



414584

P.- 54.229  
WE Case No. 43.462

MEMORIA DESCRIPTIVA

F.E. 7-11-75

Clase: B21b//G05B

para solicitar PATENTE DE INVENCION

a nombre de WESTINGHOUSE ELECTRIC CORPORATION

entidad norteamericana

establecida en Westinghouse Building, Gateway Center,  
Pittsburgh, Pensilvania, Estados Unidos  
de América.

por: "UN SISTEMA Y UN METODO DE CONTROL DE TREN DE LAMINA  
CION"

(Clase Internacional B21b, G05b)

414584

16



Este invento se refiere al control de un tren de laminación en general, y más en particular al control del abombamiento en un tren de laminación de plancha.

5                   La técnica anterior ha proporcionado muchos sistemas para controlar el calibre de fleje o plancha que se obtenga en un tren de laminación. Típicamente, ello se consigue mediante el uso de un sistema de control de la aproximación entre rodillos del tren de laminación,  
10                   con el cual se regulan las fuerzas de laminación aplicadas a los denominados cojinetes de los rodillos de respaldo (en un tren de laminación de doble dúo) para establecer una fuerza de laminación total considerada como aplicada en el centro exacto de los rodillos de respaldo.  
15                   Es sabido, sin embargo, que la aplicación de las fuerzas de laminación a los extremos de los rodillos da por resultado variaciones en el calibre a través de la plancha laminada, debido a los momentos de las fuerzas de flexión. Esta variación en el calibre se designa como abombamiento,  
20                   el cual es una medida de la desviación máxima del calibre con respecto a una línea recta trazada a través de la plancha.

                  A fin de compensar el abombamiento originado por los momentos de flexión, los rodillos de trabajo de algunos trenes de laminación han sido rectificad  
25  
19.6.73.

414584 16



de modo que tengan una cantidad predeterminada de abombamiento en el rodillo. No obstante, puesto que los momentos de flexión varían con la anchura de la plancha y con el diámetro del rodillo, así como con las variaciones en las propias fuerzas de laminación y flexión, el abombamiento en el rodillo no proporciona una compensación total.

Se puede ver un análisis del problema del control del calibre y del abombamiento en las Patentes de la técnica anterior números 2.611.150; 2.903.926; 3.171.305; y 3.518.858. Se hará referencia, en particular, a la Patente Número 3.518.858, en la cual se utiliza un ordenador para proporcionar compensación automática de la flexión debida a las variaciones en la fuerza de laminación. En este sistema, los datos experimentales que relacionan las fuerzas de flexión con las presiones o cargas de laminación se almacenan en el ordenador y luego se generan señales de compensación de las fuerzas de flexión para controlar el abombamiento. El sistema de la Patente a que se ha hecho referencia, sin embargo, está limitado en cuanto a su uso como medio de compensación donde el mismo abombamiento de rodillo que existía en el tren de laminación en el momento de ser generados los datos experimentales esté también presente durante la laminación. No se ha encontrado un modo de producir

19.6.73.

414584



una representación del "abombamiento deseado" como el que ofrece la presente exposición.

5 Se observará, además, que la técnica anterior no ha podido hasta el presente encontrar el modo de ajustar la compensación del abombamiento como función de las fuerzas de flexión generadas durante el control del abombamiento. Esto significa que cuando se desarrolla un control de flexión exclusivamente como función de la presión o fuerza de laminación, no existe compensación para ajustar en cuanto a los momentos de flexión reales que resultan de la fuerza generada. La eficacia del control que proporciona la técnica anterior ha quedado también limitada por el hecho de que no se ha introducido en el sistema la variación apropiada de la fuerza de control como función del diámetro del rodillo y de la anchura de la plancha.

10

15

Es pues evidente que la técnica anterior no ha proporcionado un método ni un aparato para generar de un modo preciso y automático las fuerzas de flexión apropiadas para obtener un abombamiento deseado donde se tomen en consideración todos los siguientes factores: abombamiento del rodillo; diámetro del rodillo; anchura de la plancha; variaciones de abombamiento debidas a la fuerza de laminación total; y variaciones de abombamiento debidas a la fuerza de flexión total.

20

25

19.6.73.

414584



De acuerdo con el método del invento, los datos que relacionan las variaciones en el espacio de separación entre rodillos con las fuerzas de flexión y con las fuerzas de laminación son convertidos en constantes elásticas para las fuerzas de laminación y de flexión, las cuales varían en función de la anchura de la plancha y del diámetro del rodillo de respaldo. Las representaciones de las constantes elásticas (las cuales pueden tener forma ya sea analógica o ya sea digital) están asociadas funcionalmente con las representaciones medidas continuamente de todas las diversas fuerzas de laminación y de flexión tanto en los rodillos superiores como en los rodillos inferiores, y tanto en el lado del accionamiento como en el lado del operario del tren de laminación. A partir de estas relaciones se obtiene la compensación apropiada para las variaciones de abombamiento debidas tanto a la fuerza de laminación total como a la fuerza de flexión total, y estas señales o representaciones de compensación son luego combinadas con representaciones analógicas o digitales del abombamiento deseado y del abombamiento del rodillo para generar o calcular una representación del error de abombamiento. La representación del error de abombamiento es luego convertida en una señal de referencia de fuerza de flexión.

25  
19.6.73.

Más concretamente, señales de entrada de

414584



anchura de plancha y de diámetro de rodillo son conver-  
tidas en representaciones de constantes elásticas para  
fuerzas de laminación y de flexión, las cuales son mul-  
tiplicadas por las señales de fuerzas de laminación y  
5 de flexión totales, respectivamente, y sumadas a las re-  
presentaciones de los abombamientos deseado y del rodi-  
llo para producir una señal de error de abombamiento.  
La señal de error es integrada proporcionalmente para  
obtener una señal de referencia de fuerza de flexión que  
10 se emplea para desarrollar las fuerzas de flexión de ro-  
dillo apropiadas para producir el abombamiento deseado.

Puesto que el invento puede ser llevado  
a la práctica con componentes ya sea analógicos o ya sea  
digitales, el término "señal", tal como aquí se emplea,  
15 es genérico para cualquier representación de la cantidad  
particular que intervenga que se ilustre aquí como pro-  
ducida ya sea por un componente analógico o ya sea por  
un componente digital. El término "representación" se  
usará para abarcar tanto las señales analógicas como  
20 las digitales y es, por consiguiente, el equivalente de  
"señal". Puesto que el método que se proporciona es para  
control automático, sin embargo, no se considera que son  
equivalentes las representaciones (tales como los gráfi-  
cos) que no sean adecuadas para conversión directa en  
25 operaciones automáticas en el control.

19.6.73.



Los anteriores y otros objetos y características del invento se pondrán de manifiesto de la descripción detallada que sigue, considerada en relación con los dibujos que se acompañan, los cuales forman parte de esta Memoria Descriptiva, y en los cuales:

5 La Fig. 1 es un diagrama de bloques de un sistema en el que se emplea el invento;

10 La Fig. 2 es un diagrama esquemático de un sistema de control en el que se emplea el presente invento, así como de las características mejoradas de la Patente a que antes se ha hecho referencia;

Las Figs. 3A y 3B se han presentado para indicar la relación general entre las fuerzas de laminación y de flexión y el abombamiento;

15 La Fig. 4 es un diagrama esquemático de una forma de generador 210 ilustrado en la Fig. 2;

Las Figs. 4A y 4B son gráficos en los que se exponen las relaciones que deben ser resueltas por el generador 210;

20 La Fig. 5 es un diagrama esquemático que ilustra formas adecuadas para generadores 220 y 230 de constantes elásticas de la Fig. 2;

Las Figs. 5A y 5B son gráficos en los que se exponen las relaciones que deben ser resueltas por los generadores de la Fig. 5;

25  
19.6.73.

