquier cal sin reaccionar residual, se extraen del desulfurador a través del conducto de descarga 82 mediante un transportador de descarga 84. La separación del material particulado reaccionado por el transportador 84 por vía del conducto 82, establece un flujo de carga gravitacional y controla la velocidad de descenso de la carga a través del desulfurador 70. Una pequeña porción del gas rico en reductor de la unidad 58 se introduce a través del conducto 86 a un elemento distribuidor de gas refrigerante 88 en la región inferior del desulfurador 70 como gas de refrigeración para enfriar la carga antes de la descarga. Este gas de refrigeración fluye ascendentemente a través del desulfurador y se precalienta por la carga descendiente caliente antes de que el gas alcance la región media.

El calentador de gas 90 se proporciona para calentar el gas rico en reductor del conducto 99 a una temperatura adecuada para utilizarse como gas reductor para el horno de reducción 10. El calentador incluye una pluralidad de tubos de calentamiento a 92, mostrándose solamente uno de ellos, uno o más quemadores 94 y una chimenea de gas de salida 96. Los gases de salida calientes de la chimenea 96 se utilizan preferiblemente en un intercambiador de calor, no mostrado, para precalentar el aire de combustión procedente de una fuente 98 para los quemadores 94. El combustible para el quemador 94 es gas superior introducido a través del conducto 54. El gas calentado, rico en reductor, sale del calentador 90 a través del conducto 100, se mezcla con gas desulfurado caliente procedente del desulfurador 70 y se templea con gas frío rico en reductor por vía del conducto 102 para conseguir la temperatura de gas de entrada deseada en el horno. Esta mezcla gaseosa final llega a ser el gas reductor caliente introducido en el horno de reducción 10 por vía de la entrada de gas 21.

En la reducción directa de hierro, el tipo de horno de reducción que tiene la mayor eficacia térmica es un horno de cuba de tipo contraflujo en el cual el gas reductor y los sólidos a reducir se encuentran en una relación de contraflujo entre si. Con dicha relación, el gas reductor caliente no solo sirve para reducir el óxido de hierro a hierro metálico, sino también para calentar la alimentación entrante de óxido de hierro frío a la temperatura de reducción.

El horno de cuba de tipo contraflujo tiene también la mayor eficacia química de cualquier tipo de horno de reducción, siempre y cuando el gas reductor caliente admitido en el horno sea de una calidad suficientemente alta. La calidad del gas reductor se expresa normalmente como la relación de reductores (CO más H_2) a oxidantes (CO_2 más H_2O) en la mezcla gaseosa. La experiencia en la operación comercial con blancas a base de gas natural, ha demostrado que con el fin de sacar la mayor ventaja de la eficacia química inherente de un horno de reducción en cuba de contraflujo, la calidad del gas reductor caliente deberá ser de al menos 8 aproximadamente.

En la gasificación de combustibles fósiles sólidos pulverizados, tales como carbón o lignito, en un gasificador del tipo de oxidación parcial, tal como el gasificador 40, que produce un gas caliente de gasificador conteniendo principalmente CO , H_2 , CO_2 y H_2O , el gas de gasificador caliente de mayor calidad que puede producirse comercialmente hoy día, es del orden de 3 a 4 aproximadamente. Sin embargo, se están construyendo actualmente gasificadores de carbón demostrativos, así como desarrollos de procesos, que tienen la ventaja de producir un gas caliente de mejor calidad de al menos 6 aproximadamente por medio de una tecnología de gasificación mejorada. La presente invención proporciona un método para utilizar eficazmente dicha calidad mejorada de gas caliente de gasificador sin enfriar el gas por debajo de la temperatura a la cual se introducirá en el horno de reducción.

