

Int. Cl. B21B; G05B

MEMORIA DESCRIPTIVA

correspondiente a la solicitud de una

PATENTE DE INVENCION

Solicitante: WESTINGHOUSE ELECTRIC CORPORATION

Domicilio: Westinghouse Building, Gateway Center,
PITTSBURGH, Pennsylvania 15222 Estados
Unidos.

Enunciado: METODO Y SU CORRESPONDIENTE APARATO PARA
CONTROLAR EL ESPESOR DE SALIDA DE UN FILE
JE DE TRABAJO.

Prioridad: De la solicitud de patente estadounidense
No 455.159 del 27 de Marzo 1974

TR

El invento se refiere de manera general a trenes de laminación en continuo para reducción de espesor y más particularmente a laminadoras de este tipo que incluyen unos dispositivos medidores de fuerza que detectan la presión de laminación, que están asociados con unos puestos de laminación determinados para controlar el espesor de salida del fleje trabajado que sale de dichos puestos de laminación.

5
10
15
20

Durante el funcionamiento de un tren de laminación de metal, la abertura entre los cilindros no cargados así como la velocidad de cada puesto de laminación se ajustan inicialmente antes de que el fleje trabajado penetre en el puesto de laminación, bien por un operario o bien por una computadora de control de cálculo programado para producir la reducción del fleje trabajado que da lugar a un producto terminado con espesor final deseado a la salida del puesto de laminación. Usualmente se supone que el espacio entre los cilindros cargados de un puesto de laminación es igual al espesor del material a su salida del puesto ya que se produce tan solo una recuperación elástica de la pieza trabajada pequeña o incluso nula.

25

Debido a que las condiciones establecidas en el puesto de laminación pueden estar equivocadas y ya que ciertos parámetros de laminación afectan la abertura entre cilindros cargados del puesto durante la operación real de laminación, se utiliza un sistema de control de espesor para controlar el espesor del material a su salida del puesto de laminación.

30

El sistema de control de espesor por medición de la fuerza aplicada a los cilindros ha sido utilizado para

asegurar el control de calibre deseado (el espesor de la pieza trabajada se llama a veces calibre) en uno o varios puestos de laminación de los trenes de laminación en continuo, utilizando la ley de Hooke para controlar la posición de

5

abertura de los cilindros en un puesto de laminación dado. La abertura de los cilindros cargados y por tanto del espesor del fleje a su salida de este puesto de laminación dado, en condiciones normales de laminación de la pieza, es igual

10

a la posición de abertura de los cilindros no cargados más el estiramiento elástico del puesto de laminación producido por la fuerza de separación de los cilindros que es aplicada a los cilindros de trabajo por la pieza trabajada. La fuerza de separación de los cilindros se mide por medio de un

15

dispositivo medidor de carga u otro dispositivo de detección de fuerza adecuado que funciona conjuntamente con el puesto de laminación. A continuación se controla la posición de abertura de los cilindros para equilibrar los cambios de la fuerza aplicada a los cilindros a partir de un valor de referencia o valor inicial con el objeto de mantener así la

20

abertura entre cilindros cargados en un valor sustancialmente constante. Es posible utilizar para establecer el espesor de salida del fleje que sale de un puesto de laminación controlado la siguiente fórmula:

$$h = S_0 + K * F \quad (1)$$

25

en la cual h es la abertura entre cilindros cargados y el espesor de salida del fleje trabajado, S_0 es la posición de abertura de los cilindros no cargados, y K es la constante de elasticidad del puesto de laminación multiplicada por F, es decir la fuerza de separación de los cilindros. El asterisco es el signo de programación Fortran bien conocido para

30

indicar la multiplicación.

Un sistema típico de control de espesor por medio de la fuerza de laminación, de acuerdo con la técnica anterior, aplicable a un puesto de laminación, es un sistema analógico del tipo de realimentación que sirve para realizar una comparación entre el espesor del fleje determinado a su salida, y un espesor de referencia deseado a la salida del puesto de laminación, y que responde a la fuerza medida en el puesto de laminación y a la posición medida de abertura de los cilindros para controlar la posición de abertura de los cilindros de acuerdo con la siguiente fórmula de error:

$$\Delta S = -K \cdot \Delta F \quad (2)$$

en la cual ΔS es el error de posición de abertura de los cilindros que ha de ser corregido con relación a una posición de referencia de abertura de los cilindros y ΔF es el cambio medido de la fuerza de laminación respecto a un valor de referencia de esta fuerza y K es la constante elástica del puesto de laminación.

Después de determinar los reglajes iniciales de la posición de abertura de los cilindros no cargados y de la velocidad del puesto, realizados bien por un operario del tren de laminación o bien por un sistema de computadora con cálculo programado, correspondiente al paso de un fleje trabajado particular a través de los puestos de laminación para obtener una reducción de espesor deseada, es posible iniciar la operación de laminación y a continuación se ajustan las aberturas controladas entre cilindros para obtener el espesor deseado de salida del fleje en cada puesto de laminación controlado del tren de laminación.

En la técnica anterior, que se describe por

ejemplo en la Patente de los Estados Unidos nº 3.600.920 a nombre del mismo Solicitante, es conocido recalibrar el control de abertura de cilindros en un puesto de laminación dado, después de que la tira trabajada ha atravesado todos los puestos de laminación de un tren de laminación en continuo, con relación al espesor real a la salida del último puesto de laminación que se mide por medio de un medidor de espesor por rayos X situado después del último puesto de laminación. La relación de velocidad de un puesto de laminación dado en comparación con la del último puesto de laminación se utiliza para determinar el espesor de suministro real de circulación másica a la salida de un puesto de laminación dado. La diferencia entre el espesor real de salida del material de este puesto de laminación dado y el espesor de salida real del último puesto se utiliza para recalibrar el aparato de control de abertura de los cilindros tal como un mecanismo de acercamiento o de control de posición hidráulico, que corresponde a este puesto de laminación dado.

