

PATENTE DE INVENCION

Case No. DS 56619.

405149

Int. Cl.:	[- 21 - B
-----------	------------



Memoria Descriptiva

sobre:

PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR Y CONTROLAR UN PROCESO
NEUMATICO DE FABRICACION DE ACERO.

=====

Solicitante: USS ENGINEERS AND CONSULTANTS, INC., entidad norteamericana, residente en 600 Grant Street, Pittsburgh, Estado de Pensilvania, EE.UU. de A.

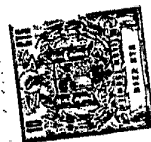
=====

5. Esta invención se relaciona con un procedimiento para controlar la fabricación de acero y, más particularmente, con un procedimiento para desarrollar un modelo de control de carga que determina cuando se ha alcanzado la temperatura de punto final y/o composición de carbono, deseadas, de

POOR
QUALITY

405149

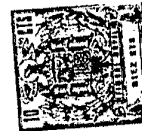
-2-



una carga de acero en el proceso de oxígeno básico (BOP).

5. En la fabricación de acero mediante el proceso de oxígeno básico, se establece para cada carga de acero un peso final, un contenido en carbono y una temperatura final, deseadas, en función de la capacidad del recipiente, de las prácticas de operación y del uso final proyectado del acero. Los balances térmicos y de material, en combinación con los datos empíricos derivados de la experiencia práctica de la operación del recipiente, son calculados para determinar las cantidades de metal caliente, metal en chatarra, cal, fluorita, oxígeno y refrigerantes, tal como sinterizado, mineral o cascurilla, requeridas para satisfacer las normas establecidas para una carga particular de acero. Tomando como base estos cálculos, el metal en chatarra, el metal caliente y algunos de los aditivos se pesan y se colocan en el recipiente iniciándose entonces el refinado mediante la inyección de oxígeno en el recipiente.

10. El proceso de refinado continúa de acuerdo con un plan de tiempo con la inyección de oxígeno y la adición de otros aditivos deseados en las cantidades calculadas hasta que el contenido en carbono ha disminuido al nivel deseado, normalmente en 20 minutos aproximadamente. La determinación del momento en el cual el contenido en carbono del baño se encuentra en el nivel deseado constituye una parte muy importante del procedimiento y debería llevarse a cabo en una forma tan rápida y segura como fuera posible. La determinación del punto final puede determinarse fácilmente deteniendo el proceso en un punto cercano al final, obteniendo una muestra del fundido del recipiente y analizando la muestra con respecto al contenido en carbono. El conocimiento práctico del operario constituirá
- 15.
- 20.
- 25.
- 30.

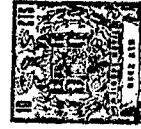


entonces la guía en lo que respecta a la cantidad de tiempo que debe continuar el soplado, o los cálculos pueden realizarse de acuerdo con una fórmula mostrada en la Patente USA No. 3.542.539 concedida el 24 de noviembre de 1970 a F.A.

5. Mihalow et al. Es evidente que este método tiene las desventajas de las etapas adicionales de obtener y analizar una muestra así como el inconveniente de la pérdida de tiempo de refino en un tiempo de proceso total relativamente corto. Es posible que el contenido en carbono deseado pueda alcanzarse antes de obtener y analizar una muestra.
10. Otro método para determinar el punto final consiste en medir la cantidad y contenido de los gases de escape del recipiente y derivar el contenido en carbono del baño mediante cálculos determinados a partir de estas mediciones. Existe una diversidad de tales sistemas de control, como se muestran en las Patentes USA Nos. 3.314.781, concedida el 18 de abril de 1969 a Johansson et al, 3.377.158, concedida el 9 de abril de 1968 a Meyer et al, 3.463.631 concedida el 26 de agosto de 1969 a Vayssiere et al, y 3.551.140 concedida el 29 de diciembre de 1970 a Nilles et al. Estos sistemas pueden incluir también la etapa de muestreo. Dichos sistemas tienen las desventajas de requerir una gran instalación, tales como sensores, analizadores y post-quemadores o requieren una manipulación de controles y operación del recipiente con una precisión impracticable.
15. De acuerdo con la presente invención, se desarrolla un modelo de control de carga, el cual relaciona ciertas variables importantes que varían en función del contenido en carbono del baño durante el soplado, para determinar los pesos apropiados de los materiales de carga. Una vez determinados la
- 20.
- 25.
- 30.

405149

- 4 -



- química, temperatura y peso de los materiales ya añadidos o que se han de añadir, para una carga particular, se determina a continuación una constante matemática para la carga particular a partir de una ecuación semiempírica que relaciona el
5. oxígeno requerido con el contenido en carbono del baño. El oxígeno total que se ha de suministrar a través de la lanza se mide de forma continua. A continuación, la constante y el oxígeno medido se utilizan en la ecuación para determinar el contenido en carbono del baño, con preferencia de forma continua durante la última parte predeterminada del soplado.
- 10.

El contenido en carbono se expone entonces y se detiene el soplado cuando se alcanza el contenido en carbono deseado del baño.

- Por consiguiente, constituye un objeto de esta invención proporcionar un procedimiento para operar un proceso neumático de fabricación de acero, en el cual el contenido en carbono del baño y la temperatura, deseados, se determinan sin interrupción del soplado.
- 15.

- Otro objeto consiste en proporcionar dicho procedimiento en el cual no es necesario la etapa de muestreo.
- 20.

Otro objeto más consiste en proporcionar dicho procedimiento el cual determina de forma continua el contenido en carbono del baño.

- Otro objeto consiste en proporcionar dicho procedimiento el cual mide solamente las cargas que entran en el proceso.
- 25.

Estos y otros objetos serán más evidentes a partir de los siguientes dibujos y memoria, en donde:

- La figura 1 es una carta que muestra la relación calculada CO/CO_2 y las lecturas de una fotocélula de llama.
- 30.



La figura 2 es un gráfico que muestra la relación carbono-manganeso.

La figura 3 es un gráfico que muestra la relación carbono-fósforo.

5. La figura 4 es un gráfico que muestra la relación carbono-hierro en la escoria.

La figura 5 es un gráfico que muestra la relación carbono-rendimiento.

10. La figura 6 es un gráfico que muestra la relación carbono-oxígeno disuelto.

La figura 7 es un gráfico que muestra la aplicación de la ecuación empírica a dos cargas de acero.

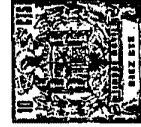
15. La figura 8 es un gráfico que muestra el acuerdo existente entre el contenido en carbono predeterminado y real para 17 cargas de acero.

Las figuras 9A y 9B, cuando se unen a lo largo de las líneas discontinuas, son una carta que muestra los cálculos de materiales críticos en el modelo matemático para controlar la carga de acuerdo con el presente procedimiento.