414584



La Fig. 6 es un diagrama esquemático y funcional en el que se exponen los medios adecuados para producir la señal de referencia de fuerza de flexión; y

5 La Fig. 7 es un diagrama esquemático del generador 290 de referencia de la fuerza de flexión de la Fig. 2.

10 Se hace ahora referencia a la Fig. 1, en la cual se ha representado un sistema en el que se emplea el presente invento, en forma de diagrama de bloques. El sistema incluye un control 100 de aproximación entre rodillos del tren de laminación que constituye un medio para situar en posición los cojinetes del lado del accionamiento y del lado del operario para el rodillo de respaldo 1. El metal a ser laminado es hecho pasar entre un rodillo de trabajo superior 2 y un rodillo de trabajo inferior 3, la posición de los cuales se controla a través de un rodillo 4 de respaldo inferior. Las presiones de laminación que se originan al trabajar el metal se miden por medios usuales tales como células de carga designadas con las referencias 5-Dr para el lado de accionamiento y 5-Op para el lado del operario, que producen señales Pdr y Pop, respectivamente. Las fuerzas de flexión de rodillo tanto para el rodillo superior 1 como para el rodillo inferior 4, se desarrollan a través de reguladores 110 de posición de servoválvula hidráulica y de carrete de válvula

15  
20  
25  
19.6.73.

414584



la del lado de accionamiento y del lado del operario, los cuales funcionan de una manera usual para desarrollar fuerzas de flexión que son medidas por las células de carga superior e inferior 6 y 7. La relación entre las células de carga y las fuerzas de flexión medidas se expone en el siguiente gráfico:

	<u>CELULA DE CARGA</u>	<u>SEÑAL</u>	<u>REPRESENTACION</u>
10	6-Dr	Bdrt	Fuerza de Flexión Superior; Lado del Accionamiento
	7-Dr	Bdrb	Fuerza de Flexión Inferior; Lado del Accionamiento
	6-Op	Bopt	Fuerza de Flexión Superior; Lado del Operario
15	7-Op	Bopb	Fuerza de Flexión Inferior; Lado del Operario

La altura del rodillo de respaldo inferior 4 se controla a través de reguladores 120 de posición de carrete de válvula y de servoválvula usuales, los cuales reciben las señales de referencia del error de calibre GEdr y GEop, estando representada la posición del rodillo 4 en los lados del accionamiento y del operario por las células de carga 8-Dr y 8-Op, respectivamente. Las señales de posición del lado de accionamiento y del lado del operario se designan con las referencias

25  
19.6.73.

414584

16



Qdr y Qop, respectivamente. Se comprenderá que aunque la  
señal real producida por las pilas piezoeléctricas 8 pue  
de ser representativo de la fuerza de colocación en posi  
ción, es fácilmente convertida en una representación de  
5 posición tal como aquí se emplea. Los dispositivos de  
control 110-Dr y 110-Op reciben señales de error de fuer  
za de flexión del lado del accionamiento y del lado del  
operario BEdr y BEop, respectivamente, las cuales son  
producidas por el sistema 200 de control de la fuerza  
10 de flexión del rodillo de respaldo. 110-Dr y 110-Op res  
ponden a BEdr y BEop permitiendo que fluya aceite hacia  
dentro o hacia fuera de los cilindros de flexión hasta  
que BEdr y BEop son iguales a cero.

El sistema 200 recibe las señales de fuer  
15 zas de laminación y de flexión medidas anteriormente men  
cionadas, así como representaciones de las siguientes:  
abombamiento deseado (C); abombamiento del rodillo (Cr);  
anchura de plancha (Wp); diámetro del rodillo (Dbu); y  
fuerza de laminación inicial estimada (Pe).

20 Además de proporcionar las señales de re  
ferencia de flujo de aceite del lado del accionamiento y  
del lado del operario para los dispositivos de control  
110, el sistema 200 proporciona también ciertas señales  
utilizadas en el sistema 300 de control de corrección  
25 del calibre. En particular, se produce una señal "Bref"  
19.6.73.

414584

(la fuerza de flexión requerida para el rodillo) la cual constituye la base para desarrollar señales BEdr y BEop anteriormente mencionadas y la señal MGb representa un factor que, cuando se multiplica por "Bref", permite que el sistema 300 compense las variaciones de calibre originadas por la fuerza de flexión prevista. El sistema 300 recibe además una señal Pt de fuerza de flexión total correspondiente a la suma de las señales Pdr y Pop anteriormente mencionadas y las señales V y NCyl que se definen en lo que sigue, las cuales se usan en el control de corrección del calibre. El sistema 300 recibe además señales Pdr y Pop directamente, así como representaciones de la anchura de plancha (Wp) y del diámetro del rodillo (Dbu). Se utiliza una señal representada como "LEVEL" (NIVEL) para permitir el ajuste del rodillo 4 en una posición horizontal. Las señales GEdr y GEop de corrección del calibre se aplican a los dispositivos de control 120-Dr y 120-Op, respectivamente, para producir la colocación en posición del rodillo 4 a través de cilindros de empuje adecuados.

Se hace ahora referencia a la Fig. 2 para una descripción más específica de los sistemas de control 200 y 300. El sistema 200 de control de la fuerza de flexión incluye medios 210 para generar un factor MGb de ajuste del diámetro del rodillo como función de

25  
19.6.73.

414584



una representación de entrada del diámetro del rodillo (Dbu). La señal MGb se aplica a los generadores de constante elástica 220 y 230 que producen señales Mcb y Mcp como función de la señal MGb y una representación de la anchura de la plancha (Wp). Las señales de fuerzas totales de laminación y de flexión Pt y Bt producidas a través de los circuitos de sumación 240P y 240B, respectivamente, se usan en un generador 250 de error de abombamiento para producir una señal Ce de error de abombamiento. El generador 250 recibe una señal Pe de fuerza de laminación inicial estimada, a través de un conmutador SIS para simular la presencia de la flexión debida a la carga de laminación antes de que el metal entre en el tren de laminación para así permitir el establecimiento de fuerzas iniciales antes de que se inicie la laminación real. El conmutador SIS representa por lo tanto el hecho de que el metal está en el tren de laminación y, una vez cerrado, presenta la señal Pt al generador 250 en vez de la estimación inicial Pe. La señal Ce de error de abombamiento es generada de una manera que se describe más específicamente en lo que sigue y es aplicada a un circuito 260 de banda muerta, el cual excita a un integrador proporcional 270 que proporciona la señal de salida Bref. Se puede prescindir de la banda muerta en algunos casos, dependiendo de las características del tren

5  
10  
15  
20  
25  
19.6.73.

414584



de laminación. La señal Bref es limitada por un limitador 280 de fuerza de flexión, el cual recibe una representación de la fuerza máxima y señal Pt. Los componentes hasta aquí descritos son los incluidos en el sistema 200. Se comprenderá que aunque se han usado términos considerados en general como analógicos, las diversas funciones de los componentes que se acaban de describir pueden ser igualmente ejecutadas con un ordenador digital con una lógica conexasionada, o con un ordenador programado.

El sistema de control 200 incluye también al 290, el control de fuerza B (véase la Fig. 7) para los lados del accionamiento y del operario. 290 tiene dispositivos de control de fuerza B individuales 293 para el lado del accionamiento y 296 para el lado del operario. El dispositivo de control 293 para el lado del accionamiento adapta la media de las dos señales de fuerza de flexión de rodillo Bdrb (291) y Bdrf (292) a la referencia de fuerza de flexión de rodillo Bref, tal como es modificada por el reostato 294. La diferencia es el error BEdr de fuerza de flexión para el lado de accionamiento. BEdr es la referencia de flujo de aceite o de posición del carrete para el regulador de posición del carrete de la servoválvula hidráulica del lado de accionamiento 110-DR. El carrete de válvula 110-DR es situado en posición.

19.6.73.

