

20 JUL. 1978

ES

11

21

22

465773
FECHA DE PRESENTACION

A1

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

α



ESPAÑA

PATENTE DE INVENCION

30 PRIORIDADES:		
31 NUMERO	32 FECHA	33 PAIS
47 FECHA DE PUBLICIDAD	51 CLASIFICACION INTERNACIONAL e21B	52 PATENTE DE LA QUE ES DIVISIONARIA
54 TITULO DE LA INVENCION "PROCEDIMIENTO DE CONTROL DEL PROCESO DE OBTENCION DE ESPONJA DE HIERRO EN HORNO DE CUBA"		
71 SOLICITANTE (S) CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTIFICAS		
DOMICILIO DEL SOLICITANTE C/Serrano, 150 M A D R I D - 6		
72 INVENTOR (ES) D. Rafael Alonso Fernández.		
73 TITULAR (ES)		
74 REPRESENTANTE D. FRANCISCO GARCIA CABRERIZO .N/REF:O.G.30.600/AS		

La presente Memoria descriptiva tiene como fin la -
declaración del objeto sobre que ha de recaer el privilegio
de explotación industrial y comercial, exclusiva en todo el
territorio nacional, de una Patente de Invención conforme a
5. la legislación vigente en materia de Propiedad Industrial, -
que, según expresa el enunciado, trata de un procedimiento -
de control del proceso de obtención de esponja de hierro en
horno de cuba, cuya novedad representa una evidente y sustan-
cial mejora sobre todo lo conocido por el estado actual de -
10. la técnica.

La presente invención se refiere al control y con-
ducción de un horno de cuba destinado a la producción de es-
ponja de hierro a partir de minerales en granos, pellets o -
calibrados, utilizando gases reductores a base de mezclas -
15. $CO + H_2$ con distinto contenido en N_2 y $CO_2 + H_2O$.

El objeto de esta invención, basada en los trabajos
preliminares del Centro Nacional de Investigaciones Metalúr-
gicas, es el conseguir una calidad del producto final: Espon-
ja de Hierro, lo más homogénea posible en cuanto a grado de
20. metalización.

Para conseguir este control sobre la calidad de la
esponja fabricada, es indispensable conocer la reductibili-
dad del mineral utilizado, la temperatura y grado de oxida-
ción a la salida del reformador de la mezcla de gases reduc-
25. tores, la composición del gas de tragante a la salida del -
horno de reducción, el grado de oxidación del gas reductor -
en algunos puntos a distintas alturas de dicho horno y un pa-
rámetro: T , calculado a partir de los valores antes citados
y que representa el tiempo de permanencia del mineral en la
30. zona de reducción final en la que se realiza la transforma-

ción sustituye hierro metálico.

Con el fin de facilitar la interpretación más exacta del objeto sobre que ha de recaer el presente privilegio, en los planos complementarios de esta exposición, se representa una forma práctica para la realización industrial y únicamente a título de ejemplo y, por consiguiente, sin carácter exhaustivo sino meramente informativo.

En dichos planos:

La figura 1, representa un gráfico de dependencia entre el grado de reducción y el tiempo según la granulometría.

La figura 2, representa un gráfico de velocidad de reducción de palets de hematita en mezclas H_2/H_2O .

La figura 3, es un gráfico de las variables que condicionan la operación de reducción en horno de cuba.

La figura 4, corresponde a un gráfico de posición de las sondas de control para la determinación de la altura H.

La figura 5, representa un gráfico de determinación de C_f a partir de C_T = grado de oxidación del gas de tragante.

A continuación exponemos el proceso de cálculo que nos ha conducido a la expresión general de T como función de las distintas variables de marcha; para ello vamos a explicar primeramente el significado de los símbolos utilizados:

H = Altura total del reactor en la que tiene lugar la reducción del F_2O . Unidad m

h = Altura intermedia medida a partir de la entrada de gas reductor fresco. Unidad m

ΔH = Altura recorrida por la carga en su camino descendente por unidad de tiempo. Unidad m

- A = Relación de alimentación. Cantidad de hierro introducido en el horno por unidad de tiempo. Unidad $\text{Kmol de Fe} / \text{unidad de tiempo}$.
5. u = Cantidad de gas reductor soplado por unidad de tiempo. Unidad = $22,4 \text{ Nm}^3 / \text{Unidad tiempo}$.
- C^* = Concentración de equilibrio a la temperatura considerada para la reducción del FeO a hierro metálico. Unidad: Sin dimensiones.
10. C_0 = Grado de oxidación del gas reductor a la entrada del horno. Unidad: Sin dimensiones.
- C = Grado de oxidación del gas a la altura h. Unidad: Sin dimensiones.
- C_f = Grado de oxidación a la altura H. Unidad: Sin dimensiones.
15. O_f = Relación: átomo O / átomo de Fe en la esponja. Sin dimensiones.
- O = Atomo de O / átomo de Fe en la carga a la altura h. Sin dimensiones.