20. Con el fin de llevar a la práctica el procedimiento de esta invención, se desarrolla en primer lugar un modelo matemático para un control de carga por computador. Los modelos de carga matemáticos se utilizan generalmente en el proceso de oxígeno básico para la fabricación de acero. Los modelos, consistentes en balances de materiales y térmicos, están basados

25. en las reacciones metalúrgicas teóricas del proceso. A partir de los modelos pueden determinarse las cantidades deseadas de los materiales de entrada para un producto final deseado. A causa del gran número de variables del proceso y debido a que

30. las inter-reacciones de todas las variables y elementos del pro

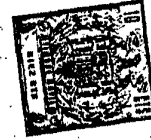


- ceso no están completamente determinadas, existe una diversidad de métodos útiles para desarrollar dicho modelo. Sin embargo, para las finalidades del presente modelo, se ha encontrado, a partir de datos empíricos derivados de observaciones efectuadas sobre un número de cargas, que ciertos factores importantes que afectan a la cantidad y calidad del acero acabado que varían durante el proceso de refino, varían de una forma predecible a medida que disminuye el contenido en carbono del baño, y cuando estos factores se utilizan en el desarrollo del modelo, el contenido en carbono del baño puede predecirse de forma segura y continua durante el soplado. Estos factores incluyen los contenidos en oxígeno, manganeso y fósforo del baño de acero, la relación en volumen CO/CO₂ de los gases formados en el baño de acero, la basicidad y contenido en hierro de la escoria líquida y el rendimiento o recuperación de acero líquido en el punto final.

- El contenido en oxígeno del baño de acero, si bien está influenciado por el contenido en manganeso y fósforo, se determina de forma elevada mediante el contenido en carbono del baño de acero. La figura 6 ilustra la relación real existente entre el oxígeno y el carbono para un número determinado de cargas y por otra parte muestra las curvas teóricas de esta relación para presiones de 1 atmósfera y 2 atmósferas. El estudio de los datos proporciona la siguiente ecuación para un lote de fundido particular de un proceso de oxígeno básico a una presión típica:

$$\%O_{st} = \left(\frac{0,00364}{\%C_{st}} + 0,215 \right) 0,5 - 0,463 \quad (1)$$

en donde %O_{st} es el porcentaje de oxígeno en el baño de acero



- y $\%C_{st}$ es el porcentaje de carbono en el baño de acero. El contenido en silicio, manganeso y fósforo del baño de acero son conocidos ya que están relacionados con el contenido en carbono. Sin embargo, puesto que el silicio se separa de forma elevada al comienzo del proceso de fabricación del acero, no se considera como uno de los factores importantes que están directamente relacionados con el contenido en carbono del baño, si bien el contenido en silicio está implicado en el cálculo del contenido en carbono del metal caliente y en la determinación de la basicidad de la escoria. Un examen de los gatos del BOP demuestra que los contenidos en manganeso y fósforo adoptan niveles significativos durante todo el soplado y un proceso de fusión de oxígeno básico particular podría expresarse como:

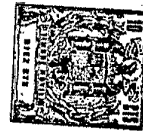
$$15. \quad Mn_{st} = Mn_{hm} (0,63 (C_{st})^{0,5} + 0,07) \quad (2)$$

en donde Mn_{st} es la cantidad de manganeso en el acero, Mn_{hm} es la cantidad de manganeso en el metal caliente y C_{st} es la cantidad de carbono en el acero y

$$20. \quad P_{st} = (C_{st})^{0,5} / 33,3 \quad (3)$$

- en donde P_{st} es la cantidad de fósforo en el acero y C_{st} es la cantidad de carbono en el acero. La figura 2 ilustra la relación real existente entre el manganeso y el carbono en el acero para un número dado de cargas y un gráfico de la ecuación (2), y la figura 3 ilustra la relación real existente entre el fósforo y el carbono en el acero para un número dado de cargas y un gráfico de la ecuación (3).

En el proceso de oxígeno básico, la oxidación del carbono se traduce en la formación de CO y CO₂. Estos gases



constituyen una gran pérdida de masa y calor del sistema. La cantidad de CO_2 formado dentro del recipiente tiene un efecto pronunciado sobre la temperatura del baño, consumo de oxígeno y velocidad de separación de carbono. La relación de CO a CO_2 en los gases de escape proporciona información en lo que respecta a la velocidad de descarburización que se presenta en el proceso. La relación de CO a CO_2 puede determinarse a partir del equilibrio de su formación, en la forma siguiente:

$$\frac{\text{CO}}{\text{CO}_2} = 10 \left(4,663 - \frac{8607}{T} \right) / \% \text{O}_{st} \quad (4)$$

en donde T es la temperatura y $\% \text{O}_{st}$ es el porcentaje de oxígeno en el acero. Un examen de un número de cargas del proceso de oxígeno básico, demuestra que los datos para la temperatura y contenido en carbono del baño de acero están relacionados normalmente de acuerdo con la siguiente expresión:

$$T_{st} = 1888 - 100 \% \text{C}_{st} \quad (5)$$

en donde T_{st} es la temperatura deseada y $\% \text{C}_{st}$ es el porcentaje de carbono deseado en el baño. Sustituyendo las ecuaciones (1) y (5) en la ecuación (4) se proporciona la siguiente expresión:

$$\frac{\text{CO}}{\text{CO}_2} = 10 \frac{\left(4,663 - \frac{8607}{1888 - 100\% \text{C}_{st}} \right)}{\left(\frac{0,00364}{\% \text{C}_{st}} + 0,215 \right)^{0,5} - 0,463} \quad (6)$$

los valores calculados de CO/CO_2 para los contenidos en carbono decrecientes, en comparación con la lectura en la fotocélula de la llama BOP resultaron estar en un buen acuerdo general durante toda la operación de soplado. Esto se demuestra mediante el gráfico de la figura 1, el cual indica, para una car-



ga particular, que este método de calcular la variación en la relación CO/CO_2 debería ser muy seguro al objeto de controlar el proceso.

5. Sin embargo, para un balance térmico y de material en un sistema de control de carga, la relación media CO/CO_2 de los gases que abandonan el horno durante la operación de soplado es de una importancia superior. Por lo tanto, se desarrolló una ecuación semiempírica más apropiada a partir de las observaciones efectuadas con un número de cargas, para expresar que la relación de gases eficaz es:

$$\frac{CO}{CO_2} = 5(\%C_{st})^{0,5} + 6,5L \quad (7)$$

10. en donde $\%C_{st}$ es el porcentaje de contenido en carbono en el acero y L es una constante de lanza. Este último factor de la ecuación 7 debería ser diferente cuando el oxígeno se inyectase en el recipiente a través de las toberas.

15. Idealmente, L se establece en unidad para una velocidad específica de flujo de oxígeno, características de diseño de lanza y altura de lanza por encima del baño durante periodos de tiempo predeterminados en el transcurso del soplado.
20. Esto significa que la altura de lanza será calibrada para cada soplado y que cualquier cambio en el diseño de lanza u operación de lanza debería reflejarse mediante un cambio en L.

El contenido en óxido de hierro de la escoria puede calcularse a partir de la siguiente ecuación:

25.
$$\%O_{st} = (\%FeO_t) (32,18 = 2,13B) 10^{-4} \quad (8)$$

en donde $\%O_{st}$ es el porcentaje de oxígeno en el baño de acero, $\%FeO_t$ es el porcentaje total de óxidos de hierro en la escoria y B es la basicidad de la escoria. El estudio de los datos de un lote de fundido particular y la sustitución de la ecuación



(1) en la ecuación (8) proporciona la siguiente ecuación:

$$\%Fe_{sl} = \left[\frac{\left(\frac{0,00364}{\%C_{st}} + 0,215 \right)^{0,5} - 0,463}{(41,35 - 2,74B) \cdot 10^{-4}} \right] + D \quad (9)$$

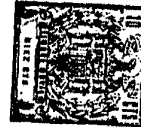
en donde $\%Fe_{sl}$ es el porcentaje de hierro en la escoria, $\%C_{st}$ es el porcentaje en carbono en el baño de acero, B es la basicidad de la escoria y D es una constante que tiene un valor de 7,8 cuando $\%C_{st}$ excede de 0,4 % y un valor de $9,38 - \frac{0,63}{\%C_{st}}$

cuando $\%C_{st}$ es inferior a 0,4 %. La figura 4 ilustra el contenido en hierro medido de la escoria para un número de cargas junto con la curva semiempírica y la curva de referencia para la constante D.

