

408142

P.- 52.318

L-8674-SP

26



75

F.C. 21-V-75

MEMORIA DESCRIPTIVA

Int. Cl.: C 21 D

para solicitar PATENTE DE INVENCION por VEINTE años

a nombre de UNION CARBIDE CORPORATION

entidad norteamericana

establecida en 270 Park Avenue, Nueva York, N.Y.,
Estados Unidos de América.

por: "UN PROCEDIMIENTO PARA FABRICAR ACERO POR AFINO
DE UNA MASA PREDETERMINADA DE METAL FUNDIDO"
(Clase Internacional C21d)

25.4.75

- 1 -

408 142



Esta invención se refiere a un método de descarburación de metal fundido durante el afino del acero, y más específicamente a un método para optimizar la operación de descarburación.

5 Cuando se descarbura el acero con oxígeno, se establece el equilibrio entre los metales, el carbono y el oxígeno a la temperatura y presión particulares de que se trate. Tal equilibrio determina el grado en que se puede eliminar el carbono sin oxidar los componentes

10 metálicos, el cromo en particular, contenidos en la masa fundida. Está perfectamente admitido actualmente que la actividad termodinámica en el baño y el equilibrio establecido entre los elementos y la atmósfera gaseosa desprendida se pueden modificar por dilución del oxígeno con un

15 gas inerte.

 El límite hasta el que se puede elevar la temperatura está basado en consideraciones prácticas y económicas relativas al efecto de las temperaturas elevadas sobre la vida del revestimiento del convertidor, así como sobre la vida de las toberas que son necesarias para inyectar el oxígeno y el gas inerte directamente en la masa

20 fundida desde debajo de su superficie. Por otra parte, la dilución del oxígeno de soplado con gas inerte implica también consideraciones económicas dado que reduce la velocidad de producción de acero en proporción al porcentaje en

25

volumen de gas inerte, introducido, sin mencionar el coste del propio gas inerte, que puede ser importante.

Hasta ahora, el interés principal consistía en reducir el contenido de carbono del baño fundido hasta un nivel especificado minimizando al propio tiempo las pérdidas por oxidación de otros elementos. Además del deseo de impedir la deterioración rápida del refractario, por una vigilancia cuidadosa de la temperatura, el procedimiento se conducía a expensas de una velocidad de producción de acero relativamente baja y sin prestar atención a la cantidad de gas inerte utilizada. La ausencia aparente de interés por el aspecto económico se justificaba sobre la base de que era imposible tomar muestras del baño periódicamente durante una campaña de producción para determinar el grado de oxidación de los metales y la temperatura real del baño. Se consideraba mucho más importante asegurar una composición aceptable de la masa fundida final que arriesgarse a obtener un caldo de baja calidad por un aumento de la velocidad de producción y un ahorro de gas inerte. En el mejor de los casos, se establecían empíricamente ciertas líneas de orientación generalizadas, debidas a la experiencia real, para modificar la proporción de dilución a intervalos de tiempo fijados y en unas condiciones de temperatura estimadas para una masa fundida específica utilizando una composición de re-

408 142

22



vestimiento refractario dada.

5 Es un objeto de la presente invención proporcionar un programa para optimizar la descarburación de una masa de metal fundido en términos de conseguir, partiendo del conocimiento exclusivo de la composición de la masa inicial, del peso y de la temperatura, una composición final predeterminada en las condiciones económicas más favorables.

10 Es otro objeto de la presente invención proporcionar un método para optimizar, en términos de rendimiento y economía combinados, la descarburación de una masa de metal fundido para obtener consistentemente una composición y una temperatura finales de la masa fundida que estén de acuerdo con una especificación deseada para tal masa fundida y con una velocidad de producción relativamente elevada.

15 El programa de la presente invención está basado en la suposición teórica de que durante cualquier intervalo pequeño de tiempo el oxígeno se combina con el carbono hasta que se genera una presión suficiente de monóxido de carbono de tal manera que queda excluida una combinación ulterior del oxígeno con el carbono debido a la preferencia del oxígeno por aquél elemento metálico la reducción de cuyo óxido produzca la presión parcial mínima de equilibrio de monóxido de carbono. Partiendo de

20

25



tal suposición, se ha desarrollado un modelo matemático teórico para calcular, a intervalos seleccionados de tiempo dados, la presión parcial de equilibrio mínima del monóxido de carbono a partir de la cual se puedan determinar una nueva composición, un nuevo peso y una nueva temperatura de la masa, y a partir de la cual, bien sea automáticamente o por medio de un operador, se puedan hacer ajustes en la proporción de dilución para optimizar el procedimiento. El modelo matemático simula los fenómenos naturales complicados que se producen en el convertidor revestido de refractario en términos de la termodinámica de la reacción y de los balances de calor y de materia, y predice así el progreso de un determinado caldo. Aún cuando los cálculos matemáticos pueden ser efectuados por una sola persona, en la práctica ello no podría hacerse con suficiente rapidez para ser útil, y por esta razón el presente procedimiento requiere un computador para su puesta en práctica.

En sus aspectos más generales, la presente invención es un método que controla la descarburación de una masa predeterminada de metal fundido que comprende carbono y hierro contenida en un convertidor revestido de refractario que tiene medios para inyectar oxígeno y un gas diluyente en la masa, y medios de control del caudal de gas ajustables para variar el caudal de los gases; en el cual

408 142



el procedimiento comprende:

(a) fijar los medios de control ajustables para establecer un primer caudal mayor de cero para el oxígeno y un primer caudal para el gas diluyente;

5 (b) utilizar un computador para llevar a cabo la siguiente secuencia de etapas:

(1) calcular una pluralidad de coeficientes de actividad a partir de la composición inicial, el peso y la temperatura de la masa de metal, que definen las actividades termodinámicas de cada uno de los elementos contenidos en la masa en función de la composición de la masa, reflejando cada coeficiente la actividad de cada elemento en términos del porcentaje del elemento y la dependencia del elemento con respecto al porcentaje de los restantes elementos contenidos en la masa, siendo la actividad del hierro igual a su fracción molar y tal que las actividades de los óxidos de cada elemento tienen valores predeterminados;

20 (2) calcular una presión parcial de equilibrio teórica del monóxido de carbono para la reacción de oxidación de cada elemento por medio de los coeficientes a la temperatura dada;

(3) calcular la presión parcial máxima absoluta del monóxido de carbono suponiendo que la totalidad del oxígeno inyectado reaccione únicamente con el carbono;

25 (4) seleccionar la presión parcial de equilibrio mínima teórica del monóxido de carbono a partir de



(2) y compararla con la presión parcial máxima absoluta del monóxido de carbono según (3);

5 (5) en caso de que la presión parcial de equilibrio mínima teórica sea al menos igual en magnitud a tal presión parcial máxima absoluta, calcular después adicionalmente a partir de dichos primeros caudales de gas, la cantidad de carbono oxidada y un nuevo análisis de metales y una nueva temperatura para la composición;

10 (6) en caso de que la presión parcial de equilibrio mínima teórica sea menor en magnitud que dicha presión parcial máxima absoluta, calcular después adicionalmente a partir de la presión parcial de equilibrio teórica del monóxido de carbono y de dichos primeros caudales de gas las cantidades de carbono y metal oxidados, así como un nuevo análisis de metales y una nueva temperatura correspondientes a la composición;

15 (7) proporcionar una indicación de dicho nuevo contenido de carbono en dicha masa;

20 (8) comparar el grado de oxidación de un elemento individual específico en la masa, con un límite preestablecido de oxidación para el elemento específico;

25 (9) proporcionar una indicación para volver a fijar los medios de control del caudal de gas ajustables a fin de aumentar la proporción de gas diluyente en el caso de que el grado de oxidación del elemento específico

408 142



sea al menos igual al límite preestablecido de oxidación;

(c) fijar nuevamente los medios de control del caudal de gas ajustables de acuerdo con la indicación proporcionada en la etapa (9);

5 (d) repetir la secuencia desde la etapa (1) a intervalos de tiempo predeterminados menores de dos minutos, hasta que el contenido de carbono indicado en la etapa (7) haya disminuído al menos hasta un nivel predeterminado.

10 Las ventajas de la invención serán evidentes a partir de la siguiente descripción detallada de la invención considerada en conjunción con los dibujos que se adjuntan, en los cuales:

15 La Figura 1 es un diagrama esquemático general de un sistema de descarburación que utiliza la presente invención;

Las Figuras 2 y 2a combinadas representan el diagrama lógico del programa preferido para llevar a cabo la presente invención;

20 La Figura 3 es un gráfico, establecido empíricamente, que define el factor F para aquella porción del recipiente revestido de refractario que participa en la capacidad calorífica del sistema;

25 La Figura 4 es un gráfico que muestra las pérdidas de temperatura en estado estacionario en el baño



en función del tamaño del baño;

La Figura 5 es un gráfico, establecido empíricamente, que define una banda aceptable de valores de temperatura del baño para contenidos correspondientes de carbono;

5

La Figura 6 es un gráfico, establecido empíricamente, que muestra un intervalo de temperatura aceptable alternativo para los correspondientes niveles de carbono en el baño;

10

La Figura 7 es un diagrama lógico simplificado del programa preferido que se muestra en las Figuras 2 y 2a, que ilustra una realización alternativa para cambiar la proporción de dilución del oxígeno como respuesta para satisfacer un criterio dado de entre un cierto número de criterios diferentes.

15

Representado diagramáticamente en la Figura 1 aparece un sistema de afino simplificado para la descarbonización de acero que se compone de un convertidor de afino 10 revestido de refractario cargado con una masa pre-determinada de metal fundido 12. La composición de partida de la masa puede representar esencialmente hierro y carbono en los casos en que el producto final afinado ha de ser un hierro pobre en carbono. Alternativamente, la composición de partida para un acero inoxidable puede estar compuesta esencialmente de hierro, carbono y cromo,

20

25

408 142



5 con níquel en algunos casos y con constituyentes de aleación secundarios adicionales tales como, por ejemplo, silicio y manganeso. Además de esto, para una aleación de base níquel la composición de partida puede estar compuesta esencialmente de carbono, hierro, níquel, cromo, molibdeno y niobio. Esta invención no debe interpretarse como limitada a ninguna composición de partida de acero específica, ni tampoco es crítico para la invención el porcentaje original de ningún ingrediente.

10 El oxígeno se hace pasar desde una fuente (no representada) a través de un control 18 de flujo de oxígeno que regula el caudal de oxígeno antes de la inyección del mismo en el convertidor 10. Análogamente, se hace pasar un gas inerte diluyente desde una fuente separada
15 (no representada) a través de un control de flujo 20 que regula el flujo del gas inerte. Los controles de flujo de gas 18 y 20 respectivamente son controladores convencionales que pueden accionarse automáticamente o de forma manual, como se explicará más adelante en esta memoria. Los gases
20 se combinan en la válvula de mezclado 16 y se inyectan directamente en la masa fundida 12, preferiblemente a través de un dispositivo de tobera 14. Pueden emplearse otros inyectores de gas adecuados tales como tubos cerámicos, conductos, boquillas y similares, con tal que tales medios
25 puedan soportar las temperaturas de baño implicadas sin



introducir contaminantes indeseables. Se pueden emplear medios separados (no representados) para controlar la presión en las respectivas tuberías de flujo.

El gas diluyente puede ser cualquier gas inerte con respecto a la descarburación, y preferiblemente un gas seleccionado del grupo constituido por helio, neón, argón, kriptón y xenón, o mezclas de los mismos. Se puede utilizar también nitrógeno, pero con precaución, debido a posibles efectos secundarios. El gas más preferido es el argón.

La velocidad de producción, medida por el tiempo requerido para la descarburación, está afectada fundamentalmente por la temperatura y los caudales de gas, y puede maximizarse por soplado del caldo al caudal de gas total máximo que se pueda alcanzar para el convertidor de afino y el volumen de caldo, el cual es del orden de 27,9 a 55,8 metros cúbicos por hora de flujo de gas total por tonelada métrica de capacidad de afino de metal correspondiente al convertidor, y manteniendo el caudal de oxígeno alto con relación al caudal de gas inerte hasta que el refractario se ve amenazado por una temperatura elevada o hasta que la oxidación de los constituyentes de la masa fundida distintos del carbono excede de niveles predeterminados. La temperatura tiene que mantenerse también por encima de una temperatura mínima tolerable a fin de que el caldo pue-

408 142



5 da acabarse, sangrarse y colarse en moldes de lingotes sin
riesgo de que se solidifique prematuramente. La presente
invención no considera el uso de elementos o dispositivos
para control de la temperatura. Los aumentos de tempera-
tura son debidos a las reacciones de oxidación que ocurren
en el baño, mientras que los descensos de temperatura son
debidos a la absorción de calor por el gas inerte aplica-
do, a las adiciones al baño, y a las pérdidas de calor en
estado estacionario que se producen en función de la capa-
10 cidad del baño, de la capacidad calorífica del refractario
y del medio que rodea al convertidor.

Se describirá a continuación el método de la
presente invención por el que se accionan los controles 18
y 20 de flujo de gas, bien sea de modo manual o automáti-
15 co, mediante el empleo del computador digital para conse-
guir un rendimiento óptimo a eficiencia máxima. El compu-
tador 22 es un computador de aplicación general que está
programado para operar de acuerdo con el diagrama lógico
de las Figuras 2 y 2a que representan la realización pre-
20 ferida de la presente invención. Cualquier programador
experto en tal técnica puede preparar rápidamente un pro-
grama de computador en el lenguaje receptivo para el com-
putador utilizado para operar de acuerdo con tal diagrama
lógico. Con objeto de realizar el programa, el computador
25 22 ha de tener almacenados en su memoria datos represen-



tativos de las ecuaciones matemáticas que se indican en esta memoria descriptiva, así como datos representativos de los Apéndices A, B, y C y de las Figuras 3, 4, y 5 ó 6 respectivamente. La única información de entrada necesaria para cualquier caldo dado es la composición metálica de partida, la temperatura de partida, el peso del metal de partida, los caudales de oxígeno y gas inerte iniciales seleccionados, y el contenido de carbono final deseado. Por la experiencia de la fabricación del acero, se sabe que un caudal de oxígeno que sea más de diez veces mayor que el caudal de gas inerte será perjudicial para el dispositivo de tobera 14 del recipiente. Por tanto, como medida práctica, el caudal inicial de oxígeno a gas inerte debe ser menor que 10:1.