Antes de continuar con la exposición del proceso de cálculo, debemos advertir que las variables anteriormente expuestas responden a necesidades de claridad expositiva, no teniendo porqué ser necesariamente independientes. Por ejemplo, entre ΔH y λ existe una dependencia lineal de la forma: $\Delta H = K \lambda$, en donde K es una constante que depende de la densidad de carga del mineral y de la sección transversal del horno de cuba.

Después de esta presentación de los símbolos utilizados vamos a exponer las hipótesis en las que se basa el cálculo del parámetro T. Dichas hipótesis son las siguientes:

30. a) - Constancia de la temperatura.

- En los hornos de cuba es bastante difícil sostener una hipótesis de este tipo. Las pérdidas térmicas a través de la pared así como el carácter endotérmico de la reducción con H_2 son hechos indudables que, unidos a la circunstancia de ser el gas reductor caliente el único aporte térmico a la unidad de reducción, nos demuestran con toda evidencia la caída de temperatura en la zona de reducción, necesaria para compensar pérdidas térmicas y suministrar la energía correspondiente a las reacciones endotérmicas.
- 5.
10. No obstante lo anterior, en unidades industriales de baja relación superficie / volumen útil y con un gas reductor rico en CO, la hipótesis es perfectamente defendible. Al ser la reducción con CO ligeramente exotérmica, es posible la existencia de mezclas reductoras para las que la caída de temperatura ocasionada por fugas y reducción endotérmica con H_2 sea compensada por el aporte térmico que supone la reducción exotérmica con CO.
15. b) - Velocidad de reducción proporcional al oxígeno residual.
20. Esta hipótesis está inspirada en la forma claramente exponencial de las curvas de reducción tiempo obtenidas con casi todos los tipos de minerales.
25. La prueba más evidente de la validez de la hipótesis enunciada la constituye la figura 1, en que se representa un gráfico de dependencia entre el grado de reducción y el tiempo según la gammacetría; en dicho gráfico, la ordenada izquierda corresponde a "reducción %" y las abscisas a "tiempo en minutos". En dicho gráfico se observa una dependencia perfectamente lineal entre la variable tiempo de reducción (abscisas) y el término
- 30.

$$- \lg \left(1 - \frac{R}{100} \right)$$

En donde R es el grado de reducción expresado en %

y cuya expresión es la siguiente:

$$5. \quad R = 100 \frac{O_2 \text{ eliminado}}{O_2 \text{ inicial}}$$

La explicación de como la figura 1 contiene implícita la hipótesis enunciada es la siguiente:

El término

$$10. \quad 1 - \frac{R}{100}$$

representa la proporción de oxígeno residual contenido en la muestra cuyo grado de reducción es R.

15. En efecto:

$$1 - \frac{R}{100} = \frac{O_2 \text{ inicial} - O_2 \text{ eliminado}}{O_2 \text{ inicial}}$$

El segundo miembro de esta igualdad resulta ser:

$$20. \quad \frac{O_2 \text{ residual}}{O_2 \text{ inicial}}$$

Al ser $O_2 \text{ inicial}$ una cantidad constante, la velocidad de reducción puede ser definida como la disminución de O

25. en la mitad de tiempo. Expresando que dicha velocidad ha de ser proporcional a O, se llega a la expresión:

$$\frac{dO}{dt} = K O$$

30. En donde K es una constante que depende de la reduc-

tibilidad del mineral reducido.

Por integración de la ecuación diferencial anterior y restituyendo el valor de 0, se llega a la expresión:

$$5. \quad Kt = - \lg \left(1 - \frac{R}{100} \right)$$

la cual nos relaciona linealmente la variable tiempo con el valor:

$$10. \quad - \lg \left(1 - \frac{R}{100} \right)$$

tal como se aprecia en la figura 1.

e) - Velocidad de reducción proporcional a $(C_1 - C)$.

La demostración más evidente de esta hipótesis la constituyen las experiencias cuyos resultados se muestran en la figura 2, que representa un gráfico de velocidad de reducción de pellets de hematita en mezclas H_2/H_2O a $800^\circ C$, en el que la abscisa mide "la concentración en H_2O (vapor)" y la ordenada "velocidad de reducción (Mol de O /segundos). En dicha figura se observa una dependencia perfectamente lineal entre las velocidades de reducción correspondientes a una misma cantidad de oxígeno residual y las diferencias entre el valor 34% y la respectiva concentración en vapor del gas reductor utilizado.

Si identificamos el valor 34% con C_1 y los distintos valores de la concentración en vapor con C , fácilmente comprobamos que la velocidad de reducción, a igualdad de oxígeno residual, resulta ser proporcional a

$$(C_1 - C)$$

Una vez expuestas las hipótesis de cálculo, vamos a

determinar ahora la expresión de T en función de los parámetros de operación.

En la figura 3 se ha representado un esquema de la operación de un horno de cuba correspondiente a la zona de reducción en la que se realiza la transformación del FeO en hierro metálico.