El estudio de la recuperación de acero en un lote de fundido particular proporciona la ecuación:

$$\%Y_{st} = A - \frac{B}{\%C_{st}} \quad (10)$$

en donde $\%Y_{st}$ es el porcentaje real de acero recuperado de los materiales de entrada portadores de sustancias metálicas y $\%C_{st}$ es el porcentaje de carbono en el baño de acero y A y B son constantes que dependen en gran grado de los diversos factores de operación, particularmente de la composición de metal caliente, de la velocidad de entrada de oxígeno, de la práctica de altura de lanza y de la capacidad de volumen del horno por tonelada de acero. Los valores de 92 para A y de 0,3 para B resultaron ser típicos para un lote de fundido particular. La figura 5 ilustra el rendimiento de un número de cargas junto con un trazado de la ecuación (10).



El peso de fluorita necesario, al contrario que otros factores descritos, no está relacionado con el contenido en carbono del baño durante el proceso de refino, pero depende en un gran grado del contenido en fósforo del metal caliente, de la calidad de la cal y del contenido en carbono del acero deseado en la zona y está influenciado por las normas del acero en relación con la temperatura y contenido en azufre y fósforo. Ha resultado ser útil la siguiente ecuación para calcular el peso de fluorita:

10.
$$W_{fs} = R - \frac{1}{C_{st}} \quad (11)$$

en donde W_{fs} es el peso de fluorita a añadir, C_{st} es la cantidad de carbono en el baño de acero en la zona y R es una constante que variará de lote a lote de fundido de acuerdo con las condiciones de operación, tal como cantidad de fósforo en el metal caliente y calidad de la fluorita y otros agentes fundentes. En un lote de fundido particular, R tiene un valor de 10 aproximadamente.

15. La figura 9 es un diagrama de flujos esquemático, simplificado, para los cálculos de materiales en el modelo para aquellos factores que están relacionados con el carbono del baño de acero. Evidentemente, la carta no incluye todos los cálculos que constituyen una parte del modelo, tales como oxidación de espuma, disociación de caliza, factores adicionales en la formación de escoria, refrigerantes a añadir, factores adicionales en las necesidades de oxígeno y un balance térmico.

20. A pesar de que se ha demostrado la relación existente del contenido en carbono del baño con ciertos factores en



- el proceso de oxígeno básico, deberá observarse que los factores a ser considerados en el desarrollo de un modelo de control de carga, pueden incrementar o disminuir en función de las condiciones en cualquier lote de fundido particular. Los factores para otros procesos neumáticos de fabricación de acero no tienen porque seguir necesariamente el formato exacto anteriormente descrito. Debido a que el modelo está basado evidentemente en datos empíricos considerables, el modelo deberá monitorizarse ocasionalmente mediante comparación de las composiciones químicas modelos calculadas de escoria y acero acabado con las composiciones reales derivadas del análisis químico.
5. .
10. .

- En la práctica de la presente invención, se establecen en primer lugar, para una carga particular de acero a fabricar, un peso de lingote y un contenido en carbono deseados. Empleando los datos de la práctica convencional para un lote de fundido específico en el cual se ha de preparar la carga y estimando la temperatura y química del metal caliente, se efectúa un cálculo preliminar con un computador empleando el modelo de control de carga para determinar las cantidades necesarias de metal caliente, chatarra metálica y otros aditivos del recipiente. Sobre la base de los resultados de este cálculo, se pesa la cantidad deseada de chatarra metálica y se carga en el recipiente, introduciéndose el peso real en el computador. El metal caliente se vierte entonces en una cuchara de transferencia en donde se determinan el peso y temperatura, introduciéndose estos datos en el computador. Se obtiene una muestra del metal caliente para efectuar el análisis químico el cual deberá llevarse a cabo tan rápidamente como sea posible. El metal caliente se carga entonces en el recipiente y se inicia la inyección de oxígeno. La cantidad de oxígeno inyectado se mide
15. .
20. .
25. .
30. .



- de forma continua mediante cualquier sistema conveniente de medición de oxígeno normalmente en uso en un lote de fundido de proceso de oxígeno básico, y las mediciones efectuadas de la cantidad total de oxígeno inyectado se introduce continuamente
5. en el computador. Las cantidades de manganeso, fósforo y silicio en el metal caliente se introducen en el computador tan pronto como está disponible la información procedente del análisis químico. El contenido en carbono del metal caliente se determina matemáticamente a partir de una ecuación bien conocida
10. basada en el contenido en manganeso y silicio y en la temperatura del metal caliente. Las cantidades de carbono, silicio, fósforo y manganeso de la chatarra metálica se introducen en el computador basado en el peso real de chatarra metálica y estimaciones de la química típica de la chatarra normalmente
15. utilizada en el lote de fundido particular. Con los datos reales para el metal caliente y chatarra metálica, ahora disponibles, se efectúa un segundo cálculo ajustado para determinar las cantidades exactas de los aditivos requeridos, tales como cal, sinterizado, mineral o cascarilla, fluorita y oxígeno.
20. Estos aditivos se cargan durante la operación de refino de acuerdo con las prácticas de operación deseadas pero en las cantidades calculadas. Un computador digital para procedimientos, resulta adecuado para efectuar estos cálculos y siguientes los cuales se llevan a cabo de forma reiterativa. Cada carga
25. individual tiene su propio y único contenido en carbono y relación de entrada de oxígeno. Sin embargo, a partir del conocimiento de la relación observada para cada una de un gran número de cargas de acero producidas de acuerdo con el modelo de control de carga, se desarrolló la siguiente expresión
30. polinomial representativa de la línea de mejor adaptación,



mediante las técnicas computadoras ya conocidas:

$$\%C_{st} = K + 99,56V_{ox} - 44,64V_{ox}^2 - 8,63V_{ox}^3 - 0,61V_{ox}^4 \quad (12)$$

5. en donde $\%C_{st}$ es el porcentaje de carbono en el baño de acero, V_{ox} es el volumen de oxígeno inyectado en metro cúbico standard 10^5 y K es una constante para cada carga de acero. Una vez predeterminado el contenido en carbono deseado y sustituyendo $\%C_{st}$ por este valor y una vez calculado el oxígeno real requerido mediante el empleo del modelo para la carga particular de acero a preparar y sustituyendo V_{ox} por este valor, el computador resuelve la ecuación para el valor de K para dicha carga particular.
- 10.

La figura 7 muestra una porción de la curva de esta ecuación (12) para dos cargas. Solamente se muestra la porción importante de la curva, es decir, la última parte del soplado.

15. Las dos curvas de curvatura similar están separadas de los ejes horizontal y vertical del gráfico en las distancias determinadas por los valores respectivos de K.

20. Una vez determinado K para la carga particular que se ha de preparar, que normalmente debería determinarse en un tiempo de 5 a 10 minutos aproximadamente después del comienzo de la inyección de oxígeno, puede determinarse ahora de forma continua el contenido en carbono real del baño resolviendo la ecuación para el contenido en carbono del acero empleando el flujo de oxígeno continuamente medido para V_{ox} .

