



19 ES 21 10 A1
NUMERO 45293
FECHA DE PRESENTACION 18 de Febrero 1976

1 JUL. 1977

PATENTE DE INVENCION

30 PRIORIDAD DE	31 NUMERO	32 FECHA	33 PAIS
	P 25 07 840.4	24 Febrero 1975	República Federal Alemana

47 FECHA DE PUBLICIDAD	51 CLASIFICACION INTERNACIONAL	62 PATENTE DE LA QUE ES DIVISIONARIA
	F 27 B	

64 TITULO DE LA INVENCION

"PROCEDIMIENTO Y APARATO DE REGULACION PARA PROCESOS DE CALCINACION, EN ESPECIAL PARA LA PRODUCCION DE CEMENTO EN HORNOS ROTATORIOS DE TUBO"

71 SOLICITANTE (S)

KLÖCKNER-HUMBOLDT-DEUTZ AKTIENGESELLSCHAFT

DOMICILIO DEL SOLICITANTE

5 Köln 80, Deutz-Mülheimer-Strasse 111 - República Federal Alemana

72 INVENTOR (ES)

1) Ing. Gernot Jäger	4) Prof.Dr.-Ing. Heinrich Rake
2) Dipl.-Ing. Hubert Wildpaner	5) Dr.-Ing. Lutz Pütter
3) Ing. Horst Herchenbach	6) Dr.-Ing. Heinrich Lepers

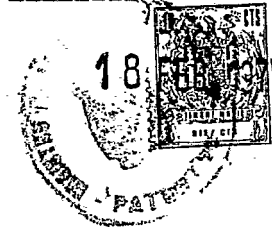
73 TITULAR (ES)

KLÖCKNER-HUMBOLDT-DEUTZ AKTIENGESELLSCHAFT

74 REPRESENTANTE

D. PABLO AGUDO OBREGON

H 75/2



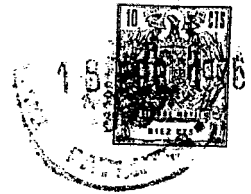
P A T E N T E D E I N V E N C I O N

"PROCEDIMIENTO Y APARATO DE REGULACION PARA PROCESOS DE CAL-
CINACION, EN ESPECIAL PARA LA PRODUCCION DE CEMENTO EN HOR-
NOS ROTATORIOS DE TUBO".

Memoria descriptiva

El invento se refiere a un procedimiento de regulaci6n
para procesos de calcinaci6n, en especial la calcinaci6n de mi-
nerales calizos en estado de polvo en bruto, para la obtenci6n
de cemento clinker en un horno rotatorio de tubo por medio de un
5 combustible, bajo alimentaci6n de aire u oxigeno, precalentando
el gas de escape el polvo en bruto, y el material calcinado el

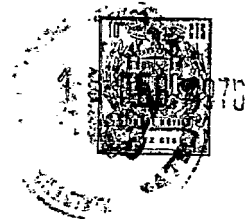




aire de combustión, y en los que las cantidades agregadas de material en bruto y de combustible, la temperatura del aire de combustión y del gas de escape, así como la composición del gas de escape y otras magnitudes del proceso se miden continuamente y, en parte, se regulan.

En la producción de cemento es conocido, por ejemplo, por la solicitud de patente alemana publicada nº 2.224.049, regular el proceso de calcinación con ayuda de magnitudes del proceso de calcinación que se consideren favorables, tales como, por ejemplo, la velocidad de rotación del horno, la cantidad de combustible y la temperatura del material en el horno, y realizar los procesos de regulación con ayuda de reguladores o de una calculadora de proceso. Ahora bien, se desatiende a este particular la influencia de otras magnitudes del proceso no tenidas en cuenta, de modo que la regulación del proceso de calcinación es tan solo incompleta. Consecuencias de ello son, entre otras cosas, variaciones de calidad y un aprovechamiento insuficiente del combustible.

En la regulación de procesos de fusión, en especial en la regulación del proceso de alto horno, es conocido -por ejemplo, a base del "Journées Internationales de Sidérurgie 1970- regular el proceso de fusión con ayuda del cálculo del consumo total de calor, considerándose el consumo total de calor como valor característico del proceso, Ahora bien, este tipo de regulación presupone que exista una zona isotérmica en la parte central del horno, y además que el proceso discorra casi



de manera estática, lo mismo que en el proceso de alto horno. Unicamente entonces puede ser tomado el consumo total de calor como valor característico para la regulación del proceso. Para
35 procesos de calcinación discurrentes de manera más rápida, especialmente en hornos rotatorios de tubo, y en los que, a diferencia del comportamiento estático de un alto horno, se desarrollan procesos dinámicos, no es el consumo total de calor aplicable en calidad de valor característico conforme al estado
40 actual de la técnica.

El invento se ha propuesto presentar un sistema amplio de regulación para procesos de calcinación, que en especial reduzca el consumo total de calor del proceso de calcinación, y mejore la calidad de los productos calcinados.

45 El problema se resuelve conforme al invento, por el hecho de que a base de los valores individuales del proceso de calcinación medidos de manera continua, se forma un valor característico que describa el estado del proceso, en especial la oferta de calor, regulándose con su ayuda el proceso de calcinación. De manera ventajosa se consigue con ello tener a disposición
50 una regulación que permite una referencia directa respecto al consumo total de calor de la instalación, sin adolecer en cambio de los errores e inexactitudes, así como de la inercia de una regulación conforme al consumo total de calor.

55 Como perfeccionamiento del invento está previsto que como valor característico se elija la capacidad técnica de trabajo de los gases de combustión para el proceso de calcinación (energía). Mediante la elección de este valor característico



se tiene en cuenta que el proceso de sinterización es tanto más
60 intenso, mientras más calor se disponga para él, y mientras más
alto sea el nivel de temperatura sobre el que disponga el calor.
Gracias a la elección de la energía como valor característico
para el proceso es posible, por lo tanto, conseguir hacer ópti-
mos la calidad y el consumo total de calor del proceso de cal-
65 cinación .

Como otra mejora está previsto que la capacidad téc-
nica de trabajo de los gases de combustión para el proceso de
calcínación (energía) sea mantenida constante a un valor nominal
predeterminado. De manera ventajosa se consigue con ello que,
70 con ayuda del valor característico, se pueda introducir una re-
gulación normal de los valores efectivo y nominal del proceso
de calcínación, pudiendo la regulación del proceso de calcina-
ción tener lugar conforme a principios normales de regulación.

De acuerdo con otro perfeccionamiento está previsto
75 que, mediante variaciones del valor nominal de la capacidad téc-
nica de trabajo de los gases de combustión (índice de energía),
con relación al caudal, se provoque el mando del proceso de cal-
cínación. Mediante la introducción del índice de energía se po-
ne a disposición, de manera ventajosa, un índice relacionado con
80 la cantidad de material que ha de ser calcinado, y que en cual-
quier momento proporciona información sobre el estado del pro-
ceso de calcínación.

Como otra mejora está previsto que al producirse va-
riaciones de caudal, el régimen de constancia del índice de
85 energía origine un consumo total de calor lo más bajo posible
del proceso de combustión, y que variaciones en la propiedades



del material calcinado sean originadas por variaciones de la energía. Gracias a estas relaciones se consigue de manera ventajosa que el consumo total de calor del proceso de calcinación se vea influenciado directamente por el índice de energía, es decir, por la capacidad técnica de trabajo de los gases de combustión con respecto al caudal, y que las propiedades del material calcinado puedan ser reguladas mediante variaciones del valor nominal de la energía, de modo que sea posible un mando efectivo del proceso de calcinación con ayuda de la energía.

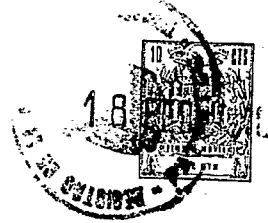
Como perfeccionamiento del invento está previsto que las magnitudes medidas del proceso de calcinación sean ordenadas e introducidas en un aparato destinado a formar un valor característico, que provoque el mando del proceso de calcinación mediante una influenciación del valor característico. Con ello se dispone de manera ventajosa de un aparato de regulación, en el que el valor característico, que describe las magnitudes del estado del proceso, sirve como valor efectivo de un regulador y permite así gobernar el proceso de calcinación con la regulación de los valores efectivo y nominal, usual en reguladores. Al mismo tiempo es ventajoso que el aparato destinado a la formación del valor característico esté conformado a manera de calculadora de proceso con mando por programa, si bien es posible también que se trata de un comparador, sumador, divisor, multiplicador, etcétera, de trabajo analógico u otro cualquiera. La calculadora de proceso puede estar provista a elección de un sistema fijo de tarjetas enchufables, o de una conformación variable de programas.

Para poder introducir en el aparato destinado a la



115 formación de un valor característico y, con ello, en el aparato
de regulación valores que en cualquier caso describan correcta-
mente el estado del proceso, y evitar así errores en la conduc-
ción del proceso, las magnitudes medidas se someten, antes de ser
alimentadas al sistema destinado a la determinación del valor
característico a la regulación, a una verificación de plausibi-
120 lidad, en la que se eliminan valores de medida que resulten incre-
bles, sustituyéndose por valores de medida precedentes o interpo-
lados de otros valores de medida equivalentes, que tengan un con-
tenido similar de información. Ello puede realizarse a elección,
o bien asimismo mediante una calculadora de proceso, o bien por
125 medio de reguladores clásicos que, al ser sobrepasado un límite
predeterminado, excluyen la retransmisión de los valores de me-
dida, o recurren a otros valores.