En dicha figura se aprecia la variación de las composiciones del mineral y del gas reductor con la altura del reactor. La oxidación, tanto del mineral -1- como del gas -2- es mínima a la entrada del gas fresco y máxima a la altura H. A medida que se gana altura, el intercambio de oxígeno entre carga mineral y gas reductor caliente se va haciendo cada vez en mayor cuantía hasta que, debido al agotamiento del potencial reductor del gas, dicho intercambio se va atenuando nuevamente. Las calidades respectivas, tanto del pre-reducido como del gas reductor, vienen determinadas por los valores O_2 y C_2 que nos miden el grado de metalización y el de oxidación del gas reductor.

La expresión matemática del intercambio de oxígeno entre carga mineral y gas reductor en la rodaja de espesor dh es la siguiente:

$$\frac{dO_2}{dh} = K \frac{AB}{\Delta H}$$

En esta igualdad, el primer miembro nos cuantifica el oxígeno cedido al gas reductor por la carga mineral en la unidad de tiempo; dicha cantidad, en virtud de las hipótesis de cálculo, ha de ser proporcional al oxígeno remanente en la carga mineral y al potencial reductor del gas a la altura h, dichas magnitudes son indudablemente los segmentos AB y ΔH .

La constante de proporcionalidad K es una caracte-
 rística de la carga mineral; reductibilidad y el resto de
 los símbolos presentes en el segundo miembro nos cuantifican
 la cantidad de oxígeno susceptible de estar ligado al hierro
 5. en la rodaja de espesor dh.

Teniendo en cuenta que:

$$AB = 0$$

$$BE = CE - CB = C_2 - C$$

se llega a la siguiente ecuación diferencial:

10.
$$(1) \quad udc = K (C_2 - C) \frac{dh}{\Delta H}$$

Por otra parte, el balance de oxígeno establecido en
 la zona de altura h exige que:

15.
$$(2) \quad A (O - O_f) = u (C - C_0)$$

Ya que la igualdad anterior expresa el hecho de in-
 tercambiar oxígeno entre carga mineral, que se reduce en la
 medida $O - O_f$ y gas reductor, el cual ve incrementado su gra-
 do de oxidación en la cantidad $C - C_0$.

20. Al sustituir en (1) el valor de O deducido de (2), -
 se llega a la nueva ecuación diferencial:

25.
$$(3) \quad dc = K \left(\frac{C - C_0}{u} + O_f \right) (C_2 - C) \frac{dh}{\Delta H}$$

Por integración se llega a:

$$\frac{1}{K(C_2 - P)}$$

$$\frac{H}{\Delta H} = \ln \left(\frac{C_2 - C}{C - P} \right)$$

30. en la que

A

$$P = C_0 - C_F$$

u

La constante de integración \int se puede determinar

5. mediante la condición inicial:

$$C = C_0 \text{ para } h = 0$$

El correspondiente valor de \int resulta ser del:

$$A \cdot C_F$$

$$\int = \frac{A \cdot C_F}{u (C_0 - C_F)}$$

10.

$$u (C_0 - C_F)$$

La expresión del parámetro T es la siguiente:

$$T = \frac{1}{K (C_0 - P)} \ln \left[\frac{C_0 - C_F}{C_F - P} \right]$$

15.

La cual nos relaciona el tiempo de permanencia del mineral en la zona de reducción del FeO con los diversos parámetros de operación.

Una vez definido el parámetro T, vamos a proceder ahora a la evaluación de la altura H de la zona de reducción en la que se realiza la transformación del FeO a hierro metálico. Dicha altura puede variar en el tiempo con las incidencias de la operación y por lo tanto es preciso mantener un control preciso sobre dichas variaciones ya que al influir estas sobre el término H/H_0 nos pueden hacer variar el tiempo

25.

real de permanencia de la carga en la citada zona de reducción y por consiguiente la productividad del horno.

Para la determinación real de H se precisa un analizador continuo de gases con tomas en el tragante y a distintas alturas de la cuba. En principio estas últimas tomas de gases para análisis pueden estar situadas de la siguiente forma: la

30.

central a los dos tercios de la altura útil del horno de cuba contada a partir del nivel de toberas -3-, la superior 2 m por encima de ésta y la inferior 2 m por debajo, tal como indica la figura 4.

- 5. En dicha figura 4 se representa esquemáticamente la posición de las sondas de control para la determinación de la altura H, considerando H_u = a altura útil.

Conocida la composición del gas de tragante, definida por su grado de oxidación O_g, el cálculo de C_f se realiza de la siguiente forma, ver figura 5:

- 10.

$$\frac{C_g - C_o}{C_f - C_o} = \frac{1.5 - O_f}{1 - O_f}$$

De donde:

- 15.

$$C_f = C_o + \frac{1 - O_f}{1.5 - O_f} (O_f - C_o)$$

- 20. Con este valor es inmediato el cálculo de H ya que el problema se reduce a interpolar linealmente C_f entre las dos lecturas, de las tres disponibles, que incluyan dicho valor.

- 25. Para una correcta evaluación del parámetro T se precisa conocer el valor de la constante K, la cual depende de la reductibilidad del mineral procesado. La determinación de K se puede hacer por vía experimental, mediante pruebas de reductibilidad en el laboratorio, o por estimación indirecta a partir de los datos de marcha de la instalación industrial.