25. El contenido en carbono del baño, determinado por el computador, puede exhibirse continuamente durante la operación de soplado, en particular durante los últimos 5 minutos del periodo de soplado esperado. Cuando se alcanza el carbono deseado, se detiene el soplado y la carga se encuentra ya lista para sangrarse.
- 30.

405149

- 15 -



- De nuevo, y haciendo referencia a la figura 7, el gráfico representa los contenidos en carbono continuamente exhibidos para dos cargas de acero, una de las cuales, se sopla después del valor deseado D y la otra carga, la carga 39, se hace desprender tan pronto como sea posible. Sin embargo, en
5. ambos ejemplos, los contenidos en carbono exhibido o predicho estaban de buen acuerdo con los contenidos en carbono de la carga descendente. La figura 8 indica un buen acuerdo entre
10. los contenidos en carbono predicho y real en la carga descendente para una serie de 16 cargas. Esto demuestra que el sistema de control de carga descrito hace posible la predeterminación de forma exacta del punto final deseado de la operación de fabricación del acero y ejecuta por lo cual un control exacto del proceso.
15. A pesar de que el acuerdo entre los contenidos en carbono predicho y real, mostrado en la figura 8, es satisfactorio, podría mejorarse dicho acuerdo si el contenido en carbono de la chatarra metálica, el cual variaba con la gama de
20. producto amplia de la planta a partir de la cual se obtuvo los datos, pudiera haber sido establecido. Si se conoce que la chatarra metálica incluye cantidades significativamente superiores de carbono, silicio o manganeso que las proporcionadas por las estimaciones, pueden ajustarse en consecuencia los coeficientes apropiados del modelo. A pesar de que podrían utilizarse otros modelos de control de carga para desarrollar K y
25. utilizarse en la ecuación (12), se prefiere el modelo descrito hasta el momento a causa de los resultados superiores obtenidos, tal como se muestra en la figura 8. El modelo puede prepararse también sin el empleo de la ecuación (12).
30. Pueden establecerse variaciones en las condiciones



- iniciales e introducirse en el computador como cambios en el modelo de control de carga. Por ejemplo, si existe más de un tiempo de aplazamiento standard entre las cargas en el empleo de un recipiente particular, las pérdidas de carga relacionadas con el envejecimiento del revestimiento y longitud del aplazamiento pueden introducirse en la ecuación de balance térmico para reducir la cantidad a agregar de sinterizado u otros refrigerantes. Si la carga de chatarra metálica no se encuentra a temperatura ambiente, tal como una chatarra de laminación en caliente, puede recalcularse el balance térmico para proporcionar distintas cantidades de refrigerantes. Pueden realizarse correcciones en relación con las diferencias de temperatura ambiente existentes entre verano e invierno.
5. El modelo de control de carga y el método para determinar cuando se ha alcanzado el contenido en carbono deseado, pueden utilizarse para cualquier contenido en carbono deseado de un acero. Los mismos principios podrían aplicarse a la fabricación de acero inoxidable o de acero aleado. Los requerimientos térmicos y pesos de las cargas deberán ser aplicados para cargas tales como chatarra aleada, tales como óxido de níquel, cobre y óxido de molibdeno.
10. La temperatura deseada del baño de acero en la carga de fundente está relacionada en general con el contenido en carbono deseado por la ecuación (5) y si el procedimiento se realiza de acuerdo con el modelo, la experiencia ha demostrado que la temperatura deseada se alcanzará dentro de una gama satisfactoria. El modelo puede utilizarse para predecir la temperatura del baño para cualquier contenido en carbono dado, recalculando los balances de material y térmico empleando el contenido en carbono determinado. Esto sería útil, por ejemplo,
- 15.
- 20.
- 25.
- 30.

405149

- 17 -



5. en el caso de que no fuera posible cargar todos los aditivos computados mediante el empleo del modelo. El modelo podría también indicar la necesidad de ajustar la cantidad de refrigerantes a añadir para alterar la temperatura real de la carga descendente dentro de limitaciones del procedimiento y para equilibrar cualquier fluctuación en los pesos de la carga y en la química y temperatura del metal caliente.

10. Es posible que el modelo de control de la carga pueda indicar la necesidad de la adición al proceso de un agente exotérmico, tal como carburo de silicio. Pueden emplearse también otros agentes exotérmicos, tales como carburo de calcio, ferrosilicio, ferromanganeso o sílico-manganeso. En el caso de que el operador del recipiente, por ejemplo, no pueda cargar la cantidad calculada de carburo de silicio, podría utilizarse el modelo para determinar la cantidad de oxígeno adicional requerido para obtener la temperatura deseada y la cantidad de carbono necesario como una adición de cuchara para satisfacer el carbono deseado. Por lo tanto, y a pesar de que el modelo es principalmente útil para determinar cuando se ha alcanzado el contenido en carbono deseado, puede ser útil también para el control más allá del punto del proceso en el cual se ha alcanzado el contenido en carbono deseado, indicando las cantidades de carbono u oxígeno necesarias para satisfacer otras necesidades.

25. A pesar de que esta técnica de control ha sido descrita para utilizarse en el proceso de oxígeno básico de fabricación de acero, podría utilizarse, con modificaciones evidentes, en cualquier proceso neumático de fabricación de acero.

405149

- 18 -



NOTA

- Descrita suficientemente la naturaleza del invento, así como la manera de realizarse en la práctica, debe hacerse constar que las disposiciones anteriormente indicadas son susceptibles de modificaciones de detalle en cuanto no alteren su principio fundamental. También se hace constar que el invento corresponde a una solicitud de patente presentada en Norteamérica con el No. de Ser. 166.486 de 27 de julio de 1971, acciéndose por lo tanto a los beneficios que conceden los Convenios Internacionales en vigor, siendo lo que constituye la esencia del referido invento por lo que se solicita Patente de Invención por 20 años en España, sobre: PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR Y CONTROLAR UN PROCESO NEUMÁTICO DE FABRICACION DE ACERO; caracterizándose por lo siguiente:
5. 1.- Procedimiento para realizar y controlar un proceso neumático de fabricación de acero, en particular para la obtención de un contenido en carbono deseado, una temperatura deseada y un peso deseado de acero acabado para una carga particular; caracterizado porque comprende determinar la entrada deseada de materiales necesarios para obtener el contenido en
 10. carbono deseado, la temperatura deseada y el peso deseado; determinar una constante matemática en una relación matemática empírica entre el contenido en carbono deseado de la carga y la cantidad de oxígeno necesario para obtener el contenido en
 15. carbono deseado de la carga; cargar la entrada deseada de materiales en un recipiente de proceso; inyectar oxígeno en el recipiente; medir continuamente la cantidad de oxígeno inyectado en el recipiente; y calcular el contenido en carbono de la
 20. carga mediante el empleo de la relación matemática empírica
 25. con la constante matemática y la cantidad de oxígeno inyectado
 - 30.





en lugar de la cantidad de oxígeno necesario.

5. 2.- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque el cálculo del contenido en carbono y las determinaciones de los materiales de entrada, se efectúan de acuerdo con un modelo de control de carga mediante un computador digital de control de procesos, de aplicación general, de forma reiterativa.