En un perfeccionamiento del procedimiento de regulación
está previsto que en el aparato destinado a la formación del va-
130 lor característico se introduzcan parámetros de las distintas
cantidades de calor, del nivel de temperatura del proceso, así
como de la corriente de material. Con ello se abarcan de manera
ventajosa las sustanciales cantidades parciales de calor que
caracterizan el proceso de calcinación, así como las magnitudes
135 medidas caracterizantes de la energía, y se ponen a disposición
del aparato destinado a la formación del valor característico,
Gracias a la ventajosa manera de regulación de acuerdo con el in-
vento, resulta posible, mediante variaciones del valor nominal de
la energía, influir directamente en el contenido libre de cal re-
140 sidual del clinker y, en especial, conseguir que gobernando el
índice de energía de manera correspondientemente exacta resulte



posible un mando igualmente exacto del contenido de cal libre y, por consiguiente, una calidad buena del producto, no alcanzable hasta ahora, con un contenido de cal libre exactamente definido en el clinker.

145 Como otra mejora está previsto que el dispositivo analizador esté dotado de un sistema de adaptación, en el que el contenido medido de cal libre sea convertido en el contenido de cal libre producido en la zona de sinterización en el momento de la medición. De este modo se tienen en cuenta de manera ventajosa
150 los tiempos muertos comprendidos entre la formación del clinker y la determinación del contenido de cal libre procedente del clinker. Aparte de esto, la diferencia del contenido libre de cal residual puede ser relacionada con la diferencia del valor característico con respecto a su valor nominal, existente en el momento
155 de producirse la muestra del clinker. Si se establece entonces una relación con el valor nominal del valor característico y la influenciación en la diferencia entre el valor nominal y el valor efectivo, resulta una consideración completa del estado de formación del clinker, con el valor exacto en cuanto a técnica
160 de regulación del contenido de cal libre durante la formación del clinker y su relación con el índice de energía.

 Como perfeccionamiento del procedimiento está previsto que las magnitudes de ajuste para la corriente de combustible y la de polvo bruto sean comparadas con sus valores efectivos, actuando la diferencia de cada caso, a través de un algoritmo de
165 regulación, sobre la corriente de aire de intercambio de calor. Se consigue con ello de manera ventajosa que se produzca una adaptación rápida de la corriente de aire a la corriente de com-



170 bustible. Es ventajosa asimismo que se tenga en cuenta su vez la diferencia existente entre la cifra efectiva de exceso de aire en la cámara de entrada, y su valor nominal.

La tendencia del perfil de temperatura del proceso total y/o de la potencia motriz del horno, varía en forma ventajosa el valor nominal del valor característico. En una tendencia negativa del perfil de temperatura del proceso total y/o de la potencia motriz del horno, por ejemplo, se eleva el valor nominal.

180 En otro perfeccionamiento del invento está previsto que para variaciones considerables de la cantidad de rendimiento, el valor nominal del valor característico y el valor nominal de la magnitud de ajuste del combustible sean puestos a valores elegidos conforme a curvas predeterminadas. Gracias a esta medida resulta posible de manera ventajosa, en caso de perturbaciones u otros estados especiales del servicio, elegir con ayuda de la regulación del valor característico un nuevo punto de servicio correspondiente a las perturbaciones u otros estados especiales del servicio, y seguir aplicando allí la regulación del valor característico, con sus repercusiones ventajosas en el consumo total de calor y en la calidad.

190 Las magnitudes medidas del proceso son transmitidas constantemente a un dispositivo destinado a controlar su utilidad para la regulación de la energía. Con ello resulta posible una decisión constante sobre la regulación normal con valor característico, o una regulación de perturbación que, en caso de diferencias demasiado grandes, puede provocar una conexión automática de la regulación de perturbación.



195

Como otra mejora del procedimiento esta previsto que en caso de diferencias demasiado grandes de las magnitudes del proceso, o bien sea puesto en acción un aparato regulador de perturbaciones, que normalice el proceso mediante intervenciones independientes de la regulación del valor característico, o bien se efectúa la conmutación o accionamiento a mano. Gracias a ello resulta posible, de manera ventajosa, responder a estados de servicio como pueden presentarse también en la regulación de la energía bien sea por influencias externas, o bien por averías mecánicas de parte de los dispositivos participantes en el proceso, y aplicar una regulación superior que haga justicia a estos estados especiales del servicio y, en especial, gobernar en caso de diferencias demasiado grandes de la temperatura de la zona de sinterización, teniendo en cuenta la velocidad de las diferencias y el sentido de las mismas, de manera compensadora, por ejemplo, el número de revoluciones del horno y/o la corriente de polvo bruto.

200

205

210

215

220

Las cantidades individuales de calor pueden determinarse mediante las pérdidas por radiación, el calor del clínker, las pérdidas por los gases de escape, el calor teórico de formación del clínker, y la cantidad de calor obtenida del combustible, así como la recuperada en el refrigerador. Mediante este reparto se determinan de manera ventajosa las cantidades individuales de calor necesarias para gobernar el proceso, sin que sean tenidas en cuenta cantidades parciales de calor que no influyan sustancialmente en el proceso total, y que cargan innecesariamente el mando del proceso.



Las pérdidas por radiación se determinan de manera ven-
tajosa midiendo las temperaturas de las paredes del horno en di-
versas zonas de ésta, y el calor perdido del clínker se forma a
225 base de la medición de la temperatura del clínker, de la corrien-
te del clínker y de la capacidad térmica específica del clínker.
La cantidad de calor de los gases de escape se averigua a base de
la temperatura del gas de escape, de la cantidad del gas de es-
cape y de la capacidad térmica específica del gas de escape, de-
230 terminándose la cantidad del gas de escape de la manera conocida
en la industria del cemento, a base de la corriente de material
bruto y de su composición, de la corriente de combustible y su
composición, del análisis del gas quemado y, parcialmente, de la
cantidad de aire alimentada con el combustible. La capacidad tér-
235 mica específica de cada caso se forma a este respecto mediante la
temperatura correspondiente en combinación con curvas de capacida-
des térmicas, pudiendo dichas curvas encontrarse a elección, bien
sea en forma numérica como valores a introducir en la calculado-
ra de proceso, o bien como curvas efectivas en aparatos de regu-
240 lación. Asimismo los dispositivos parciales destinados a la forma-
ción de las cantidades de calor son concebibles, tanto como par-
tes de una calculadora de proceso, conectadas entre sí y con el
aparato previsto para la formación del valor característico, como
también a manera de reguladores individuales que, mediante los
245 análogos u otra forma cualquiera de operaciones aritméticas con
característica predeterminada, forman los diversos valores desti-
nados a la formación del valor característico. Los reguladores
pueden estar conformados a manera de dispositivos de regulación



completos, o bien también estar constituidos por algoritmos de re-
250 gulación que únicamente lleven a cabo misiones parciales del dis-
positivo de regulación.

El calor teórico de formación del clinker se averigua a
base del análisis del polvo bruto y de la corriente de clinker, y
la cantidad de calor obtenida a partir del combustible, a base del
255 análisis del combustible y de la corriente de combustible. La can-
tidad de calor recuperada del refrigerador está formada por la can-
tidad de aire transmitida desde el refrigerador al horno, por la
temperatura de esta cantidad de aire, así como por el calor espe-
cífico, determinándose la cantidad de aire transmitida a base de
260 la corriente de combustible y de su composición, y a base del aná-
lisis del gas de escape en el punto de entrada de material en el
horno (cámara de entrada). El nivel de temperatura del proceso se
forma a base de la diferencia entre la temperatura de formación del
clinker y la temperatura del gas quemado. Esta diferencia determi-
265 na el aprovechamiento del nivel de temperatura del calor ofrecido,
es por consiguiente sustancial para el mando del proceso de calci-
nación. La utilización del nivel de temperatura es especialmente
ventajosa, puesto que de él resulta sustancial el aprovechamiento
del proceso de calcinación. En temperaturas demasiado altas aumentan
270 las pérdidas de calor, y en temperaturas demasiado bajas es insu-
ficiente la acción calcinadora.

La temperatura del gas quemado se averigua a base del con-
tenido de aire y de la entalpia del gas quemado, con ayuda de cur-
vas predeterminadas. A este respecto es posible la determinación
275 con ayuda de curvas predeterminadas por medio de una instalación
calculadora de proceso, tal como ya se ha indicado, o bien por



280 medio de reguladores normales. La magnitud de la corriente de
material está formada por la cantidad de polvo bruto cargado, la
velocidad de migración y distribución del polvo bruto, y por un
factor de clinkerización. La velocidad de migración y la dis-
tribución del polvo bruto se determinan a este particular en fun-
285 ción del número de revoluciones del horno y de la velocidad del
gas en el horno, con ayuda de curvas de aproximación predetermi-
nadas. La magnitud determinada de la corriente de material se
corrige de manera ventajosa por medio de magnitudes de estado del
refrigerador.