El medidor de espesor bien conocido o el sistema de control de espesor por medio de la fuerza de laminación ha sido ampliamente utilizado para producir un control de espesor en las laminadoras de metal, y en particular en los trenes de laminación continuos para flejes de acero caliente y los trenes de laminación de chapas reversibles en los cuales la experiencia ha demostrado que el control de la fuerza de laminación es particularmente eficaz. Unas publicaciones y Patentes anteriores tales como el artículo titulado Experiencia de Instalación y Explotación con Computadora y Controles de Laminación Programados,

por M. D. McMahon y M. A. Davis, en el Iron and Steel Engineer Yearbook, páginas 726 y 733, el artículo titulado Control de Espesor Automático en Laminadoras de Fleje Caliente Modernas por J. W. Wallace en el número de Diciembre de 1967 de Iron and Steel Engineer, páginas 75 a 86, el artículo titulado "La Computadora de Control se Enseña a sí Misma como Laminar Metales" por A. W. Smith en el número de Westinghouse Engineer, de Julio 1970, páginas 108 a 113, la Patente de los Estados Unidos n° 3.561.237 concedida el 9 de Enero de 1971 a nombre de Eggers y Socios, y la Patente de los Estados Unidos n° 2.726.541, concedida el 13 de Diciembre de 1955, a nombre de R. B. Sims, describen la teoría sobre la cual está basado el funcionamiento de los sistemas de control de espesor por medio de la fuerza de laminación y de los sistemas relacionados con estos. Se llama también la atención sobre la Patente de los Estados Unidos n° 3.568.637 del 9 de Marzo de 1971, las Patentes de los Estados Unidos números 3.574.279 y 3.574.280, del 13 de Abril de 1971, a nombre de A. W. Smith, que están relacionadas con sistemas de control automático de espesor por medio de la fuerza de laminación.

RESUMEN DEL INVENTO

De acuerdo con los principios del invento, un sistema y un método de control destinados a controlar el calibre o el espesor de salida del producto trabajado que sale de uno o varios puestos de laminación de un tren de laminación en continuo, incluye la determinación del espesor de salida deseado en circulación másica del fleje trabajado en cada puesto de laminación controlado, con relación al espesor de salida deseado en el último puesto de laminación

antes de que el fleje trabajado llegue al medidor por rayos X situado después del último puesto de laminación, y a continuación la comparación del espesor de salida final determinado por la fuerza de laminación en el mismo puesto de laminación con este espesor de salida deseado en circulación másica para establecer un error de espesor destinado a realizar una corrección mediante un reglaje de la posición de abertura de los cilindros en cada puesto de laminación.

BREVE DESCRIPCION DE LOS DIBUJOS

10 La figura 1 representa un diagrama esquemático de un control de espesor por medio de la fuerza de laminación dispuesto para funcionar con un tren de laminación en continuo de acuerdo con el invento;

15 La figura 2 representa una curva que ilustra la característica de elasticidad del tren de laminación en un puesto de laminación típico relacionado con la determinación del estiramiento de un puesto de laminación controlado;

20 La figura 3 representa un gráfico de circulación que ilustra la determinación del espesor de salida final de circulación másica por cada puesto de laminación antes de que un fleje trabajado dado atravesase el puesto de laminación;

25 La figura 4 representa un gráfico de circulación que ilustra la determinación del error de espesor y la referencia de posición de abertura de los cilindros por cada puesto de laminación controlado;

30 La figura 5 es una ilustración funcional del control del espesor de suministro del fleje trabajado procedente de un puesto de laminación de acuerdo con el in-

vento; y

La figura 6 ilustra la situación en la cual la extremidad final de un fleje trabajado anterior y la extremidad delantera de un fleje trabajado siguiente atraviesan el puesto de laminación al mismo tiempo.

5

DESCRIPCION GENERAL DEL SISTEMA DE CONTROL
DE ESPESOR Y DE SU FUNCIONAMIENTO

Se representa en la figura 1, un puesto de laminación tipo cuarto, S(N) que funciona con un control de espesor 12 de acuerdo con los principios del invento. De manera general, el invento es aplicable al control del funcionamiento de uno o varios puestos de un tren de laminación en contínuo en los cuales se utiliza un control de espesor por medio de la fuerza de laminación. El tren de laminación en contínuo que se representa en la figura 1, incluye un último puesto S(LS).

10

15

Una pieza de trabajo 2 penetra en el puesto de laminación S(N) por su extremidad de entrada y su espesor es reducido y a continuación la pieza es transportada a través de los puestos de laminación siguientes hasta la extremidad de salida del tren de laminación. La pieza de trabajo que se introduce en el tren de laminación es de una calidad de acero conocida y típicamente presenta un espesor o calibre conocido. La pieza de trabajo tendrá a su salida un espesor o calibre final H(LS) de acuerdo con el pedido de fabricación al cual corresponde.

20

25

En el proceso de reducción por laminación, los siguientes puestos de laminación funcionan a velocidades sucesivamente más elevadas para mantener la circulación más adecuada de la pieza trabajada. Cada puesto produce

30

una reducción o un estiramiento predeterminado de modo que el estiramiento total producido en la laminadora reduzca la pieza trabajada que se presenta a su entrada en un fleje dotado del calibre o del espesor deseado.

5 Cada puesto está provisto de manera convencional de un par de cilindros de refuerzo 4 y 6 y de un par de cilindros de trabajo 8 y 10 entre los cuales pasa la pieza trabajada 2. Un motor de accionamiento de corriente continua de gran potencia 11 está energizado de manera controlable en cada puesto para arrastrar los cilindros de trabajo correspondientes a una velocidad controlada.

15 Con relación al puesto de laminación $S(N)$, la suma de la abertura $MSD(N)$ de los cilindros de trabajo no cargados y del estiramiento $K(N) \approx F(N)$ de la laminadora define sustancialmente el espesor $HRF(N)$ de la pieza trabajada determinada en función de la fuerza de laminación que se obtiene a la salida del puesto de laminación controlado $S(N)$ de acuerdo con la ley de Hooke, una variación de calibre bien conocida $COS(N)$ puede ser incluida para asegurar la calibración deseada del aparato de control de abertura de cilindros que funciona con el puesto de laminación $S(N)$, pudiendo dicho aparato de control de abertura de los cilindros estar constituido por un par de motores de aproximación o un aparato hidráulico de posicionamiento, para 20 determinar la posición de los cilindros de refuerzo y aplicar así una presión a los rodillos de trabajo. Un detector de posición de abertura de cilindros convencional 14 suministra una señal eléctrica $MSD(N)$ que representa la posición de abertura de los cilindros no cargados. La detección de la fuerza de laminación es obtenida en el puesto 25 30

de laminación S(N) por medio de una célula de medición de fuerza convencional 16 que genera una señal eléctrica analógica F(N) proporcional a la fuerza de separación de los cilindros que actúa entre los cilindros de trabajo. Un
5 transductor detector de velocidad 18, tal como un transductor de impulsos, genera una señal de velocidad de puesto de laminación FPM(N).