10. 3.- Procedimiento según la reivindicación 2, caracterizado porque el modelo de control de carga es una serie de ecuaciones de balances metalúrgicos de materiales y térmicos y se desarrollan por la identificación de aquellos factores del proceso que tienen una influencia sustancial sobre la operación del proceso, identificando aquellos factores del proceso que tienen una influencia sustancial sobre la calidad del acero deseado, identificando aquellos factores del proceso que tienen una influencia sustancial sobre la cantidad de acero deseado, seleccionando aquellos factores de los factores identificados que varían durante el proceso, relacionando cada factor seleccionado matemáticamente con el contenido en carbono del baño durante el proceso y combinando las relaciones matemáticas de los factores seleccionados con el contenido en carbono del baño en las ecuaciones de balances metalúrgicos de materiales y térmicos del modelo.

25. 4.- Procedimiento según la reivindicación 3, caracterizado porque comprende determinar las cantidades deseadas de entrada, en base a la composición química estimada de una entrada de metal caliente y una entrada de metal chatarra, pesar la entrada de chatarra metálica, colocar la entrada de chatarra metálica en el recipiente, pesar la entrada de metal caliente, medir la temperatura de la entrada de metal calien-
- 30.



te y colocar la entrada de metal caliente en el recipiente.

5. 5.- Procedimiento según la reivindicación 4, caracterizado porque comprende obtener una muestra de la entrada de metal caliente, ejecutar un análisis químico para determinar la composición química de la muestra y redeterminar las cantidades deseadas de entrada en base al peso real de la entrada de metal caliente, temperatura real de la entrada de metal caliente, composición química de la entrada de metal caliente y peso real de la entrada de chatarra metálica.

10. 6.- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque la relación matemática empírica entre el contenido en carbono deseado de la carga y la cantidad de oxígeno necesario para obtener el contenido en carbono deseado de la carga, es:

15.
$$\%C_{st} = K + A V_{ox} - B V_{ox}^2 + C V_{ox}^3 - D V_{ox}^4$$

en donde %C_{st} es el porcentaje deseado de carbono en la carga, V_{ox} es la cantidad de oxígeno necesario para obtener el porcentaje deseado de carbono en la carga, K es la constante matemática y A, B, C y D son coeficientes.

20. 7.- Procedimiento según la reivindicación 6, caracterizado porque el coeficiente A tiene un valor de 99,56, el coeficiente B tiene un valor de 44,74, el coeficiente C tiene un valor de 8,63 y el coeficiente D tiene un valor de 0,61.

25. 8.- Procedimiento según la reivindicación 2, caracterizado porque comprende emplear el modelo de control de carga para redeterminar las entradas deseadas de materiales una vez comenzado el proceso variando en cada momento la cantidad de entrada de material de la cantidad deseada.

30. 9.- Procedimiento según la reivindicación 8, caracterizado porque comprende redeterminar la constante matemática





y recalcular entonces el contenido en carbono de la carga.

5. 10.- Procedimiento según la reivindicación 2, caracterizado porque comprende ajustar los coeficientes del modelo de control de carga cuando el tiempo transcurrido entre las cargas es superior a un tiempo predeterminado de acuerdo con el espesor de revestimiento del recipiente.

10. 11.- Procedimiento según la reivindicación 2, caracterizado porque comprende ajustar los coeficientes del modelo de control de carga cuando la temperatura ambiente cambia a un valor predeterminado.

15. 12.- Procedimiento según la reivindicación 2, caracterizado porque una entrada de material consiste en chatarra metálica y porque comprende ajustar los coeficientes del modelo de control de carga cuando la temperatura de la entrada de chatarra metálica es diferente a la temperatura ambiente en un valor predeterminado.

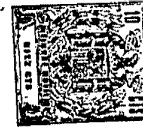
20. 13.- Procedimiento según la reivindicación 2, caracterizado porque se inyecta oxígeno en el recipiente durante intervalos predeterminados y porque se ajustan los coeficientes del modelo en el momento en el cual se produzca una desviación de los intervalos predeterminados.

25. 14.- Procedimiento según la reivindicación 2, caracterizado porque se inyecta oxígeno al recipiente a velocidades predeterminadas y porque se ajustan los coeficientes del modelo en el momento en el cual exista una desviación de las velocidades predeterminadas.

30. 15.- Procedimiento según la reivindicación 2, caracterizado porque el oxígeno se inyecta en el recipiente a través de toberas.

- 16.- Procedimiento según la reivindicación 2, carac-





405149

terizado porque el oxígeno se inyecta en el recipiente a través de una lanza.

5. 17.- Procedimiento según la reivindicación 16, caracterizado porque se establecen alturas de lanza para utilizarse durante el proceso y porque se ajustan los coeficientes del modelo en el momento en el cual se produzca una desviación de las alturas establecidas.

10. 18.- Procedimiento según la reivindicación 2, caracterizado porque comprende llevar a cabo un análisis químico de la escoria y acero acabado y monitorizar periódicamente la exactitud del modelo de control de carga comparando las composiciones químicas calculadas de la escoria y acero acabado con las composiciones reales derivadas del análisis químico.

15. 19.- Procedimiento según la reivindicación 2, caracterizado porque comprende ajustar los coeficientes del modelo de control de carga cuando el contenido en manganeso de la entrada de chatarra metálica es superior a una cantidad determinada.

20. 20.- Procedimiento según la reivindicación 2, caracterizado porque comprende ajustar los coeficientes del modelo de control de carga cuando el contenido en silicio de la entrada de chatarra metálica es superior a una cantidad determinada.

25. 21.- Procedimiento según la reivindicación 3, caracterizado porque para predecir la temperatura del baño para cualquier contenido en carbono del baño determinado, se recalculan los balances de material y térmico del modelo empleando el contenido en carbono dado del baño.

30. 22.- Procedimiento según la reivindicación 21, caracterizado porque la temperatura predicha es inferior a la



temperatura deseada y porque se determina la cantidad de oxígeno adicional necesario para elevar la temperatura del baño a la temperatura deseada desde la temperatura predicha.

5. 23.- Procedimiento según la reivindicación 22, caracterizado porque comprende inyectar la cantidad de oxígeno adicional requerido.

10. 24.- Procedimiento según la reivindicación 23, caracterizado porque comprende calcular la cantidad de carbono separado del baño mediante la inyección del oxígeno adicional y añadir la misma cantidad de carbono a medida que se separa el carbono del baño mediante la inyección del oxígeno adicional como una adición de cuchara.

15. 25.- Procedimiento según la reivindicación 21, caracterizado porque la temperatura predicha es inferior a la temperatura deseada y porque se determina la cantidad a añadir al baño de un material exotérmico para elevar la temperatura del baño a la temperatura deseada.

20. 26.- Procedimiento según la reivindicación 25, caracterizado porque comprende añadir al baño la cantidad calculada de material exotérmico.

25. 27.- Procedimiento según la reivindicación 25, caracterizado porque comprende emplear el modelo de control de carga para redeterminar las entradas deseadas de materiales cada vez que se añade un material exotérmico al baño e incorporar dichos cambios a las entradas deseadas en el baño.

28.- Procedimiento según la reivindicación 27, caracterizado porque comprende redeterminar la constante matemática y recalcular entonces el contenido en carbono de la carga.

30. 29.- Procedimiento según la reivindicación 25, caracterizado porque el material exotérmico se elige del grupo con-



sistente en carburo de silicio, carburo de calcio, ferrosilicio, ferromanganeso y silico-manganeso.

5. 30.- Procedimiento según la reivindicación 4, caracterizado porque el contenido en carbono del baño, calculado, se exhibe continuamente durante el proceso después de que han sido redeterminadas las cantidades deseadas de materiales de entrada.