- 30. La determinación por vía experimental de la constante K puede realizarse mediante una prueba isotérmica de reductibilidad a la temperatura del horno de cuba y utilizando un

gas reductor de composición análoga. Dicha prueba isotérmica debe hacerse en dos fases: en la primera se llevará la muestra mineral a una composición próxima al FeO, reduciendo con una mezcla gaseosa de grado de oxidación 50% hasta pérdida -
5. de peso nula; después de un cierto tiempo a la temperatura - de ensayo en dicha atmósfera reductora tendremos la seguridad de que todo el hierro de la carga está en forma de FeO.

Si hacemos la experiencia en un horno suspendido de una balanza podremos apreciar perfectamente cuando la reducción no progresa para inmediatamente comenzar a contar el -
10. tiempo y pasar el gas reductor utilizado en la instalación - industrial.

La reducción del FeO progresará, de acuerdo con las hipótesis de cálculo indicadas anteriormente, según la ecuación:
15. ción:

$$\frac{dM}{dt} = K (1 - M) (C_2 - C_0)$$

Siendo:

20. M = metalización; Fe^0 / Fe^t

K = Constante de reductibilidad

La solución de la ecuación diferencial anterior nos proporciona la siguiente expresión de M :

$$M = 1 - \exp \left[-K (C_2 - C_0) t \right]$$

25. En esta fórmula, los valores de M y t los proporciona la prueba de laboratorio, por lo tanto K está perfectamente definida.

Vemos con un ejemplo la determinación práctica de dicha constante.

30. Si la prueba se realiza a la temperatura de operación,

p. e. 800s C, con un gas reductor de un grado de oxidación de 5% y cuya $C_0 = 32\%$ y los valores experimentales nos dan un grado de metalización de la muestra del 85% a las 2 horas, tendremos:

5.
$$0,85 = 1 - \exp \left[-K (0,32 - 0,05)^2 \right]$$

El correspondiente valor de K resulta ser de:

$$K = 3,7$$

Esta manera de proceder, con ser la más lógica, no es la más precisa.

10. Los procesos de sinterización y degradación de la carga no son los mismos en la experiencia de laboratorio que en la unidad industrial; por lo tanto, la reductibilidad medida en el laboratorio puede ser muy diferente a la real en el horno de cuba.

15. A este respecto podemos señalar que los valores encontrados por nosotros para la constante K de los pellets Carol Lake en granulometría 10 - 12 mm permitirían una reducción correcta en el horno de cuba en menos de dos horas.

Las razones anteriores nos inclinan a pensar que la correcta determinación de K debe hacerse por vía indirecta, a partir de los resultados industriales en un periodo de marcha estable de la instalación.

A continuación vamos a ver con un ejemplo la realización práctica del método de control inventado.

25. EJEMPLO. - Se tiene un horno de cuba de 4,5 m de diámetro y 10 de altura útil; se ha comprobado que la altura H, correspondiente a la reducción del FeO es de 7,5 m y la marcha se ha estabilizado para los siguientes valores de las variables de operación.

30. $A = 821 \text{ Kmol de Fe/hora.}$

$n = 4,105$ Km³ de gas/hora

$C_F = 0,1$, correspondiente a un grado de metalización del 90 %

5.

$C_O = 0,05$, 5% de oxidación del gas reductor a la salida

$C_T = 0,33$, que permite estimar un valor C_T de 0,23

Además se conoce el valor de C_0 para el gas utilizado y la temperatura de operación correspondiente; dicho valor resulta ser de:

10.

$C_0 = 0,30$

Con estas variables de operación, se obtiene un valor de $\Delta H = 1,87$ m/hora, que corresponde a un tiempo de permanencia en la zona de reducción del FeO de unas 4 horas, calculado como sigue:

15.

$$\Delta H = K \times 56 / 0,92 \times 1.600 \times 15,9$$

El valor 0,92 es el tanto por uno de Fe²⁺ en la esponja; 1.600 corresponde a la densidad de carga de la esponja de hierro en Kg/m³ y 15,9 son los m² de sección recta de la caba.

20.

Evidentemente, el tiempo de permanencia es la relación:

$$H = 7,5$$

$$T = \frac{H}{\Delta H} = \frac{7,5}{1,87} = 4 \text{ horas}$$

$$\Delta H = 1,87$$

25.

La primera información que se pueda extraer del conjunto de valores de operación correspondientes a marcha estable es la determinación de la constante K de reductibilidad. Dicha constante se determina como sigue:

30.