290 Asimismo es ventajoso formar continuamente el factor
de clinkerización a base de la relación entre la cantidad de pol-
vo bruto cargada y la cantidad de clinker. Se dispone con ello
de otro valor característico de control.

Como otro perfeccionamiento del invento está previsto
295 que el aparato de regulación transforme la diferencia de la
energía con respecto a su valor nominal, en señales de regula-
ción para la corriente de combustible y/o la de polvo bruto. De
manera ventajosa ello hace posible que con ayuda del valor carac-
terístico, y en caso de existir diferencia con respecto al valor
300 nominal, se ajuste conforme a las necesidades la corriente más
favorable de combustible y/o de polvo bruto. La regulación con
ayuda de la corriente de combustible tiene a este particular la
ventaja de la sencillez y rapidez, al mismo tiempo que se regula
además la corriente de polvo bruto. En el caso de que el exceso
305 de aire en la combustión alcance valores discordantes demasiado
grandes, o bien de que debido a alcanzarse la cantidad máxima



de aire de combustión no sea ya posible seguir aumentando la cantidad de combustible, se produce de manera ampliada el mando a base de la corriente de polvo bruto, con objeto de también a estos casos límites hacer posible un mando constante de la energía, con su favorable repercusión en el consumo total de calor. La regulación de la corriente de combustible se efectúa a este respecto con ayuda de una regulación de los valores nominal y efectivo, y ventajosamente se varía el valor nominal de la corriente de combustible en función de la cifra de exceso de aire.

El límite superior de las señales de regulación se determina en un perfeccionamiento del invento ventajosamente por un mecanismo de limitación. La limitación superior se determina a este particular de manera continua a base del caudal de combustible, de la cifra de exceso de aire averiguada con ayuda del análisis del gas, y de una cifra predeterminada de exceso mínimo de aire. La limitación inferior se determina alternativamente, a saber:

1.) mediante la corriente de combustible y la corriente mínima de combustible, así como mediante la temperatura de salida del clínker y la temperatura mínima de salida del clínker;

2.) mediante la corriente de combustible y la temperatura del gas en el lado de entrada de material en el horno;

3.) mediante la desacidificación previa en el intercambiador de calor y la corriente de combustible.



Se evita con ello de manera ventajosa que la regulación alcance zonas en las que el mando del proceso no sea ya oportuno o admisible. La desacidificación previa se determina a este respecto a base del contenido de CO_2 en la cámara de entrada, de la cifra de exceso de aire en la cámara de entrada, la corriente cargada de polvo bruto, la corriente de combustible y análisis del combustible, por lo que de manera ventajosa se dispone continuamente de ella a base de las magnitudes medidas del proceso.

340 Como otra mejora está previsto que al reaccionar el mecanismo de limitación para la magnitud de regulación de la corriente de combustible, sean variados los parámetros del algoritmo de regulación que proporciona la magnitud de ajuste de la corriente de combustible. Con ello resultan posibles variaciones ventajosas en el comportamiento de regulación, por las que queda garantizado un mando favorable del proceso, incluso al estar limitada la magnitud de ajuste de la corriente de combustible.

350 Otra mejora del procedimiento prevé que la diferencia del contenido libre de cal residual del clínker con respecto a su valor nominal predeterminado, sea transformada por un algoritmo de regulación en el valor nominal del valor característico. Con ello, y de manera ventajosa, se establece por el valor característico, incluso a lo largo de intervalos prolongados, la relación entre la calidad del proceso de calcinación, es decir, la calidad del producto calcinado, y el mando del proceso.



Un ejemplo de realización de invento será explicado con más detalle a base de dibujos:

360

La fig. 1 muestra el esquema de un proceso de calcinación para cemento en un horno rotatorio de tubo con refrigerador de parrilla e intercambiador de calor tipo ciclón, y

365

La fig. 2, la disposición del procedimiento y del circuito del dispositivo destinado a la determinación de un valor característico, así como del aparato de regulación, asimismo en forma esquemática.

370

Visto en la dirección de movimiento del material, se halla dispuesto en la fig. 1 delante del horno rotatorio de tubo 70 el intercambiador de calor 78, en el que se carga el material por medio de la instalación 80 dosificadora de polvo bruto, que es accionada por el accionamiento regulable 79. El aire de combustión que pasa por el intercambiador de calor 78 tipo ciclón en sentido opuesto al material cargado que ha de ser calcinado, es arrastrado a través del intercambiador térmico por el ventilador 81 de éste, ventilador que está dotado del accionamiento regulable 82, y que está conformado a manera de ventilador de tiro por aspiración. Entre el intercambiador térmico 78 y el horno rotatorio de tubo 70 se encuentra la cámara de entrada 77. El accionamiento del horno rotatorio de tubo 70 tiene lugar mediante el motor regulable 71. En el extremo del horno rotatorio de tubo correspondiente al lado de salida del material, se encuentra la lanza de quemador 72, que atravesando la cámara de salida 73, penetra en el horno rotatorio de tubo 70. El quemador está provisto del regulador 74 del caudal de combustible. El refrigerador de parrilla 75 presenta en su parte inferior la parrilla-

375

380

385



lla 76 impulsada de manera regulable.

La distribución de los puntos de medida importantes para la regulación -aparte de éstos existen todavía otros órganos de medida que sirven para vigilar y asegurar el proceso de calcinación - es como sigue:

390.

En el lado de entrada de aire del refrigerador del clinker, el representado refrigerador de parrilla, que puede ser sustituido también por un refrigerador de satélites u otro refrigerador cualquiera, se miden por los aparatos medidores 105 y 106 el índice de empuje del refrigerador de parrilla y la presión debajo de la parrilla. En la salida del refrigerador se miden la corriente de clinker en el punto de medida 125. En el refrigerador de parrilla se encuentran los puntos de medida 110 y 111, y en la cámara de salida el punto de medida 109, con los que se mide el valor medio de la temperatura de salida. El punto de medida 108 sirve para el análisis del combustible, y el punto de medida 100 para medir la corriente de aire primario que se agrega al combustible para su combustión. La corriente de combustible se mide en el quemador en el punto de medida 112. El punto de medida 119 sirve para medir la temperatura del clinker en la salida del horno. En el punto de medida 104 se mide el número de revoluciones del horno, y en el punto de medida 120 la temperatura de la camisa del horno. El punto de medida 121 indica la posición del lugar medido en cada caso en la camisa del horno. En la cámara de entrada 77 se encuentran los puntos de medida 124, 116 y 117, midiendo el punto de medida 124 la temperatura de la cámara de entrada, y los puntos de medida 116 y 117 llevan a cabo

395

400

405

410



el análisis discontinuo o continuo del gas de escape. El siguiente punto de medida relevante para el proceso se encuentra en el puesto de carga del polvo bruto, donde en el punto de medida 103 se mide la corriente de polvo bruto con ayuda de la báscula de cinta. 101 designa una medición del contenido de CO_2 en el polvo bruto, valor que se toma del análisis del polvo bruto realizado asimismo por la báscula de cinta en el punto de medida 113. Después del intercambiador de calor se encuentran el punto de medida 118, donde se averigua la temperatura de los gases de escape, así como los puntos de medida 114 y 115, donde se determinan el contenido de oxígeno y de CO en los gases de escape. Junto con los puntos de medida 116 y 117, proporcionan estos puntos de medida el análisis continuo de los gases de escape. Como órganos de ajuste existen el de regulación de la corriente de aceite 74, el de regulación del polvo bruto 79, el de regulación del número de revoluciones del ventilador del intercambiador térmico 82, así como el de regulación del número de revoluciones del horno rotatorio de tubo 71.

En los puntos de medida se encuentran instrumentos de medición, que trabajan por procedimientos de medición universalmente conocidos, tales como termoelementos para medir la temperatura de gases, pirómetros para medición de radiaciones, sondas de presión para medición de presiones, diafragmas de medida y respectivamente contadores para medir cantidades, y tacodinamómetros para números de revoluciones, así como aparatos canalizadores para los análisis correspondientes, que trabajan de manera continua o discontinua. Los análisis pueden realizarse también



a mano.

En la fig. 2 se aprecian la función del procedimiento y la disposición de los diversos elementos para la puesta en práctica del mismo. Las magnitudes medidas por los puntos de medida 100 a 125, que se obtienen directamente con la excepción de las magnitudes medidas en 123 y 107 y que representan valores predeterminados, son aportadas primeramente a la parte del dispositivo de regulación que lleva a cabo el control de plausibilidad de dichos valores medidos. Aquí se examina por lo pronto la plausibilidad, y cuando un valor no parece plausible, bien sea por una variación demasiado rápida, o bien por sobrepasar límites del dispositivo 2, se elimina este valor. Los valores eliminados se sustituyen por valores de medidas precedentes o, en caso de no existir valores de medidas precedentes o de ser éstos asimismo inverosímiles, se sustituyen por valores medidos en otros puntos de medida y que tengan un contenido similar de información. Así, por ejemplo, la medición de O_2 y CO_2 en la cámara de entrada 77, caso de fallar el dispositivo analizador de trabajo discontinuo allí instalado (por ejemplo, una sonda de extracción en húmedo con dispositivo analizador automático montado detrás), se sustituye por los valores de O_2 y CO_2 calculados a base de la proporción de O_2 y CO_2 en el gas de escape detrás del intercambiador de calor.