414584



ción proporcional a BEdr para controlar el flujo de acei  
te hacia dentro o hacia fuera del cilindro de flexión  
del rodillo tal como viene determinado por la polaridad  
de BEdr. El flujo de aceite resultante hace variar a  
5 Bdrb y Bdrt hasta que la fuerza media se hace igual a  
Bref y se tiene que BEdr = 0. La operación del lado del  
operario es la misma. Los reostatos 294 y 295 permiten  
efectuar la compensación de Bref para desplazar el cen-  
tro del abombamiento del rodillo en lo que se requiera  
10 para equilibrar el tren de laminación.

Se utiliza la señal Bref tanto en el ge-  
nerador de referencia 290 como en el generador 310 de co  
rrección de calibre para fuerza de flexión el cual forma  
parte del sistema 300. La señal Gcb producida por el gene  
15 rador 310 se combina con señales V y NCyl en un circuito  
sumador 320, produciendo una señal designada con la refe  
rencia  $Q_0^{\oplus}Ms$ . La señal  $Q_0^{\oplus}Ms$  es la referencia de posi-  
ción básica para los cilindros de laminación inferiores  
para un tren de laminación vacío. El término Ms es un  
20 factor que se usa para multiplicar una representación de  
una fuerza para convertirla en una medida de posición.  
Por consiguiente, las señales Qdr y Qop son también multi-  
plicadas por el factor Ms para convertir la medida de  
fuerza en una señal de posición. Se comprenderá que si  
25 se utilizan transductores para la función de 8-Dr y

19.6.73.

414584



8-Op de la Fig. 1 donde es posible una representación directa de la posición, deja ser necesaria la multiplicación por el factor Ms.

5 La señal NCyl representa la posición de cilindro nominal en calibración y puede ser considerada como una posición de referencia inicial, mientras que la señal V representa la variación del espacio de separación entre rodillos debida a las variaciones en el grueso de la película de aceite en los cojinetes originadas por la velocidad del tren de laminación y por la fuerza de lami-  
10 nación. La variación en el espacio de separación entre rodillos se produce principalmente debido a que el grueso de la película de aceite en el cojinete aumenta en función del aumento de la velocidad y disminuye al aumen-  
15 tar la fuerza de laminación. Se utilizan señales de "LEVEL" (NIVEL) y  $Q_0^{Ms}$  juntamente con señales Qdr y Qop en el generador 330 para producir señales de diferencia del lado del accionamiento y del lado del operario DQdr y DQop. Estas señales de diferencia representan el cam-  
20 bio de posición respecto a las posiciones reales medidas de los cilindros y la posición para corregir por los fac- tores introducidos en el circuito de sumación 320. Tam- bién se debe efectuar la corrección de calibre para las variaciones de estiramiento en el tren de laminación,  
25 tanto en el lado de accionamiento como en el lado del  
19.6.73.

414584



operario. Por consiguiente, se han previsto generadores 340dr y 340op, que los dos reciben una señal MGp que representa una constante elástica para la fuerza de laminación como la producida por el generador 360. La constante elástica MGp es producida como función tanto de la anchura del fleje (Wp) como del diámetro del rodillo (Dbu) y se usa para permitir la conversión de las señales medidas de fuerza de laminación real en variaciones del espacio de separación entre rodillos. Una variación en el estiramiento del tren de laminación durante la laminación viene representada por señales de diferencia (DPdr para el lado de accionamiento y DPop para el lado del operario), las cuales se combinan con las correspondientes señales de cambio de posición producidas por el generador 330 en un circuito de sumación adecuado 350. Por consiguiente, los circuitos 350dr y 350op son los dispositivos de control del error de calibre y producen señales GEdr y GEop, respectivamente, como se observará en la Fig. 1. Para laminar metal con un grueso constante, se deben equilibrar las variaciones en DPdr y DPop mediante cambios en DQdr y DQop respectivamente, para mantener un espacio de separación entre rodillos constante.

Puesto que la exposición que se ha hecho se refiere a la manera en la cual se produce la señal Bref, la descripción detallada que sigue se refiere únicamente a la manera en la cual se produce la señal Bref.

19.6.73.

414584



5 camente a la estructura del sistema de control 200. Los  
detalles específicos en cuanto a formas adecuadas de cir-  
cuitos para proporcionar las funciones del sistema 300,  
se encuentran en la Patente antes mencionada. Aunque el  
sistema de control de la fuerza de flexión del presente  
invento se ha desarrollado para uso específico con el  
sistema de la Solicitud pendiente de tramitación, se  
comprenderá que puede igualmente emplearse con cualquier  
sistema de control de corrección del calibre de la forma  
10 general ilustrada en la Fig. 2.

Se hace ahora referencia a las Figs. 3A y  
3B para una descripción general en cuanto a la relación  
entre el abombamiento y las diversas fuerzas que inter-  
vienen en el sistema. En la Fig. 3A las fuerzas en el  
15 rodillo 1 se han representado mediante las señales ante-  
riormente definidas con referencia a la Fig. 1. Por con-  
siguiente, las presiones o fuerzas de laminación del la-  
do del accionamiento y del lado del operario Pdr y Pop se  
han representado como aplicadas a cojinetes interiores,  
20 y las fuerzas de flexión superiores en los lados del ac-  
cionamiento y del operario Bdr y Bopt se han ilustrado  
como aplicadas a los respectivos cojinetes exteriores.  
Por lo que se refiere al abombamiento, el efecto de las  
fuerzas Pdr y Pop es el de desarrollar una desviación  
25 del abombamiento en la dirección de la fuerza de lamina-

19.6.73.

414584

16



ción total  $P_t$  ilustrada en la Fig. 3A. Así, como se ha  
indicado en la Fig. 3B, si la fuerza de flexión  $B$  es igual  
a cero, el abombamiento se convierte en una función de  
solamente la fuerza de laminación. Por otra parte, si la  
5 fuerza de laminación  $P$  es igual a cero, entonces el abom-  
bamiento se convierte en función de solamente la fuerza  
de flexión. En este caso podría considerarse el abomba-  
miento negativo donde el calibre en el centro del fleje  
sea menor que en los bordes. Se ha trazado una línea  
10 recta para representar el abombamiento cero cuando el  
control necesario para obtener tal resultado debe ser  
función tanto de las fuerzas de flexión como de las  
fuerzas de laminación.

A fin de proporcionar la corrección apro-  
15 piada del abombamiento como función de las fuerzas de  
flexión y de laminación, han de determinarse constantes  
elásticas que relacionen la variación del abombamiento  
del rodillo con las fuerzas de laminación y de flexión,  
tal como se expone en las Figs. 5A y 5B. Las expresio-  
20 nes matemáticas exactas correspondientes a estas rela-  
ciones son bastante complicadas y esta exposición se re-  
fiere a los medios de utilización práctica para obtener  
las constantes elásticas con la precisión requerida por  
el proceso de laminación. Aunque las ecuaciones exactas  
25 difieren, un estudio de estas curvas características del  
19.6.73.

414584



5           tren de laminación reveló que era posible una simplifica  
ción dentro de la precisión requerida. El factor que se  
ha encontrado que es común a las constantes elásticas pa  
ra las fuerzas, tanto de laminación como de flexión, pa  
ra la flexión del rodillo es la variación de pendiente  
como función del diámetro del rodillo de respaldo. Tam  
bién se comprobó que podía usarse el mismo factor para  
expresar la relación entre la fuerza de flexión del ro  
dillo y la contracción del espacio de separación entre  
10 rodillos como función del diámetro del rodillo de res  
paldo, como se ha ilustrado en la Fig. 4A. La pendiente  
de estas curvas es

$$15 \quad M_{gp} = \frac{\text{contracción del espacio de separación entre ro-} \\ \text{dillos}}{\text{fuerza de flexión en el rodillo}}$$

Por consiguiente, la solución específica del presente in  
vento consiste en desarrollar un factor común de ajuste  
del diámetro del rodillo en el generador 210 ilustrado  
en la Fig. 4, donde se puede utilizar este factor para  
ajustar ambas constantes  $M_{cp}$  y  $M_{cb}$  como función del diá  
metro y que proporciona además un factor de referencia  
20 adecuado para uso en el generador 310 del sistema 300,  
como se estudia más detenidamente en la Patente antes  
citada. Se considerará primeramente el desarrollo del  
factor de ajuste del diámetro del rodillo con referencia  
25

19.6.73.