El control de espesor 12 asegura un control automático de calibre o espesor durante el funcionamiento del puesto de laminación S(N). El control de espesor 12
10 puede incluir un sistema de computadora digital de control de proceso de uso general programado, que está conectado con los varios detectores de funcionamiento del tren de laminación y los varios dispositivos de control del tren de
15 laminación para asegurar el control del funcionamiento del puesto de laminación S(N). De acuerdo con las preferencias del usuario, el control de espesor 12 puede incluir también unos controles analógicos manuales y/o automáticos bien conocidos y convencionales para el accionamiento de los cilindros de refuerzo cuando se trata de realizar otras funciones de laminación predeterminadas.
20

Basándose en estas consideraciones, un sistema de computadora digital adecuado para el sistema de control de espesor por medio de la fuerza de laminación 12 puede
25 estar constituido por un equipo Prodac 2000 (P2000) vendido por la Westinghouse Electric Corporation. Un folleto descriptivo que lleva el título Manual de Referencia de los Sistemas de Computadoras Prodac 2000 ha sido publicado en 1970 por la Westinghouse Electric Corporation y da una descripción muy detallada de este sistema de computadora y de su
30

funcionamiento.

El sistema de computadora digital está asociado con sistemas de entrada bien conocidos, que incluyen típicamente un sistema de entrada de cierre de contactos convencional que explora las señales de contacto u otras señales que representan el estado detectado de las varias condiciones de funcionamiento del proceso, un sistema de entrada analógico convencional que explora y convierte las señales analógicas del proceso, y unos dispositivos de entrada de información controlados por el operario y otros dispositivos y sistemas tales como cintas de papel, máquina de escribir teleescribiente y sistemas de entrada del tipo de indicador visual. Es posible introducir en el sistema de computadora varios tipos de información a través de los dispositivos de entrada, incluyendo por ejemplo el espesor de salida deseada del fleje H(LS) y la temperatura del mismo, el espesor de entrada del fleje así como la anchura y la temperatura del mismo (por medio de detectores de entrada si se desea), la calidad del acero que se lamina, unas tablas de plasticidad P, unos programas orientados hacia el "hardware", y programas de control para el sistema de programación, etc. Los sistemas de entrada por cierre de contactos y los sistemas de entrada analógicos interconectan el sistema de computadora con el proceso por medio de las variables medidas o detectadas que incluyen los siguientes parámetros:

(1) Una señal de fuerza de laminación $F(N)$ procedente de la célula de medición de fuerza 16 situada en el puesto de laminación S(N) proporcional a la fuerza de separación de los cilindros del puesto que se utilizará en el

control de espesor por medio de la fuerza de laminación.

(2) Señal de posición de abertura de los cilindros MSD(N) generada por el detector de posición correspondiente 14, destinada a ser utilizada en el control de espesor por medio de la fuerza de laminación.

(3) Señal de velocidad del puesto de laminación FPM(N) procedente de un generador de impulsos 18 que funciona con el motor de accionamiento 11 del puesto de laminación controlado S(N).

(4) Señal de velocidad del puesto de laminación FPM(LS) procedente de un generador de impulsos 16 que funciona con el motor de accionamiento 19 del último puesto de laminación S(LS).

Se observará en este punto de la descripción que la fuerza medida en el puesto de laminación y la posición de abertura de los cilindros del puesto medidas con relación a la extremidad delantera de la pieza trabajada se almacenan y se utilizan como referencias para el funcionamiento del sistema de control de espesor por medio de la fuerza de laminación, si se desea funcionar en el modo de sincronización bien conocido del funcionamiento del control de espesor por medio de la fuerza de laminación.

Para realizar las acciones del control de salida determinadas, los dispositivos controlados son activados directamente por medio del cierre de contactos del sistema de salida o por medio de señales analógicas obtenidas a partir del cierre de contactos del sistema de salida a través de un convertidor digital/analógico. Las salidas principales de acción de control procedentes del control de espesor 12 incluyen una señal de control de posición SDREF(N)

que se aplica al control de abertura de cilindros 15 del puesto de laminación controlado S(I) y otros puestos de la laminación controlados, y una señal de control de velocidad que se aplica al motor de arrastre 11 del puesto de laminación S(N) y a los otros puestos de laminación de acuerdo con el reglaje de velocidad deseado respectivo para obtener las condiciones operacionales de circulación másica.

Unos sistemas de visualización y de impresión tales como visualización numérica, cintas perforadas y sistemas de máquina teleescribiente pueden también asociarse con las salidas del sistema de control de espesor por computadora digital con el objeto de mantener al operario del tren de laminación informado de manera general respecto al funcionamiento del tren de laminación y para señalar al operario cualquier acontecimiento o estado de alarma que puede requerir una acción por su parte.

De manera general, el control de espesor 12 utiliza la ley de Hooke para determinar el grado total del movimiento de acercamiento necesario en el puesto S(N) donde se controla la fuerza de laminación en el momento del cálculo de la fuerza de laminación y de la corrección de error de espesor, es decir para realizar una corrección de la abertura de los cilindros cargados y del espesor de salida del material a fin de obtener el valor deseado. El cálculo define el cambio total del reglaje de posición de abertura de los cilindros no cargados que se necesita para corregir las condiciones que dan lugar a un error de espesor determinado.

Como lo saben perfectamente los peritos en la materia, la corrección de abertura deseada de los cilindros DELS(N) con relación al puesto de laminación controlado S(N)

se calcula para facilitar el control de espesor por medio de la fuerza de laminación de acuerdo con el algoritmo de relación programada siguiente:

5

$$\text{DELS}(N) = \left[\frac{K(N)}{P(N)} + 1 \right] \times \text{GE}(N) \quad (3)$$

en la cual: GE(N) = error de espesor del puesto de laminación controlado S(N).

K(N) = constante de elasticidad del puesto de laminación S(N) (pulgadas/10⁶ libras)

10 P(N) = plasticidad de la pieza trabajada (pulgada/10⁶ libras) con relación al puesto S(N).

15 Generalmente, el valor operativo de la constante de elasticidad K de cada puesto es conocido con una precisión relativa. En primer lugar este valor se determina por medio de la prueba bien conocida de aproximación de los cilindros de trabajo y a continuación puede ser recalculado, si se desea, antes del paso de cada pieza trabajada por el puesto, basándose en el ancho de la pieza trabajada y en el diámetro del cilindro de refuerzo. Cada curva de elasticidad resultante se almacena de modo que pueda ser utilizada para el control de espesor en la línea de fabricación.