La siguiente descripción de la operación de la presente invención está basada en la gasificación de un carbón sub-vituminoso típico del oeste de los EE. UU., empleando oxígeno, agua y carbón pulverizado en un gasificador del tipo de lecho arrastrado, que producirá gas caliente conteniendo principalmente CO, H₂, CO₂ y H₂O. La temperatura de gasificación en dicho gasificador es en general de unos 1.400°C. A esta temperatura, las cenizas del carbón se hacen líquidas, se enfría con agua y se separan de la región inferior del gasificador como escoria.

Como ejemplo específico de esta invención, y con referencia al dibujo, un gas reductor caliente que tiene una calidad de 10 y una temperatura preferida típica de 815°C, se introduce en el horno de reducción 10 por la entrada de gas 21. El gas caliente se distribuye a través de la carga del horno y fluye entonces ascendentemente en contracorriente con la carga descendente de óxido de hierro. El dióxido de carbono e hidrógeno del gas reaccionan con el óxido de hierro para producir dióxido de carbono y agua e hierro metálico mediante las reacciones de reducción ya conocidas. Debido a los factores termodinámicos químicos implicados en la reducción de óxido de hierro a hierro metálico, solamente puede hacerse reaccionar una porción de los reductores iniciales (CO mas H₂) antes de que los oxidantes (CO₂ y H₂O) que se forman causan el cese de las reacciones de reducción. Esta situación termodinámica se traduce en un gas reductor agotado, que sale del horno por el conducto de recogida 26, con una calidad de 1,5. En el enfriador-lavador de gas 50, se condensa una gran cantidad de vapor de agua que se separa del gas, para obtener un gas superior enfriado que tiene una calidad de 2. Este gas de calidad es un buen gas combustible para la combustión, pero esencialmente es un gas neutro que no tiene ningún potencial reductor para la reducción directa del hierro.

Una menor porción del gas superior de calidad 2 se utiliza como combustible en el quemador 54 del calentador de gas 90. Otra porción

algo mayor, pero todavía menor, del gas superior se ventila del sistema a través del conducto de ventilación 52. Este gas ventilado sirve como combustible para un calderín, no mostrado, generador del vapor de agua necesario para accionar la unidad de separación de dióxido de carbono 58.

5 La mayor porción del gas superior se pasa, en reciclo, a través de la unidad de separación de dióxido de carbono 58 en donde la mayor parte del dióxido de carbono se separa para obtener un gas rico en reductor que abandona la unidad de separación de dióxido de carbono por el conducto 64. Este gas rico en reductor que tiene una calidad muy elevada de 23, se utiliza además en el proceso de cuatro formas.

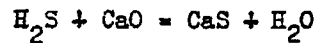
10 El gas caliente del gasificador que sale del gasificador de carbón 40 por el conducto 46 se encuentra a una temperatura de 1.370°C y tiene una calidad de 6,5. El gas contiene H₂S y COS del azufre del carbón, algo de carbonilla sin reaccionar y algunas gotas de líquido de cenizas. Para solidificar las gotas líquidas de cenizas en el gas de gasificador caliente, para permitir su transporte por tuberías, se mezcla con el gas caliente una corriente de templado 66 de gas frío rico en reductor, para dar una temperatura de mezcla de 950°C en el conducto de entrada de gas 68 del desulfurador 70. Este templado con gas frío rico en reductor se traduce en una calidad de mezcla gaseosa de 9 en el conducto de entrada de gas 68.

15 Al desulfurador 70 se alimenta piedra caliza particulada. El tamaño de partícula es con preferencia de 3 a 20 mm aproximadamente con el fin de disponer de una carga con buena permeabilidad gaseosa. La velocidad de flujo másico del gas caliente introducido en el desulfurador 20 70 es muy elevada con respecto a la velocidad de flujo másico de la piedra caliza fría alimentada al desulfurador. Esto se traduce en un calentamiento muy rápido de la piedra caliza a la temperatura del gas cuando todavía se encuentra en una elevación justo por debajo de la línea de depósito 78. Esto hace que la piedra caliza se calcine muy rápidamente a 30

cal quemada (CaO) que es la forma adecuada de cal para la reacción con H₂S y COS y separación de estos constituyentes del gas de gasificador. Se entenderá que el lugar de piedra caliza podría alimentarse cal quemada, pero esto no es tan económico.