10. 31.- Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el proceso neumático es el proceso de oxígeno básico.

32.- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque la entrada se elige del grupo consistente en óxido de níquel, cobre y óxido de molibdeno.

15. 33.- Procedimiento según la reivindicación 3, caracterizado porque un factor seleccionado es el contenido en oxígeno del baño.

34.- Procedimiento según la reivindicación 33, caracterizado porque la relación matemática es:

$$\%O_{st} = \left(\frac{0,00364}{\%C_{st}} + 0,215 \right)^{0,5} = 0,463$$

20. en donde $\%O_{st}$ es el porcentaje de oxígeno en el baño y $\%C_{st}$ es el porcentaje de carbono en el baño.

25. 35.- Procedimiento según la reivindicación 3, caracterizado porque comprende cargar metal caliente que contiene manganeso en el proceso de fabricación de acero y en el cual un factor seleccionado consiste en el contenido en manganeso del baño.

36.- Procedimiento según la reivindicación 35, caracterizado porque la relación matemática es:



405149

- 25 -



$$Mn_{st} = Mn_{hm} (0,63 (C_{st})^{0,5} + 0,07)$$

en donde Mn_{st} es la cantidad de manganeso en el baño, Mn_{hm} es la cantidad de manganeso en el metal caliente y C_{st} es la cantidad de carbono en el baño.

5. 37.- Procedimiento según la reivindicación 3, caracterizado porque comprende cargar metal caliente que contiene fósforo en el proceso de fabricación de acero y en el cual un factor seleccionado consiste en el contenido en fósforo del baño.

10. 38.- Procedimiento según la reivindicación 37, caracterizado porque la relación matemática es:

$$P_{st} = (C_{st})^{0,5} / 33,3$$

en donde P_{st} es la cantidad de fósforo en el baño y C_{st} es la cantidad de carbono en el baño.

15. 39.- Procedimiento según la reivindicación 3, caracterizado porque un factor seleccionado consiste en la relación de formación de CO a CO₂ durante el proceso.

20. 40.- Procedimiento según la reivindicación 39, caracterizado porque comprende inyectar oxígeno a través de una lanza en el proceso de fabricación de acero, en el cual dicha relación matemática es:

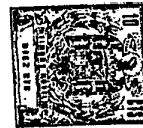
$$CO/CO_2 = 5(\%C_{st})^{0,5} + 6,5L$$

en donde CO/CO_2 es la relación de formación de CO a CO₂, $\%C_{st}$ es el porcentaje de carbono en el baño y L es una constante que refleja el diseño de la lanza de oxígeno y la operación.

25. 41.- Procedimiento según la reivindicación 3, caracterizado porque un factor seleccionado consiste en el contenido en hierro de la escoria.

- 42.- Procedimiento según la reivindicación 41, caracte-





terizado porque la relación matemática es

$$\%Fe_{sl} = \left[\frac{(0,00364}{\%C_{st}} + 0,215)^{0,5} - 0,463}{(41,35 - 2,74B)10^{-4}} \right] + D$$

5. en donde $\%Fe_{sl}$ es el porcentaje de hierro en la escoria, $\%C_{st}$ es el porcentaje de carbono en el baño, B es la basicidad de la escoria y D es una constante que tiene un valor de 7,8 cuando $\%C_{st}$ excede de 0,4 % y un valor de $9,38 - \frac{0,63}{\%C_{st}}$ cuando $\%C_{st}$ es 0,4 y menos de 0,4.

10. 43.- Procedimiento según la reivindicación 3, caracterizado porque un factor seleccionado consiste en la recuperación de acero.

44.- Procedimiento según la reivindicación 43, caracterizado porque la relación matemática es

$$\%Y_{st} = 92 - \frac{0,3}{\%C_{st}}$$

15. en donde $\%Y_{st}$ es el porcentaje real de acero recuperado y $\%C_{st}$ es el porcentaje de carbono en el baño.

45.- Procedimiento según la reivindicación 3, caracterizado porque comprende añadir fluorita al baño en el proceso de fabricación de acero.

20. 46.- Procedimiento según la reivindicación 45, caracterizado porque comprende añadir fluorita al proceso de fabricación de acero y porque la relación matemática de

$$W_{fs} = 10 - \frac{1}{C_{st}}$$

en donde W_{fs} es el peso de fluorita a añadir al baño y C_{st} es



405149

- 27 -



la cantidad deseada de carbono en el baño al final del proceso, que combina con las ecuaciones de balances metalúrgicos de materiales y ecuaciones de pérdida de calor del modelo.

5. 47.- Procedimiento para realizar y controlar un proceso neumático de fabricación de acero, tal y como queda sustancialmente descrito en la presente Memoria e ilustrado en los dibujos adjuntos.

Esta Memoria consta de 27 hojas escritas a máquina por una sola cara.

10.

Madrid,

- 2 DIC. 1972

USS ENGINEERS AND CONSULTANTS, INC.

J. GOMEZ ACEBO Y MOJET
p. p. Firmado: L. Gasta Fernández



40514

405149

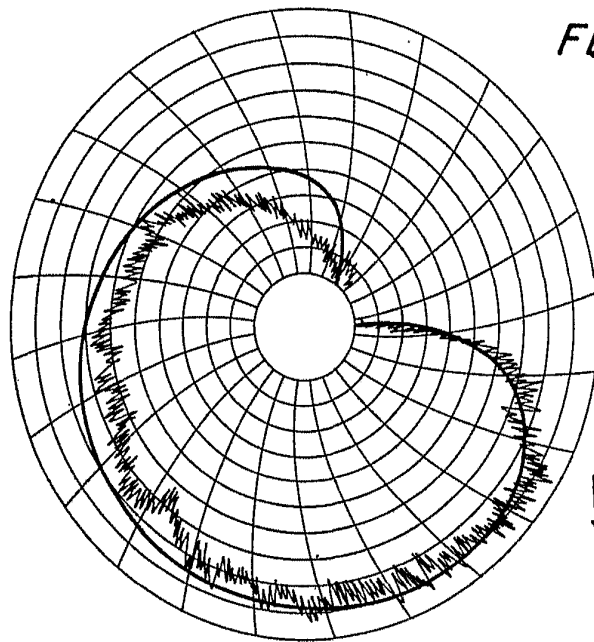


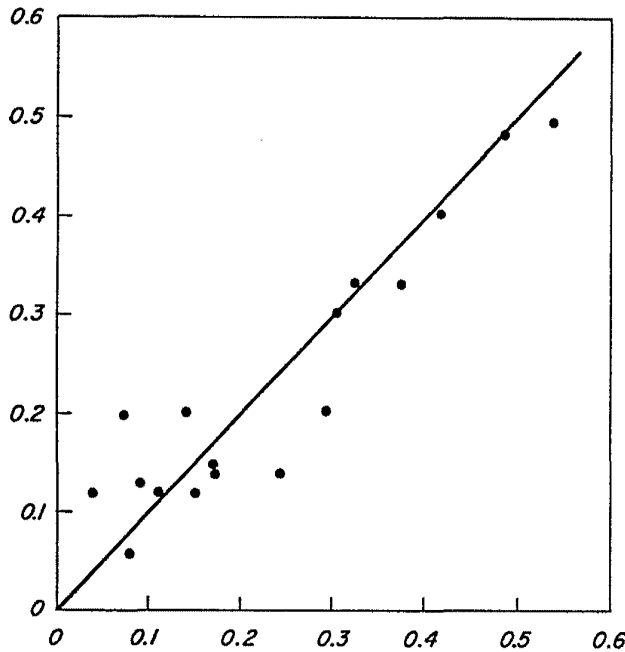
FIG. 1



-2 DIC. 1972

ESCALA
VARIABLE

FIG. 8



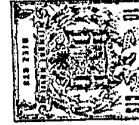
-2 DIC. 1972

Madrid

J. GOMEZ ACEBO Y NOSET
Director: L. Costa Fernández

[Handwritten signature]