Utilizando la información inicial, el computador 22 calcula una pluralidad de coeficientes que definen las actividades termodinámicas de cada uno de los elementos constituyentes en el baño, en función de la composición del baño. Empleando tales coeficientes, el computador 22 calcula la presión parcial de monóxido de carbono en equilibrio con el carbono y los diversos elementos metálicos y sus óxidos. Se supone que la reacción que produce la presión parcial de equilibrio mínima del monóxido de carbono se ve favorecida y transcurre durante un cierto intervalo breve de tiempo. Este breve intervalo de tiempo

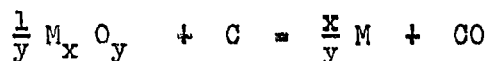
408 142



22 MAY 1972

es aproximado para los fines de la presente invención de tal manera que sea un período necesariamente mayor que cero pero menor que dos minutos, con un intervalo preferido comprendido entre tres y treinta segundos. Por tanto, el computador 22 sin realimentación puede proporcionar un muestreo simulado actualizado del progreso de un caldo para determinar si ha de hacerse, y en qué grado, reajuste en la proporción de dilución de oxígeno y gas inerte. Las nuevas condiciones determinadas por el computador se introducen automáticamente en la memoria y se utilizan en lugar de las condiciones previas para la interrogación inmediatamente siguiente.

Después de la inyección, el oxígeno reacciona inmediatamente con algunas especies metálicas que, a su vez, reaccionarán con el carbono disuelto para formar monóxido de carbono de acuerdo con la reacción general:



donde: M es cualquier elemento metálico contenido en el baño 12 tal como Fe, Cr, Mn, Si, etc; C es carbono; O es oxígeno, y x e y son números enteros que representan la fórmula química del óxido metálico en cuestión.

La constante de equilibrio para esta reacción general se puede calcular a partir de la ecuación siguiente:



$$K = \exp \frac{\Delta F^{\circ}}{(-RT)}$$

donde: K = constante de equilibrio; ΔF° = energía libre normal de la reacción; R es la constante de los gases, y T = temperatura (°K). La reacción química general representa reacciones en que intervienen, por ejemplo, silicio, manganeso, cromo, hierro, níquel y/u otros elementos metálicos que puedan estar presentes en la masa. Las constantes de equilibrio apropiadas se calculan para cada reacción de acuerdo con la ecuación arriba indicada utilizando los datos del Apéndice A como se muestra a continuación.

APENDICE A

15 Energías Libres Normales de las diversas reacciones de interés:

		<u>ΔF°</u> =
	$\underline{C} + \underline{O} = CO(g)$	- 4.275 - 9,84T
	$1/4Cr_3O_4 = 3/4 \underline{Cr} + \underline{O}$	61.200 - 27,4T
20	$1/4Cr_3O_4 + \underline{C} = 3/4 \underline{Cr} + CO(g)$	56.925 - 37,24T
	$1/2SiO_2 = 1/2\underline{Si} + \underline{O}$	69.675 - 27,5T
	$1/2SiO_2 + C = 1/2\underline{Si} + CO(g)$	65.400 - 37,34T
	$MnO = \underline{Mn} + \underline{O}$	58.400 - 25,98T
	$MnO + \underline{C} = \underline{Mn} + CO(g)$	54.125 - 35,82T
25	$FeO = \underline{Fe} + \underline{O}$	28.900 - 12,15T



La presión parcial teórica del monóxido de carbono en equilibrio con el carbono y los otros ingredientes contenidos en el baño se puede calcular ahora a partir de la ecuación siguiente utilizando las reacciones dadas en el Apéndice B como se indica a continuación en esta memoria:

$$K = \frac{a_{\text{M}}^{\frac{x}{y}} P_{\text{CO}}^{\text{e}}}{a_{\text{M}}^{\frac{1}{x}} a_{\text{O}}^{\frac{y}{y}} a_{\text{C}}^{\frac{1}{y}}}$$

donde: a_{M} = actividad del elemento específico; a_{C} = actividad del carbono disuelto; y P_{CO}^{e} = presión parcial de equilibrio teórica del monóxido de carbono.

APENDICE B

Actividades de los diversos componentes de interés

$$a_{\text{C}} \text{ (actividad del carbono disuelto) } = \% \text{C} \times f_{\text{C}}$$

$$f_{\text{C}} = f_{\text{C}}^{\text{O}} \times f_{\text{C}}^{\text{Cr}} \times f_{\text{C}}^{\text{Ni}} \times f_{\text{C}}^{\text{Si}} \times f_{\text{C}}^{\text{Mn}}$$

$$\log f_{\text{C}}^{\text{O}} = 0,22 \times \% \text{C}$$

$$\log f_{\text{C}}^{\text{Cr}} = -0,024 \times \% \text{Cr}$$

$$\log f_{\text{C}}^{\text{Ni}} = 0,012 \times \% \text{Ni}$$

408142



$$\log f_C^{Si} = 0,106 \times \%Si$$

$$\log f_C^{Mn} = -0,012 \times \%Mn$$

$$a_{Cr} \text{ (actividad del cromo disuelto)} = \%Cr \times f_{Cr}$$

$$f_{Cr} = f_{Cr}^C \times f_{Cr}^{Gr}$$

$$\log f_{Cr}^C = -0,12 \times \%C$$

$$\log f_{Cr}^{Gr} = 0$$

$$a_{Si} \text{ (actividad del silicio disuelto)} = \%Si \times f_{Si}$$

$$f_{Si} = f_{Si}^C \times f_{Si}^{Si}$$

$$\log f_{Si}^C = 0,166 \times \%C$$

$$\log f_{Si}^{Si} = 0,112 \times \%Si$$

$$a_{Mn} \text{ (actividad del manganeso disuelto)} = \%Mn \times f_{Mn}$$

$$f_{Mn} = f_{Mn}^{Mn}$$

$$\log f_{Mn}^{Mn} = -0,0027 \times \%Mn$$

$$a_{Fe} \text{ (actividad del hierro)} = \text{Fracción molar}$$

$$0,10 \leq a_{Cr_2O_3} \leq 0,25$$

$$0,025 \times \%Mn \leq a_{MnO} \leq 0,05 \times \%Mn$$

$$0,03 \leq a_{SiO_2} \leq 0,08$$

$$a_{FeO} = (0,125 \pm 0,025) \exp \left[\frac{\%Ni + \%Cr}{19,7} \right]; 50\% \leq Fe \leq 100\%$$

408 142

22



donde: f_C , f_{Cr} , f_{Si} , f_{Mn} representan los coeficientes de actividad de carbono, cromo silicio y manganeso respectivamente; y f_C^α , f_{Cr}^β , f_{Si}^γ , f_{Mn}^{Mn} representan parámetros de interacción cuyos exponentes son:

5

$\alpha = C, Cr, Ni, Si, Mn$

$\beta = C, Cr$

y $\gamma = C, Si$

10

Las actividades apropiadas para las aleaciones de base níquel se pueden determinar por los métodos descritos, por ejemplo, en: H. Schenck y M.G. Froberg, "Steelmaking: The Chipman Conference", The M.I.T. Press, Cambridge, Massachusetts 1963, y H. Schenck y E. Steinmetz, Special Report No. 7, Stahleisen

15 - Sonderberichte, 1966, Publisher Stahleisen M.B.H., Dusseldorf.

20

El computador se programa como se muestra en el diagrama lógico de la Figura 2 para seleccionar la presión parcial de equilibrio teórica mínima del monóxido de carbono, a partir de la cual el computador calcula luego la cantidad de carbono oxidada si la totalidad del oxígeno se invierte en quemar el carbono y, en caso contrario, las cantidades de carbono y metal oxidadas. Esto se hace por comparación de la presión parcial de equilibrio del CO con la que podría generarse si todo el oxígeno se invirtiese en quemar el carbono.

25

Una definición alternativa para la presión parcial de



equilibrio del CO es:

$$(1) \quad P_{CO}^e = \frac{F_{CO} P_s}{F_{GI} + F_{CO}}$$

5

donde: F_{CO} = flujo de CO generado (una incógnita); F_{GI} =
flujo de gas inerte introducido; P_s = presión del sistema.
Si todo el oxígeno se invierte en quemar carbono, la presión
parcial de CO se puede calcular simplemente a partir de la
10 ecuación siguiente:

$$(2) \quad P_{CO} = \frac{2 F_{O_2}}{2 F_{O_2} + F_{GI}} P_s$$

15 donde: F_{O_2} = flujo de oxígeno introducido. Ahora bien, si
el valor seleccionado mínimo P_{CO}^e es igual o mayor que el
valor de P_{CO} calculado a partir de la ecuación inmediate-
mente anterior con todos los parámetros conocidos, entonces
solamente se oxidará el carbono y en la cantidad

20 $C = 2 F_{O_2} \times \frac{12}{387} \times 0,454 ;$

donde: C = kilogramos de carbono oxidados por unidad de tiem-
po, 12 es el peso molecular del carbono y 387 es el volumen
molar en piés cúbicos (1 pié cúbico = 28,3 litros) a 21,1°C
y a la presión de 1 atmósfera.

25

Por el contrario, si el valor seleccionado míni-

408142



mo P_{CO}^e es menor que P_{CO} entonces la cantidad de carbono quemada se calcula directamente a partir de la ecuación (1) como sigue:

$$5 \quad P_{CO}^e = \frac{F_{CO}}{F_{CO} + F_{GI}} P_s$$

multiplicando: $P_{CO}^e \times F_{CO} + P_{CO}^e \times F_{GI} = F_{CO} \times P_s$;

$$10 \quad \text{reagrupando: } F_{CO} (P_s - P_{CO}^e) = P_{CO}^e F_{GI}; \text{ por tanto}$$

$$F_{CO} = \frac{P_{CO}^e \times F_{GI}}{P_s - P_{CO}^e} \text{ y, en términos de kilogramos de carbono por unidad de tiempo se reduce a}$$

$$15 \quad G = \frac{P_{CO}^e}{P_s - P_{CO}^e} F_{GI} \frac{12}{387} \times 0,454. \text{ El resto del oxígeno, por}$$

consiguiente, tiene que invertirse en la oxidación del metal. El metal oxidado se deduce por medio de la fórmula siguiente:

$$20 \quad M = \frac{2 W_m}{387 V} \left[2 F_{O_2} - \frac{P_{CO}^e \times F_{GI}}{(P_s - P_{CO}^e)_{CO}} \right] \times 0,454$$

donde: M = kilogramos del metal oxidados por unidad de tiempo;

25 W_m = peso molecular del metal en $\frac{kg}{kg.mol}$; V = valencia del

408 142'



metal. La cantidad de metal oxidada se resta del peso de metal total original, y el peso total del óxido resultante se suma a la escoria. El peso del carbono oxidado se resta también de la masa de metal original, y se calculan los porcentajes nuevos de la composición. La nueva composición y el peso de la misma se guardan en la memoria y se utilizan en lugar de la composición y del peso antiguos al comienzo del ciclo siguiente.

Con objeto de establecer la reacción más favorable de entre todas las reacciones posibles desde el punto de vista de la termodinámica, ha de conocerse la temperatura. El calor generado o absorbido por las reacciones se determina a partir de datos termodinámicos y a partir del calor de las reacciones dadas en el Apéndice C que se muestra a continuación. Estos se convierten en temperaturas dividiéndolos por las capacidades caloríficas combinadas del metal, el convertidor y la escoria. Se considera que la capacidad calorífica del metal en el caso del acero es

$$= \frac{10,5 \text{ kcal/kg.mol } ^\circ\text{C}}{54 \text{ kg/kg.mol}} \times W \text{ kg de metal} = 0,195 W \text{ kcal/}^\circ\text{C}$$

donde: W = peso del metal total en kilogramos. Se considera que la capacidad calorífica del convertidor (principalmente del refractario) es:

408 142

22



$$= 0,27 W_r F \text{ kcal/}^{\circ}\text{C}$$

5 donde: W_r = peso del refractario de revestimiento de trabajo total en kilogramos y F = factor empírico para la porción del revestimiento refractario que participa en la capacidad calorífica del sistema. Se considera que la capacidad calorífica de la escoria es

$$= 0,55 W_s \text{ kcal/}^{\circ}\text{C}$$

10 donde: W_s = peso de escoria en kilogramos. Así, la capacidad calorífica del sistema a las temperaturas de fabricación del acero es

$$\gamma = 0,195 W + 0,27 F W_r + 0,55 W_s \text{ kcal/}^{\circ}\text{C}$$

15

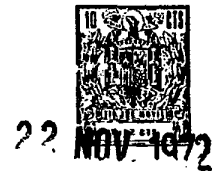
El factor F se ha determinado por métodos de tanteos comparando datos de calor reales con resultados de programas. Este factor se muestra en la Figura 3, que indica el valor correcto a utilizar en función del peso del refractario. El peso del
20 revestimiento de refractario se conoce a partir del diseño del convertidor, y los pesos de metal y escoria se calculan al final de cada intervalo de tiempo.