5

El gas caliente del gasificador se temple a 950°C con gas frío rico en reductor antes de la introducción en el desulfurador 70, con el fin de favorecer las reacciones ya conocidas de H₂S y COS con cal:



10

La disminución del contenido oxidante (CO₂ más H₂O) en el gas caliente mediante templado con gas rico en reductor de alta calidad, favorece también la separación de H₂S y COS.

15

El contenido en azufre del gas de gasificador caliente para el carbón particular seleccionado, es de aproximadamente 3.900 partes por millón en volumen (ppmv) como H₂S más COS. A la temperatura de reacción de 950°C y con el contenido en CO₂ más H₂O disminuido después del templado, el contenido en azufre del gas que sale del desulfurador es de aproximadamente 120 ppmv. Este nivel de azufre está por debajo del máximo que puede tolerarse en la reducción directa de hierro e incluso se disminuye adicionalmente mediante mezcla con gas reductor caliente o frío libre de azufre de la tubería 100 ó 102. La cantidad de piedra caliza requerida depende del contenido en azufre del carbón. La cantidad de CO₂ más H₂O formada en el desulfurador por la reacción de azufre con cal, es solamente una pequeña fracción del volumen gaseoso total y solo tiene un efecto menor sobre la calidad del gas que sale del desulfurador por la salida 80. El dióxido de carbono desprendido en el desulfurador por la calcinación de la piedra caliza a cal quemada, tiene también solo un efecto menor sobre la calidad del gas. Ambas adiciones menores de CO₂ más H₂O se incluyen en las tabulaciones a continuación mostradas.

20

25

30

En el desulfurador 70, la carga caliente que sale de la zona

de reacción se enfria antes de su descarga introduciendo un flujo relativamente pequeño de gas rico en reductor del conducto 86 al elemento distribuidor de gas de refrigeración 88. Este gas de refrigeración de alta calidad fluye ascendentemente y es forzado hacia el centro de la zona de reacción por el gas entrante procedente de las puertas 76, después de ser precalentado por la carga descendente caliente en la zona de refrigeración.

Una porción del gas rico en reductor y que sale de la unidad de separación de dióxido de carbono 58 a través del conducto 54, se introduce en el calentador de gas 90 a través del conducto 99. En el calentador, que incluye una pluralidad de tubos de calentamiento 92 de aleación termo-resistente, se calienta el gas a una temperatura de unos 815°C la cual es una temperatura operativa preferida para la reducción directa de la mayoría de los tipos de materiales de alimentación de óxido de hierro. Esta temperatura podría estar comprendida entre 760 y 900°C sin por ello desviarse de la presente invención.

En un ejemplo, el gas que sale del desulfurador 70 a través de la salida de gas 80 se encuentra una temperatura de 915°C, después de haber calentado la piedra caliza fría entrante y calcinar la piedra caliza a cal quemada. Este gas de 915°C se enfria a unos 815°C por introducción y mezcla con un flujo relativamente pequeño de gas templado rico en reductor procedente del conducto 102. Se entenderá que la adición de gas de templado rico en reductor a través del conducto 102 puede eliminarse calentando simplemente el gas rico en reductor en el calentador 90 a una temperatura inferior a 815°C, con el fin de conseguir una mezcla de gas reductor con una temperatura de aproximadamente 815°C en la entrada de gas reductor 21. La adición de gas de templado a través del conducto 102 hace simplemente más fácil el control de la temperatura del gas reductor caliente introducido en la entrada de gas reductor 21.