... / ...

$$4 = \frac{1}{K(O_2 - P)} \ln \frac{O_2 - O_2}{O_2 - P}$$

5. En esta expresión son conocidas todas las cantidades excepto K. Dicho valor de K se puede despejar de la fórmula anterior, con lo que obtenemos el valor de:

$$K = 3,30$$

10. Si ahora queremos adecuar la marcha de la instalación a una incidencia momentánea, p. e., una avería de la unidad de reformado que nos ha hecho subir el grado de oxidación del gas reductor al 9%, procederemos como sigue:

La primera aproximación del nuevo valor de A nos lo dará la siguiente fórmula derivada del balance de oxígeno en la zona de altura H:

$$15. \quad A = H \frac{(O_2 - O_2)}{1 - O_2}$$

20. Considerando el mismo valor de u, ya que no hemos variado el flujo de gas reductor sino su calidad, estimando el mismo O_2 en primera aproximación y valorando en su medida el nuevo O_2 llegamos a:

$$A = 4.105 \frac{0,23 - 0,09}{1 - 0,1} = 638$$

25. Este valor de A nos llevaría a un valor de ΔH de:

$$\Delta H = 638 \times 56 / 0,92 \times 1600 \times 15,9 = 1,53$$

El correspondiente tiempo de permanencia será:

$$30. \quad T_1 = \frac{H}{\Delta H} = \frac{7,5}{1,53} = 4,9 \text{ horas}$$

Por otra parte, el valor de T deducido de la expresión general nos da:

$$T = \frac{1 \cdot 0,3-0,23}{3,3(0,3-0,074)} \ln \frac{0,0867}{0,23-0,07}$$

De aquí:

$$T = 4,56$$

Como este valor de T es inferior al deducido mediante la relación $\frac{H}{\Delta H}$, demos tanteear un nuevo valor de A.

10. Si elegimos el valor: A = 680, hemos de calcular la nueva composición del gas reductor a la altura H:

$$C_x = C_o \cdot \frac{A}{H} (1 - C_x) = 0,239$$

15. Con este nuevo valor de C_x y los correspondientes de P y H podemos repetir los cálculos anteriores para llegar a los nuevos valores de T y T_1 :

$$T = 4,73$$

$$T_1 = 4,61$$

20. Ahora es $T > T_1$, luego comprobamos que el valor A=680 es excesivo. Un nuevo tanteo para A = 670 nos da valores sensiblemente iguales para T y T_1 , por lo que ajustaremos la producción del horno con arreglo a este valor.

25. Como el método de control propuesto se basa en comprobaciones periódicas, cada 2 horas, de las variables de operación, si observamos al cabo de dicho periodo de tiempo que la composición del gas de tragante varía y que también la altura H tiende a incrementarse como consecuencia del mayor flujo de gas por T de mineral, nuevamente hemos de corregir la productividad del horno.

30.

Si al cabo de las primeras 2 horas de operación observamos que:

$$H = 8 \text{ m}$$

$$G_2 = 0,24$$

5. Podemos repetir los cálculos de T y T_1 para un $A = 690$ encontrando los siguientes valores:

$$T = 4,77$$

$$T_1 = 4,84$$

10. Repitiendo el tanteo para $A = 700$ encontraremos valores sensiblemente iguales para T y T_1 , con lo que ajustaremos la producción a éste último valor.

15. Esta secuencia ininterrumpida del cálculo de A con arreglo a la obtención de valores iguales para T y T_1 es en esencia el método de control propuesto, con el que esperamos disminuir considerablemente las dispersiones habidas en el grado de metalización de la esponja.

20. Descrita suficientemente la naturaleza del invento, así como un ejemplo de realización práctica del mismo, solamente cabe añadir que en dicho ejemplo es posible introducir cambios de materias, formas y disposición de sus elementos, siempre que tales alteraciones no supongan variación sustancial en el objeto reivindicado.