APENDICE C

Calor de Reacción para las diversas reacciones de oxidación

	<u>Calor de Reacción</u>
$1/2 O_2 \text{ 25}^\circ C = 1/2 O_2 \text{ 1650}^\circ C$	6.727 K cal/Kg.mol
$1/2 O_2 \text{ 1650}^\circ C = O \text{ 1650}^\circ C$	-28.000 "
$1/2 O_2 \text{ 25}^\circ C = O \text{ 1650}^\circ C$	- 21.273 "
$C_{1650}^\circ C + O_{1650}^\circ C = CO \text{ 1650}^\circ C$	- 4.275 "
$C_{1650}^\circ C + 1/2 O_2 \text{ 25}^\circ C = CO \text{ 1650}^\circ C$	- 25.548 "
$3Cr_{1650}^\circ C + 4O_{1650}^\circ C = Cr_3O_4 \text{ 1650}^\circ C$	-244.800 "
$3Cr_{1650}^\circ C + 2O_2 \text{ 25}^\circ C = Cr_3O_4 \text{ 1650}^\circ C$	-329.892 "
$Si_{1650}^\circ C + 2O_{1650}^\circ C = SiO_2 \text{ 1650}^\circ C$	-139.350 "
$Si_{1650}^\circ C + O_2 \text{ 25}^\circ C = SiO_2 \text{ 1650}^\circ C$	-181.896 "
$Mn_{1650}^\circ C + O_{1650}^\circ C = MnO_{1650}^\circ C$	- 58.400 "
$Mn_{1650}^\circ C + 1/2 O_2 \text{ 25}^\circ C = MnO_{1650}^\circ C$	- 79.673 "
$Fe_{1650}^\circ C + O_{1650}^\circ C = FeO_{1650}^\circ C$	- 28.900 "
$Fe_{1650}^\circ C + 1/2 O_2 \text{ 25}^\circ C = FeO_{1650}^\circ C$	- 50.173 "

408 142



La elevación de temperatura debida a la oxidación de un 1% de un elemento dado se puede expresar por la fórmula

$$5 \quad T = \frac{W \Delta H}{\gamma 50 W_m V}$$

donde: W = peso del metal total en kilogramos; ΔH = calor de oxidación para el elemento particular en kcal/kg.mol; W_m = peso molecular del elemento particular en kg/kg.mol, y V = valencia del elemento particular. Para los elementos de interés en la fabricación del acero, los cambios de temperatura por cada 1% de oxidación son:

$$15 \quad \text{Carbono: } T = \frac{21,3 W}{\gamma} \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\text{Cromo: } = \frac{21,2 W}{\gamma}$$

$$\text{Manganeso: } = \frac{14,5 W}{\gamma}$$

$$20 \quad \text{Silicio: } = \frac{65 W}{\gamma}$$

$$\text{y Hierro: } = \frac{8,95 W}{\gamma}$$

Tales aumentos de temperatura se calculan a partir de la composición y la información de peso de metal obtenidas al final de cada intervalo de tiempo de reacción. El gas inerte



introducido reduce la temperatura de una manera análoga. En los casos en que el gas inerte es argón, el aumento de calor sensible es:

$$\text{Ar (25}^{\circ}\text{C)} = \text{Ar (1650}^{\circ}\text{C)}$$

5 $\Delta H = 8.072 \text{ kcal/kg.mol}$

y el cambio de temperatura debido a cada litro de argón introducido es:

$$\text{Argón, } \Delta T = \frac{20.9}{28.3\gamma} \text{ }^{\circ}\text{C}$$

10

Finalmente, la pérdida de calor en estado estacionario del sistema debido al medio que le rodea, que se produce con diferencia de las reacciones que tienen lugar en el convertidor, se determina por medio de datos empíricos que se presentan en la Figura 4. Estos datos son el resultado de extensas comparaciones por tanteos de cálculos de computador y experiencia real. La nueva temperatura del baño se calcula por suma de las diversas contribuciones, y se almacena en la memoria además de los datos de la nueva composición y del nuevo peso, para reemplazar a las condiciones previas al comienzo del intervalo de tiempo preliminar inmediatamente siguiente.

20 Una vez que el computador ha computado la nueva composición del baño y la nueva temperatura, se hace una determinación a fin de determinar si la proporción de oxígeno a gas inerte debe ser ajustada. Esta determinación se hace

25

408 142

22



para cada ciclo, es decir, cada vez que el computador inter-
roga acerca del progreso del caldo. Como se ha explicado
anteriormente, esto debería hacerse a intervalos de tiempo
menores de dos minutos para conformarse a la suposición teóri-
ca de que una sola reacción esté predominando durante tal in-
5 tervalo de tiempo. Debe entenderse que el computador interro-
ga acerca del progreso de un caldo exclusivamente a partir
de las condiciones iniciales, sin información de realimenta-
ción procedente del convertidor. Por tanto, el computador se
10 puede operar simultáneamente durante la descarburación real
de la masa fundida, o bien se pueden establecer de antemano
las condiciones óptimas de flujo para tal descarburación. Ade-
más de ello, el computador puede conducir la operación de
descarburación automáticamente o, alternativamente, puede pro-
15 porcionar instrucciones detalladas para el control de la ope-
ración manualmente por medio de un operador. Para una opera-
ción completamente automática, como se muestra en la Figura 1,
la señal de salida del computador 22 se lleva al actuador 30
que regula, a su vez, los controles 18 y 20 de flujo de gas,
20 respectivamente. El actuador automático 26 toma la información
de salida digital del computador y convierte tal información
en niveles de señal eléctrica analógica apropiados que repre-
sentan los nuevos caudales de gas. Los controladores de flujo
18 y 20 respectivamente, cuando están dispuestos para opera-
25 ción automática, responderán a los nuevos niveles ajustando

408 142



22 NOV 1972

así la proporción de flujo de gas de acuerdo con la orden
dada por el computador. El actuador 26 está preajustado manual-
mente para establecer las condiciones iniciales de flujo. El
mantenimiento de proporciones fraccionarias exactas, sin embar-
5 go, entre el flujo de oxígeno y el gas inerte, requiere siste-
mas controladores de flujo de gas muy costosos y complejos.
En aquellos casos en que el tonelaje de masa fundida a descar-
burar es pequeño, se sugiere un compromiso entre una operación
totalmente optimizada y el elevado precio de un sistema total-
10 mente automático. En tales casos, se pueden simplificar los
controles de flujo de gas para permitir únicamente ajustes de
la proporción en números enteros tales que, por ejemplo, las
proporciones de flujo de oxígeno a gas inerte se puedan variar
solamente en un orden monótonamente decreciente tal como:
15 4:1, 3:1, 2:1, 1:1, 1:2, etc. También en este caso, debería
preferirse la operación manual por un operador en respuesta
a las instrucciones del computador. El programa debería ser lle-
vado a cabo mediante el computador, proporcionando la salida
de lectura 24 del computador instrucciones detalladas en cuan-
20 to al momento de hacer ajustes en la proporción de gas. Las
instrucciones deberían basarse en seleccionar sucesivamente
la proporción de números enteros inmediatamente más próxima,
aún cuando el computador puede instruir al operador en el sen-
tido de que pase por alto la proporción inmediatamente más
25 próxima y salte a una subsiguiente o, por supuesto, que manten-

408 142



ga la misma proporción.

La selección de cada proporción de gas sucesiva se determina en la realización preferida que se ilustra en las Figuras 2 y 2a por comparación de la cantidad de oxidación de un elemento específico durante cada intervalo de tiempo con un límite crítico predeterminado para tal elemento. La selección se puede hacer también basándose en métodos alternativos que se discutirán más adelante en esta memoria en conexión con el gráfico de circulación simplificado de la Figura 7.

En el caso del hierro pobre en carbono, el elemento específico de interés es el hierro, y cuando se utiliza el criterio de oxidación limitada para el cambio, se establece un límite de oxidación para cada intervalo de tiempo dividiendo el número total de intervalos de tiempo por el límite aceptable máximo de hierro oxidado después de la descarbonación. El límite para cada intervalo de tiempo no es preciso que sea el mismo, p.ej., se puede utilizar un límite más bajo para un primer número dado de intervalos y elevar después el límite para los intervalos restantes.

En el caso de las aleaciones de base níquel, el elemento específico de interés puede ser cualquier elemento simple seleccionado del grupo constituido por cromo, molibdeno y niobio. El límite de oxidación se establecería como en el caso del hierro pobre en carbono.



En el caso de las aleaciones de base níquel, el elemento específico de interés puede ser cualquier elemento simple seleccionado del grupo constituido por cromo, molibdeno y niobio. El límite de oxidación se establecería como en el caso del hierro pobre en carbono.

En el caso de las aleaciones de base hierro, el elemento específico de interés puede ser cromo, molibdeno o manganeso. El límite de oxidación se establecería como en el caso del hierro pobre en carbono.

En el caso del acero inoxidable, el elemento específico de interés es el cromo, y el límite de oxidación se puede establecer como en el caso del hierro pobre en carbono o alternativamente y preferiblemente como se indica en la Patente de los EE.UU. Núm. 3.046.107, expedida en fecha 24 de julio de 1962 a nombre de Edward C. Nelson y otros. Como se indica en tal patente, el porcentaje en volumen de oxígeno que se inyecta en el baño está dictado por la siguiente relación, cuya aplicación se propone para aceros que contengan de 3 a 30 por ciento de cromo:

$$\text{Porcentaje de O}_2 = \sqrt{\frac{13000}{\left[\frac{\text{Porcentaje de Cr}}{\text{Porcentaje de C}} \text{ antilog} \left(\frac{13800}{T} - 8,46 \right) \right] - 1}}$$

$$\text{Porcentaje de O}_2 = \frac{\text{Cantidad de O}_2}{\text{O}_2 + \text{Gas Inerte}} = \frac{F_{\text{O}_2}}{F_{\text{O}_2} + F_{\text{GI}}}$$

donde: porcentaje de Cr es el límite inferior de contenido de cromo en porcentaje en peso al final de un intervalo de tiempo; T es la temperatura de la masa fundida en °K al final de un intervalo de tiempo; porcentaje de C es el porcentaje de carbono

408 142



en la masa fundida al final de un intervalo de tiempo; y porcentaje de oxígeno es el porcentaje en volumen de oxígeno para tal intervalo de tiempo.

5 La fórmula anterior se puede utilizar también para calcular directamente el porcentaje de O_2 que debería emplearse para el siguiente intervalo de tiempo. Esto se puede hacer simplemente utilizando para porcentaje de Cr el contenido de cromo calculado en porcentaje en peso al final del intervalo de tiempo. Esto determinaría luego si debería
10 cambiarse el flujo anterior de oxígeno, y en qué extensión.

Con objeto de proteger el refractario, no debería permitirse que la temperatura del baño, para cada intervalo de tiempo dado, excediera de un valor máximo predeterminado. Análogamente, para impedir una solidificación
15 prematura, no debería permitirse que la temperatura del baño descendiese por debajo de un nivel mínimo predeterminado. Por tanto, el computador 22, siguiendo una sub-rutina en el gráfico de circulación lógico de las Figuras 2 y 2a rechazará arbitrariamente cualquier orden para alterar el caudal de
20 oxígeno y gas diluyente en el caso de que la temperatura descienda por debajo de una banda de temperaturas aceptables preestablecida. Existe una relación funcional entre el contenido de carbono de un caldo y la temperatura. Una banda de temperatura aceptable correspondiente a niveles discretos de
25 carbono se puede establecer, por tanto, para cualquier caldo dado.

408 142



Las figuras 5 y 6 son dos ejemplos de bandas de temperatura aceptable establecidas empíricamente para el acero inoxidable. Esta invención no debe considerarse limitada a ninguna banda de temperatura aceptable específica.

5 Si la temperatura para un nivel de carbono dado desciende por debajo de la banda aceptable, el computador dirigirá la operación ignorando cualesquiera instrucciones que efectúen un cambio en el control de flujo de gas en respuesta a un exceso de oxidación del elemento de interés y, en lugar de ello, provocará un aumento en la temperatura por calentamiento de la masa fundida. Tal instrucción puede tomar la forma de una orden para reajustar el control de flujo de gas para establecer un caudal dado, que puede ser el mismo que el caudal existente o uno que tenga una mayor proporción de oxígeno, con objeto de prolongar o intensificar las reacciones exotérmicas que se producen en el baño durante tal intervalo de tiempo, proporcionando así calor adicional. El ciclo del procedimiento se renovará entonces y se evaluará una vez más la nueva temperatura para determinar si está comprendida dentro de la banda aceptable. Esto se continuará hasta que la temperatura se haya elevado hasta el límite inferior aceptable, o por encima del mismo. La operación del procedimiento de tal manera con el fin de regular la temperatura requiere, sin embargo, un compromiso en cuanto a una mayor oxidación del metal. Un método alter-

10

15

20

25



nativo para elevar la temperatura del baño fundido consiste en añadir un desoxidante a la masa tal como por adición de uno o más de los siguientes: silicio, aluminio, manganeso, ferrosilicio, ferrocromo y ferromanganeso. La adición
 5 de un desoxidante se puede utilizar en combinación con el primer procedimiento para conseguir una respuesta más rápida.