Las siguientes tablas proporcionan un análisis del proceso de

la invención con referencia al dibujo adjunto. Estos datos han de ser entendidos como simplemente ilustrativos y de ningún modo como limitativos. Todas las tablas están basadas en una tonelada métrica de hierro de reducción directa producido, teniendo un grado de metalización de 92% y un contenido en carbono de 1,5%. Estas son normas comerciales ampliamente aceptadas para el hierro de reducción directa producido en plantas de reducción directa a base de gas natural.

La Tabla I muestra las velocidades de flujo de gas y la calidad de gas (proporción de reductor a oxidante) en los puntos indicados sobre el dibujo.

TABLA I

FLUJOS DE GAS

<u>Elemento</u>	<u>Número diagra- ma flujos</u>	<u>Flujo en * m³</u>	<u>Calidad del gas</u>
Gas de gasificador	46	931	6,5
Gas de templado	66	532	23,0
Mezcla gaseosa al desulfurador	68	1463	9,0
Gas que sale del desulfurador	80	1511	8,5
Gas de templado	102	220	23,0
Gas del calentador	100	238	23,0
Gas reductor	21	1969	10,0
Gas reductor agotado	26	1957	1,5
Gas superior enfriado	51	1782	2,0
Ventilación gas superior	52	48	2,0
Combustible gas superior	54	269	2,0
Gas rico en reductor	64	1031	23,0
Gas de refrigeración de desulfurador	86	41	23,0

* metros cúbicos normales

Nota: El flujo de gas agotado en la salida 26 es inferior al flujo de gas reductor en la entrada 21 debido a que se añade 1,5% de carbón al hierro de reducción directa por reacción con el dióxido de carbono del gas reductor.

5 La Tabla II muestra las necesidades de alimentación para el gasificador de carbón 40.

TABLA II
GASIFICADO DE CARBON

Carbón seco (kg)	488
H ₂ O (kg)	93
Oxígeno (nm ³ de 98% O ₂)	235

La Tabla III muestra las necesidades de alimentación para el desulfurador 70.

TABLA III
DESULFURADOR
(todas la unidades en kg)

Piedra caliza dentro	32,6
CaO fuera	9,1
CaS fuera	11,7

10 La Tabla IV muestra las necesidad de energía en el proceso de la invención.

TABLA IV
ENERGIA

Carbón de gasificador	3,1 Gcal
Carbón planta de oxígeno	0,4 Gcal*

* aproximadamente 140 kwh para 30% de eficacia de conversión

La Tabla V muestra las temperaturas del gas en los puntos indicados en el proceso.

TABLA V
TEMPERATURAS DE GAS

<u>Elemento</u>	<u>Número diagrama flujos</u>	<u>Temperatura °C</u>
Gas de gasificador	46	1370
Al desulfurador	68	950
Fuera del desulfurador	80	915
Gas reductor	21	815
Gas chimenea calentador de gas	96	925
Aire quemador del calentador de gas	98	450

La Tabla VI muestra el análisis del gas en los puntos indicados en el proceso.

TABLA VI
ANÁLISIS DE GAS

<u>Elemento</u>	<u>Número diagrama flujos</u>	<u>%CO</u>	<u>%CO₂</u>	<u>%H₂</u>	<u>%H₂O</u>	<u>%CH₄</u>	<u>%N₂</u>	<u>ppmv (H₂S+CO₂)</u>
Gas de gasifica dor	46	55,5	5,5	30,0	7,7	0,1	0,9	3900
Al desulfurador	68	53,5	4,2	34,4	5,6	0,2	1,9	2500
Fuera del desul- furador	80	52,4	5,3	35,1	5,1	0,2	1,9	120
Gas reductor	21	51,8	4,5	36,8	4,3	0,2	2,3	90
Gas reductor agotado	26	32,0	24,1	27,0	14,4	0,2	2,3	0
Gas superior	51	35,1	26,5	29,6	6,0	0,2	2,6	0
Gas rico en re- ductor	64	49,9	2,0	42,1	2,0	0,3	3,6	0

El flujo de gas de gasificador en el conducto 46, tal y como se muestra en el ejemplo, es de 931 m³ normales por tonelada métrica de producto de hierro producido directamente. Este gas contiene 85,5% de reductores CO más H₂ ó 796 m³ normales de estos reductores. El flujo de gas reductor caliente en el conducto de entrada 21 es de 1969 m³ normales de los cuales el 88,6% ó 1.744 m³ normales es reductor CO más H₂.