Los valores tomados de la parte del circuito para el control de plausibilidad, en parte corregidos, son aportados, a través de dispositivos intermedios destinados a formar otras magnitudes de regulación, al dispositivo 1 previsto para formar el valor característico de regulación. Este suministra el valor efectivo del



estado del proceso para el aparato de regulación montado detrás.

470 El dispositivo 1 destinado a la formación del valor característico es alimentado en particular con los parámetros 3', 4', 5', 6', 7', 8' de las cantidades individuales de calor, con el parámetro 9' del nivel de temperatura del proceso, y con el parámetro 11' de la corriente de material.

475 La magnitud de las pérdidas por radiación se determina midiendo la temperatura de las paredes del horno en diversas zonas de éste, a saber, con ayuda de la posición del pirómetro de la camisa del horno y de la temperatura de la camisa del horno, en el dispositivo 3. El dispositivo 3 destinado a

480 determinar el parámetro del calor perdido del clínker, determina el calor perdido 4' del clínker a base de la medición de la temperatura del clínker, magnitud medida 44', de la corriente de clínker 11', y de la capacidad térmica específica del clínker 12'. La cantidad de calor del gas de escape 5' resulta

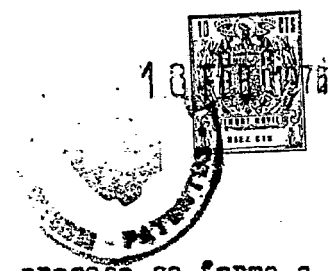
485 de la cantidad de gas de escape 13' y de la capacidad térmica específica 14' del gas de escape. La capacidad térmica específica 14' del gas de escape se determina a este particular con ayuda del dispositivo 14, a base de la temperatura 118, del gas de escape, y a base de curvas predeterminadas. La

490 cantidad 13' de gas de escape se determina en el dispositivo 13 determinador de dicha cantidad, dispositivo que, por ejemplo, trabaja conforme al conocido procedimiento VDZ (publicado en el VDZ- Sonderdruck nº 7), a base de la cantidad 15' de material bruto, de la composición 16' del material bruto, de la



495 magnitud de la corriente de combustible 17' y su composición
composición 18', del análisis 19' del gas quemado y de la cantidad
de aire alimentada con el combustible (cantidad 20' de aire
primario). En los dispositivos 12 y 14 se forman a este par-
ticular las magnitudes 12' y 14' de la correspondiente capa-
500 cidad térmica específica, mediante la temperatura correspondien-
te (del gas de escape o del clínker), en combinación con cur-
vas de capacidades térmicas. Los dispositivos 12 y 14 contienen
a este respecto las curvas de capacidades térmicas a elección
en forma digital, como funciones, o como curvas.

505 El valor del calor teórico C' de formación del clín-
ker se averigua en el dispositivo 6, a base del análisis del
polvo bruto y de la corriente de clínker 11'. La cantidad de
calor 7' obtenida del combustible, se forma en el dispositivo
7 a base del análisis 18' del combustible, y de la corriente
510 de combustible 17'. Como última cantidad de calor sustancial
para el mando del procedimiento, se forma la cantidad de calor
8' recuperado del refrigerador a partir de la cantidad de aire
24' que pasa del refrigerador al horno y que se determina en
el dispositivo 24, de la temperatura de dicha cantidad de aire
515 24', que representa un valor medio de las temperaturas proce-
dentes de los puntos de medida de temperatura 109, 110 y 111,
y del calor específico 21', que se determina en el dispositivo
21. Al mismo tiempo se forma la cantidad de aire pasante 24'
520 en el dispositivo 24 a base de la corriente de combustible 17'
y su composición, y del análisis del gas de escape 19' en el
punto de entrada de material.



El nivel de temperatura 9' del proceso se forma a base de la diferencia entre la temperatura 25' formadora del clinker y la temperatura 10' del gas quemado, a saber, en el dispositivo 9. La temperatura del gas quemado se determina a este particular en el dispositivo 10 a base del contenido de aire y de la entalpia de los gases quemados, con ayuda de curvas predeterminadas.

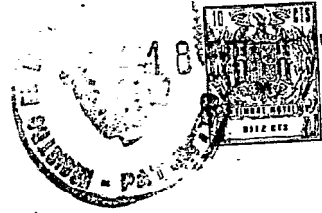
La magnitud de la corriente de material 11' se forma a base de la cantidad cargada de polvo bruto 15', la velocidad de migración 26' y un factor de clinkerización 27'. Para este fin sirva el dispositivo 11, en el que se introducen asimismo magnitudes de estado 29' y 29'' del refrigerador, a efectos de corrección. El factor de clinkerización 27' se forma continuamente a base de la relación entre la cantidad de polvo bruto cargado 15' y la cantidad de clinker 28', siendo transmitido al dispositivo 11. Las magnitudes finales 3'- 9' determinadas por la cooperación de los dispositivos de regulación para la formación de parámetros, etcétera, son aportadas al dispositivo 1 para la formación del valor característico, siendo transformadas allí en el valor característico 1'.

La fig. 2 debe considerarse a este respecto como disposición ventajosa de estos diversos dispositivos e instrumentos, ligados entre sí de la manera mostrada en cuanto a circuito. No obstante puede ser considerada también como esquema funcional de una instalación reguladora integrada, en la que los diversos dispositivos representan bloques funcionales de una instalación calculadora de proceso, enlazados entre sí



de la manera mostrada.

550 La magnitud del valor característico 1' determinada por el dispositivo 1 destinado a determinar el valor característico, actúa sobre el aparato de regulación 31 que, a base de la comparación de los valores efectivo y nominal, forma señales de regulación para la corriente de combustible 30'.
555 Así, por ejemplo, la corriente de combustible 30' es regulada con preferencia por el algoritmo de regulación 31. La magnitud de regulación 30' del combustible se compara asimismo con un valor nominal predeterminado y, a través de un segundo algoritmo de regulación 36 es transformada en una magnitud de ajuste para la cantidad de polvo bruto. Sobre el dispositivo destinado al ajuste del valor nominal de la corriente
560 de combustible actúa asimismo la cifra de exceso de aire 37', que se determina en el dispositivo 37 a base de los valores individuales del combustible de la cantidad del aire de combustión. Las señales de ajuste para la magnitud de la corriente de combustible y la de polvo bruto son sometidas a un control por un mecanismo de limitación en los dispositivos 38 y 39, control que limita su magnitud. La magnitud de la limitación 41' se determina a este particular continuamente de nuevo a base de la cantidad de la corriente de combustible 17',
570 de la cifra de exceso de aire 27', y de una cifra mínima de exceso de aire 40', predeterminándose la cifra mínima de exceso de aire de manera fija en calidad de valor nominal. La limitación inferior de la magnitud de ajuste 42' de la corriente de combustible se determina a este particular por separa-
575



do. Esto se efectúa alternativamente, a saber:

- 580 1a) En función de la desadifricación previa 49', que se determina a base del contenido de CO_2 en la cámara de entrada 50', de la cifra de exceso de aire 37', de la cantidad cargada de polvo bruto 15', de la corriente de combustible 17 y del análisis 18' del combustible;
- 2a) En función de la temperatura 46' de la cámara de entrada, de la corriente de combustible 17' y
- 585 3a) De la corriente de combustible 17', la corriente mínima de combustible 43', la temperatura 44' de salida del clinker, y la temperatura mínima de salida 45'.

A través de un efecto retroactivo, y al reaccionar el mecanismo de limitación 38 para la magnitud de ajuste 30' de la corriente de combustible, se forma el valor característico 51' del dispositivo 51 e influye en el algoritmo de regulación 36.

590

En el algoritmo de regulación 31 se compara el valor nominal del valor característico con el valor efectivo 1', siendo el valor nominal del valor característico formado por el dispositivo 54. Para ello sirve la diferencia del contenido libre de cal residual del clinker 53' con respecto a su valor nominal predeterminado 52'. Adicionalmente se introduce en el dispositivo 54 la magnitud del valor característico. A este respecto sirven los dispositivos 60 y 61 para que, en caso de variaciones considerables de la cantidad de paso, el valor nominal del valor característico y el valor nominal de la magnitud de ajuste de la corriente de combusti-

595

600



1976

ble puedan ser puestos a valores elegidos conforme a curvas predeterminadas.

605 Para la aplicación técnica están previstos otros pasos de regulación, que en particular pueden reconocerse a base del enlace de los dispositivos de regulación. Así, por ejemplo, al existir una tendencia negativa del perfil de temperatura 58' y/o de la potencia 59' del accionamiento del horno, se eleva el valor nominal del valor característico.

610 Las magnitudes medidas del proceso son alimentadas asimismo a un dispositivo destinado a examinar su aplicabilidad para la regulación de la energía. Al divergir demasiado las magnitudes del proceso, o bien se pone en acción un dispositivo de mando que normaliza el proceso mediante intervenciones independientes de la regulación mediante el valor característico, o bien es posible conmutar a accionamiento manual, sin que ésto haya sido mostrado especialmente en el esquema funcional.