20 El valor operativo de la plasticidad P de la pieza trabajada en cada puesto de laminación se determina también de una manera relativamente precisa. Si se desea, es posible almacenar unas tablas de P en la memoria de almacenado del sistema de computadora digital asociado con el control de espesor 12 para identificar los varios valores de P que se aplican al puesto de laminación controlado S(N) en función de las varias calidades y clases de espesor de las piezas

25

30 trabajadas en varias condiciones de funcionamiento y en dife-

rentes momentos en el curso de la laminación del fleje trabajado 2.

5 La ventaja principal de la utilización de un sistema de control de espesor por medio de la fuerza de laminación es la posibilidad de detectar los cambios de espesor del fleje en el momento en que se producen mientras se lamina el producto en el puesto de laminación. Un cambio de calibre o de espesor del fleje fabricado puede ser producido por un cambio de espesor a la entrada, o un cambio de dureza generalmente
10 producido por una variación de temperatura. Este cambio del espesor final puede ser detectado inmediatamente mediante la supervisión de la fuerza de separación de los cilindros en el puesto de laminación para proporcionar una información de realimentación.

15 En la figura 2 se representa una curva que ilustra las características de elasticidad típicas de un puesto de laminación, tal como el puesto controlado S(N). Esta curva es una representación gráfica de la fuerza de laminación medida MF(N) de un puesto de laminación típico (N) en función del estiramiento resultante KF(N) del puesto de laminación, o del producto de K(N), es decir la constante de elasticidad
20 del puesto, y de F(N), es decir la fuerza de laminación del puesto. La curva que se representa en la figura 2 puede ser representada matemáticamente por la siguiente relación:

25
$$KF(N) = K_1 * [K_2 + MF(N)] * (1 - e^{-K_3 * MF(N)}) \quad (4)$$

en la cual K₁, K₂ y K₃ son constantes que se establecen por medio de acumulación de datos y de técnicas de adaptación de curva bien conocidas y que han sido practicadas durante varios años por personas expertas en esta técnica. La curva
30 se establece cerrando conjuntamente los cilindros de trabajo

del puesto, accionando el control de abertura de cilindros del puesto de laminación, hasta que el medidor de carga del puesto detecte una fuerza de laminación de un valor mínimo determinado, y a continuación cerrando progresivamente los cilindros de trabajo por medio de reglajes progresivos pre-determinados, leyendo la fuerza de laminación correspondiente a cada reglaje. Entonces, conociendo la curva característica de elasticidad de laminación de un puesto de laminación dado del tren de laminación, se determinan los valores de las constantes K_1 , K_2 y K_3 de este puesto de laminación mediante técnicas de adaptación de curvas bien conocidas. Se observará con relación a la ecuación (4) que el doble asterisco representa el símbolo de programación Fortran bien conocido para una exponencial y que el asterisco único indica una multiplicación.

En la figura 3 se representa el diagrama de circulación de un programa empleado para determinar el espesor final deseado de circulación másica correspondiente a cada puesto de laminación controlado, tal como el puesto de laminación S(I), siendo I el índice del puesto de laminación antes de que el fleje trabajado pase a través del tren de laminación y sea sometido a la acción del medidor de espesor por medio de rayos X situado después del último puesto de laminación S(IS). En la fase 20 el contador de puestos se ajusta inicialmente en uno. En la fase 22, se determina el espesor de salida deseado de circulación en masa para un puesto de laminación dado (I) marcado sucesivamente por el contador de puestos, es decir en primer lugar el puesto de laminación uno, a continuación el puesto de laminación dos, etc. En la fase 24, se realiza una comprobación para determinar si el

5
puesto de laminación dado (I) es el último puesto, y en caso contrario el programa continúa hasta la fase 26 donde el índice de puestos (I) aumenta en una unidad hasta el siguiente puesto de laminación, y se repiten las fases 22 y 24 hasta que la verificación realizada en la fase 24 indique que el puesto (I) en cuestión es ahora el último puesto de laminación S(IS) lo que termina la operación programada.

10
En la figura 4 se representa el diagrama de circulación de un programa empleado para determinar el error de espesor y la referencia de posición de abertura de cilindros para cada puesto de laminación controlado del tren de laminación de acuerdo con el invento, después de que el fleje trabajado ha penetrado en el primer puesto de laminación y antes que el fleje trabajado alcance el medidor de espesor por rayos X situado después del último puesto de laminación S(IS). En la fase 30, el contador de índice de puesto se ajusta en uno. En la fase 32, se determina el estiramiento KF(I) del puesto de laminación (I) en cuestión de acuerdo con la ecuación (4) que antecede. A continuación se determina el espesor real de salida HRF(I) obtenido por medio de la fuerza de laminación a la salida del puesto de laminación (I) de acuerdo con la relación bien conocida:

$$HRF(I) = MSD(I) + COS(I) + KF(I) \quad (5)$$

25
en la cual MSD(I) es el reglaje de posición de abertura de los cilindros no cargados en el puesto de laminación (I), COS(I) es la variación de calibración determinada previamente del puesto de laminación (I) y KF(I) es el estiramiento del puesto de laminación (I). El error de espesor de salida GE(I) que corresponde al puesto de laminación (I) se determina por
30
medio de la siguiente relación:

$$GE(I) = HRF(I) - H(I) \quad (6)$$

en la cual $H(I)$ es el espesor de salida deseado con circulación másica correspondiente al puesto de laminación (I) ajustado, determinado en la fase 22 del gráfico de circulación de programa representado en la figura 3 y $HRF(I)$ es el espesor de salida real debido a la fuerza de laminación a la salida del puesto de laminación (I). En la fase 34, se determina la corrección de abertura de cilindros $DELS(I)$ que corresponde al puesto de laminación (I) de acuerdo con la relación de la ecuación anterior (3), siendo ahora el puesto de laminación (N) el puesto de laminación (I) ajustado. En la fase 36 se establece la referencia de posición de abertura de los cilindros para el puesto de laminación ajustado (I) por medio de la siguiente relación:

$$SDREF(I) = MSD(I) + DELS(I) \quad (7)$$

en la cual $MSD(I)$ es el reglaje de posición de abertura de cilindros no cargados presente en el puesto de laminación (I), y $DELS(I)$ es la corrección deseada de abertura de los cilindros del puesto de laminación (I), pudiendo ser comprobado el límite de la referencia de posición de abertura de cilindros $SDREF(I)$ y pudiendo ser aplicada esta información al aparato de control de abertura de cilindros que corresponde al puesto de laminación ajustado (I). En la fase 38 se verifica si el puesto de laminación (I) es el último puesto del tren de laminación y en caso contrario, se añade una fase 40 al índice (I) y se repiten las fases 32, 34 y 36 del programa en los siguientes puestos de laminación del tren de laminación hasta que el puesto de laminación ajustado (I) sea el último puesto de laminación (IS) terminándose entonces el programa.