405149



-2 DIC. 1972

FIG. 2

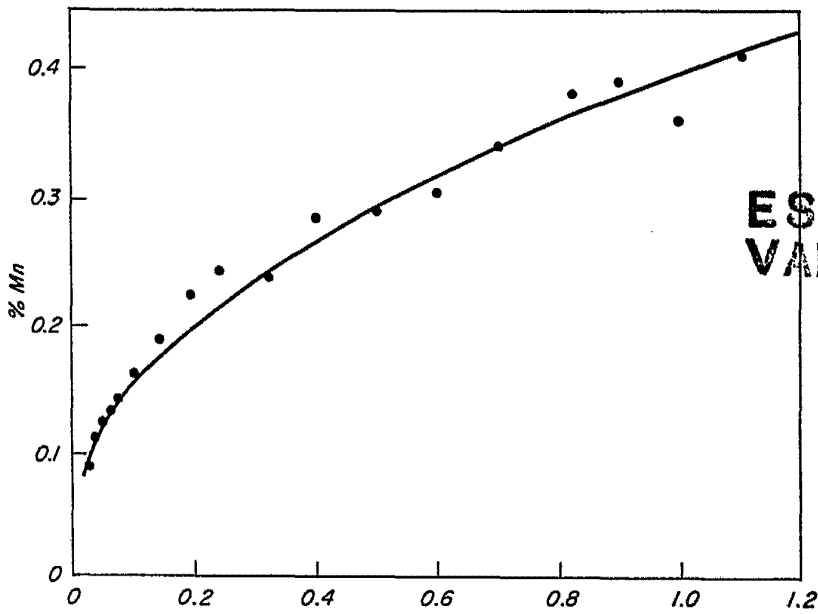
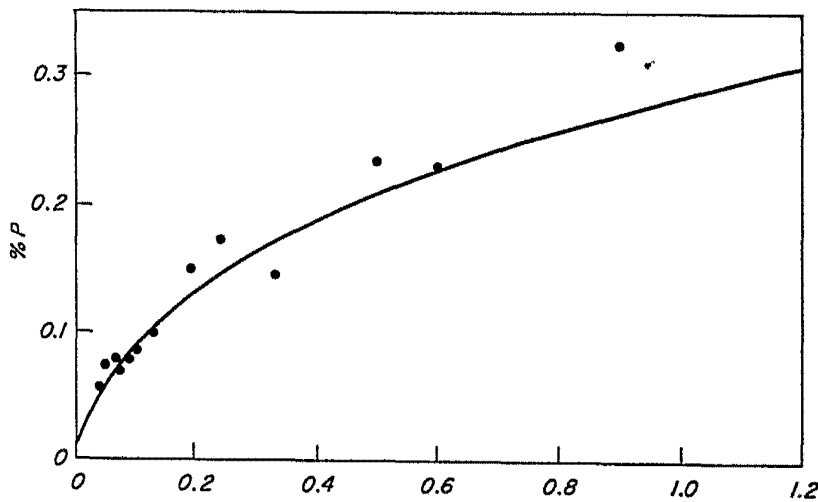


FIG. 3



-2 DIC. 1972

Madrid

J. GOMEZ ACEBO Y MODEX
p. p. Firmado: L. Gaeta Fernández

-2 DIC. 1972

405149



FIG. 4

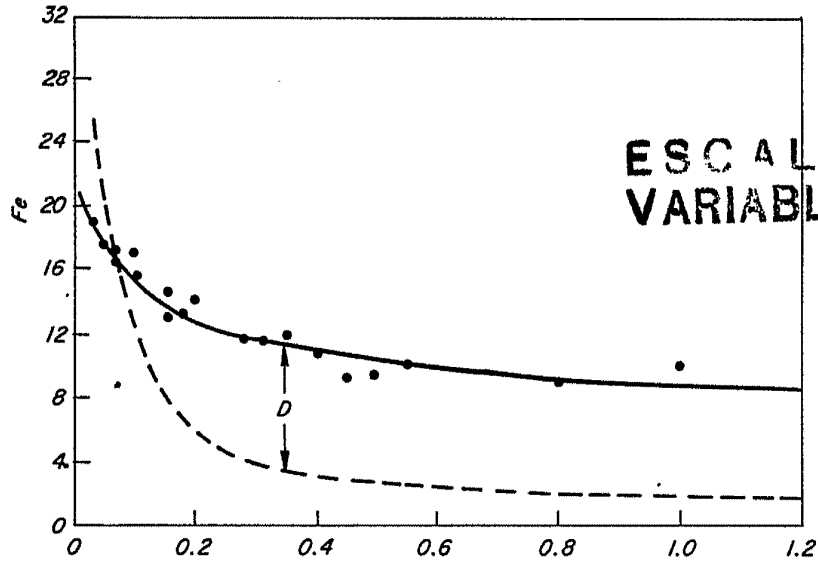
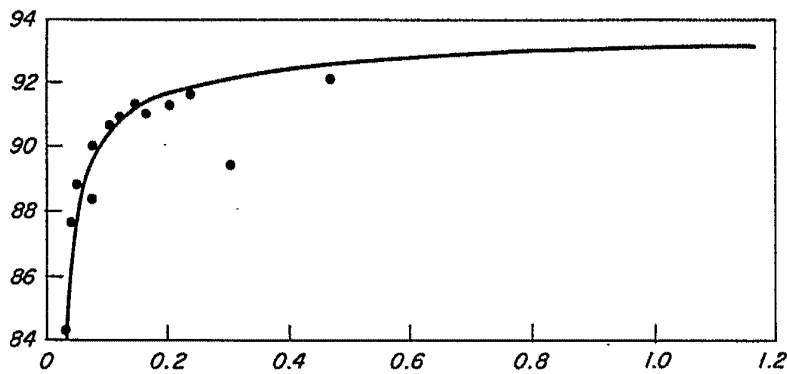