Si la temperatura para un contenido de carbono dado se eleva por encima de la banda aceptable, el computador
 10 22 dará instrucciones al operador en el sentido de enfriar el caldo. El método preferido de enfriamiento del caldo es por adición de chatarra. El material de chatarra añadido tiene que ser compatible, evidentemente, con la composición del metal fundido. Con el fin de evitar la adición de chatarra
 15 en fragmentos hasta que el baño se haya enfriado a un punto situado dentro de la banda aceptable, es preferible que el operador añada la chatarra de acuerdo con la fórmula siguiente:

$$20 \quad S \text{ (adición de chatarra)} = \left[T - \frac{T_{\text{máx}} + T_{\text{mín}}}{2} \right] C$$

donde: T = temperatura del baño en $^{\circ}\text{K}$; $T_{\text{máx}}$ = temperatura máxima aceptable para el nivel de carbono del baño en $^{\circ}\text{K}$; $T_{\text{mín}}$ = temperatura mínima aceptable para el nivel de carbono del
 25 en $^{\circ}\text{K}$, y C es una constante. Pueden utilizarse también otros



medios de enfriamiento fluidos, tales como vapor de agua y dióxido de carbono. Otro método alternativo de enfriamiento que se puede utilizar en combinación con el anterior, consiste en inhibir el flujo de oxígeno y gas diluyente durante un período de tiempo predeterminado.

Aunque el rechazo arbitrario por la temperatura como se ha descrito arriba es deseable, ello no es un factor crítico en la práctica de la presente invención. El procedimiento se puede llevar a cabo para conseguir una economía óptima sin mantener la temperatura dentro de una banda de temperatura predeterminada. Cuando se utiliza el procedimiento sin compensación de temperatura, el programa ilustrado en el diagrama lógico de las Figuras 2 y 2a se reduce de hecho a lo representado en la Figura 7, en la que el bloque denominado "criterio para cambiar el control de flujo de gas" sería equivalente al bloque denominado "el elemento de interés se ha oxidado más que el límite establecido". Además de ello, es posible para algunas composiciones comunes de metal de partida determinar condiciones de flujo iniciales que, para tales composiciones, no darán lugar a que la temperatura caiga fuera de los límites aceptables.

La selección de cada proporción de gas sucesiva se puede determinar, como se ha indicado anteriormente en esta memoria, por métodos alternativos que den esencialmente el mismo resultado que el método preferido descri-

408 142



to arriba. Estos métodos alternativos están basados en información referente al contenido de carbono, a la temperatura y al tiempo de tratamiento, respectivamente, los cuales están controlados regularmente y almacenados por el computador.

5 El rechazo arbitrario por la temperatura no es necesario para estos métodos que se describen esquemáticamente en el esquema del proceso representado en la Figura 7. Cada método está basado en un criterio diferente para cambiar el control de flujo de gas. En el método basado en el contenido de carbono, se determinan previamente proporciones de gas discretas que corresponden a intervalos de contenido de carbono.

10 Así, cuando el computador encuentra que el contenido de carbono ha progresado desde un intervalo a otro intervalo diferente, proporcionará una indicación a este efecto y dará instrucción al operador para cambiar a una proporción de gas correspondiente en la sucesión de controles de flujo, o bien puede realizar esta función automáticamente. En el método

15 basado en la temperatura, se determinan previamente proporciones de gas discretas que corresponden a ciertos intervalos de temperatura del baño. Así, cuando el computador encuentra que la temperatura ha progresado desde un intervalo de temperatura al siguiente, proporcionará una indicación a este efecto y dará instrucción al operador para cambiar a la proporción correspondiente en la sucesión de

20 controles de flujo de gas. En el método basado en el tiempo,

25



se determinan previamente proporciones de gas discretas que corresponden a ciertos períodos de tiempo relacionados con períodos de progreso en la operación de afino. Así, una vez que ha transcurrido un cierto período de tiempo, el operador

5 recibe la orden de cambiar a la proporción de gas inmediatamente siguiente en la sucesión. En todos y cada uno de estos métodos, el computador emite una impresión de registro final de que el afino se ha completado, basada en el cálculo de que el contenido de carbono es inferior a un nivel pre-

10 determinado. No obstante, la operación del procedimiento por tales métodos alternativos puede no proporcionar la economía optimizada ofrecida por la realización preferida.

Como apéndice a esta descripción, se da un cierto número de ejemplos ilustrativos de instrucciones de salida

15 de lectura de un computador para la fabricación de acero para el control manual de la operación de descarburación, así como una impresión de registro de un programa completo para dirigir la operación del computador.

20

EJEMPLOS

Calidad: Hierro puro, 15,2 toneladas métricas.

408 142



Instruc- ciones	(Tiempo) (min) ³⁶	Caudal de O ₂ :Caudal de Ar	Caudal de O ₂ (M ³ H)
	0-9	4 : 1	424,5
	9-14	3 : 1	339,6
	14-31	4 : 1	339,6
	31-36	1 : 1	212,25

Análisis:	%C	%Cr	%Si	%Mn	Temp. °C
Inicial	0,44	0,21	0,30	0,05	1488
Final computado	0,001	0,22	0,00	0,00	1684,5
Final real	0,001	0,10	0,00	0,01	1694,5

Tiempo de tratamiento real = 34 minutos. ³⁶Las proporciones de gas se cambiaron en los momentos (min) arriba mencionados para obtener el carbono buscado como objetivo.

Calidad: 436, 17,3 toneladas métricas.

Instruc- ciones	Tiempo (min) ³⁶	Caudal de O ₂	Caudal de Ar	Caudal de O ₂ (m ³ H)
	0-17	3,0	1	254,7
	17-22	3,2	1	271,7
	22-29	3,4	1	291,5
	29-48	1,7	1	198,1
	48-50	1,0	1	141,5

408 142

22



<u>Análisis:</u>	<u>%C</u>	<u>%Cr</u>	<u>%Si</u>	<u>%Mn</u>	<u>Temp. °C</u>
Inicial	0,50	16,99	0,01	0,35	1582,2
Final compu- tado	0,08	15,09	0,01	0,15	1790
Final Real	0,08	15,09	0,01	0,12	1760+

Tiempo de tratamiento real = 50 minutos. *Las proporciones de gas se cambiaron en estos momentos mencionados en minutos para obtener el carbono buscado como objetivo.

Calidad: 321, 23,4 Toneladas métricas.

<u>Instruc- ciones</u>	<u>(Tiempo) (min)*</u>	<u>Caudal de O₂</u>	<u>Caudal de : Ar</u>	<u>Caudal de O₂ (M³H)</u>
	0-26		3 : 1	645,2
	26-34		2 : 1	500,9
	34-47		1 : 2	250,5

<u>Análisis:</u>	<u>%C</u>	<u>%Cr</u>	<u>%Si</u>	<u>%Mn</u>	<u>Temp. °C</u>
Inicial	0,52	19,30	0,28	1,05	1520
Final com- putado	0,05	16,30	0,08	0,50	1764
Final Real	0,05	16,45	0,09	0,60	1760 +

Tiempo de tratamiento real = 44 minutos. *Las proporciones de gas se cambiaron en estos momentos mencionados para obtener el carbono buscado como objetivo.

408 142



PROGRAMA

ACERO INOXIDABLE - 20,9 TOMELADAS METRICAS

Definición de Datos de Entrada:

=====

5 (1) Variables:

T = Temperatura de partida, °F (=°C x $\frac{9}{5}$ + 32)

CR = Cromo de partida, %

C = Carbono de partida, %

Cl = Objetivo de carbono deseado final, %

10 Si = Silicio de partida, %

MN = Manganeso de partida, %

NI = Níquel de partida, %

M = Peso de metal de partida en libras (= kilogramos x
1/0,454)

15 (2) Fijos:

B = Presión del sistema (1 atm)

RW = Peso del refractario (revestimiento activo) en libras
(40000 libras = 18144 kg)

20 F = Factor para la porción de revestimiento activo que parti-
cipa en la capacidad calorífica del sistema (0,5)

IM = Número total de etapas durante el soplado de oxígeno (5)

25 AR = Caudales de argón en Piés³ Normales por Hora (=M³H x
1/0,0283) durante diversas etapas (los piés cúbicos nor-
males están referidos a 21,1°C y 1 atm) (7600, 8850,
17700)



- OX = Caudales de oxígeno en Piés³ Normales por Hora (=M³H x 1/0,0283) durante diversos períodos (22800, 17700, 8850)
- ARS = Caudal de argón en Piés³ Normales por Hora (=M³Hx 1/0,0283) a través del anillo (1200/dos toberas)
- 5 HL = Pérdida de calor en estado estacionario, expresada como $\Delta C/\text{min.}$
- AP = Presión de argón en psig (=kg/cm² manom. x 1/0,0703)
- OP = Presión de oxígeno en psig (idem id.)
- 10 OT = Temperatura de entrada de oxígeno, ΔF
(= $\Delta C \times \frac{9}{5} + 32$)
- AT = Temperatura de entrada de argón, ΔF (idem id.)
- FE = Hierro, %
- SiO₂ = Oxido de silicio
- 15 CR₂O₄ = Oxido de cromo
- MNO = Oxido de manganeso
- FeO = Oxido de hierro
- TO₂ = Piés cúbicos totales de oxígeno (M³ x 1/0,0283)
- TA = Piés cúbicos totales de Argón (idem)
- 20 Z₂ = Tiempo de soplado de oxígeno
- ATEO = Actividad de FeO
- CR_I = Cromo de partida, %
- AMNO = Actividad de MnO
- AR(I) = Corrección de argón por temperatura y presión
- 25 OX(I) = Corrección de oxígeno por temperatura y presión

A es-
table-
cer en
la ins-
tala-
ción

408 142



- Z = Tiempo de cálculo (3 segundos)
- PT = Tiempo de registro en minutos
- ASIO₂ = Actividad de SiO₂
- ACR₃O₄ = Actividad de Cr₃O₄
- 5 SIW = Peso de Si en metal, en libras (kg x 1/0,454)
- MNW = Peso de Mn en metal, en libras (idem)
- CRW = Peso de Cr en metal, en libras (id.)
- FEW = Peso de Fe en metal, en libras (id.)
- NIW = Peso de Ni en metal, en libras (id.)
- 10 CBR = Carbono eliminado como CO, en libras (id.)
- CRR = Cromo oxidado, en libras (id.)
- SIR = Silicio oxidado, en libras (id.)
- MNR = Manganeso oxidado, en libras (id.)
- FER = Hierro oxidado, en libras (id.)
- 15 TM = Moles totales de metales
- XFE = Fracción molar de hierro
- AKCR = Constante de equilibrio de la reacción de cromo y
carbono
- ACR = Actividad de cromo
- 20 AC = Actividad de carbono
- PCR = Presión parcial de CO con respecto a la reacción del
cromo
- AKSI = Constante de equilibrio de la reacción de silicio y
carbono
- 25 ASI = Actividad de silicio

408 142



- PSI = Presión parcial de CO con respecto a la reacción del silicio
- AKMN = Constante de equilibrio de la reacción de Mn y carbono
- 5 AMN = Actividad de Mn
- PMN = Presión parcial de CO con respecto a la reacción del Mn
- AKFE = Constante de equilibrio de la reacción de Fe y C
- A_{FE} = Fracción molar de Fe
- 10 PFE = Presión parcial de CO con respecto a la reacción del Fe
- A = Argón, en piés³/minuto (= $\frac{\text{metros cubicos}}{\text{min}} \times \frac{1}{0,0283}$)
- O₂ = Oxígeno, en piés³/minuto
- ACTOX = % de oxígeno en la mezcla de oxígeno y argón
- 15 L = Libras.mol de metales (=kg.moles x 1/0,454)
- CAIOX = % de oxígeno calculado por la fórmula de Nelson Griffing
- EOB = Elevación de temperatura debida a la oxidación de carbono, en °C
- 20 EOC = Elevación de temperatura debida a la oxidación de Cr, en °C
- EMN = Elevación de temperatura debida a la oxidación de Mn, en °C
- ESI = Elevación de temperatura debida a la oxidación de Si, en °C
- 25

408 142



- EFE = Elevación de temperatura debida a la oxidación de Fe,
en °C
- AHL = Disminución de temperatura debida al calentamiento del
argón, en °C/min.
- 5 E = Elevación de temperatura del sistema, en °C
TMIN y TMAX, definen la banda de temperatura
SW = Peso de escoria
SSIO2 = % de SiO₂ en la escoria
SFEO = % de FeO en la escoria
- 10 SCR304 = % de Cr₂O₄ en la escoria
SMNO = % de MnO en la escoria
SORAP = Cantidad de chatarra para enfriar el baño
S = Cantidad de chatarra en cualquier instante
CS = Carbono en la chatarra, en libras (= kg x 1/0,454)
- 15 SIS = Silicio en la chatarra, en libras (idem id.)
MNS = Manganeso en la chatarra, en libras (idem)
CRS = Cromo en la chatarra, en libras (idem)
FBS = Hierro en la chatarra, en libras (idem).