414584



tes  $K_a$  y  $K_c$  sustituyendo los valores de la pendiente para  $M_{Gb}$  como sigue:

$$1 = K_a - K_c^{0.80}$$

$$1,275 = K_a - K_c^{0.75}$$

5  $K_c = 0,055$

$$K_a = 5,4$$

En la Fig. 4 se ha representado un circuito analógico para desarrollar el factor  $M_{Gb}$ , pero se comprenderá que se puede usar un ordenador digital para la misma finalidad y que se puede requerir una relación más precisa en algunos trenes de laminación para compensar las variaciones no lineales debidas al diámetro del rodillo.

El generador 210 de la Fig. 4 se ha representado incluyendo un convertidor 211 de digital a analógico, el cual recibe una representación digital del diámetro del rodillo y produce la señal  $Dbu$  aplicada a un potenciómetro 212 que proporciona el término  $K_c^{Dbu}$ , el cual se aplica a un amplificador de sumación de inversión 214. El amplificador 214 recibe también una representación de  $-K_a$  desde un potenciómetro 213 y, después de sumar e invertir, produce la señal  $M_{Gb}$ .

Las curvas para las constantes elásticas  $M_{Cp}$  y  $M_{Cb}$  en las Figs. 5A y 5B se han desarrollado a partir de un tren de laminación típico. En cada caso se

25  
19.6.73.

414584



usan las curvas correspondientes a 203,2 cm de diámetro como curvas de referencia y se encuentra que las relaciones de los valores específicos de las constantes elásticas para los diferentes diámetros de los rodillos de respaldo con respecto a los valores para 203,2 cm quedan bastante próximos a la línea representada gráficamente en la Fig. 4B. Se ha determinado que se obtienen aproximaciones razonables para estas constantes de elasticidad mediante las siguientes ecuaciones:

5

10

$$MCp = MGb^{\oplus} K80 (Wp - 30)$$
$$MCb = MGB^{\oplus} K80' (Wp^2) ,$$

15

20

25

19.6.73.

donde K80 y K80' son los factores de pendiente de referencia para MCp y MCb respectivamente, de modo que el valor anteriormente obtenido de MGb se puede usar como factor de corrección del diámetro de rodillo. Se comprueba que MCp es una función aproximadamente lineal de la anchura de la plancha (Wp) y se comprueba que MCb es una función de la anchura de la plancha elevada al cuadrado (Wp<sup>2</sup>). En la Fig. 5 se ha ilustrado un diagrama esquemático de los generadores 220 y 230 que producen las señales de constantes elásticas donde un convertidor 231 de digital a analógico convierte una representación de anchura de la plancha en la señal Wp, la cual es invertida en un amplificador 232. Se produce el término Wp - 30 mediante un amplificador sumador de inversión 233, el

414584



cual recibe una representación de la constante para  
75 cm del potenciómetro 234, y esta se aplica a un  
multiplicador 236, el cual recibe una señal que repre-  
senta  $k80^{\circ}MGB$ , para producir una representación de  
5 la constante elástica  $MCp$ . En el generador 220, un poten-  
ciómetro 222 proporciona  $K80'$  y se produce una represen-  
tación de  $Wp^2$  mediante el multiplicador 221, siendo pro-  
ducida una señal que representa  $MCb$  por un multiplicador  
223. La disposición analógica de la Fig. 5 puede ser sus-  
10 tituída por una digital adecuada equivalente.

Con referencia ahora a la Fig. 6, se ob-  
servará en ella que se aplican señales que representan  
la fuerza de laminación total ( $Pt$ ), la fuerza de flexión  
total ( $Bt$ ), las constantes elásticas  $MCb$  y  $MCp$ , y repre-  
15 sentaciones del abombamiento deseado ( $C$ ) y del abomba-  
miento del rodillo ( $Cr$ ) al generador 250 de error de abom-  
bamiento, el cual produce las señales  $Ce$  de error de abom-  
bamiento de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$Ce = C + Cr + Bt^{\circ}MCb - Pt^{\circ}MCp$$

20 El modo en que esta ecuación puede ser resuelta con un  
circuito ya sea análogo o ya sea digital, o en que pue-  
de ser programada en un ordenador para usos generales,  
será evidente para los expertos en la técnica. La ecua-  
ción del error de abombamiento toma por tanto en conside-  
25 ración todos los factores anteriormente considerados,  
efectuándose el ajuste automático para compensar las va-

414584



riaciones en la anchura de la plancha o en el diámetro del rodillo. La señal Ce es luego aplicada a un circuito 260 de banda muerta adecuado, la salida del cual es aplicada a un integrador proporcional 270, el cual produce la señal Bref. Se puede suprimir en algunos casos la banda muerta dependiendo de las características del tren de laminación. La señal Pt de fuerza de laminación total se aplica también a un limitador 280, la función del cual es la de limitar la representación de la señal Bref a  $2,5 \times 10^6$  kg de fuerza de flexión si la fuerza Pt representa una fuerza igual o menor que  $6,5 \times 10^6$  kg. Cuando la fuerza Pt excede de  $6,5 \times 10^6$  kg se reduce el límite para mantener la fuerza máxima total sobre cualquiera de los cojinetes del rodillo en  $9,1 \times 10^6$  kg. Estos valores cambian para los diferentes trenes de laminación. La función de los circuitos 260, 270 y 280 se puede efectuar a través de circuitos analógicos usuales, o bien puede ser programada en un ordenador digital.

Se usa luego la señal Bref en el circuito de la Fig. 7 para desarrollar las señales de referencia de flexión del lado del accionamiento y del lado del operario donde se ha previsto, mediante el uso de potenciómetros 294 y 295, ajustar las referencias para centrar o compensar el abombamiento según se desee. La señal BEdr es producida por un amplificador de sumación 293, el cual

19.6.73.

414584

29



5 recibe una inversión de la señal Bdrb proporcionada por un amplificador desmultiplicador 291 y una señal Bdrt producida por un amplificador desmultiplicador 292. Se realiza una función similar en el amplificador de suma-  
ción 296, el cual recibe una inversión de la señal Bopb a través de un amplificador 297 y la inversión de la se-  
ñal Bopt a través de un amplificador de inversión 298.  
110-Dr y 110-Op regulan el flujo de aceite a los cilindros de flexión de modo que BEdr y Beop se hacen nulos.

10 La presente solicitud, que corresponde a la presentada en los Estados Unidos de América, el 10 de Mayo de 1972, bajo el número 251.961, se acoge a los beneficios del artículo 51 del vigente Estatuto sobre Propiedad Industrial.

15

- REIVINDICACIONES -

20

Los puntos de invención propia y nueva que se presentan para que sean objeto de esta solicitud de Patente de Invención en España, por VEINTE años, son los  
25 que se recogen en las reivindicaciones siguientes:

26-8-75

- 25 -

29 AGO. 1975



414584

1ª.- Un sistema de control de tren de laminación para control de calibre y abombamiento de plancha, en el que el control de calibre proporciona una señal de fuerza de laminación medida, comprendiendo el sistema:

5 primeros medios para medir las fuerzas de flexión de los rodillos y producir las correspondientes señales de fuerza de flexión; y segundos medios sensibles a señales de entrada que representan el abombamiento deseado, el abombamiento del rodillo, la anchura de plancha y el diámetro

10 del rodillo, y a dichas señales de fuerza de laminación y de fuerza de flexión, incluyendo dichos segundos medios generadores de constantes elásticas para fuerzas de laminación y de flexión sensibles a representaciones de la anchura de plancha y del diámetro del rodillo para producir correspondientes señales de constantes elásticas para fuer-

15 zas de laminación y de flexión, e incluyendo además un generador de señal de error sensible a dichas representaciones de entrada de abombamiento deseado y de abombamiento del rodillo y a dichas señales de constantes elásticas y

20 a dichas señales de fuerzas de laminación y de flexión, para producir una señal de error que representa la variación en la fuerza de flexión requerida para obtener plancha con el abombamiento deseado.