Se ha previsto que el programa ilustrado en la fi-

gura 3 se desarrolle justo antes de que cada fleje trabajado penetre en el primer puesto de laminación del tren de laminación, lo que puede ser controlado utilizando dispositivos transductores para detectar la posición del fleje trabajado, de una manera bien conocida. Está previsto que el programa
5 ilustrado en la figura 4 se desarrolle periódicamente, por ejemplo cinco veces por segundo, para todos los puestos de laminación controlados a través de los cuales pasa el fleje, según puede verificarse por medio de técnicas de supervisión de posicionamiento del fleje en el puesto, bien conocidas por
10 los peritos en la materia.

La ilustración de funcionamiento del modo de realización que se ilustra en la figura 5 está relacionada con el puesto de laminación ajustado (I). En la fase 50 se determina el espesor final de circulación másica correspondiente al
15 puesto de laminación (I) antes de que el fleje trabajado atraviese el puesto de laminación (I) y de acuerdo con la referencia de velocidad ajustada inicial $FPM(I)$ del puesto de laminación (I), la referencia de velocidad ajustada inicial $FPM(LS)$ del último puesto de laminación (LS) y el espesor final deseado
20 inicial $H(LS)$ a la salida del último puesto de laminación (LS). La característica de deslizamiento hacia adelante $FS(I)$ del puesto de laminación controlado (I) y la característica de deslizamiento hacia adelante $FS(LS)$ del último puesto de laminación (LS) se predeterminan y son suministradas por el operario. En la fase 52, el espesor de salida real $HRF(I)$ determinado por la fuerza de laminación a la salida del puesto de laminación controlado (I) se establece después de que el
25 fleje trabajado ha atravesado el puesto de laminación (I). En la fase 54, se determina el error de espesor $GE(I)$ del
30

fleje trabajado a su salida del puesto de laminación (I). En la fase 56 se determinan la corrección de abertura de cilindros DELS(I) y la referencia de posición de abertura de los rodillos asociados SDREF(I), aplicándose la señal de referencia de posición al puesto de laminación controlado (I) después de limitar esta señal de referencia por razones de estabilidad y de funcionamiento práctico del sistema de control.

Los programas de control de proceso están organizados de manera que estén adaptados a las condiciones normales de funcionamiento del tren de laminación en las cuales una pieza siguiente penetra en los primeros puestos mientras que la extremidad de la pieza precedente está todavía en curso de laminación en los últimos puestos. Estas condiciones se representan en la figura 6 en la cual se está laminando la pieza trabajada A en los puestos S4 y S5 mientras que la nueva pieza trabajada B está situada en los puestos S1 y S2. Es preciso que las velocidades iniciales del puesto, las aberturas entre cilindros y el espesor de suministro deseado sean establecidos por el operario o por la computadora de cálculo de programa antes de que la nueva pieza trabajada penetre en el puesto S1, de modo que los reglajes del tren de laminación puedan ser alterados para adaptarlos a los nuevos valores tan pronto como la extremidad posterior de la pieza precedente sale de un puesto determinado. Justo antes de la entrada de la nueva pieza trabajada en el primer puesto, se utilizan la velocidad inicial FPM(I) y el calibre o espesor final deseado H(LS) para determinar el calibre deseado en cada puesto, según se ilustra en la figura 3, de modo que el espesor deseado H(I) sea disponible para la determinación de error de espesor según se representa en la figura 4.

Este cálculo de error de espesor y de referencia de aproximación se inicia tan pronto como una pieza trabajada penetra en un puesto y se repite periódicamente (por ejemplo cinco veces por segundo) hasta que la pieza trabajada salga del puesto.

5

Por ejemplo, en las condiciones representadas en la figura 6, los cálculos de error de espesor y de referencia de aproximación que se ilustran en la figura 4 se están realizando para la pieza trabajada A con un valor de 4 en un primer puesto FS y un valor de 5 en un último puesto LS. Se utilizan los mismos cálculos para controlar el espesor de la pieza trabajada B en los puestos S1 y S1 utilizando un valor de 1 en el primer puesto FS y un valor de 2 en el último puesto LS. Cada grupo de cálculos utiliza el valor $H(I)$ de espesor de salida deseado en el puesto, que ha sido establecido por el procedimiento representado en la figura 3 para esta pieza trabajada particular antes de su entrada en el tren de laminación.

10

15

Las listas de programación de la computadora pueden ser realizadas en asociación con los diagramas de circulación de las figuras 3 y 4 para determinar el funcionamiento automático del control de espesor por medio de la fuerza de laminación en un tren de laminación, de acuerdo con el sistema y el método de control descritos aquí. Las listas de programación de instrucciones pueden escribirse en lenguaje Fortran adecuado para ser empleado con el sistema de computadora digital PRODAC P2000, comercializado por Westinghouse Electric Corporation para aplicación de computadora de control de proceso en tiempo real. Se han suministrado ya a los usuarios numerosos sistemas de cálculo digital de este tipo acompañados

20

25

30

por folletos de instrucciones de utilización de las computadoras y una documentación descriptiva destinada a explicar a los peritos en la materia la utilización de la lógica de "Hardware".