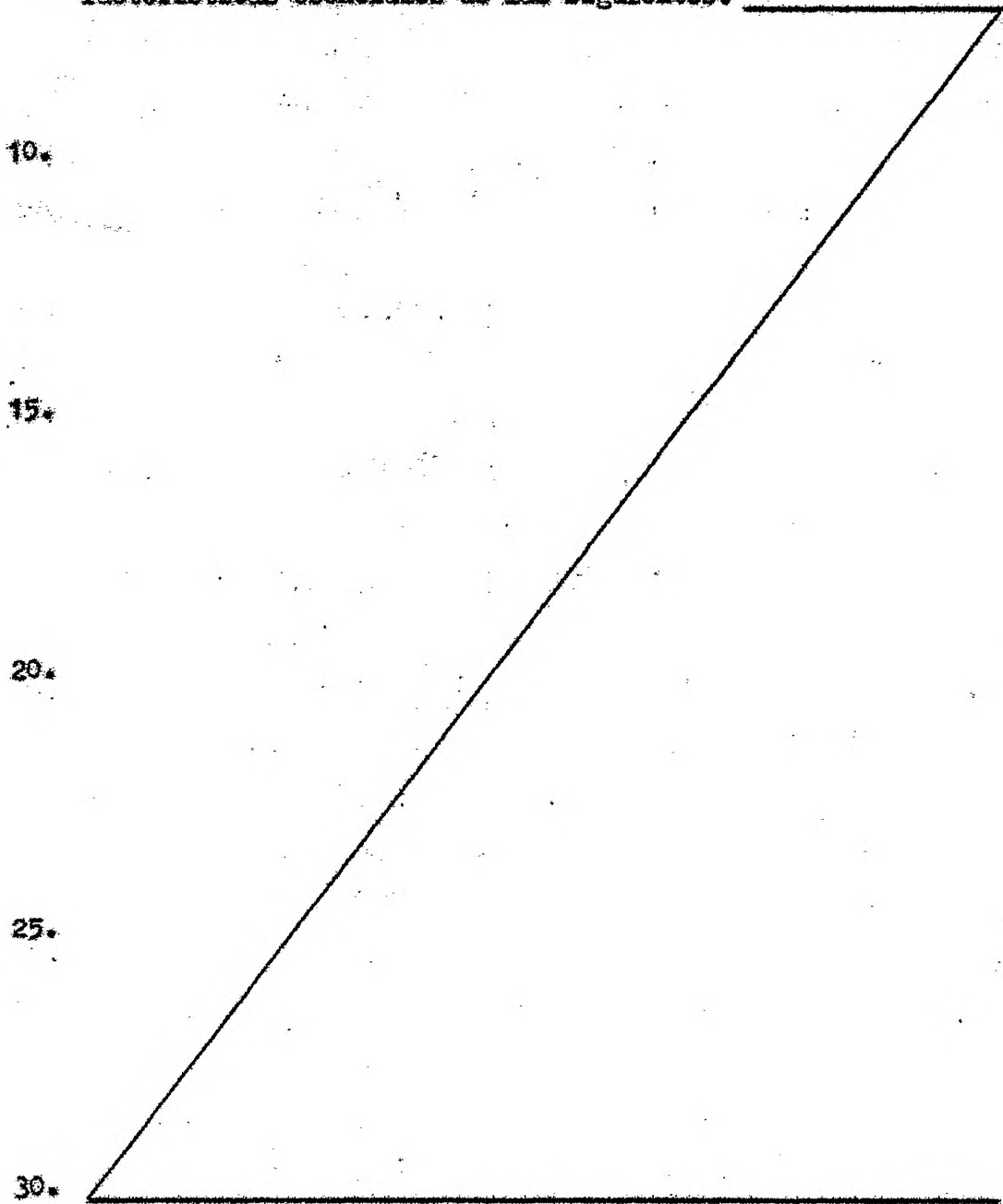
25. El solicitante se reserva el derecho de extender esta demanda a los países extranjeros, reivindicando la misma prioridad de la presente solicitud al amparo del Convenio Internacional para la protección de la Propiedad Industrial.

30. Igualmente, el solicitante se reserva el derecho de introducir en la presente invención cuantos perfeccionamientos sobre la misma puedan derivarse, mediante la solicitud de los correspondientes Certificados de Adición en la forma

señalada por la Ley.

N O T A

La Patente de Invención, que se solicita por veinte años, para España, de acuerdo con la vigente legislación, deberá recaer sobre: "PROCEDIMIENTO DE CONTROL DEL PROCESO DE OBTENCIÓN DE ESPONJA DE HIERRO EN HORNO DE CUBA", según las características esenciales de las siguientes:



REIVINDICACIONES

1.- Procedimiento de control del proceso de obtención de esponja de hierro en horno de cuba, destinado a la fabricación de esponja de hierro a partir de pallets ó minerales en granos, utilizando como agente reductor gases oxidantes a base de mezclas en distintas proporciones de H_2 y CO con contenidos variables de H_2 , CO_2 y H_2O , caracterizado porque para conseguir un producto final de alto grado de metalización y con pequeñas dispersiones en el mismo, se ha desarrollado un modelo matemático que dá en cada momento el tiempo de permanencia de la carga de mineral en la zona de reducción del FeO como una función de las variables de proceso: producción horaria de la unidad, grado de metalización de la esponja, grado de oxidación del gas reductor a la salida de la unidad de reformado, composición del gas de tragante, caudal de gas reductor introducido en el horno de cuba, reductibilidad del mineral a la temperatura de operación y composición de equilibrio del gas reductor para la reducción del FeO a Fe metálico.

20. 2.- Procedimiento de control del proceso de obtención de esponja de hierro en horno de cuba, según la anterior reivindicación, caracterizado porque para conducir la operación de control, cada dos horas como máximo y siempre que se produzcan cambios sustanciales en alguna de las variables de operación anteriormente enumeradas, se debe calcular el valor del tiempo teórico de permanencia en la zona de reducción de FeO .

30. 3.- Procedimiento de control del proceso de obtención de esponja de hierro en horno de cuba, según anteriores reivindicaciones, caracterizado porque con ayuda del análisis

to

de gas a distintas alturas de la cuba, se determinará el valor de la altura útil de la zona de reducción del FeO; una vez realizada dicha determinación, simultáneamente al valor del tiempo teórico, se calculará la relación $H/\Delta H = T_1 =$

5. tiempo real de permanencia de la carga mineral en la zona de reducción de la mástita, y si los valores de tiempo teórico y tiempo real difieren sensiblemente, se corrige la producción horaria al valor que iguale dichos parámetros; en caso contrario, no se tomará ninguna medida.

10. 4.- "PROCEDIMIENTO DE CONTROL DEL PROCESO DE OBTENCIÓN DE ESPONJA DE HIERRO EN HORNO DE CUBA"

Según queda sustancialmente descrito en la presente memoria que consta de diecinueve hojas escritas a máquina, por una sola cara, y acompañada de dibujos.

15.