2ª.- Un sistema según la reivindicación 1ª, en el cual dicha señal de error es integrada proporcionalmen

A handwritten signature in black ink, consisting of several stylized, overlapping loops and lines.



te para producir una señal de referencia de fuerza de flexión correspondiente a la fuerza de flexión requerida para obtener el abombamiento deseado.

5           3ª.- Un sistema según la reivindicación 2ª, en el cual se ha incluido un limitador de fuerza de flexión sensible a una representación de la fuerza de laminación total para limitar dicha señal de referencia de fuerza de flexión para impedir que el total de fuerza de laminación y de fuerza de flexión exceda de un límite pre-

10           4ª.- Un sistema según las reivindicaciones 1ª, 2ª o 3ª en el cual dichos segundos medios incluyen medios para producir una señal de factor de ajuste del diámetro del rodillo, la cual se usa en los medios que producen dichas señales de constante eléctrica para ajustar di-

15           chas señales para variaciones en el diámetro del rodillo.

20           5ª.- Un método para controlar las fuerzas de flexión en un tren de laminación para obtener un abombamiento de plancha deseado, que comprende las operaciones de: convertir las señales de entrada de anchura de plan-

25           cha y de diámetro del rodillo en señales de constante elástica para fuerzas de laminación y de flexión; generar una señal de error como función de las señales de entrada de abombamiento deseado y de abombamiento del rodillo, y del producto de la fuerza de laminación por la señal de constante elástica para la fuerza de laminación más el produc

41458 4 29 AGO 1975



to de la fuerza de flexión por la señal de constante elástica para la fuerza de flexión, para producir una señal de referencia de fuerza de flexión.

5 6ª.- Un método según la reivindicación 5ª, en el cual las dos señales de constante elástica citadas son producidas como función de una señal que representa un factor de ajuste del diámetro del rodillo.

10 7ª.- Un método según la reivindicación 6ª, en el cual dicha señal de constante elástica para fuerza de laminación se genera como una función de dicha señal de factor de ajuste del diámetro del rodillo y de una señal que representa la anchura del fleje a ser laminado.

15 8ª.- Un método según la reivindicación 6ª, en el cual dicha señal de constante elástica para fuerza de flexión se genera como función de dicha señal de factor de ajuste del diámetro del rodillo y del cuadrado de una señal que representa la anchura del fleje a ser laminado.

20 9ª.- Un método según la reivindicación 5ª, que comprende las operaciones de generar señales de corrección de fuerzas de laminación y de flexión; combinar dichas señales de corrección de fuerzas de laminación y de flexión con representaciones del abombamiento deseado y del abombamiento del rodillo para producir una señal de error, integrar dicha señal de error para producir una señal de referencia de fuerza de flexión; y utilizar dicha señal de re-

25

414584

29 AGO 1975



ferencia de fuerza de flexión para controlar la flexión del rodillo.

5 10ª.- Un método según la reivindicación 9ª, según el cual la señal de corrección de fuerza de laminación se produce como función del producto de la fuerza de laminación medida por una señal de constante elástica para fuerza de laminación, y la señal de corrección de la fuerza de flexión se produce como función del producto de la fuerza de flexión por una señal de constante elástica para fuerza de flexión.

10 11ª.- Un método según la reivindicación 10ª, en el cual dicha señal de constante elástica para fuerza de laminación se produce como función de la anchura de la plancha y del diámetro del rodillo.

15 12ª.- Un método según la reivindicación 11ª, en el cual dicha señal de constante elástica para fuerza de flexión se produce como función de la anchura de plancha elevada al cuadrado y del diámetro del rodillo.

20 13ª.- Un método según la reivindicación 12ª, en el cual la función del diámetro del rodillo usada para obtener las dos señales de constante elástica citadas, se produce como una función lineal del diámetro del rodillo, basada en una función del diámetro del rodillo de referencia.

25 14ª.- Un sistema y un método de control de tren

26-8-75

414584

29 AGO 1975



de laminación.

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

5

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

Madrid,  
P.A.

29 AGO. 1975

10

Alberto de Eizaburu  
Por Poder.

26-8-75  
jui

414584

25 A60 119  
MAY 19 1919

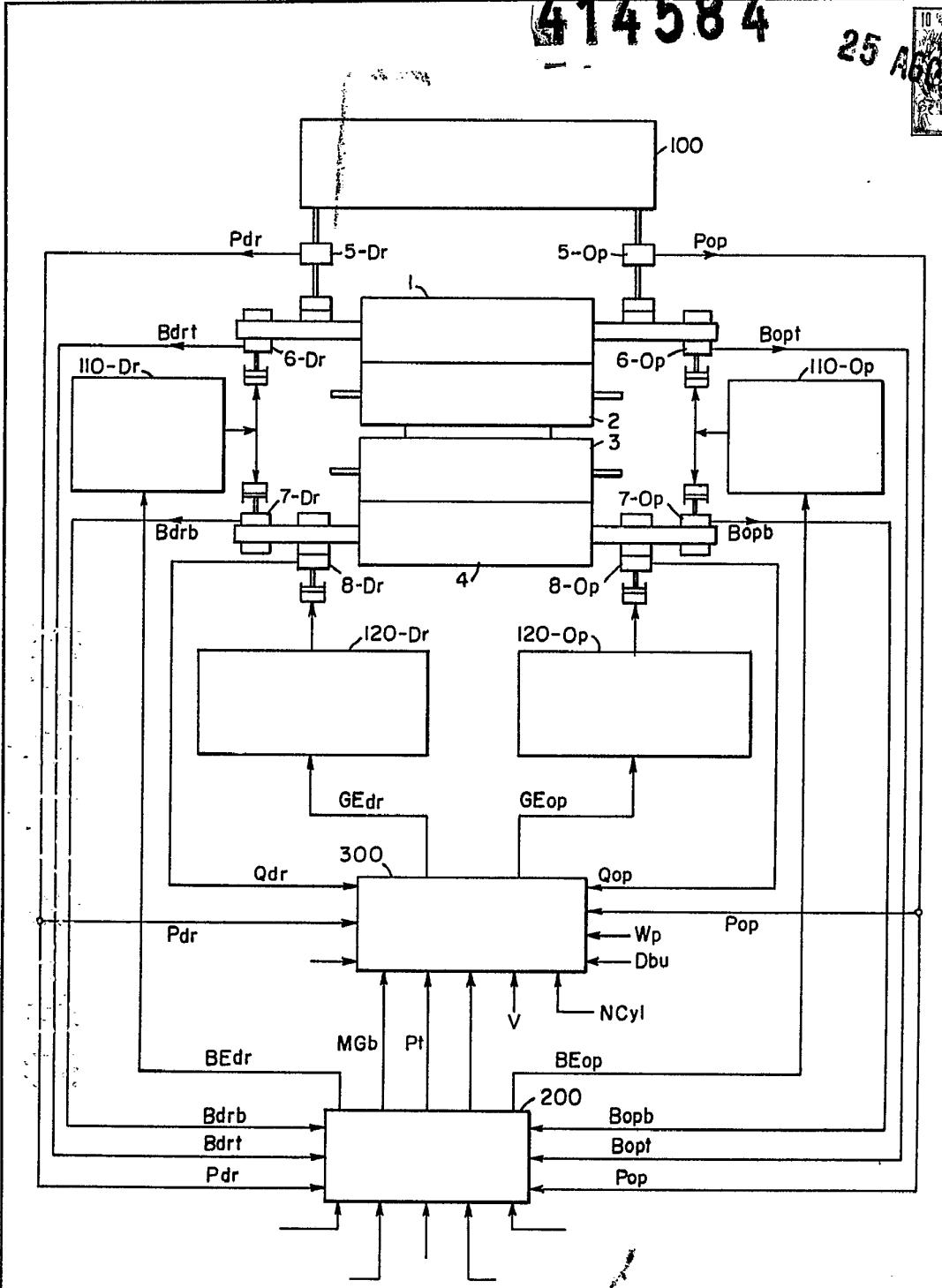


FIG. I.