De este modo, el gasificador 40 solamente proporciona el 46% de CO más H₂ requerido para la reducción directa en el horno. 10. El restante 54% de la necesidad de gas reductor se proporciona por el gas agotado de reciclo procedente del horno de reducción directa.

5 Aunque para la desulfuración del gas se ha descrito un desulfurador de cuba de tipo contraflujo, podrá entenderse que esta desulfuración de gas puede efectuarse en otro aparato distinto a una cuba, tal como un lecho fluidificado de partículas de cal, sin desviarse por 10 ello del concepto básico de la presente invención. Por otra parte, y como una alternativa a la cal, el agente desulfurante puede ser otra aceptor de azufre adecuado tal como óxido de manganeso.

Puede verse fácilmente a partir de lo anterior que con la presente invención se proporciona un proceso de utilidad y práctico, tanto en eficacia de energía como en eficacia térmica, para conseguir la 15 reducción directa de hierro utilizando gas de gasificador de carbón como fuente de reductor para la reducción directa.

20 Descrita suficientemente la naturaleza del invento, así como la manera de realizarlo en la práctica, debe hacerse constar que las disposiciones anteriormente descritas son susceptibles de modificaciones de detalle en cuanto no alteren su principio fundamental.

- REIVINDICACIONES -

5 1.- Procedimiento para reducir óxido de hierro en un horno de reducción directa, en donde el gas reductor caliente se introduce en el horno para reducir el óxido de hierro allí presente a un producto de hierro metalizado y para formar un gas reductor agotado conteniendo dióxido de carbono, caracterizado porque comprende las etapas:

(a) separar una porción sustancial del dióxido de carbono de dicho gas reductor agotado para formar un gas rico en reductor;

10 (b) gasificar combustible fosil para formar un gas de gasificador caliente;

(c) templar dicho gas de gasificador caliente con una primera corriente de dicho gas rico en reductor para formar una mezcla gaseosa caliente;

15 (d) reaccionar dicha mezcla gaseosa con un aceptor de azufre para formar un gas desulfurado caliente;

(e) calentar una segunda corriente de dicho gas rico en reductor; y

20 (f) mezclar dicha segunda corriente calentada de gas rico en reductor con gas desulfurado caliente para formar un gas reductor que tiene una calidad de al menos 8 aproximadamente y una temperatura de 760 a 900°C aproximadamente para su introducción en el citado horno.

25 2.- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque el aceptor de azufre es cal.

3.- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque el gas de gasificador tiene una calidad de al menos 6 aproximadamente.

30 4.- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque una porción del gas reductor agotado conteniendo dióxido de car-

bono se utiliza como combustible para calentar la segunda corriente de gas rico en reductor.

5 5.- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque el combustible fosil se elige del grupo consistente en carbón, lignito y carbonilla.

6.- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque comprende además mezclar una tercera corriente de gas rico en reductor sin calentar con el gas desulfurado, para controlar la temperatura del gas reductor.

10 7.- Procedimiento para reducir óxido de hierro en un horno de reducción directa, tal y como queda sustancialmente descrito en la presente Memoria e ilustrado en el dibujo adjunto.