620 Está previsto asimismo que, en caso de divergencias demasiado grandes de la temperatura de la toma de sinterización, el dispositivo de mando actúe conforme el gradiente de temperatura y/o al gradiente de potencia absorbida, sobre la cantidad de polvo bruto y/o, en función del tiempo, sobre el número de revoluciones del horno, sin que ésto haya sido mostrado especialmente en el esquema funcional.

625 Los dispositivos destinados a la determinación de parámetros o valores característicos están provistos de dispositivos de corrección de tiempo, que no han



630 sido mostrados en particular y que originan la asignación co
rrecta en el tiempo de las diversas magnitudes entre sí, espe
cialmente en la determinación del valor característico.

Al igual que en la disposición de circuito para de
terminar el valor característico, también la disposición des
tinada a la regulación con ayuda de este valor característico
635 puede realizarse a base de diversos reguladores y algoritmos
de regulación, enlazados entre sí de la manera mostrada. Aho
ra bien, de manera ventajosa es igualmente posible considerar
los dispositivos de regulación mostrados como bloques funcio
640 nales de un dispositivo integral de regulación, conformado
a manera de calculadora de proceso, por ejemplo, con siste
ma de tarjetas enchufables, sin que ello varía en el proce
dimiento de regulación conforme al invento y en su puesta
en práctica partes sustanciales y que perjudiquen el invento.

645 El aparato de regulación descrito, así como el pro
cedimiento de regulación descrita, son apropiados en especial
para calcinar cemento, si bien asimismo para calcinar cal,
dolomita, así como otros procesos de calcinación puestos en
práctica preferentemente en hornos rotatorios de tubo.

650 Lista de magnitudes principales a medir

- 100' Corriente de aire primario
- 101' Contenido de CO₂ en el polvo bruto
- 102' Corriente clínker
- 103' Corriente de polvo bruto
- 655 104' Número de revoluciones del horno
- 105' Número de empuje de la parrilla del refrigerador



- 106' Presión en la cámara del refrigerador
- 107' Temperatura de sinterización
- 108' Análisis elemental del combustible
- 660 109')
- 110' Temperatura del aire secundario
- 111')
- 112' Corriente de combustible
- 113' Análisis del polvo bruto
- 665 114' Análisis del gas quemado O₂ - WT
- 115' Análisis del gas quemado CO₂ - WT
- 116' Análisis del gas quemado O₂ - EK
- 117' Análisis del gas quemado CO₂ - EK
- 118' Temperatura del gas de escape
- 670 119' Temperatura del clínker a la salida del horno
- 120' Temperatura de la camisa del horno
- 121' Posición del pirómetro de la camisa del horno
- 122' Potencia de accionamiento del horno
- 123' Perfil de temperatura

675 Esta patente de invención se corresponde a la depositada en Alemania (República Federal Alemana) con el nº P 25 07 840.4 y tiene la prioridad de fecha 24 de febrero de 1975 por acogerse a los beneficios del artículo 21 del vigente Estatuto sobre la Propiedad Industrial y del artículo 4º del convenio de la Unión de Paris.

680

R E I V I N D I C A C I O N E S :

- 1).- Procedimiento de regulación para procesos de calcinación, en especial la calcinación de minerales calizos en estado de



685 polvo en bruto, para la obtención de clínker de cemento en
un horno rotatorio de tubo por medio de un combustible, ba-
jo alimentación de aire u oxígeno, precalentando el gas de
escape el polvo bruto, y el material calcinado el aire de
combustión, y en los que las cantidades agregadas de material
en bruto y de combustible, la temperatura del aire de com-
690 bustión y del gas de escape, así como la composición del
gas de escape y otras magnitudes del proceso se miden con-
tinuamente y, en parte, se regulan, caracterizado porque a
base de los diversos valores del proceso medidos continua-
mente se forma un valor característico que describe el es-
695 tado del proceso, en especial la oferta de calor, regulándo-
se con su ayuda el proceso de calcinación.

2).- Procedimiento de regulación para procesos de calcinación
de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque co-
mo valor característico se elige la capacidad técnica de tra-
700 bajo de los gases de combustión para el proceso de calcina-
ción (energía).

3).- Procedimiento de regulación de acuerdo con las reivindi-
caciones 1 ó 2, caracterizado porque la capacidad técnica de
trabajo de los gases de combustión para el proceso de calci-
705 nación (energía) se mantiene constante a un valor nominal pre-
determinado.

4).- Procedimiento de regulación de acuerdo con las reivin-
dicaciones 1, 2 ó 3, caracterizado porque, mediante varia-
ciones del valor nominal de la capacidad técnica de trabajo
710 de los gases de combustión (índice de energía) con relación



a la cantidad de paso, se efectúa el mando del proceso de calcinación.

715 5).- Procedimiento de regulación de acuerdo con las reivindicaciones, 1, 2, 3 ó 4, caracterizado porque, al producirse variaciones de la cantidad de paso, la estabilización del índice de energía origina un consumo total de calor lo más pequeño posible del proceso de calcinación.

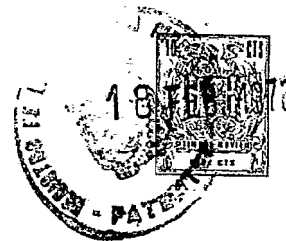
720 6).- Procedimiento de regulación de acuerdo con las reivindicaciones 1, 2, 3, 4 ó 5, caracterizado porque mediante variaciones de la energía se originan variaciones en las propiedades del material calcinado.

725 7).- Procedimiento de regulación de acuerdo con las reivindicaciones 1, 2, 3, 4, 5, ó 6, caracterizado porque las magnitudes medidas del proceso de calcinación se ordenan y se introducen en un dispositivo destinado a la formación de un valor característico.

730 8).- Procedimiento de regulación de acuerdo con las reivindicaciones 1, 2, 3, 4, 5, 6, ó 7, caracterizado porque el valor característico es introducido en un dispositivo que al gobernar el proceso de calcinación, origina una influencia del valor característico.

735 9).- Procedimiento de regulación de acuerdo con la reivindicación 7, caracterizado porque los valores medidos de las magnitudes del proceso son alimentados a un dispositivo destinado al control de plausibilidad.

10).- Procedimiento de regulación de acuerdo con la reivindicación 7, caracterizado porque, en caso de inverosimilitud,



los valores medidos son eliminados.

740 11).- Procedimiento de regulación de acuerdo con la reivindicación 10, caracterizado porque los valores medidos eliminados se sustituyen por valores medidos precedentemente.

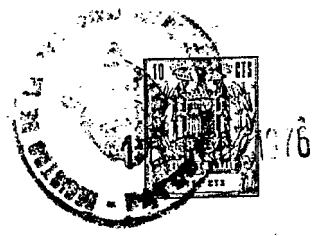
745 12).- Procedimiento de regulación de acuerdo con la reivindicación 10, caracterizado porque los valores medidos eliminados se sustituyen por valores medidos equivalentes, que tengan un contenido similar de información.

750 13).- Procedimiento de regulación de acuerdo con la reivindicación 7, caracterizado porque en el dispositivo destinado a la formación del valor característico se introducen parámetros de la cantidad de calor y del nivel de temperatura del proceso, así como de la magnitud de la corriente de material a través de la zona de formación del clínker.

755 14).- Procedimiento de regulación de acuerdo con la reivindicación 13, caracterizado porque la cantidad de calor del proceso está formada por las cantidades individuales de calor de las pérdidas por radiación, del calor perdido del clínker, de las pérdidas por gases de escape, del calor teórico de formación del clínker, y de la cantidad de calor obtenido del combustible, así como de la recuperada del refrigerador.

760 15).- Procedimiento de regulación de acuerdo con la reivindicación 14, caracterizado porque las pérdidas por radiación se determinan mediante la medición de la temperatura de las paredes del horno en distintas zonas del horno.

765 16).- Procedimiento de regulación de acuerdo con la reivindicación 14, caracterizado porque el calor del clínker se forma a base de la medición de la temperatura del clínker, de



la corriente del clínker y de la capacidad térmica específica del clínker.

770 17).- Procedimiento de regulación de acuerdo con la reivindicación 14, caracterizado porque la cantidad de calor del gas de escape se determina por medio de la temperatura del gas de escape, la cantidad de gas de escape y la capacidad térmica específica del gas de escape.

775 18).- Procedimiento de regulación de acuerdo con la reivindicación 17, caracterizado porque la cantidad de gas de escape se determina a base de la corriente de material bruto y su composición, de la corriente de combustible y su composición, del análisis de los gases quemados, y de la cantidad de aire alimentada con el combustible.

780 19).- Procedimiento de regulación de acuerdo con las reivindicaciones 16 ó 17, caracterizado porque la capacidad térmica específica se forma mediante la temperatura de cada caso, en combinación con curvas de capacidades térmicas.

785 20).- Procedimiento de regulación de acuerdo con la reivindicación 14, caracterizado porque el calor teórico de formación del clínker se determina a base del análisis del polvo bruto y de la corriente del clínker.