5

TRADUCCION DE LAS INSCRIPCIONES DE LAS FIGURAS

Figura 1

	Roll Opening Control	Control de abertura de los cilindros (a)
	Roll Position Detector	Detector de posición de los cilindros (b)
	SPEED Control	Control de velocidad (c)
10	Load Cell	Dispositivo medidor de carga (d)
	X-Ray Gauge	Medidor de espesor por rayos X (e)
	Gauge Control	Control de espesor (f)

Figura 3

	Start	Arranque (a)
15	Set Stand Counter	Ajustar contador de puestos (b)
	End	Final (c)

Figura 4

	Start	Arranque (a)
	Set Stand Counter	Ajustar contador de puesto (b)
20	Determine Gauge Error	Determinar error de espesor (c)
	Determine Roll Opening Correction	Determinar corrección de abertura de los cilindros (d)
	Limit & Output Roll Opening Position Reference	Limitar y aplicar referencia de posición de abertura de los cilindros.(e)
25	End	Final (b)

Figura 5

	Controlled Roll Stand (I)	Puesto (I) de laminación controlado.(a)
	Last Roll Stand (LS)	Ultimo puesto de laminación (LS) (b)
	Operator Provided Input Information	Información de entrada proporcionada por el operario. (c)
30	Mass Flow Target Gauge Determination	Determinación del espesor final deseado con circulación másica. (d)

1	Roll Force Gauge Determination	Determinación del espesor por medio de la fuerza de laminación. (e)
	Gauge Error Determination	Determinación del error de espesor (f)
	Roll Opening Determination	Determinación de la abertura entre los rodillos. (g)
5	<u>Figura 7</u>	
	Figure 3	Figura 3 (a)
	Establishing Desired Delivery Gage, H(I), For Each Stand	Estableciendo espesor de salida deseado, H(I), por cada puesto. (b)
10	Prior To Entering First Stand Using Reference Initial Stand Speed. FPM(I) an Desired Delivery Gage, H(LS)	Antes de la entrada en el primer puesto utilizando la velocidad de referencia inicial en el puesto, FPM(I), y el valor deseado del espesor a la salida, H(LS). (e)
	SET Stand Counter	Ajustar contador de puesto (d)
	Last Stand Check	Verificar último puesto (e)
	<u>Figura 8</u>	
15	Figure 4	Figura 4
	Calculate Gage Error GE(I) and Screwdown Reference SDREF(I) to Control Gage	Calcular error de espesor GE(I) y referencia de aproximación SDREF (I) para controlar espesor. (a)
	Set Stand Counter	Ajustar contador de puestos (b)
	Determine Gage Error	Determinar error de espesor (c)
20	Determine Roll Opening Correction	Determinar corrección de abertura entre cilindros (d)
	Limit and Output Roll Opening Position Reference	Limitar y aplicar referencia de posición de abertura entre cilindros (e)
	Last Stand Check	Verificar último puesto. (f)

25 En resumen, la Patente de Invención que se solicita deberá recaer sobre las siguientes:

REIVINDICACIONES

30 1.- Método y su correspondiente aparato para controlar el espesor de salida de un fleje de trabajo que atraviesa por lo menos un puesto de laminación en un tren de laminación en continuo de acuerdo con un espesor de suminis-

1 tro deseado a la salida del último puesto de laminación de
dicho tren de laminación en continuo, teniendo dicho primer
puesto de laminación un par de cilindros de trabajo y un -
dispositivo de medición de la fuerza en laminación, inclu-
5 yendo dicho método las etapas que consisten en:

 establecer un espesor de suministro final para
dicho fleje de trabajo a su salida de dicho puesto de lami-
nación con relación a dicho espesor de suministro deseado,
al reglaje de velocidad de dicho primer puesto de laminación
10 y al reglaje de velocidad del último puesto de laminación;

 establecer el espesor de salida real de dicho
fleje de trabajo a la salida de dicho primer puesto de lami-
nación con relación a una fuerza de laminación medida en di-
cho primer puesto de laminación;

15 comparar dicho espesor de suministro final con
dicho espesor de suministro real para determinar el error de
espesor del fleje de trabajo a la salida de dicho primer
puesto de laminación, y

20 controlar la abertura entre los cilindros de
dicho par de cilindros de trabajo en dicho primer puesto de
laminación con relación a dicho error de espesor.

25 2.- Aparato para llevar a cabo el método de
la reivindicación 1, caracterizado dicho aparato por con-
trolar el espesor de suministro un fleje de trabajo que -
atraviesa por lo menos un puesto de laminación de un tren
de laminación en continuo dotado de una pluralidad de -
puestos de laminación y de acuerdo con un espesor de
suministro deseado a la salida del último puesto de
30 dicho tren de laminación en continuo, estando dicho pues

to de laminación dotado de un par de cilindros de trabajo y de un dispositivo de medición de la fuerza de laminación, caracterizado porque incluye la combinación de:

5 unos medios para determinar un espesor de suministro deseado en dicho puesto de laminación con relación al espesor de suministro deseado en dicho último puesto,

unos medios para determinar el espesor de suministro real en dicho puesto de laminación con relación al funcionamiento predeterminado de dicho puesto de laminación,

10 unos medios para determinar un error de espesor del fleje laminado a su salida de dicho puesto de laminación con relación a dicho espesor de suministro deseado en dicho puesto de laminación y dicho espesor de suministro real a la salida de dicho puesto de laminación, y

15 unos medios para controlar el reglaje de abertura entre los cilindros de dicho par de cilindros de trabajo de dicho puesto de laminación con relación a dicho error de espesor.

20 3.- Se reivindica por último como objeto sobre el que ha de recaer la Patente de Invención que se solicita: ME TOD Y SU CORRESPONDIENTE APARATO PARA CONTROLAR EL ESPESOR DE SALIDA DE UN FLEJE DE TRABAJO.

25 Todo conforme queda descrito y reivindicado en la presente memoria descriptiva que consta de veinticinco páginas mecanografiadas y dibujos adjuntos.

Madrid, 26 de marzo 1.975

BERNARDO UNGRIA

P.P.