408 142



AODNG

100 REAL MN,NI,M,MNR,MNW,MNO,NIW
110 DIMENSION AR(7),OX(7),ARS(7),HL(7)
5 120 DATOS B,T,CR,C,CI,SI,MN,NI,M,RW,F
130&/1,2768,19,3,0,52,0,05,028,1,04,9,75,46200,40000,0,5/
140 DATOS IM
150&/3/
160 DATOS AR
10 170&/7600,8850,17700,0,0,0,0/
180 DATOS OS
190&/22800,17700,8850,0,0,0,0/
200 DATOS ARS
210&/1200,1200,1200,0,0,0,0/
15 220 DATOS AP,AT,OP,OT
230&/160,60,160,60/
232 DATOS HL
234&/1,5,1,67,1,9,0,0,0,0/
240 T=(T+460,0)/1,8
20 250 TE=100-CR-C-MN-NI-SI
260 SI02=0
270 CR304=0
280 MNO=0
290 TEO=0
25 300 T02=0

13-11-72

-43-

408 142



310 TA=0
320 Z2=0
325 CR1=CR
330 CHATARRA =0
5 340 IMPRESION TIEMPO TEMP %C %CR %FE %SI %MN COP =
350 IMPRESION 18,Z2,(1,8^{3E}T-460),C,CR,FE,SI,MN,(B^{3E}760)
360 AMNO =0,035^{3E}MN
370 ATEO = 0,14^{3E}EXP(-(NI+CR)/19,7)
400 I=1
10 410 GO TO 60
420 40 I = I+1
430 IMPRESION, Z2,C,T^{3E}1,8-460
440 60 CONTINUAR
450 AR(I)=AR(I)^{3E}((AP+14,8)/174,8)^{3E}(520/(AT+460)))^{-0,5}+ARS(I)
15 460 OX(I)=OX(I)^{3E}((OP+14,8)/174,8)^{3E}(520/(AT+460)))^{-0,5}
470 Z=0,05
480 PT=5
490 ASIO2=0,05
500 AGR304=0,15
20 510 TIEMPO=0
520 SIW=SI^{3E}M^{3E}0,01
530 CW=C^{3E}M^{3E}0,01
540 MNW=MN^{3E}M^{3E}0,01
550 CRW=CR^{3E}M^{3E}0,01
25 560 FEW=FE^{3E}M^{3E}0,01

408142



570 NIW=NI^M0,01
580 I7 CONTINUAR
590 GBR=0
600 GRR=0
5 610 SIR=0
620 MNR=0
630 FER=0
640 TM=C/12+SI/28+MN/54,93+CR/52+FE/55,85+NI/58,69
650 XFE=FE/(TM^M55,85)
10 660 AKCR=EXP10(-12420/T+8,15)
670 ACR=EXP10(ALOG10(CR)-0,12^MC)
680 AC=EXP10(ALOG10(C)+0,22^MX+0,106^MSI-0,012^MMN+0,012^MNI-
0,24^MCR)
690 PCR=(AKCR^M(ACR304)^{-0,25^MAC})/(ACR)^{-0,75}
15 700 AKSI=EXP10(-14300/T+8,15)
710 ASI=SI^MEXP10(0,166^MC+0,112^MSI)
720 PSI=(AKSI^M(ASIO2)^{-0,5^MAC})/(ASI)^{-0,5}
730 AKMN=EXP10(-11830/T+7,85)
740 AMN=EXP10(ALOG10(MN)-0,0027^MMN)
20 750 PMN=(AKMN^MAMNO^MAC)/AMN
760 AKFE=EXP10(-5415/T+4,88)
770 AFE=XFE
780 PFE=AKFE^MAFE0^MAC)/AFE
790 A=AR(I)/60
25 300 O2=OX(I)/60
805 ACTOX=100^MO2/(O2+A)

408 142

22



807 CALOX=(13000/(((CRL/C)²(EXPLO(13800/T-8,46)))-1))^{-0,5}

810 SI(PSI-PCR)27,27,29

820 27SI(PSI-PMN)28,28,35

830 28SI(PSI-PFE)14,14,16

5 840 14 LLAMADA A PC(PSI,02,B,A,T,CBR)

850 SIR=28²0,5²(02²2/387-CBR/12)

860 P=PSI

870 IR A 22

880 29 SI(PMN-PCR)35,35,26

10 890 35 SI(PMN-PFE)15,15,16

900 15 LLAMADA A PC(PMN, 02,B,A,T, CBR)

910 P=PMN

920 MNR=54,93²(02²2/387-CBR/12)

930 IR A 22

15 940 26 SI(PFE-PCR)16,16,20

950 16 LLAMADA A PC(PFE,02,V,A,T,CBR)

960 P=PFE

970 MRR=55,85²(02²2/387-CBR/12)

980 IR A 22

20 990 LLAMADA A PC(PCR,02,B,A,T,CBR)

1000 P=PCR

1010 ORR=52²0,75²(02²2/387-CBR/12)

1020 22 CONTINUAR

1030 M=M-(CBR+SIR+ORR+MNR+PER)²

25 1040 L=M/54

408142

22 NO



- 1050 $ECB = Z^{**} CBR^{**} 25548 / (12^{**} (L^{**} 10, 5 + F^{**} RW^{**} 0, 27))$
1060 $ECR = Z^{**} CRR^{**} 329892 / (3^{**} 52^{**} (L^{**} 10, 5 + F^{**} RW^{**} 0, 27))$
1070 $EMN = Z^{**} MNR^{**} 79673 / (55^{**} (L^{**} 10, 5 + F^{**} RW^{**} 0, 27))$
1080 $ESI = Z^{**} SIR^{**} 181896 / (28^{**} (L^{**} 10, 5 + F^{**} RW^{**} 0, 27))$
5 1090 $EFE = Z^{**} FER^{**} 50173 / (56^{**} (L^{**} 10, 5 + F^{**} RW^{**} 0, 27))$
1110 $AHL = 8072^{**} A / (387^{**} (L^{**} 10, 5 + F^{**} RW^{**} 0, 27))$
1120 $E = ECB + ECR + ESI + EMN + EFE - Z^{**} (AHL + HL(I))$
1130 $OW = OW - CBR^{**} Z$
1140 $T = T + E$
10 1150 $SIW = SIW - SIR^{**} Z$
1160 $MNW = MNW - MNR^{**} Z$
1170 $CRW = CRW - CRR^{**} Z$
1180 $FEW = FEW - FER^{**} X$
1190 $C = 100^{**} CW / M$
15 1200 $SI(T-1900) 61, 61, 65$
1210 $65TMIN = 1985, 6 - 159, 8^{**} C - 116, 6^{**} (C)^{-2} + 2, 14^{**} (C)^{-3}$
1220 $MAX = 2039 - 104, 1^{**} C - 52, 29^{**} (C)^{-2} - 183, 4^{**} (C)^{-3}$
1230 $SI(T-TMAX) 61, 61, 62$
1240 $62 S = ((T - (TMAX + TMIN) / 2)^{**} L^{**} 10, 5 + RW^{**} F^{**} 0, 27)) / (2^{**} 340)$
20 1250 $CS = 0, 0005^{**} S$
1260 $CRS = 0, 1825^{**} S$
1270 $MNS = 0, 015^{**} S$
1280 $SIS = 0, 005^{**} S$
1290 $FES = ((100 - 0, 05 - 18, 25 - 8, 5 - 1, 5 - 0, 5)^{**} S) / 100$
25 1300 $OW = OW + CS$

13-11-72

408 142

22



- 1310 CRW=CRW+CRS
1320 MNW=MNW+MNS
1330 SIW=SIW+SIS
1340 FEW=FEW+FES
5 1350 T=T-((S³⁴⁰)/(L<sup>10,5+RW³⁴⁰F³⁴⁰F³⁴⁰,27)))
1360 M=M+S
1370 CHATARRA = CHATARRA + S
1380 61 CONTINUAR
1390 G=CW¹⁰⁰/M
10 1400 CR=CRW¹⁰⁰/M
1410 SI=100³⁴⁰SIW/M
1420 MN=100³⁴⁰MNW/M
1430 FE=100³⁴⁰FEW/M
1440 NI=100³⁴⁰NIW/M
15 1450 CR304=CR304+CRR³⁴⁰Z³⁴⁰1,4614
1460 SI02=SI02+SIR³⁴⁰Z³⁴⁰2,1391
1470 MNO=MNO+MNR³⁴⁰Z³⁴⁰1,2913
1480 FEO=FEO+FER³⁴⁰Z³⁴⁰1,2865
1490 TO2=TO2+O2³⁴⁰Z
20 1500 TA=TA+A³⁴⁰Z
1510 Z2=Z2+Z
1520 TIEMPO=TIEMPO+Z
1540 TMIN=1985,6-159,8³⁴⁰C-116,6³⁴⁰(C)⁻²+2,14³⁴⁰(C)⁻³
1550 SI (T-TMIN)8,8,63
25 1560 SI 63 (ACTOX-CALOX)8,8,7</sup>

408 142



1570 7 SI (I-IM)40,8,8

1580 8 CONTINUAR

AODNG 15:19 TSS 09/07/71 (1250)

5

1590 SI(C-C1)10,11,11

1600 11 CONTINUAR

1610 SI (TIEMPO-PT)33,34,34

1620 33 CONTINUAR

10

1630 IR A 17

1640 34 TIEMPO=0

1650 IMPRESION 18,Z2,(1,8³T-460),C,CR,FE,SI,MN,(P³760)

1660 18 FORMATO (F6,1,16,F7 0,3,2F7 0,2, 2F6 0,2,11)

1670 IR A 17

15

1680 10 IMPRESION 18,Z2,(1,8³T-460),C,CR,FE,SI,MN,(P³760)

1690 IMPRESION TA, TO2,CHATARRA

1700 SW-SIO2+CR304+FEO+MNO

1710 SSI02"SI02³100/SW

1720 SFEO-FEO³100/SW

20

1730 SCR304-CR304³100/SW

1740 SMNO-MNO³100/SW

1750 IMPRESION METAL ESCORIA CR304 FEO MNO CAO SIO2

1760 IMPRESION 38,M,SW,SCR304,SFEO,SMNO,CAO,SSI02

1770 38 FORMATO (I6,I6,F7,1,F5, 3F6,1)

25

1780 9 PARADA

408 142



- 1790 FINAL
- 1800 SUB-RUTINA PC(P,02,B,A,T,CBR)
- 1810 SI (P-(2^{3E}02^{3E}1,3^{3E}B/(2^{3E}02^{3E}A)))19,2,2
- 1815 SI 19 (C-Q,15)1,17,17
- 5 1820 1 CBR=(A^{3E}12/387)^{3E}(P/(B-P))
- 1822 IR A 97
- 1825 17 CBR=(A^{3E}12/387)^{3E}(P/(B^{3E}1,3-P))
- 1827 97 CONTINUAR
- 1830 IF (CBR-((2^{3E}02/387)^{3E}12))3,3,2
- 10 1840 2 CBR=(2^{3E}02/387)^{3E}12
- 1850 3 RETORNO
- 1860 FINAL
- 1870 ~~XXXXXXXX~~
- LISTO

15

Esta solicitud que corresponde a la presentada en Estados Unidos de América el 1 de Noviembre de 1971 con el nº 194.454, se acoge a los beneficios del artículo 51 del vigente Estatuto sobre Propiedad Industrial.

20

REIVINDICACIONES

Los puntos de invención propia y nueva que se presentan para que sean objeto de esta Patente de Invención

13-11-72



408 142

en España por VEINTE años, son los siguientes:

1ª.- Un procedimiento para fabricar acero por afinado de una masa predeterminada de metal fundido que tiene una composición que comprende carbono y hierro, estando contenida dicha masa en un convertidor revestido de refractario que tiene medios para inyectar oxígeno y un gas diluyente en la misma, y medios de control del flujo de gas ajustables para variar el caudal de los respectivos gases; comprendiendo dicho procedimiento:

5

10 (a) fijar dichos medios de control ajustables para establecer un primer caudal mayor de cero para dicho oxígeno y un primer caudal para dicho gas diluyente; (b)

15 utilizar un computador para llevar a cabo la siguiente secuencia de etapas, caracterizada por: (1) calcular una pluralidad de coeficientes de actividad a partir de datos correspondientes al ajuste de caudal inicial de cada gas, respectivamente, y a partir de la composición inicial, el peso y la temperatura de dicha masa de metal,

20 que definen las actividades termodinámicas de cada elemento contenido en dicha masa en función de la composición de dicha masa, reflejando cada coeficiente la actividad de cada elemento en términos del porcentaje de dicho elemento y la dependencia de dicho elemento con respecto al porcentaje de los restantes elementos contenidos en dicha masa, siendo la actividad del hierro

25

25.4.75

-51-

408 142



igual a su fracción molar, y donde las actividades de los óxidos de cada elemento tienen valores predeter-
minados; (2) calcular una presión parcial de equilibrio
teórica del monóxido de carbono para la reacción de
5 oxidación de cada elemento por medio de dichos coeficien-
tes a dicha temperatura dada; (3) calcular la presión
parcial máxima absoluta del monóxido de carbono supo-
niendo que la totalidad del oxígeno inyectado reaccione
únicamente con el carbono; (4) comparar la presión par-
10 cial máxima absoluta del monóxido de carbono según (3)
con la presión parcial de equilibrio mínima teórica del
monóxido de carbono según (2); (5) hacer una determina-
ción acerca de si la presión parcial de equilibrio mí-
nima teórica tiene una magnitud mayor que la presión
15 parcial máxima absoluta, y si tal presión parcial teó-
rica es mayor que la presión parcial máxima absoluta,
calcular después adicionalmente, utilizando dichos pri-
meros caudales de gas, la cantidad de carbono oxidada
y un nuevo análisis de metales y una nueva temperatura
20 para la composición; (6) hacer una determinación acerca
de si la presión parcial de equilibrio mínima teórica
tiene una magnitud inferior a tal presión parcial máxi-
ma absoluta, y si tal presión parcial teórica es de una
magnitud más baja que la presión parcial máxima absoluta,
25 calcular después adicionalmente a partir de la presión

25.4.75

- 52 -



parcial de equilibrio teórica del monóxido de carbono y de dichos primeros caudales de gas las cantidades de carbono y metal oxidadas, así como un nuevo análisis de metales y una nueva temperatura para la
5 composición; (7) proporcionar una indicación de dicho nuevo contenido de carbono en dicha masa; (8) comparar el grado de oxidación de un elemento individual específico en dicha masa, con un límite preestablecido de oxidación para dicho elemento específico; (9) proporcionar una indicación para volver a fijar dichos medios
10 de control de caudal de gas ajustables a fin de aumentar la proporción de gas diluyente en el caso de que el grado de oxidación de dicho elemento específico sea al menos igual a dicho límite preestablecido de oxidación; (c) fijar nuevamente dichos medios de control de caudal de gas ajustables de acuerdo con la indicación proporcionada en la etapa (9); (d) repetir la secuencia desde la etapa (1) a intervalos de tiempo predeterminados menores de dos minutos, hasta que el contenido de carbono indicado en la etapa (7) haya disminuido al menos hasta un contenido predeterminado.