790 21).- Procedimiento de regulación de acuerdo con la reivindicación 14, caracterizado porque la cantidad de calor obtenida del combustible se determina a base del análisis del combustible y de la corriente de combustible.

22).- Procedimiento de regulación de acuerdo con la reivin-



- 795 dicación 14, caracterizado porque la cantidad de calor recuperado del refrigerador está formada por la cantidad de aire que desde el refrigerador pasa al horno, por la temperatura de dicha cantidad de aire, así como por el calor específico.
- 800 23).- Procedimiento de regulación de acuerdo con la reivindicación 22, caracterizado porque la cantidad del aire pasante se determina a base de la corriente de combustible y su composición, y del análisis del gas de escape en el punto de entrada del material en el horno.
- 805 24).- Procedimiento de regulación de acuerdo con la reivindicación 13, caracterizado porque el nivel de temperatura sobre el que se pone a disposición del proceso el calor disponible, está formado por la diferencia entre la temperatura de formación del clinker y la temperatura del gas quemado en la calcinación.
- 810 25).- Procedimiento de regulación de acuerdo con la reivindicación 24, caracterizado porque la temperatura del gas quemado se determina a base del contenido de aire y de la entalpía de los gases quemados, con ayuda de curvas predeterminadas.
- 815 26).- Procedimiento de regulación de acuerdo con la reivindicación 13, caracterizado porque la magnitud de la corriente de material está formada por la cantidad de polvo bruto cargado, la velocidad de migración y distribución de polvo bruto, y por un factor de clinkerización.
- 27).- Procedimiento de regulación de acuerdo con la reivindi-



820 cación 26, caracterizado porque la magnitud determinada de la corriente de material se corrige mediante magnitudes de estado del refrigerador.

28).- Procedimiento de regulación de acuerdo con la reivindicación 26, caracterizado porque el factor de clinkerización está formado a base de la relación entre la corriente de polvo bruto cargada, y la corriente de clínker.

825 29).- Procedimiento de regulación de acuerdo con la reivindicación 8, caracterizado porque el dispositivo de regulación transforma la diferencia de la energía con respecto a su valor nominal (valor característico) en señales de ajuste para la corriente de combustible y/o la corriente de polvo bruto.

830 30).- Procedimiento de regulación de acuerdo con la reivindicación 29, caracterizado porque el dispositivo de regulación ajusta a base de la diferencia del valor característico con respecto a su valor nominal y a través de un algoritmo de regulación, con preferencia la corriente de combustible.

835 31).- Procedimiento de regulación de acuerdo con la reivindicación 30, caracterizado porque el dispositivo de regulación regula la cantidad de aire intercambiador de calor en función del exceso de aire en la calcinación.

840 32).- Procedimiento de regulación de acuerdo con la reivindicación 30, caracterizado porque el dispositivo de regulación compara la magnitud de ajuste determinada para el combustible con un valor nominal predeterminado, y a continuación



- 845 determina a través de otro algoritmo de regulación la magnitud de ajuste para la cantidad de polvo bruto.
- 33).- Procedimiento de regulación de acuerdo con la reivindicación 30, caracterizado porque el valor nominal de la corriente de combustible se varía en función de la cifra de exceso de aire determinada a base del análisis del gas,
- 850 34).- Procedimiento de regulación de acuerdo con las reivindicaciones 29, 30, 31 ó 32, caracterizado porque la magnitud de las señales de ajuste se limita por medio de un mecanismo de limitación.
- 855 35).- Procedimiento de regulación de acuerdo con la reivindicación 34, caracterizado porque la limitación se determina continuamente de nuevo a base del caudal de combustible, de la cifra de exceso de aire, y de una predeterminada cifra mínima de exceso de aire.
- 860 36).- Procedimiento de regulación de acuerdo con la reivindicación 34, caracterizado porque la limitación inferior de la magnitud de ajuste de la corriente de combustible se regula mediante la corriente de combustible y la corriente mínima de combustible, así como por medio de la temperatura de salida del clinker y la temperatura mínima de salida.
- 865 37).- Procedimiento de regulación de acuerdo con la reivindicación 34, caracterizado porque la limitación inferior de la magnitud de ajuste de la corriente de combustible se regula en función de la corriente de combustible y de la temperatura del gas en el lado de entrada del material en el horno
- 870 (cámara de entrada).



38).- Procedimiento de regulación de acuerdo con la reivin-
dicación 34, caracterizado porque la limitación inferior de
la magnitud de ajuste de la corriente de combustible se regu-
la en función de la desacidificación previa en el intercamb-
875 biador de calor, y de la corriente de combustible,

39).- Procedimiento de regulación de acuerdo con la reivin-
dicación 38, caracterizado porque la desacidificación previa
se determina a base del contenido de CO_2 en la cámara de en-
880 trada, de la cifra de exceso de aire en la cámara de entra-
da, de la corriente cargada de polvo bruto y del análisis
del polvo bruto, de la corriente de combustible y del análisis
del combustible.

40).- Procedimiento de regulación de acuerdo con la reivin-
dicación 34, caracterizado porque, al reaccionar el meca-
885 nismo de limitación para la magnitud de ajuste de la corrien-
te de combustible, se varían los valores característicos
del algoritmo de regulación que suministra la magnitud de
ajuste del polvo bruto.

41).- Procedimiento de regulación de acuerdo con las reivin-
890 dicaciones 29, 30, 31 ó 32, caracterizado porque la dife-
rencia del contenido libre de cal residual del clínker con
respecto a su valor nominal previsto, es transformada por un
algoritmo de regulación en el valor nominal del valor carac-
terístico.

42).- Procedimiento de regulación de acuerdo con la reivin-
895 dicación 41, caracterizado porque la diferencia del conteni-
do libre de cal residual del clínker con respecto a su valor



900 nominal predeterminado es tratada teniendo en cuenta la magnitud del valor característico en el momento de la formación del clinker.

905 43).- Procedimiento de regulación de acuerdo con la reivindicación 41, caracterizado porque la diferencia del contenido libre de cal residual del clinker con respecto a su valor nominal predeterminado, asociada con la diferencia existente en el momento de producirse la muestra del clinker entre el valor efectivo del valor característico y su valor nominal, se transforma mediante un algoritmo de regulación en el valor nominal del valor característico.

910 44).- Procedimiento de regulación de acuerdo con la reivindicación 41, caracterizado porque una variación del valor nominal del contenido libre de cal residual actúa directamente sobre el valor nominal del valor característico, y porque valores efectivos del contenido libre de cal residual se comparan con valores nominales válidos en cada caso en
915 el momento de producirse la muestra de clinker para la formación de la divergencia de regulación.

920 45).- Procedimiento de regulación de acuerdo con las reivindicaciones 29, 30, 31 ó 32, caracterizado porque los valores efectivos para la corriente de combustible y la corriente de polvo bruto se comparan con sus respectivas magnitudes de ajuste, y porque la diferencia de cada caso actúa a través de un algoritmo de regulación sobre la cantidad de aire in-



tercambiador de calor.

925 46).- Procedimiento de regulación de acuerdo con las reivin-
dicaciones 29, 30, 31 ó 32, caracterizado porque la diferen-
cia de la cifra de exceso de aire en la cámara de entrada
con respecto a su valor nominal, actúa a través de un algorit-
mo de regulación sobre la cantidad de aire intercambiador de
calor.

930 47).- Procedimiento de regulación de acuerdo con las reivin-
dicaciones 29, 30, 31 ó 32, caracterizado porque en caso de
tendencia negativa del perfil de temperatura del proceso
total y/o de la potencia de accionamiento del horno, se ele-
va el valor nominal del valor característico.

935 48).- Procedimiento de regulación de acuerdo con las reivin-
dicaciones 29, 30, 31 ó 32, caracterizado porque en caso de
variaciones considerables de la cantidad de paso, el valor
nominal del valor característico y el valor nominal de la mag-
nitud de ajuste de la corriente de combustible son pues-
tos a valores elegidos de acuerdo con curvas predeterminadas.

940 49).- Procedimiento de regulación de acuerdo con la reivin-
dicación 7, caracterizado porque las magnitudes medidas del
proceso son alimentadas a un dispositivo destinado a exami-
nar su aplicabilidad para la regulación de la energía.

945 50).- Procedimiento de regulación de acuerdo con la reivin-
dicación 49, caracterizado porque en caso de divergencias
demasiado grandes de las magnitudes del proceso, o bien se
pone en acción un dispositivo de mando que normaliza el pro



950 caso mediante intervenciones independientes de la regulación del valor característico, o bien se conmuta a accionamiento manual.

955 51).- Procedimiento de regulación de acuerdo con la reivindicación 50, caracterizado porque en caso de divergencias demasiado grandes de la temperatura de la zona de sinterización, el dispositivo de mando actúa conforme al gradiente de temperatura y/o al gradiente de la potencia absorbida sobre la cantidad de polvo bruto, y/o en función del tiempo sobre el número de revoluciones del horno.

960 52).- Aparato de regulación para la puesta en práctica del procedimiento de acuerdo con las reivindicaciones 1 a 51 precedentes, caracterizado por estar dotado de un dispositivo para la determinación del valor característico descriptor del proceso, a base de las magnitudes medidas del proceso.