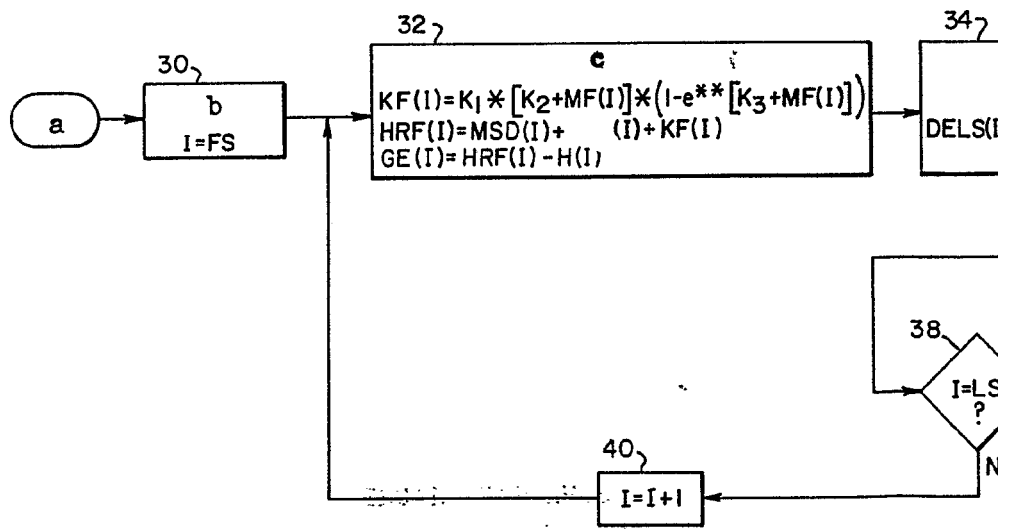
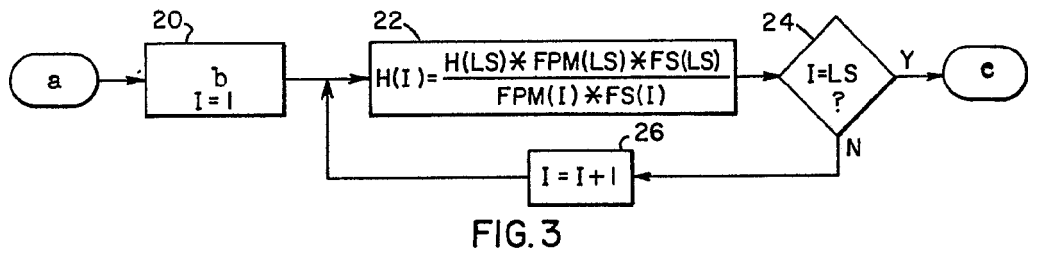
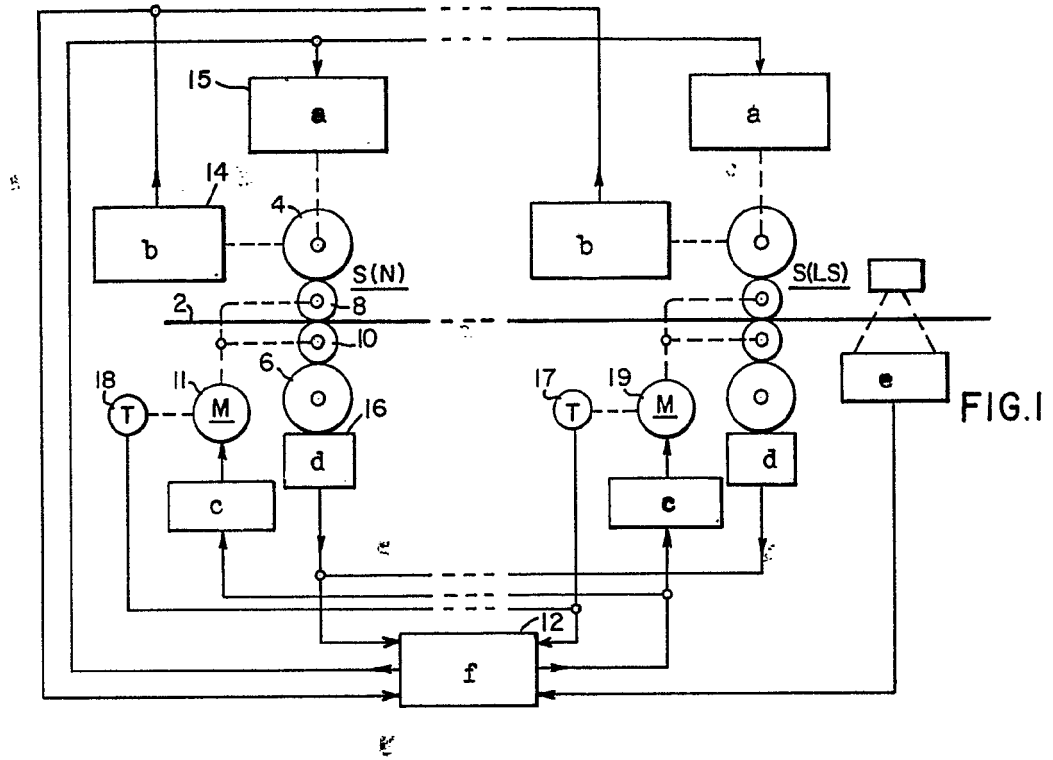


FIG. 4

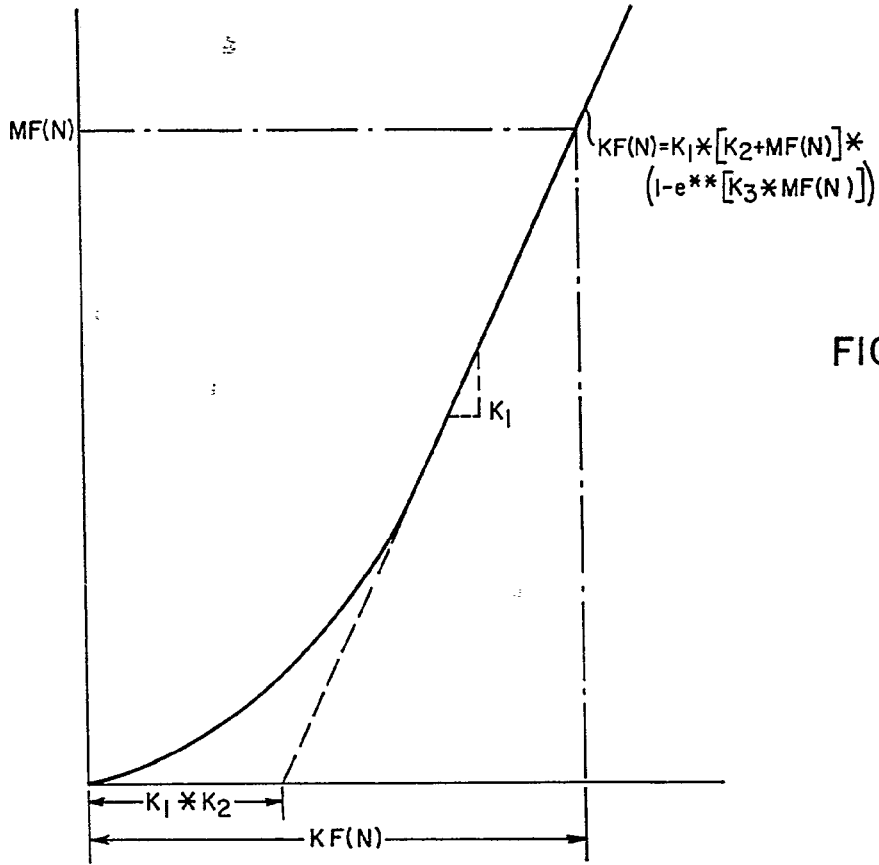
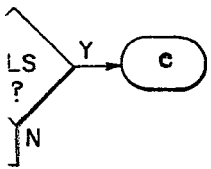
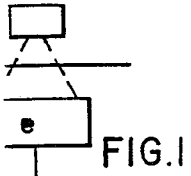