Albert de Elzaburu  
Per. Patent

414584

25 APR 1978

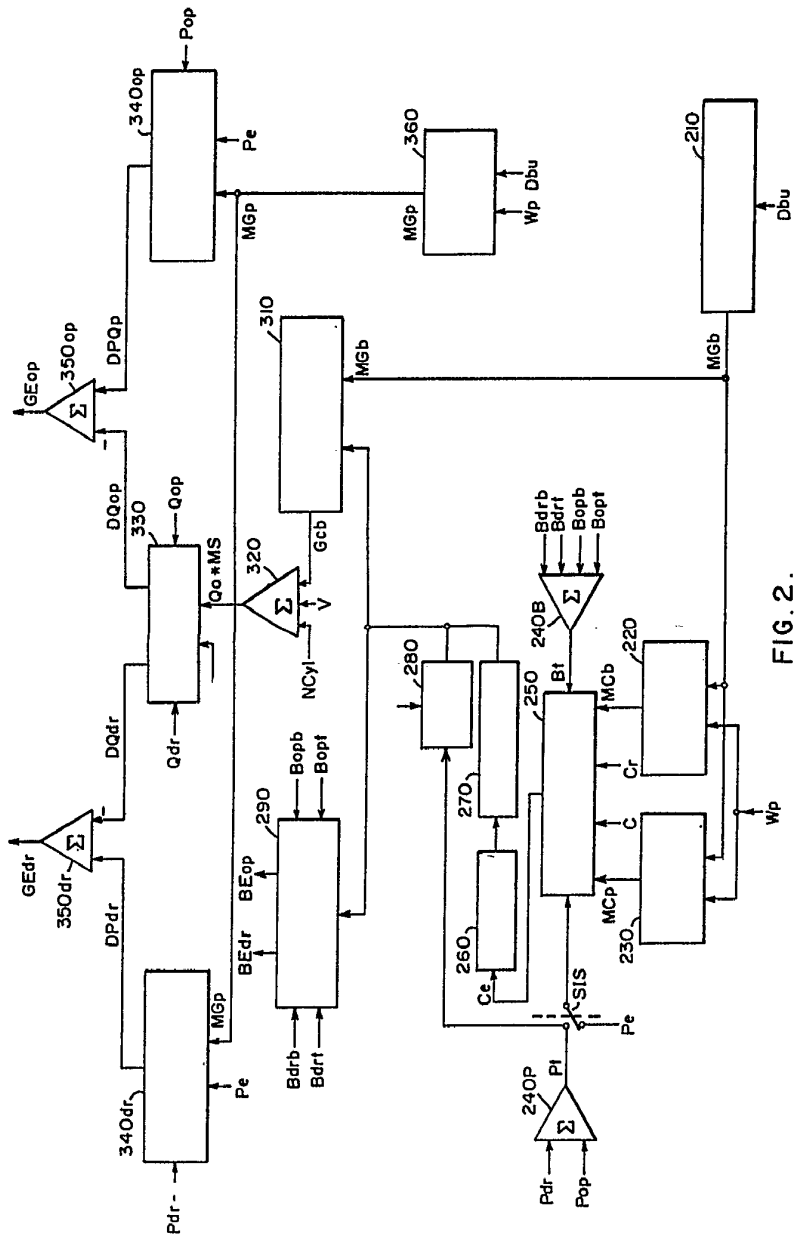


FIG. 2.

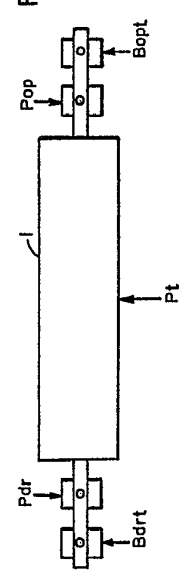


FIG. 3A

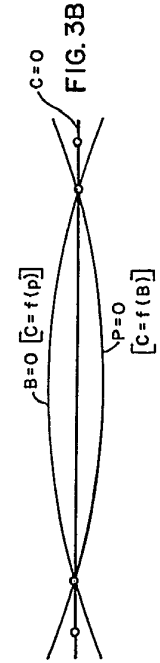


FIG. 3B

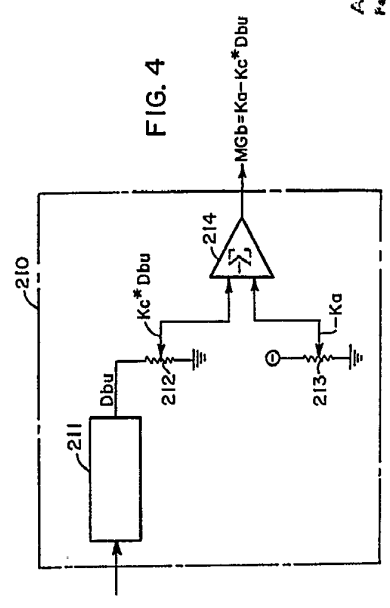
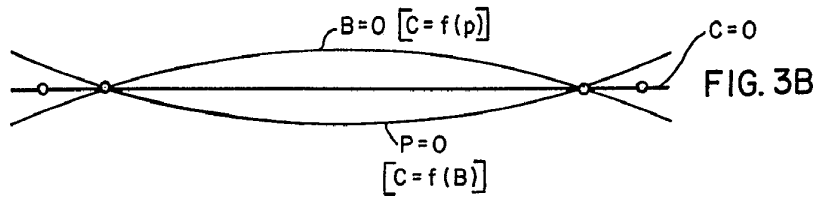
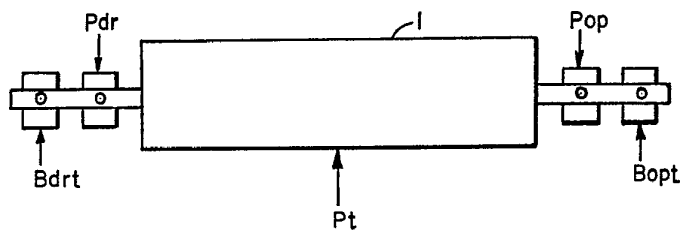
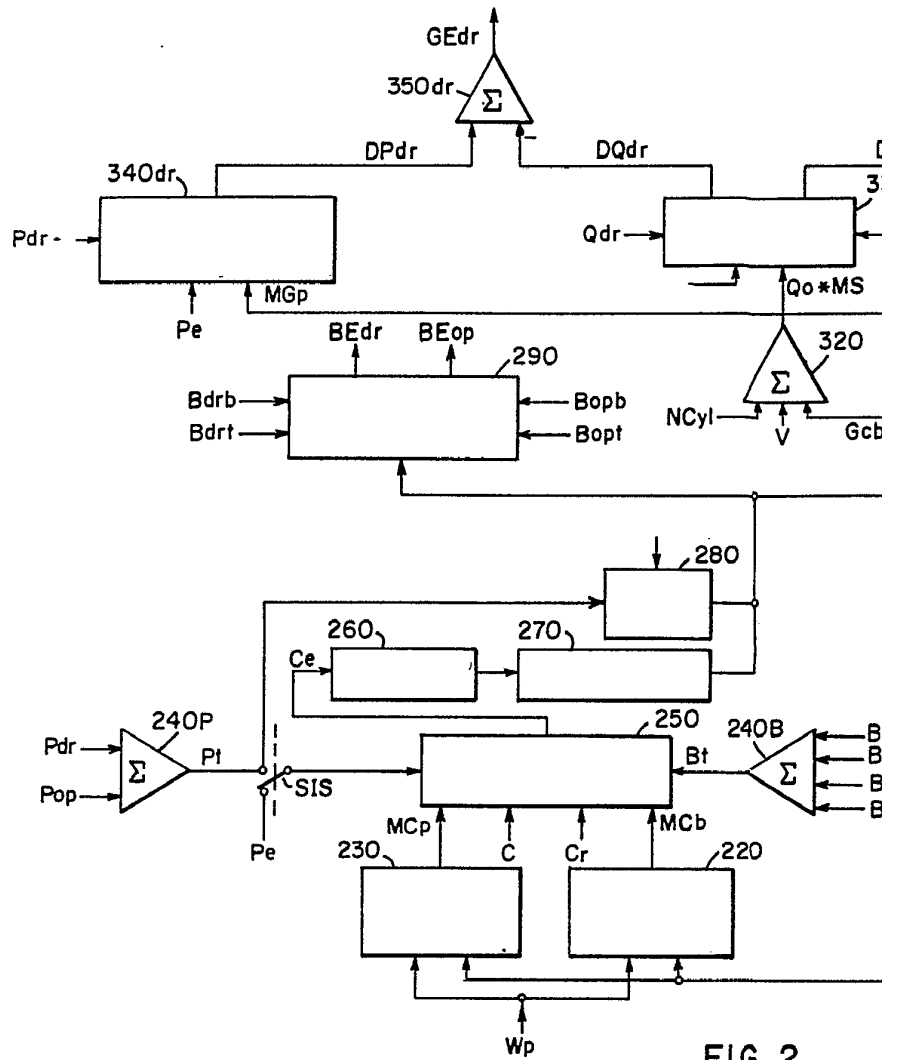