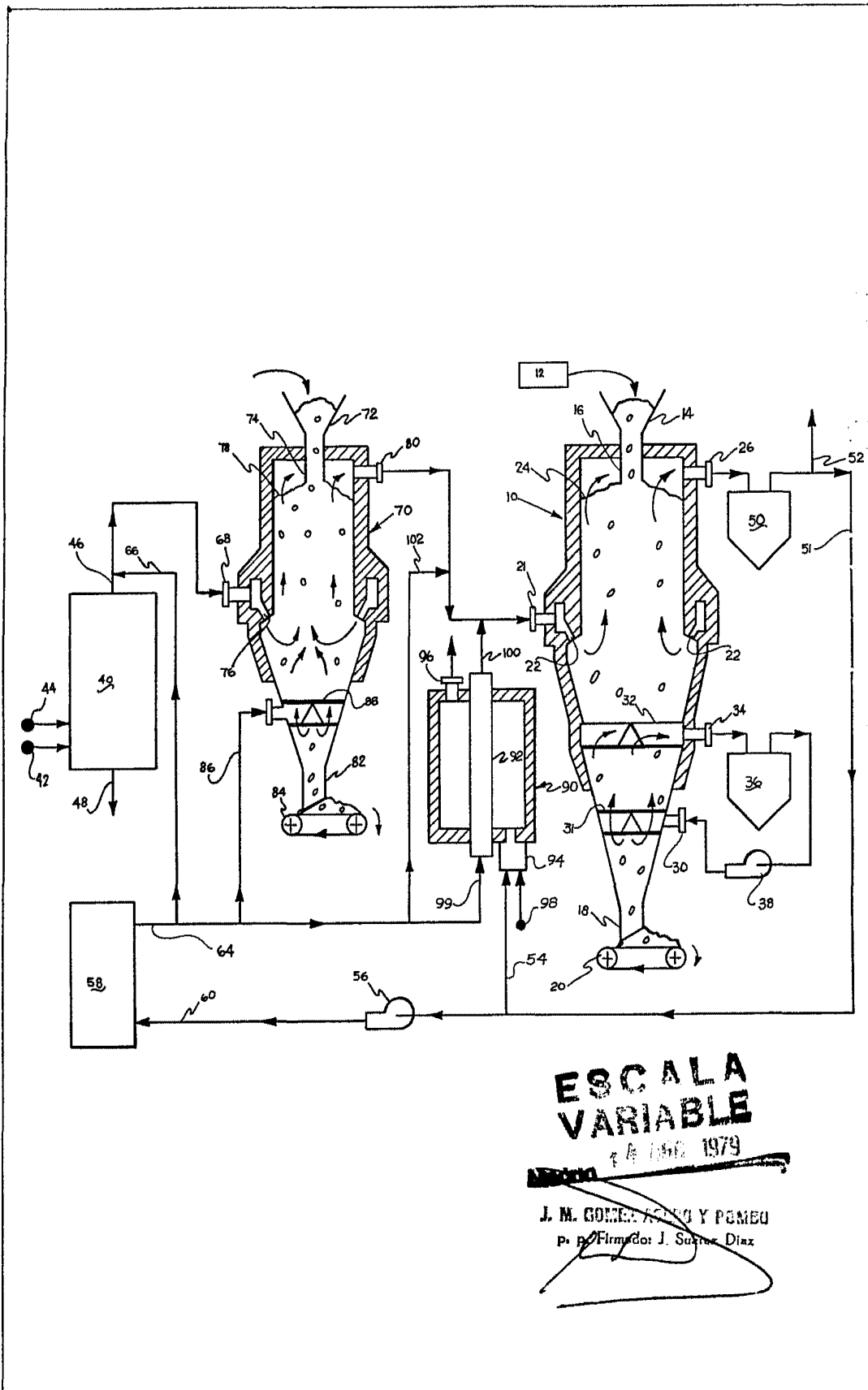
Esta Memoria consta de 17 hojas escritas a máquina por una sola cara.

15 Madrid, 15 de Mayo de 1979

MIDREX CORPORATION.

J. M. GÓMEZ ACEBO Y PSMBO
p. p. Firmado J. Suárez Díaz





**ESCALA
VARIABLE**

14 JUN 1979

J. M. GONZALEZ Y POMEU
P. Firmador: J. Suarez Diaz