FIG. 2

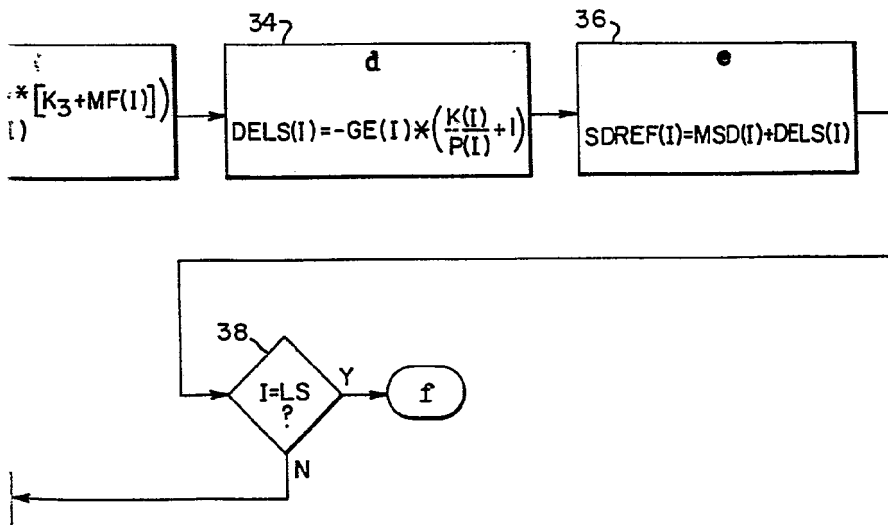


FIG. 4

ESCALA VARIABLE
 Madrid, 26 marzo 1.975
 BERNARDO UNGRIA

p.p.
[Handwritten signature]

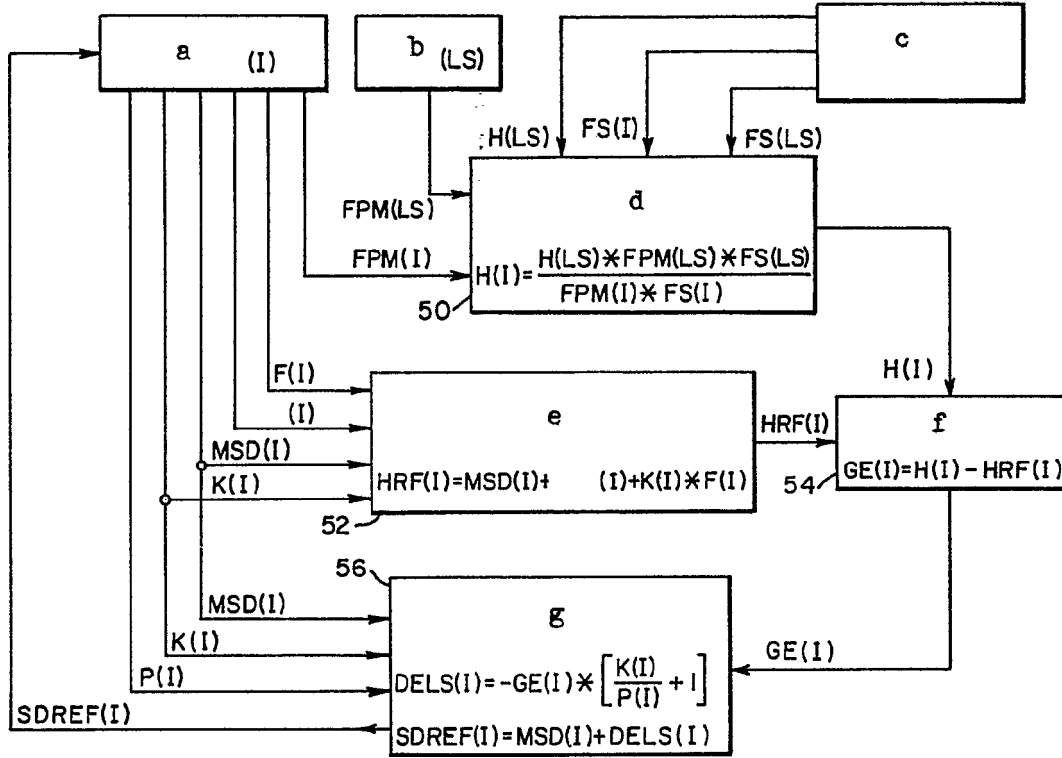


FIG.5

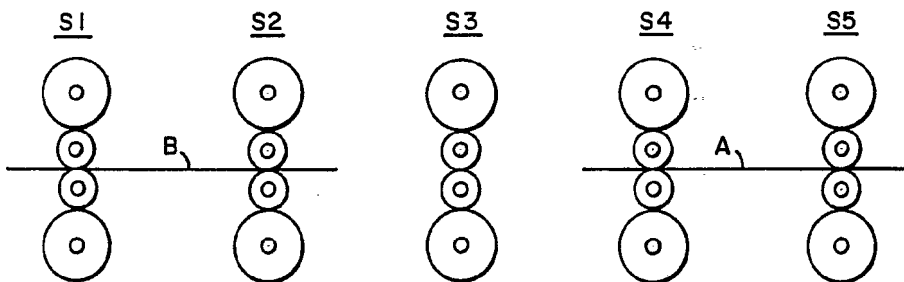


FIG.6

ESCALA VARIABLE
 Madrid, 26 marzo 1.975
 BERNARDO UNGRIA
 P. D. 1/1