FIG. 4

AVG  
P. C. EISENBERG  
ELECTRIC

414584



414584

25

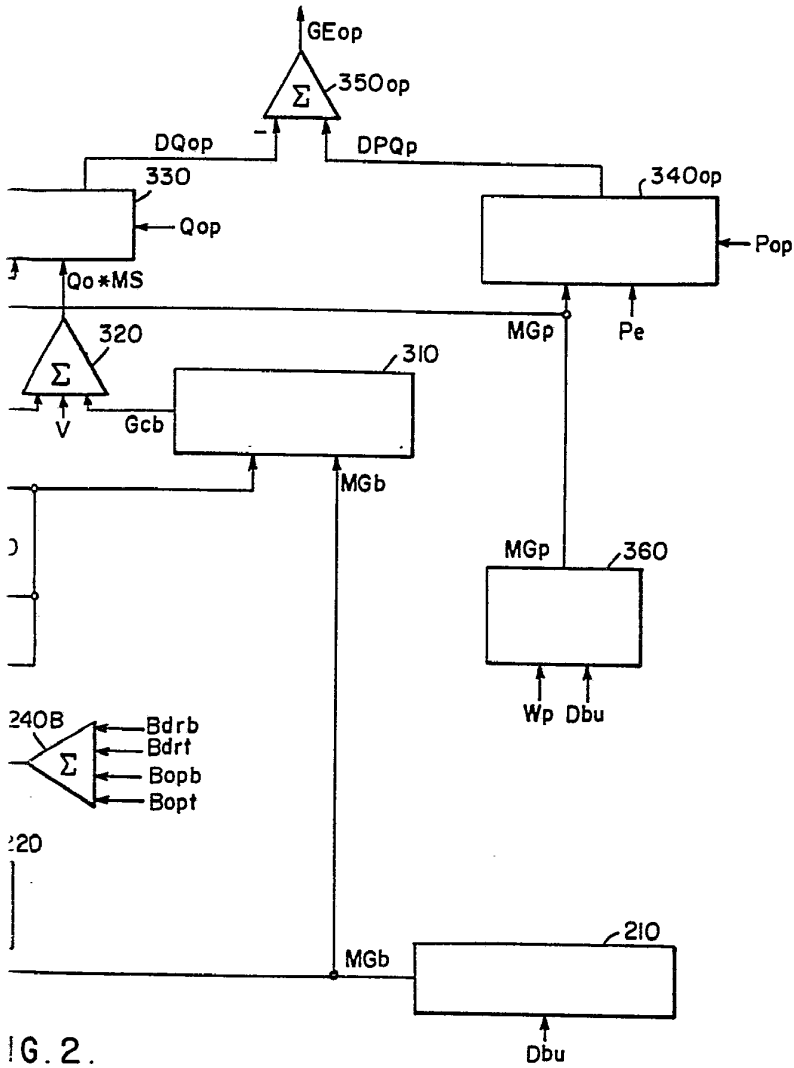


FIG. 2.