25 2ª.- Un procedimiento como se ha definido en la reiv-indicación 1ª, en el que cada intervalo de tiempo predeterminado en la etapa (d) está comprendido entre 3 y 30 segundos.

MM

408142

26



3ª.- Un procedimiento como se ha definido en la reivindicación 2ª, en el que dicho gas diluyente se selecciona de uno de los gases siguientes: helio, neón, argón, kriptón, nitrógeno, xenón y mezclas de los mismos.

4ª.- Un procedimiento como se ha definido en la reivindicación 3ª, en el que la presión parcial de equilibrio teórica de monóxido de carbono para cada elemento se calcula, utilizando el computador, de acuerdo con las ecuaciones siguientes:

$$(1) \quad K = \exp \frac{\Delta F^{\circ}}{-RT} ;$$

$$(2) \quad K = \frac{a_M^x P_{CO}^{\circ}}{a_{M_x}^y a_O^y a_C^z}$$

donde: K = constante de equilibrio; ΔF° = energía libre normal de la reacción; T = temperatura ($^{\circ}K$); R es la constante de los gases; M es cualquier elemento metálico; C y O representan carbono y oxígeno respectivamente; x e y son números enteros que representan la fór-



mula química del óxido metálico en cuestión; a_M = actividad del elemento específico; a_C = actividad del carbono disuelto; y P_{CO}^e = presión parcial de equilibrio teórica del monóxido de carbono.

5 5a.- Un procedimiento como se ha definido en la reivindicación 4a, en el que el computador se utiliza para llevar a cabo las siguientes etapas adicionales antes de la etapa (c): (10) seleccionar una banda de temperatura, a partir de una banda de temperatura aceptable
10 preestablecida correlativa con el contenido de carbono, para el nivel de carbono de las etapas (5) y (6); (11) comparar la temperatura de las etapas (5) y (6) con la banda de temperatura seleccionada de la etapa (10); (12) proporcionar una indicación para calentar dicha masa
15 fundida si tal temperatura desciende por debajo de dicha banda de temperatura seleccionada; y (13) proporcionar una indicación para enfriar dicha masa fundida si tal temperatura está situada por encima de dicha banda de temperatura seleccionada.

20 6a.- Un procedimiento como se ha definido en la reivindicación 5a, en el que, antes de la etapa (c), dicha masa fundida se calienta de acuerdo con dicha etapa (12) fijando nuevamente dichos medios de control de flujo de gas ajustables para establecer un segundo
25 caudal, siendo la proporción de oxígeno a gas diluyente

408 142

26 MAR



5 al menos igual a dicha fijación de primer caudal, y que comprende además las etapas de repetir la secuencia desde la etapa (1) hasta que la temperatura de las etapas (5) y (6) está comprendida dentro de dicha banda de temperatura seleccionada.

7ª.- Un procedimiento como se ha definido en la reivindicación 6ª, en el que antes de la etapa (c) dicha masa fundida se calienta de acuerdo con la etapa (12) añadiendo un desoxidante a dicha masa fundida y que comprende además las etapas de repetir la secuencia desde la etapa (1) hasta que la temperatura de las etapas (5) y (6) está comprendida dentro de dicha banda de temperatura seleccionada.

8ª.- Un procedimiento como se ha definido en la reivindicación 7ª, en el que dicho desoxidante se selecciona de uno de los siguientes: silicio, aluminio, manganeso, ferrosilicio, ferrocromo y ferromanganeso.

9ª.- Un procedimiento como se ha definido en la reivindicación 5ª, en el que antes de la etapa (c) dicha masa fundida se enfría de acuerdo con la indicación proporcionada en la etapa (13) por inhibición de dicho flujo de oxígeno y gas diluyente durante un periodo de tiempo predeterminado, y que comprende además las etapas de repetir la secuencia desde la etapa (1) hasta que la temperatura de las etapas (5) y (6) está comprendida den-

25.4.75

- 56 -

M



tro de dicha banda de temperatura seleccionada.

5 10a.- Un procedimiento como se ha definido en la reivindicación 5a, en el que antes de la etapa (c) dicha masa fundida se enfría de acuerdo con la indicación proporcionada en la etapa (13) por adición de un medio de enfriamiento, y que comprende además las etapas de repetir la secuencia desde la etapa (1) hasta que la temperatura de las etapas (5) y (6) está comprendida dentro de dicha banda de temperatura seleccionada.

10 11a.- Un procedimiento como se ha definido en la reivindicación 10a, en el que dicho medio de enfriamiento es un material de chatarra sólido.

15 12a.- Un procedimiento como se ha definido en la reivindicación 11a, que comprende además la etapa de calcular la cantidad de material de chatarra a añadir de acuerdo con la ecuación siguiente:

20

$$S = \left[T - \frac{T_{\text{máx}} + T_{\text{mín}}}{2} \right] C$$

25 donde : S = adición de chatarra; T = temperatura en °K de la masa al final de un intervalo de tiempo predeterminado; $T_{\text{máx}}$ = límite de temperatura superior de dicho margen de temperatura seleccionado; $T_{\text{mín}}$ = límite de temperatura inferior de dicho margen de temperatura

25.4.75

MM

408 142 26 AD



seleccionado; y C es un coeficiente de proporcionalidad.

5 13ª.- Un procedimiento como se ha definido en la reivindicación 10ª, en el que dicho medio de enfriamiento es un fluido seleccionado de uno de los siguientes: vapor de agua y dióxido de carbono.

10 14ª.- Un procedimiento como se ha definido en las reivindicaciones 1ª y 5ª, en el que el elemento específico es hierro y en el que el límite preestablecido de oxidación para dicho elemento específico es un límite fijado para cada intervalo de tiempo predeterminado.

15 15ª.- Un procedimiento como se ha definido en la reivindicación 5ª, en el que la composición de la masa de metal fundido incluye el elemento adicional constituido por cromo.

16ª.- Un procedimiento como se ha definido en la reivindicación 15ª, en el que dicha composición comprende además silicio y manganeso.

20 17ª.- Un procedimiento como se ha definido en la reivindicación 16ª, en el que dicha composición comprende además níquel.

18ª.- Un procedimiento como se ha definido en la reivindicación 15ª, en el que dicha composición comprende además níquel, molibdeno y niobio.

25 19ª.- Un procedimiento como se ha definido en la

25.4.75

408 142'

26 ABR. 1975



reivindicación 16ª, en el que dicho elemento específico es cromo y en el que el límite de oxidación para cada intervalo de tiempo se establece de acuerdo con la ecuación siguiente:

5

$$\text{Oxígeno, \% en volumen} = \frac{F_{O_2}}{F_{O_2} + F_{G_1}} = \frac{1300}{\left[\frac{\text{Porcentaje de Cr}}{\text{Porcentaje de C}} \text{antilog} \left(\frac{13800 - 8,46}{T} \right) \right] - 1}$$

10

donde: F_{O_2} = flujo de oxígeno; F_{G_1} = flujo de gas inerte; porcentaje de Cr = porcentaje en peso límite de cromo que debería quedar en el baño al final de cada intervalo de tiempo; porcentaje de C = porcentaje en peso de carbono al final de cada intervalo de tiempo; y para T = temperatura en °K al final de cada intervalo de tiempo.

15

20ª.- Un procedimiento como se ha definido en las reivindicaciones 1 y 17ª, en el que el elemento específico se selecciona de la clase constituida por cromo, molibdeno y niobio, y en el que el límite de oxidación está predeterminado para cada elemento y para cada intervalo de tiempo predeterminado.

20

21ª.- Un procedimiento como se ha definido en las reivindicaciones 1ª y 5ª, en el que los medios de control ajustables incluyen un número predeterminado de ajustes discretos dispuestos en una secuencia predeter-

25

408 142

26 ABR. 1975



minada, definiendo cada ajuste una proporción fijada de oxígeno a gas diluyente y en el que la salida del computador está conectada a dichos medios de control ajustables para hacer avanzar automáticamente dichos
5 medios de acuerdo con la etapa (c) desde dicha primera posición fijada inicialmente a la posición inmediatamente siguiente una vez que la oxidación del elemento específico de interés es al menos igual al límite de oxidación correspondiente a dicho elemento.

10 22ª.- Un procedimiento para fabricar acero por afino de una masa predeterminada de metal fundido.

Tal y como se ha descrito en la Memoria que antecede, representado en los dibujos que se acompañan y con los fines que se han especificado.

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

Madrid, 26 ABR. 1975

P.A. Alberto de ~~Albarrán~~

Por Poder

A handwritten signature in dark ink, appearing to be "Alberto de Albarrán", written over a horizontal line.

A handwritten signature in dark ink, appearing to be "AVS", written over a horizontal line.

408 142

22 NOV



LEYENDAS DE LAS FIGURAS 2, 2a y 7

FIGURA 2:

- 201: Datos de entrada iniciales, análisis de metal, peso de metal, temperatura, caudal de oxígeno y argón.
- 202: Calcular la P_{CO}^e para la reducción por carbono de FeO , SiO_2 , MnO y Cr_3O_4 .
- 203: Seleccionar la P_{CO}^e más baja.
- 204: Calcular $P_{CO} = \frac{2 F_{O_2}}{2 F_{O_2} + F_{Ar}}$
- 205: ¿Es $P_{CO}^e \geq P_{CO}$?
- 206: Si
- 207: Calcular el carbono oxidado
- 208: No
- 209: Calcular el carbono y metal oxidados
- 210: Calcular nuevos análisis de metal, nuevos pesos de metal y nuevos análisis de escoria.
- 211: Calcular calor de reacción, pérdida de calor y nueva temperatura
- 212: ¿Está el elemento de interés más oxidado que el límite establecido?
- 213: No
- 214: Continuar los caudales antiguos
- 215: Si

408142

22



- 216: F_{O_2} al ajuste inferior próximo, F_{Ar} al ajuste superior próximo
- 217: Orden de impresión y tiempo
- 218: ¿Es el carbono más que la cantidad deseada de carbono final?
- 219: Si
- 220: No
- 221: Empieza un nuevo ciclo
- 222: Imprimir periódicamente tiempo, temperatura y análisis de metal
- 223: ¿Cae T(C) dentro de una banda aceptable?
- 224: Si
- 225: No

Figura 2a:

- 226: ¿Se encuentra T(C) encima de una banda aceptable?
- 227: Si
- 228: Calcular la adición de chatarra
- 229: Orden de impresión y tiempo
- 230: No
- 231: No hacer caso de cualquier orden para conmutar F_{O_2} y F_{Ar}
- 232: Orden de impresión y tiempo
- 233: Información de control del flujo de oxígeno y argón

408 142

22



- 234: Información de control de caudal de oxígeno y argón en exceso
- 235: Información de adición de chatarra
- 236: Actuador automático
- 237: Operador
- 238: Detener la aportación de calor
- 239: Control de flujo de oxígeno
- 240: Control de flujo de argón
- 241: Adición de chatarra

FIGURA 7:

- 701: Datos de entrada, análisis de metal, peso de metal y temperatura
- 702: Calcular P_{CO}^e para: $FeO + C = Fe + CO$
 $1/2 SiO_2 + C = Si + CO$
 $MnO + C = Mn + CO$
 $1/4 Cr_2O_3 + C = 3/4 Cr + CO$
- 703: Seleccionar la P_{CO}^e más baja
- 704: ¿Es $P_{CO}^e \geq P_{CO}$?
- 705: Si
- 706: Calcular el carbono oxidado
- 707: No
- 708: Calcular el carbono y metal oxidados

408 142



- 709: Calcular: nuevo análisis de metal, nuevo peso de metal
y nuevo peso de escoria
- 710: Calcular: calor de reacción, pérdida de calor y nueva
temperatura
- 711: ¿Está el nivel de carbono más alto lo que se desea?
- 712: Detención (stop)
- 713: No
- 714: Si
- 715: ¿Se ha cumplido el criterio de control para cambiar el
flujo de gas?
- 716: No
- 717: Si
- 718: Impresión
- 719: Cambiar la proporción argon/oxígeno