FIG. 5



-2 DIC. 1972

Madrid

J. GOMEZ ACEDO Y MORA
p. p. Firmado: L. Garcia Fernández

405149



FIG. 6

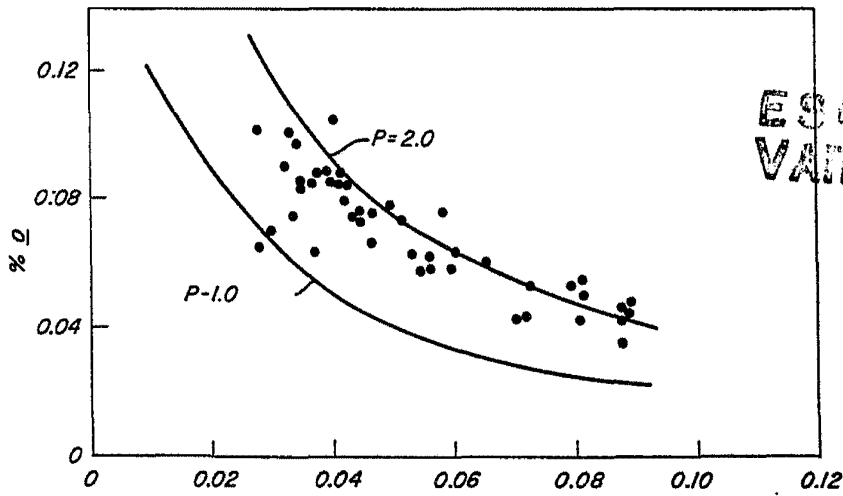
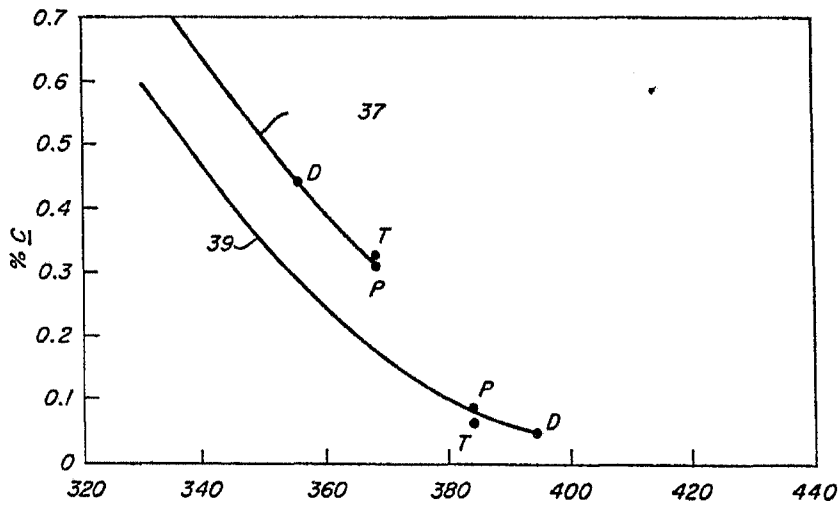


FIG. 7



- 2 DIC. 1972

Madrid

J. GOMEZ ACEDO Y BARRAL
p. g. Elencos L. Gracia Escalera

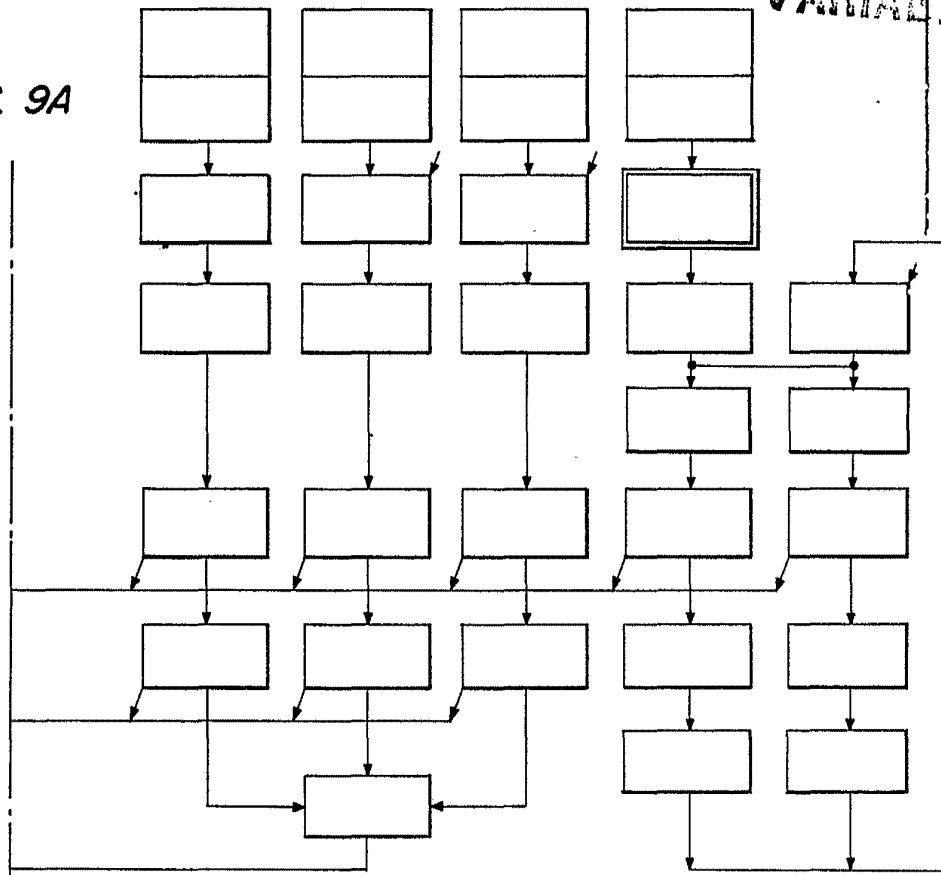
405149



ESCALA
VARIABLE

FIG. 9B

FIG. 9A



- 2 DIC. 1972

Madrid

J. GOMEZ ACEDO Y CAJAL
p. p. Elmer de L. Costa Fernández

405149



FIG. 9A

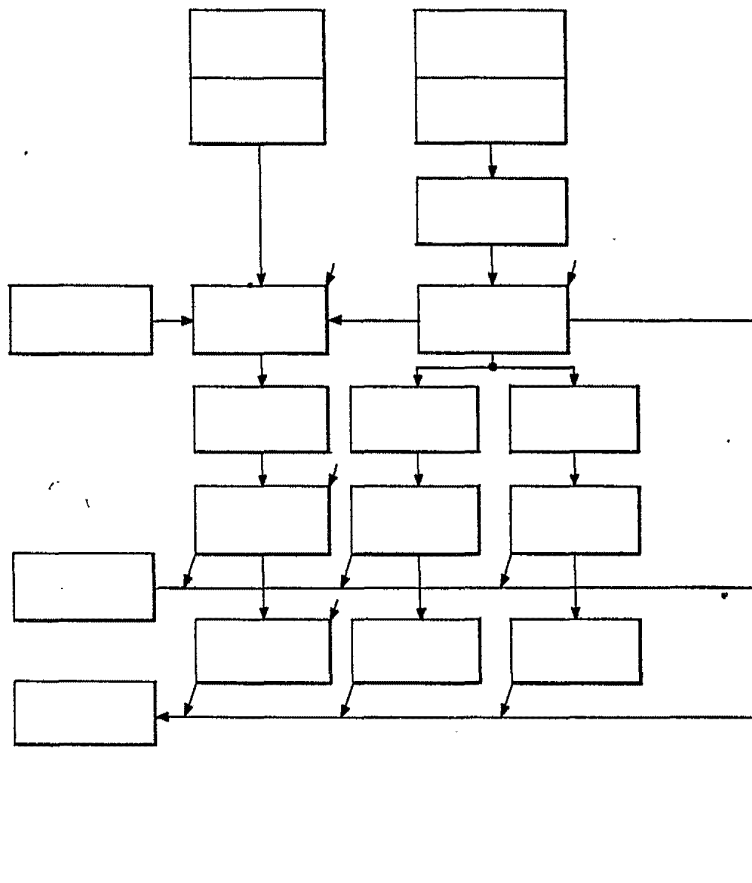


FIG. 9B

ESCALA VARIABLE

Madrid -2 DIC. 1972

I. GOMEZ ACEBO Y MOJAT
p. p. Firmados L. Gacia Escalada