Madrid, 4 ENE. 1978

CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS

P.P.

FRANCISCO GARCIA CABRERIZO
P.P.

Firmado: M.^a Dolores Jerquera

6

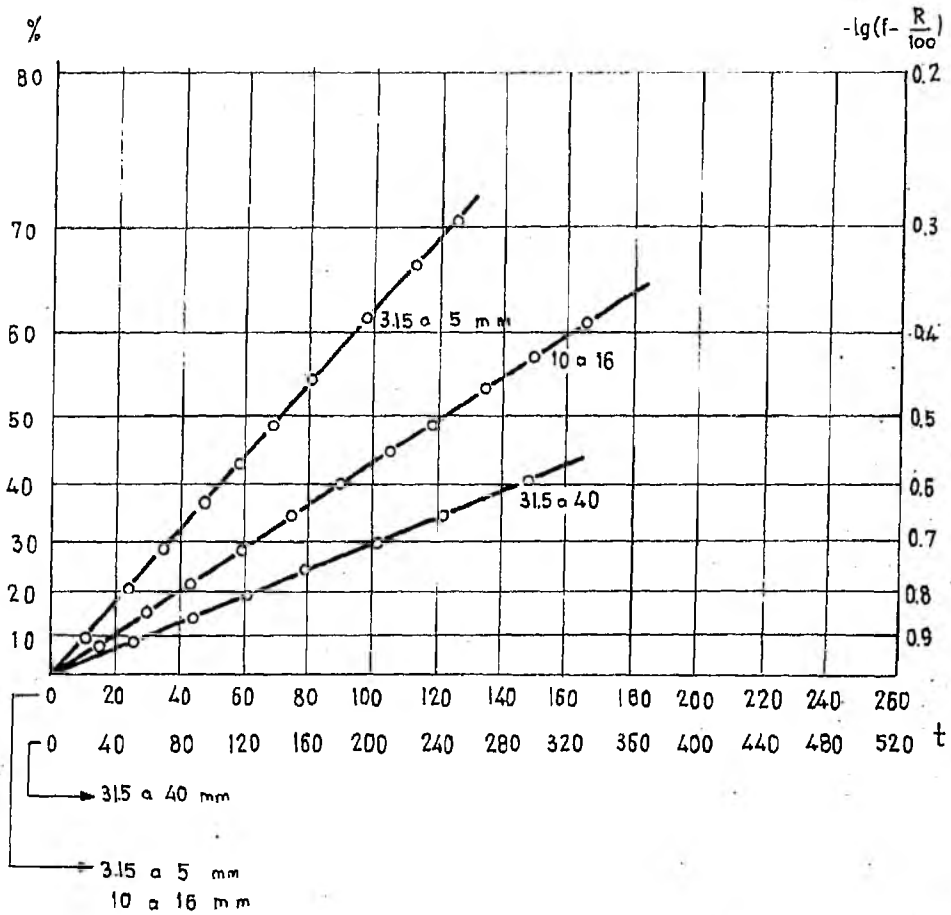


Fig. 1

MADRID, 4 ENE. 1978
P. P.

FRANCISCO GARCIA CABRERIZO
P. P.

Firmado: M.ª Dolores Jorquera

Escala variable

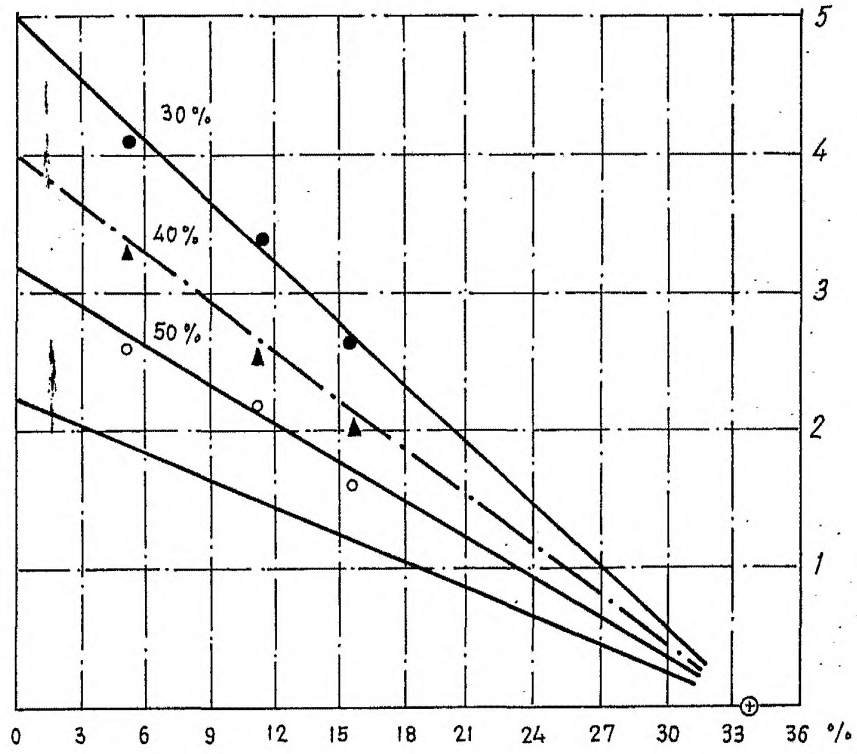


Fig. 2

MADRID,
P. P.