408142

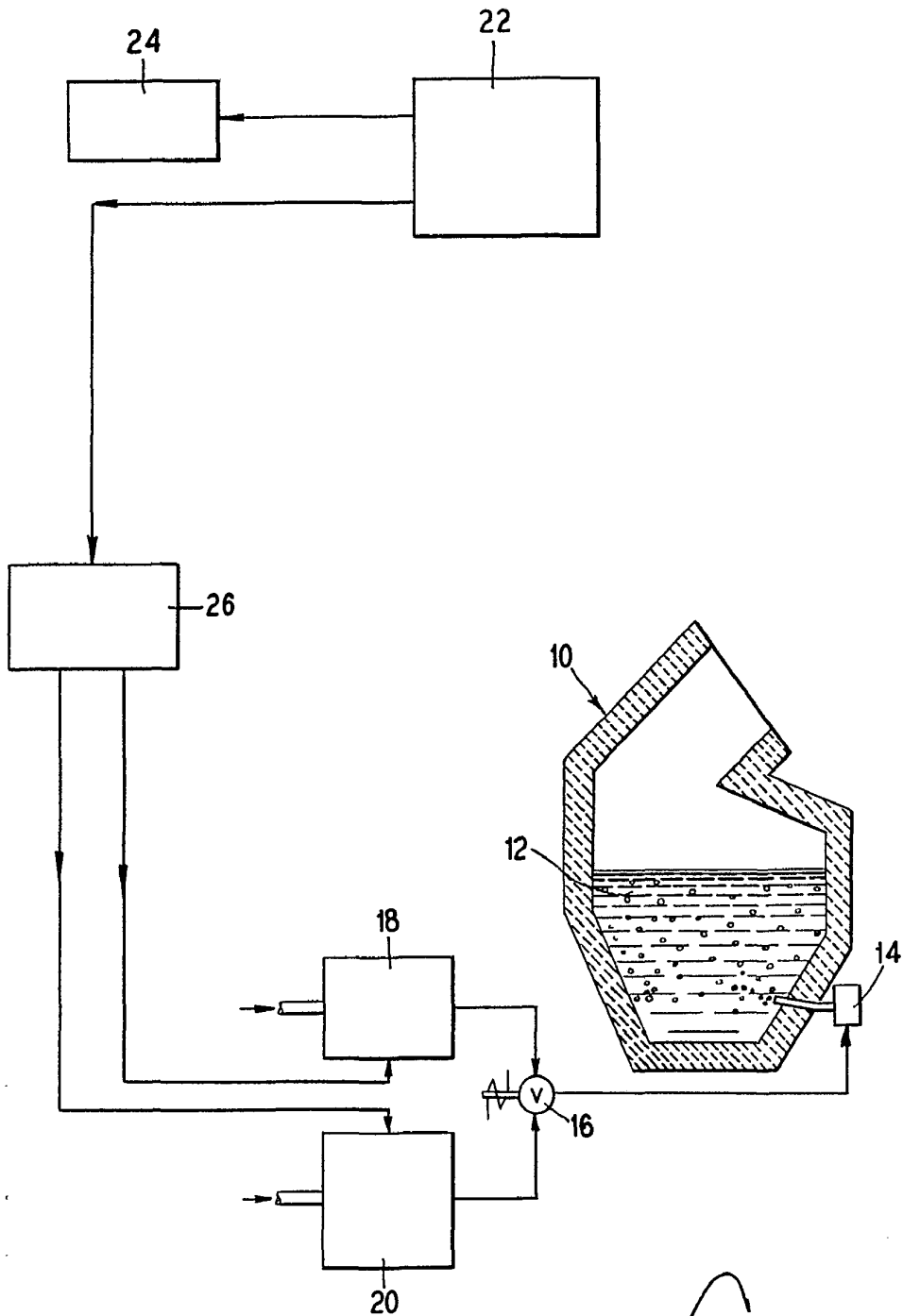


FIG. I

Alberto de Elizapuru
Por Poder

408 142

22

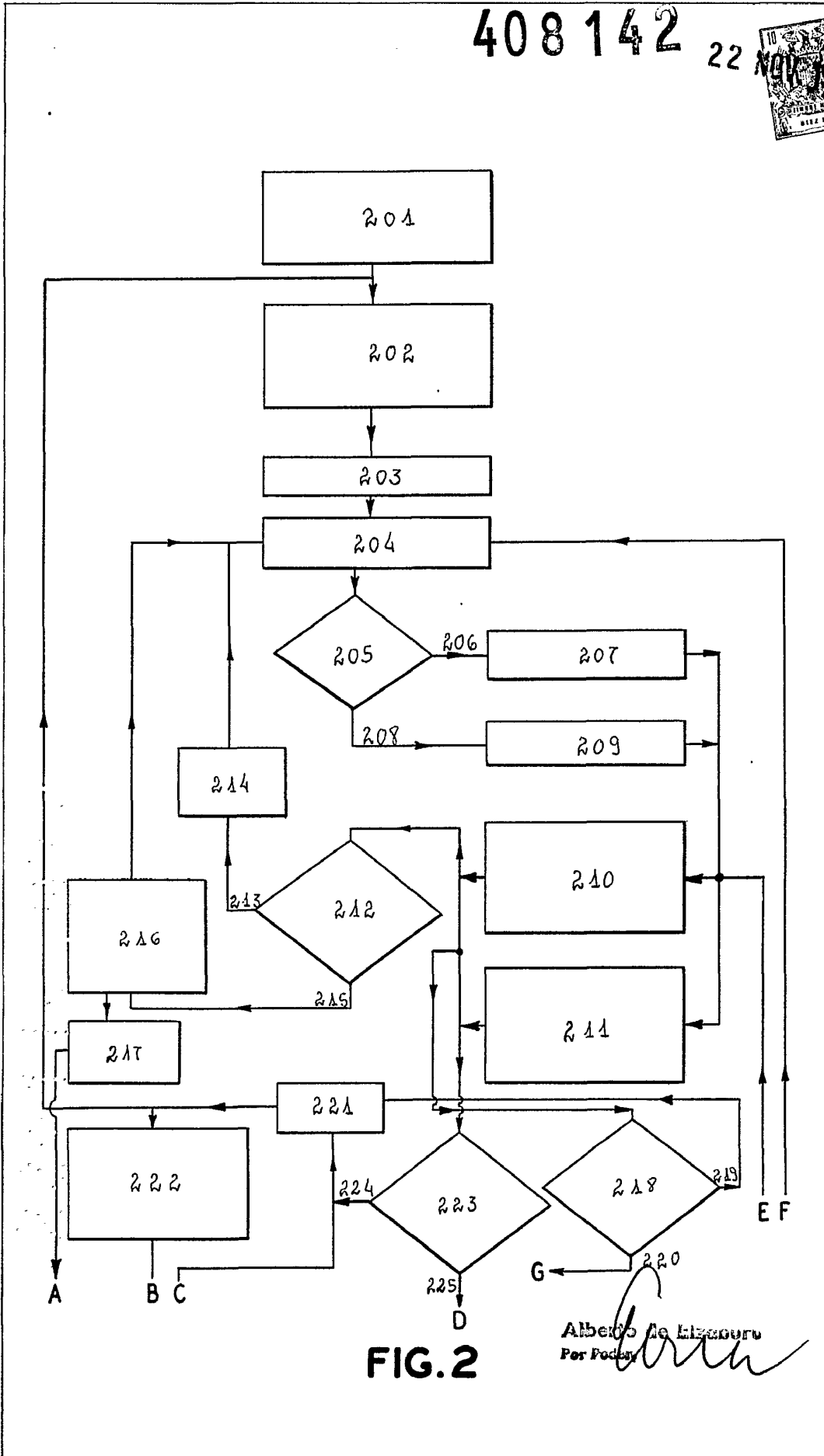
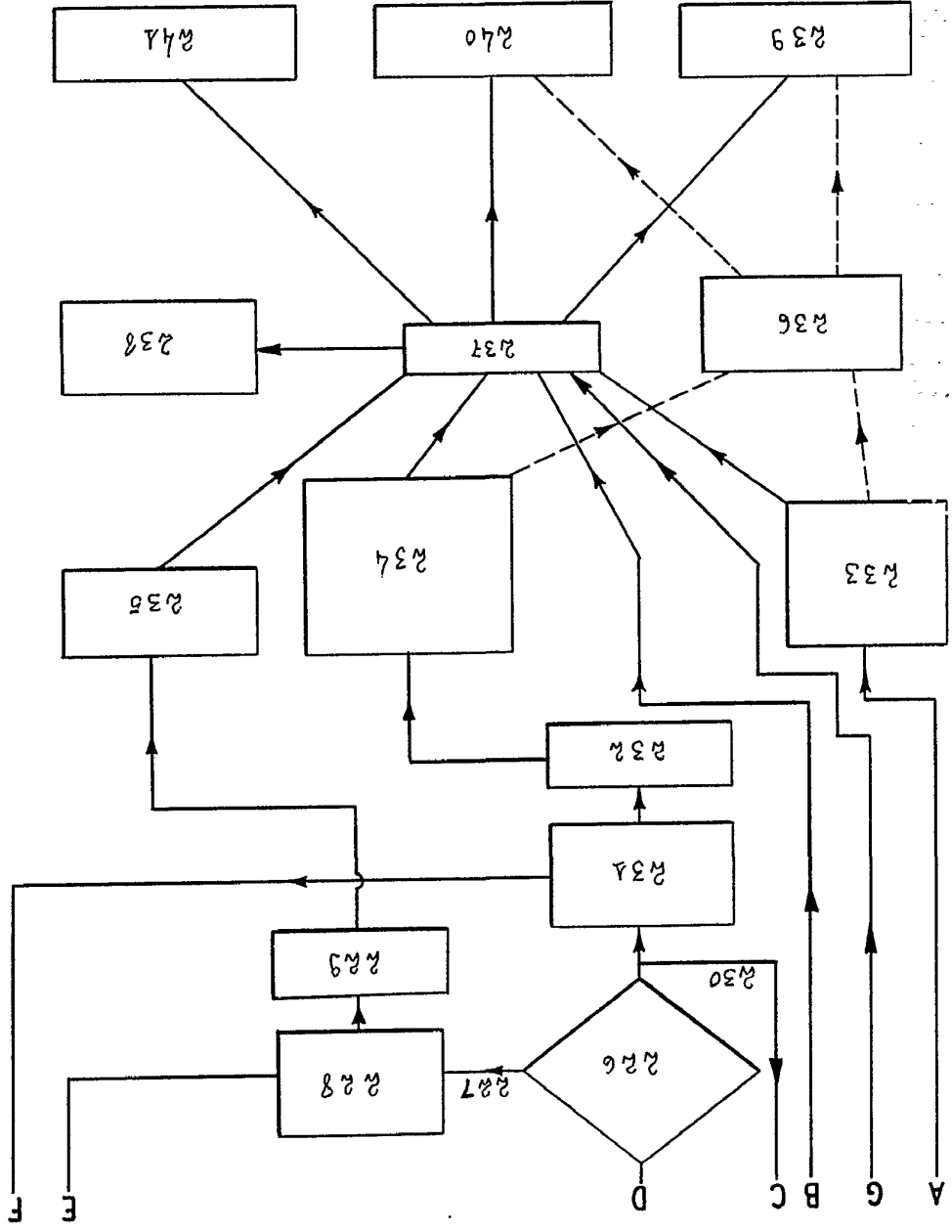