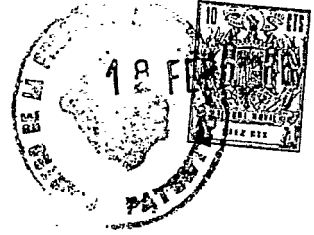
965 53).- Aparato de regulación de acuerdo con la reivindicación 52, caracterizado por estar dotado de un dispositivo destinado al control de plausibilidad de los valores medidos de las magnitudes del proceso.

970 54).- Aparato de regulación de acuerdo con la reivindicación 53, caracterizado por estar dotado de un dispositivo destinado a sustituir valores medidos no plausibles.

55).- Aparato de regulación de acuerdo con la reivindicación 52, caracterizado porque está dotado de dispositivos destinados a formar parámetros de la cantidad particular de calor, del nivel de temperatura del proceso, de la corriente de ma-



- 975 terial y de la corriente de combustible, dispositivos que actúan delante del dispositivo destinado a la formación del valor característico.
- 56).- Aparato de regulación de acuerdo con las reivindicaciones 52 ó 55, caracterizado porque está dotado de un dispositivo para formar un parámetro de la cantidad de gas de escape, que
980 actúa delante de parte de los dispositivos destinados a determinar parámetros de cantidades de calor,
- 57).- Aparato de regulación de acuerdo con las reivindicaciones 52, 55 ó 56, caracterizado porque está dotado de un dispositivo para analizar continuamente los gases de escape detrás del intercambiador térmico y de un dispositivo de trabajo continuo o discontinuo para analizar los gases de escape detrás del horno rotatorio de tubo, delante del intercambiador de calor, así como de un dispositivo para ordenar estos valores de los análisis de los gases de escape.
985
- 58).- Aparato de regulación de acuerdo con las reivindicaciones 52, 55 ó 56, caracterizado porque está dotado de un dispositivo de medida de temperatura desplazable y/o basculable, que trabaja a base de un pirómetro y destinado a la camisa del horno rotatorio de tubo.
990
- 59).- Aparato de regulación de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 52 a 58, caracterizado porque está dotado de un dispositivo analizador de trabajo continuo o discontinuo, para el contenido de cal libre de los clínkeres calcinados,
995
- 60).- Aparato de regulación de acuerdo con la reivindicación



- 1000 59, caracterizado porque el dispositivo analizador está dotado de un sistema de adaptación, en el que el contenido medido de cal libre es convertido en el contenido de cal libre producido en la zona de sinterización en el momento de la medición.
- 1005 61).- Aparato de regulación de acuerdo con la reivindicación 52, caracterizado porque está dotado de dispositivos destinados a medir la cantidad de aire alimentada con el combustible, la corriente del clinker, la corriente del polvo bruto y la corriente de combustible.
- 1010 62).- Aparato de regulación de acuerdo con la reivindicación 52, caracterizado porque está dotado de dispositivos destinados al análisis elemental del combustible y del polvo bruto.
- 1015 63).- Aparato de regulación de acuerdo con la reivindicación 52, caracterizado porque está dotado de aparatos de medición que trabajan por vía pirométrica, destinados a medir la temperatura del clinker.
- 64).- Aparato de regulación de acuerdo con la reivindicación 52, caracterizado porque está dotado de dispositivos de medición a base de termoelementos, destinados a medir las temperaturas del aire y de los gases de escape.
- 1020 65).- Aparato de regulación de acuerdo con la reivindicación 52, caracterizado porque está dotado de dispositivos medidores de presiones, destinados a medir las presiones del aire y de los gases de escape.



- 1025 66).- Aparato de regulación de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque está dotado de dispositivos para formar el nivel de temperatura del proceso a base de la temperatura del gas quemado y de la temperatura de sinterización, así como del
- 1030 análisis elemental del combustible y del análisis del gas quemado.
- 67).- Aparato de regulación de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque está dotado de dispositivos para determinar magnitudes de ajuste de la corriente de aceite, de la corriente del polvo bruto, del número de revoluciones del ventilador del intercambiador de calor y del número de revoluciones del horno.
- 1035 68).- Aparato de regulación de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque está dotado de órganos reguladores para regular el caudal de aceite, el caudal de polvo bruto, el número de revoluciones del ventilador del intercambiador de calor y el número de revoluciones del horno.
- 1040 69).- Aparato de regulación de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque está dotado de un dispositivo de limitación para la magnitud de las señales de ajuste.
- 1045 70).- Aparato de regulación de acuerdo con la reivindicación 69, caracterizado porque el dispositivo de limitación para



- 1050 la magnitud de las señales de ajuste está dotado de un dispositivo que determina la limitación de manera continua a base de magnitudes seleccionadas del proceso.
- 71).- Aparato de regulación de acuerdo con la reivindicación 70, caracterizado porque está dotado de un dispositivo destinado a determinar la desacidificación previa en el intercambiador de calor.
- 1055 72).- Aparato de regulación de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque está dotado de un dispositivo que, en caso de una tendencia negativa del perfil de temperatura de todo el proceso y/o de la potencia de accionamiento del horno, eleva el valor nominal del valor característico.
- 1060 73).- Aparato de regulación de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque está dotado de un dispositivo regulador que, en caso de variaciones considerables de la cantidad de paso, varía el valor nominal del valor característico conforme a curvas predeterminadas.
- 1065 74).- Aparato de regulación de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque está dotado de un dispositivo para examinar la aplicabilidad de las magnitudes medidas del proceso con respecto a la regulación de la energía.
- 1070 75).- Aparato de regulación de acuerdo con una cualquiera de



1075 las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque está dotado de un dispositivo de mando que, en caso de divergencias demasiado grandes de las magnitudes del proceso, se hace cargo del mando directo del proceso de calcinación.

1080 76).- Aparato de regulación de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque está dotado de un dispositivo de mando adicional de accionamiento manual.

1085 77).- Aparato de regulación de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque está dotado de un dispositivo que, en caso de divergencias demasiado grandes de la temperatura de la zona de sinterización, procede a la regulación correspondiente de la cantidad de polvo bruto o del número de revoluciones del horno de acuerdo con el gradiente de temperatura y/o del gradiente de la potencia absorbida por el motor de accionamiento del horno.

1090 78).- Aparato de regulación de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque los diversos dispositivos destinados a determinar el valor característico, los parámetros, las magnitudes de ajuste, etcétera, están dotados de sistemas para coordinar correctamente en el tiempo las magnitudes y valores formados.

1095 79).- Aparato de regulación de acuerdo con las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque los dispositivos destinados a determinar el valor característico del proceso, los paráme-



1100

tros, así como los dispositivos de regulación e instrumentos de regulación, etcétera, están reunidos en una disposición de circuito.

1105

80).- Aparato de regulación de acuerdo con la reivindicación 79, caracterizado porque la disposición de circuito está conformada a manera de calculadora de proceso controlada por programa.

1110

81).- Aparato de regulación de acuerdo con la reivindicación 79, caracterizado porque la disposición de circuito está dotada de dispositivos para ajustar órganos reguladores de caudales.

1115

82).- Aparato de regulación de acuerdo con la reivindicación 80, caracterizado porque la calculadora de proceso está dotada de dispositivos para la emisión digital de las magnitudes del proceso y/o su indicación digital o analógica.

83).- "PROCEDIMIENTO Y APARATO DE REGULACION PARA PROCESOS DE CALCINACION, EN ESPECIAL PARA LA PRODUCCION DE CEMENTO EN HORNOS ROTATORIOS DE TUBO".

Esta memoria consta de 43 hojas foliadas y mecanografiadas por un solo lado de sus caras.