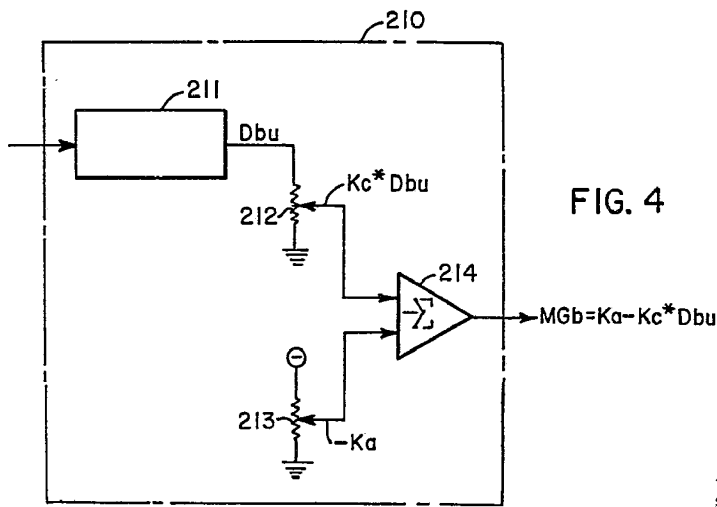


FIG. 4

Alfonso de Elizabete  
 S. de Ingenieros

414584



Bref  
Kgs. 10<sup>4</sup>

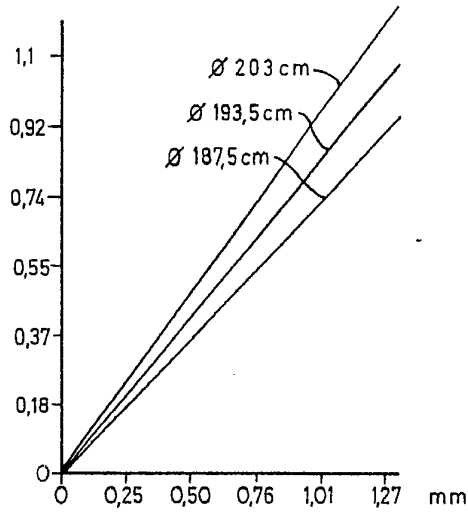


FIG. 4A

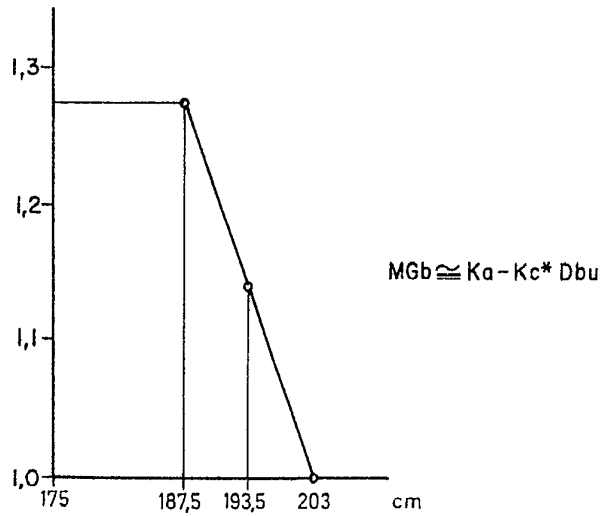
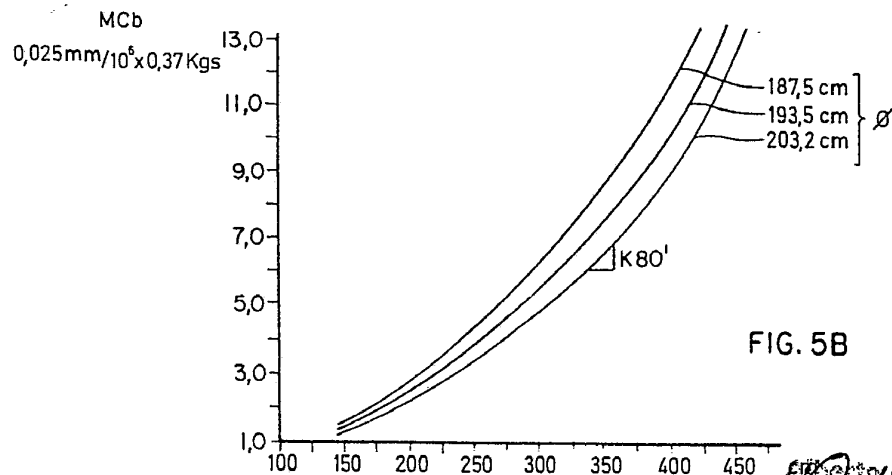
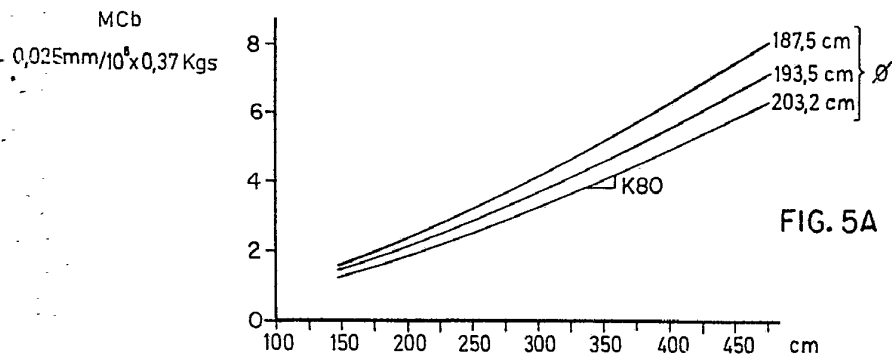
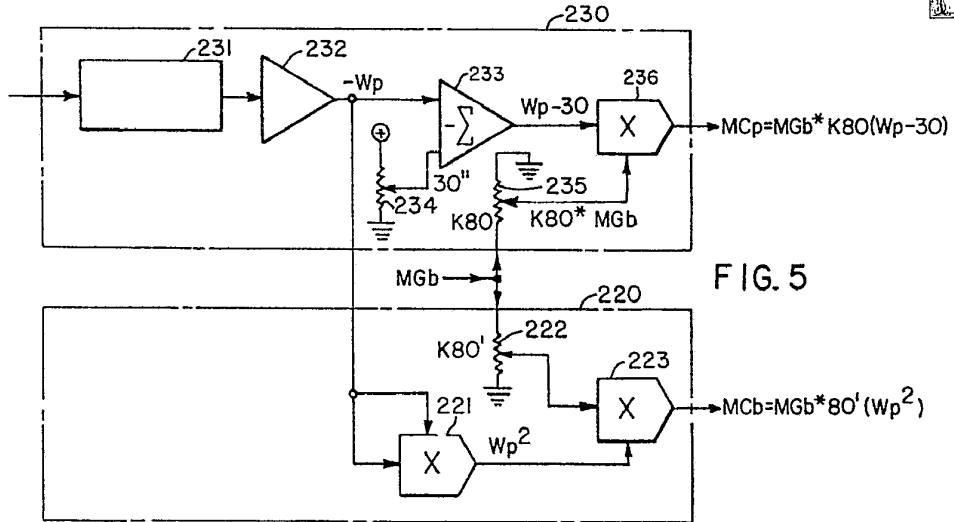


FIG. 4B

*[Handwritten signature]*

414584



Alberto de Elizaburu  
P. Poder.

414584

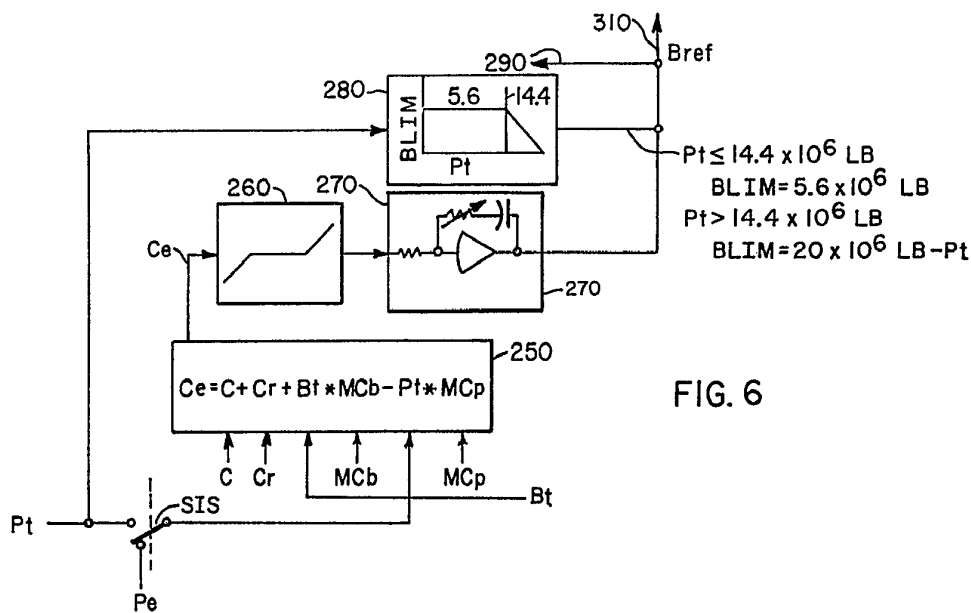


FIG. 6

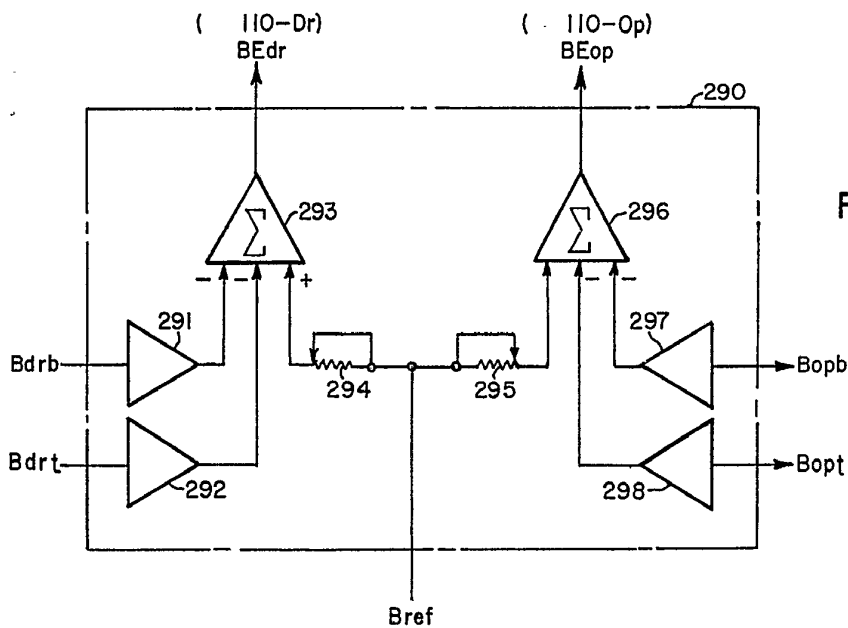


FIG. 7

Alfonso de Vizcarra  
Pat. Pending