4 ENE. 1978,

FRANCISCO GARCIA CABRERIZO
P. P.

Firmado: Sr.ª Dolores Arguora

Escala variable

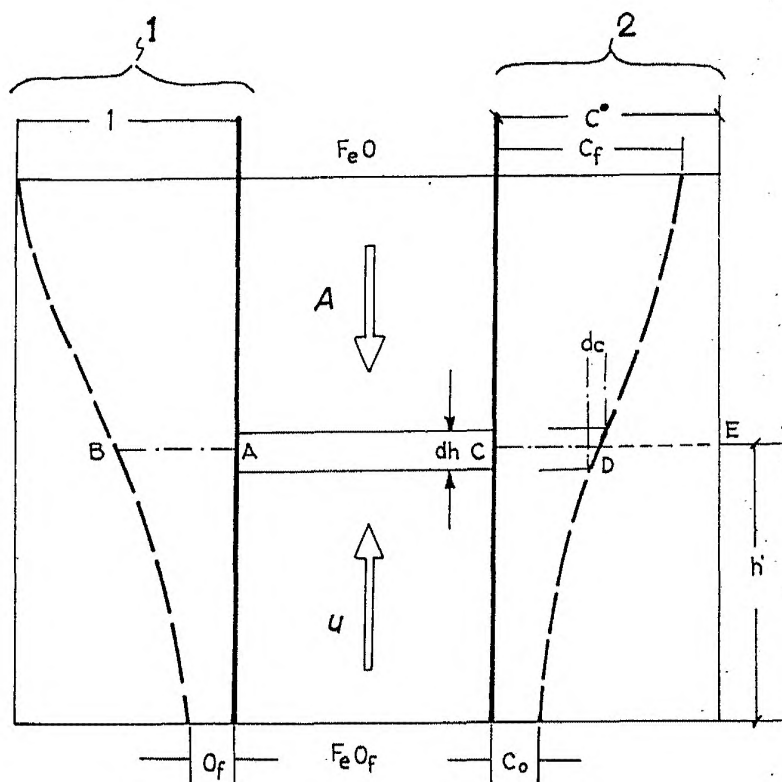


Fig. 3

Escala variable

4 ENE. 1978
 MADRID,
 P. P.
 FRANCISCO GARCIA CABRERIZO
 P. P.
 Firmado en Delegación

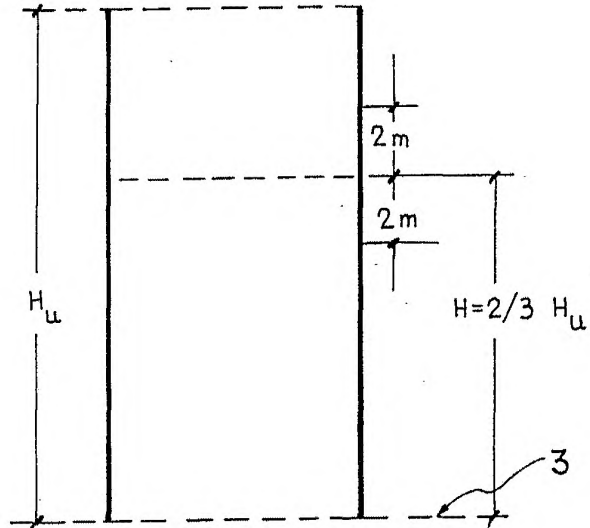


Fig. 4

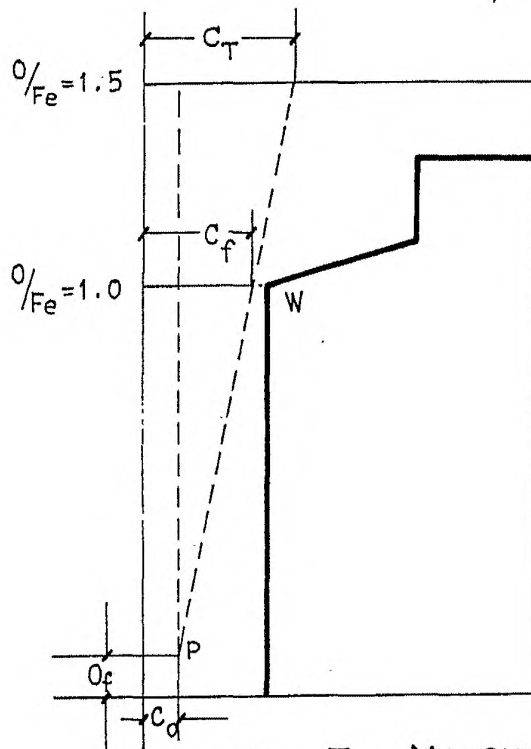


Fig. 5

MADRID,
P. P. FRANCISCO GARCIA CABRERIZO
P. P.

4 ENE. 1978

Escala variable

M.ª Dolores Jorquera