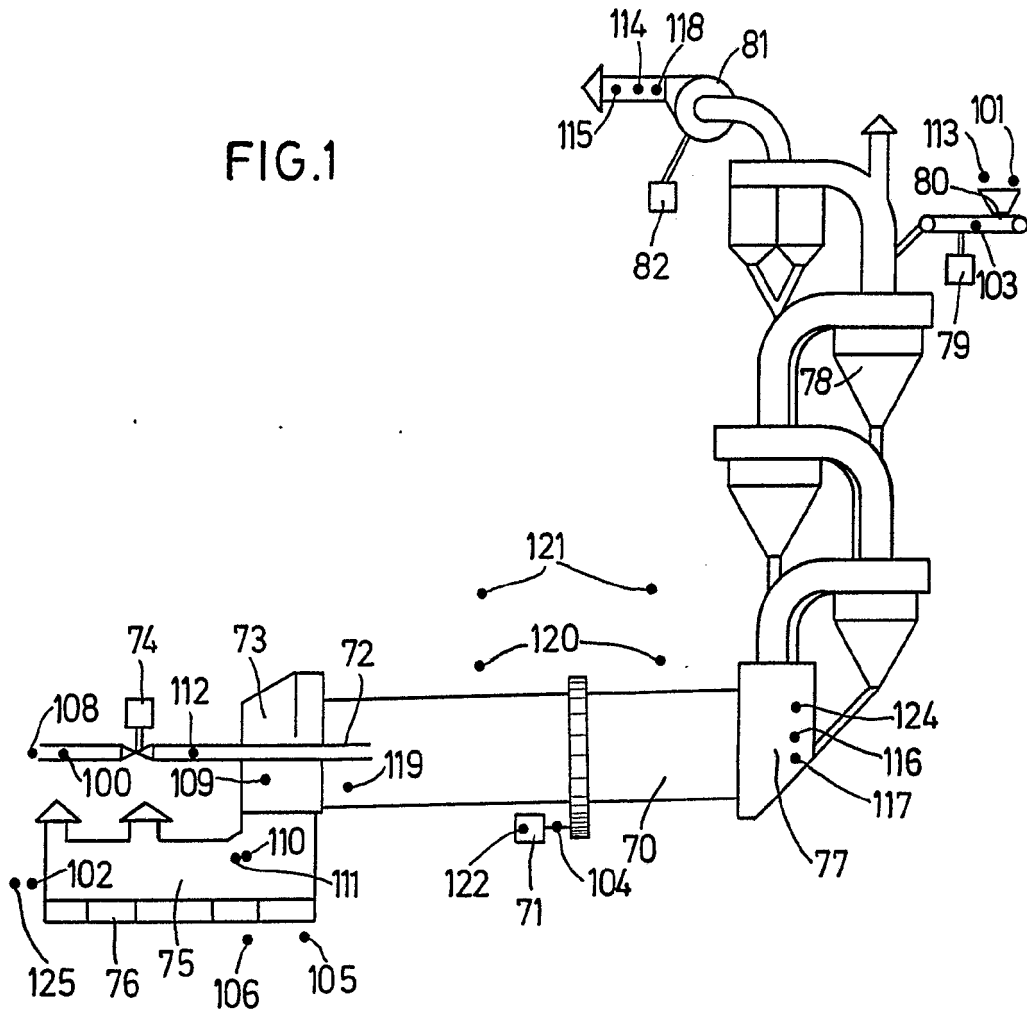
Madrid, 18 de febrero de 1.976



KLÖCKNER-HUMBOLDT-DEUTZ AKTIENGESELLSCHAFT

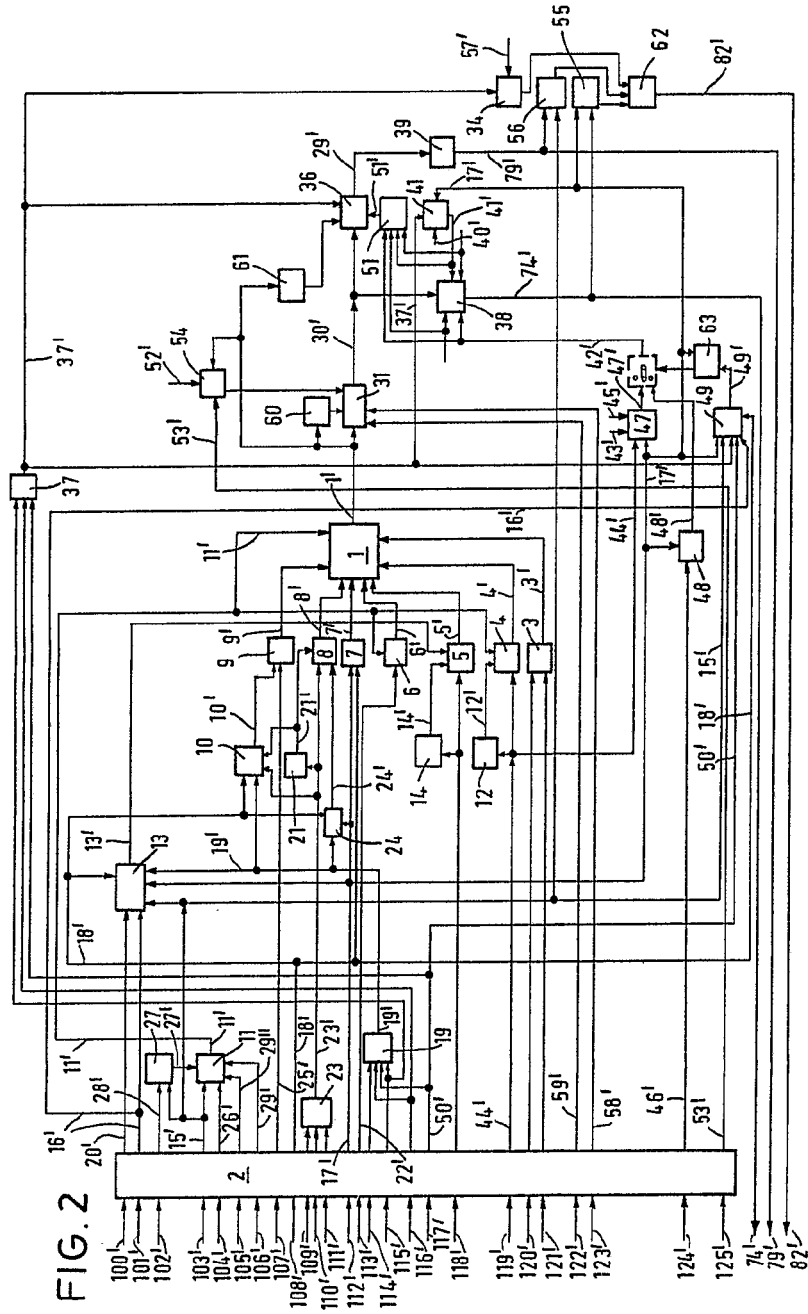
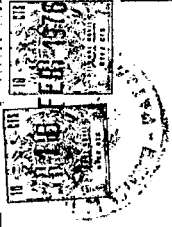


FIG.1

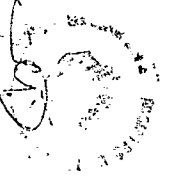


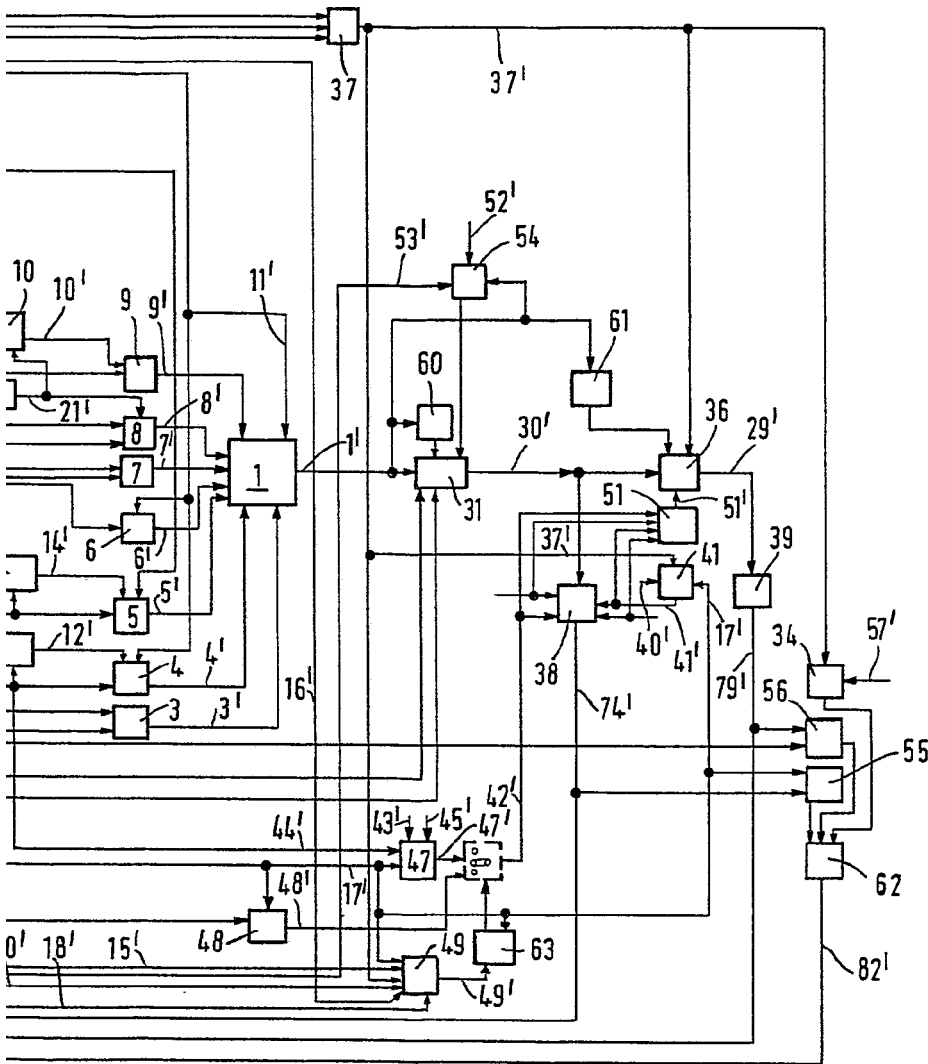
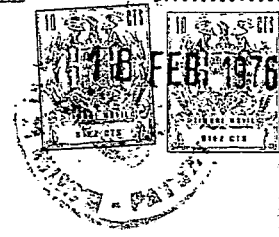
Escala variable
Madrid, 18 Febrero 1976





Escala variable
Madrid, 18 Febrero 1976





Escala variable
Madrid, 18 Febrero 1976