FIG. 2

Alberto de Lizauru
For Feeder

Alberto de Elizaburo
 Por Poderes

FIG. 2a



408142

152318

III/VIII

UNION CARBIDE CORPORATION

408142

22

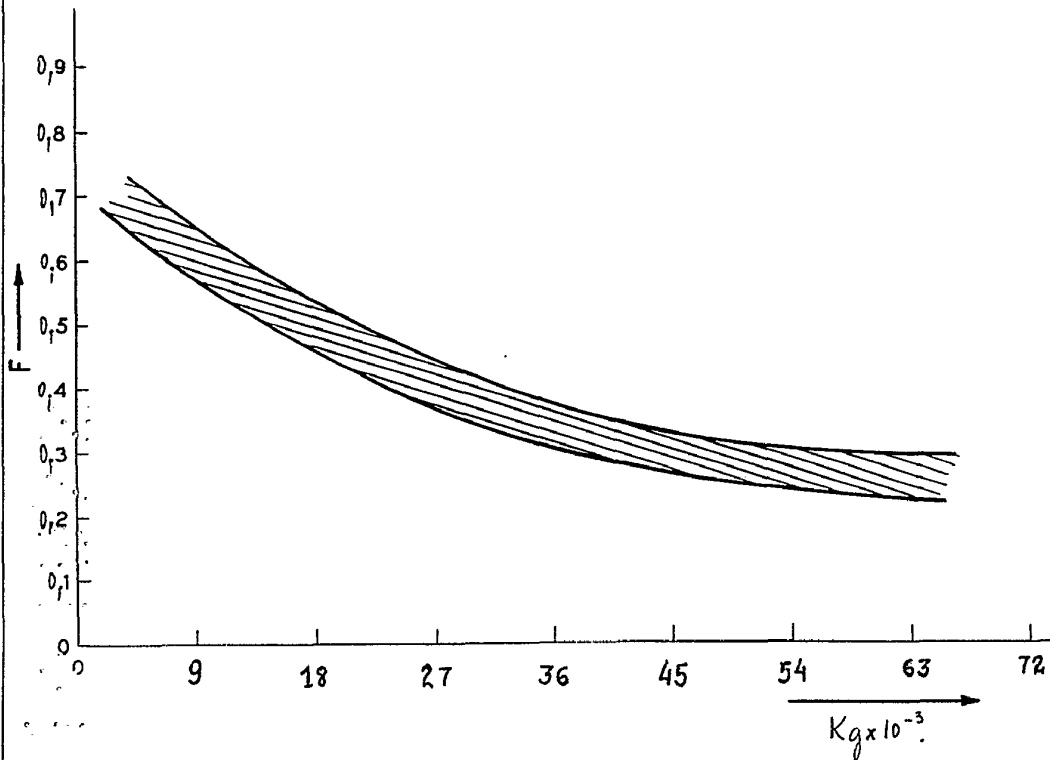


FIG. 3

Alberto de Lencastre
Por Fedatario

408142

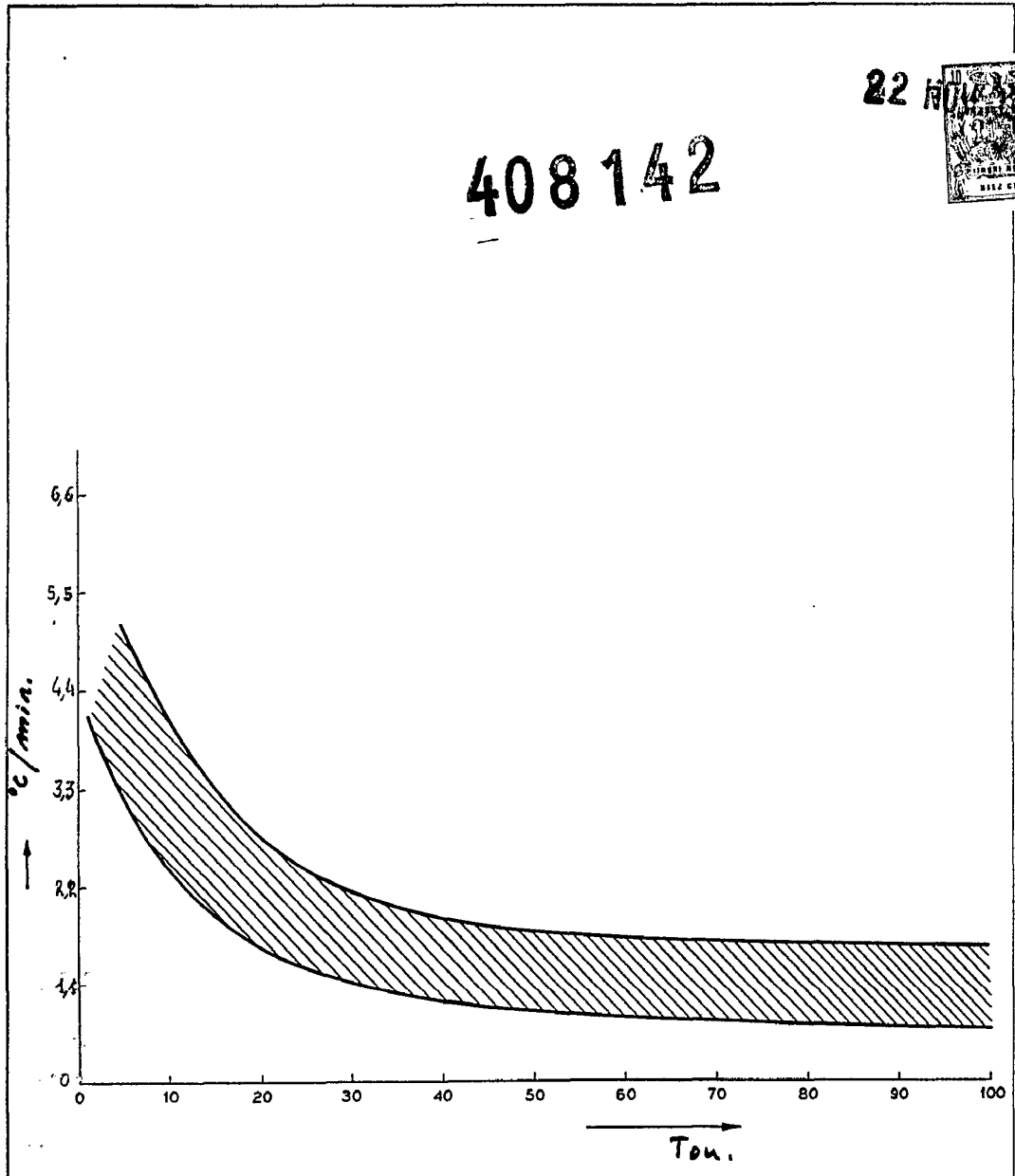


FIG. 4

ALCO
FOR INVENTION
[Handwritten Signature]

22 NOV 1950



408 142

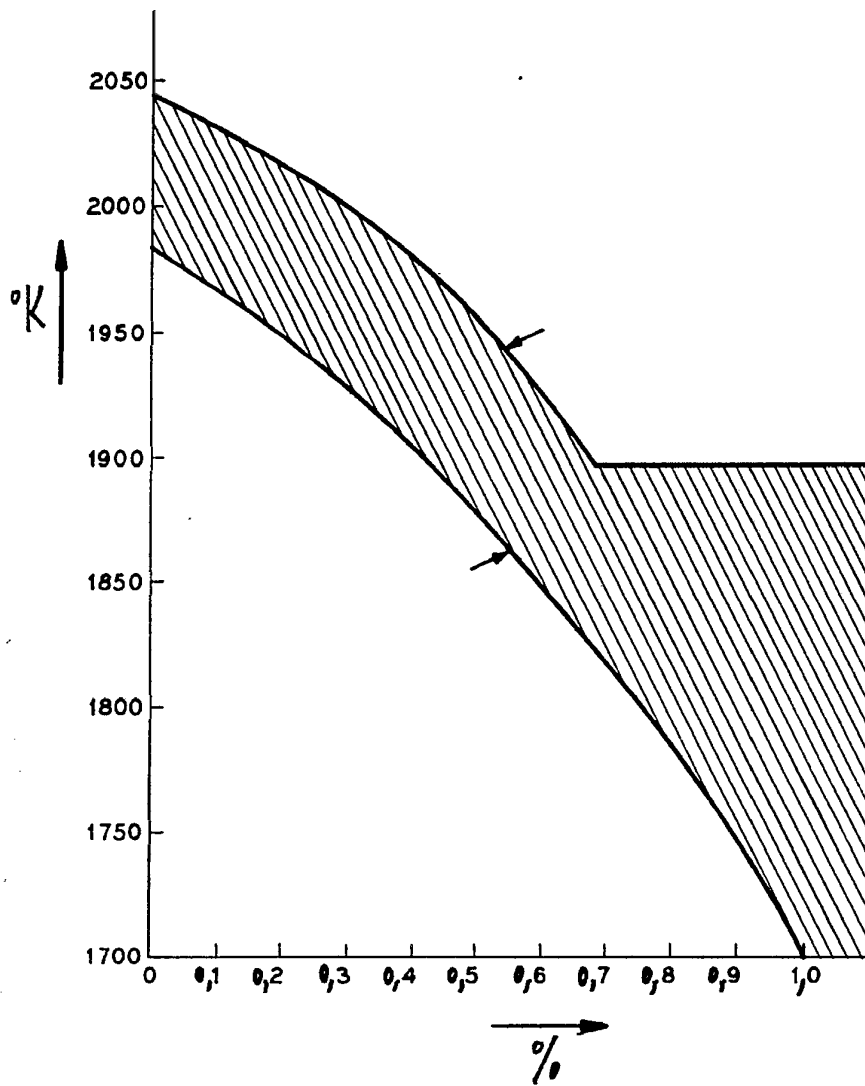


FIG.5

Alberto de Elzaburu
For Podar



408 142

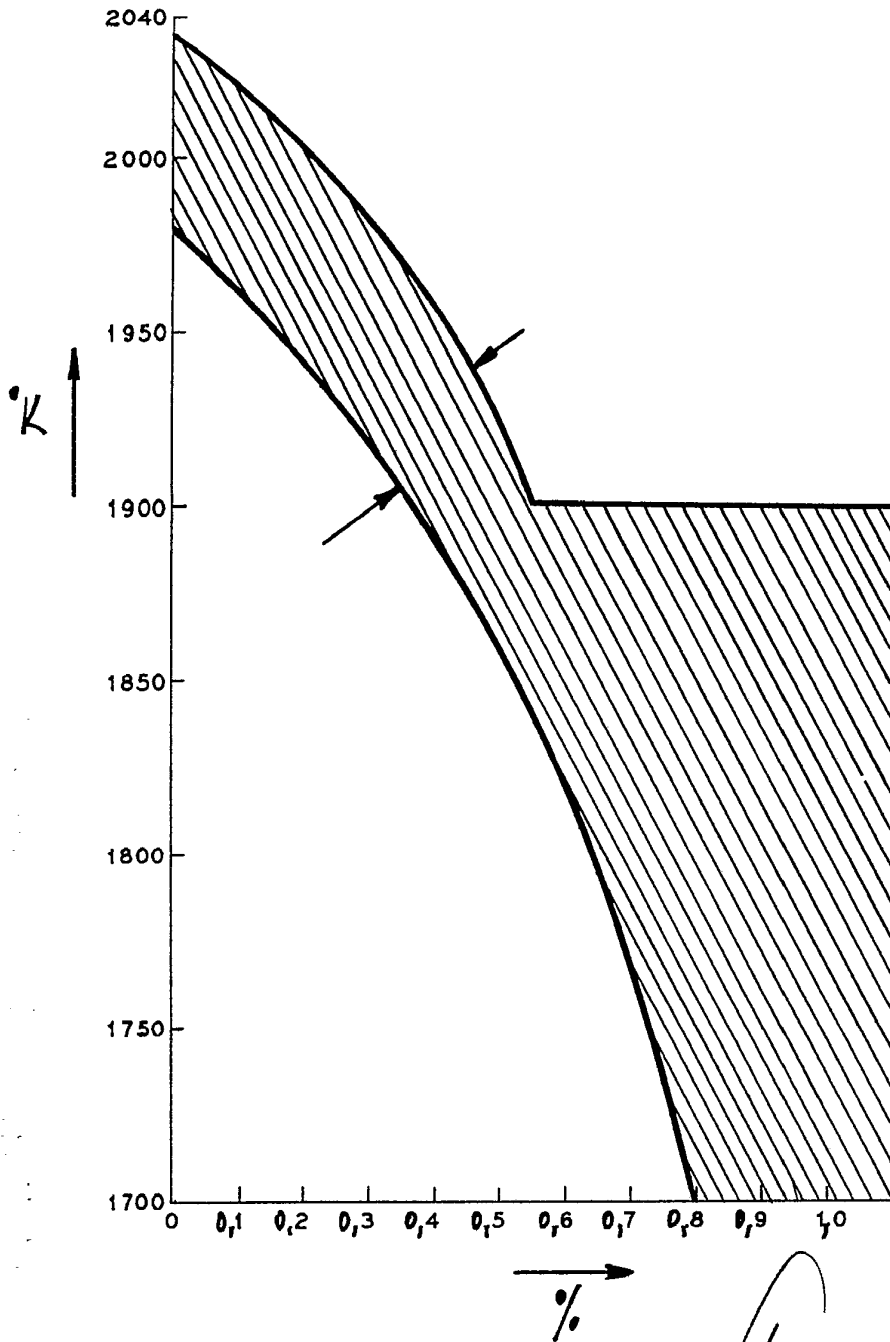


FIG. 6

Alberto de Encarnación
Per Patsy

408142

22 NOV 1972

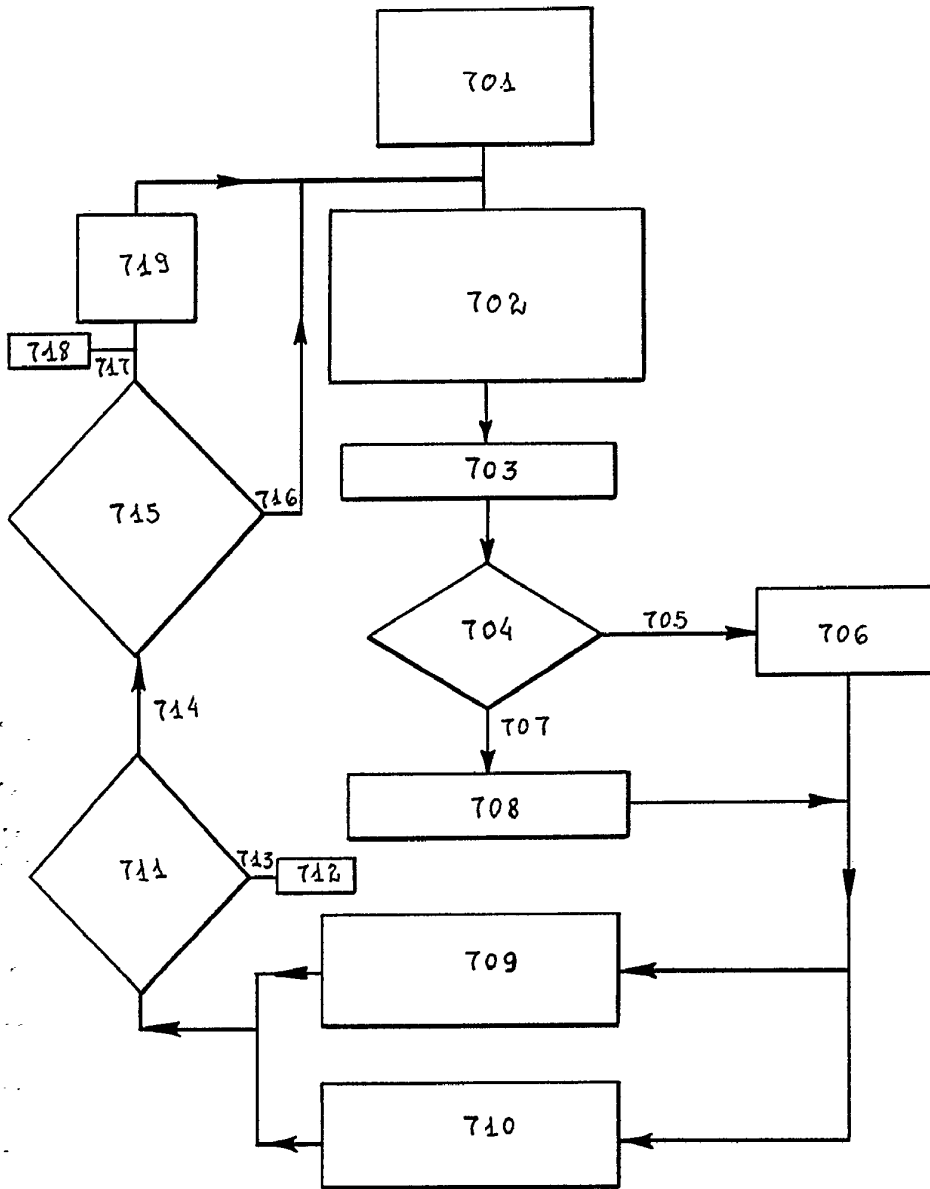


FIG. 7

Alberto de Elzaburu
Por Poder