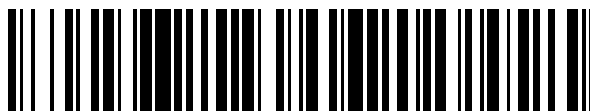


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 373 462**

51 Int. Cl.:

**C21B 5/00** (2006.01)

**C21B 11/02** (2006.01)

**F27B 1/16** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **06840931 .7**

96 Fecha de presentación: **09.11.2006**

97 Número de publicación de la solicitud: **1948833**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **30.07.2008**

54 Título: **PROCEDIMIENTO PARA HACER FUNCIONAR UN HORNO DE CUBA.**

30 Prioridad:  
**09.11.2005 DE 102005053505**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**03.02.2012**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**03.02.2012**

73 Titular/es:  
**THYSSENKRUPP AT.PROTEC GMBH  
ALTENDORFER STRASSE 120  
45143 ESSEN, DE**

72 Inventor/es:  
**KÖNIG, Gerd;  
KÖNIG, Wolfram;  
HELDT, Hans-Heinrich;  
SENK, Dieter Georg;  
GUNDENAU, Heinrich-Wilhelm y  
BABICH, Alexander**

74 Agente: **Carpintero López, Mario**

**ES 2 373 462 T3**

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

## DESCRIPCIÓN

Procedimiento para hacer funcionar un horno de cuba

5 La invención se refiere a un procedimiento para hacer funcionar un horno de cuba, en el que se alimentan materias primas a una zona superior del horno de cuba, que descienden bajo la acción de la fuerza de gravedad en el horno, fundiéndose y/o reduciéndose una parte de las materias primas bajo la acción de la atmósfera que reina en el interior del horno de cuba y alimentándose en una zona inferior del horno de cuba un gas de tratamiento, que influye al menos parcialmente en la atmósfera que reina en el interior del horno de cuba.

10 Un procedimiento de este tipo o el horno de cuba son en principio conocidos. Sólo para la fusión primaria de hierro se usa en gran medida como grupo principal, representando otros procedimientos sólo una parte correspondiente de sólo aprox. un 5 %. El horno de cuba puede trabajar según el principio de contracorriente. Las materias primas, como el lecho de fusión y el coque, se cargan en la zona superior del horno de cuba del tragante y descienden en el horno de cuba. En una zona inferior del horno (nivel del plano de toberas) se insufla un gas de tratamiento (llamado viento, con 800- 10.000 m<sup>3</sup>/tRE, según el tamaño del horno) mediante toberas en el horno. Durante este proceso, el viento, que habitualmente es aire calentado previamente en calentadores del viento a temperaturas entre aprox. 1000 y 1300°C, reacciona con el coque, generándose entre otras cosas monóxido de carbono. El monóxido de carbono sube en el horno y reduce los minerales de hierro contenidos en el lecho de fusión.

Además, se insuflan habitualmente también agentes reductores sustitutivos con por ejemplo 100 – 170 kg/tRE (p.ej. polvo de carbón, aceite o gas natural) en el horno, lo cual favorece la generación de monóxido de carbono.

20 Además de la reducción de los minerales de hierro, las materias primas se funden por el calor generado por los procesos químicos que se producen en el horno de cuba. No obstante, es irregular la distribución de la temperatura a lo largo de la sección transversal del horno de cuba. En el centro del horno de cuba se forma el llamado "hombre muerto", mientras que los procesos relevantes, como la gasificación (reacción de oxígeno con coque o agentes reductores sustitutivos para formar monóxido de carbono y dióxido de carbono) se producen sustancialmente sólo en la llamada zona de turbulencias, que es una zona delante de la tobera, es decir, que sólo está dispuesta en una zona marginal respecto a la sección transversal del horno. La zona de turbulencias tiene una profundidad respecto al centro del horno de aproximadamente 1 m y un volumen de aproximadamente 1,5 m<sup>3</sup>. Habitualmente, en el nivel del plano de toberas están dispuestas varias toberas en la circunferencia de tal modo que la zona de turbulencias formada delante de cada tobera se solapa con las zonas de turbulencias formadas al lado izquierdo y derecho, de modo que la zona activa está formada sustancialmente por una zona en forma de anillo circular. Durante el funcionamiento del horno de cuba se forma el llamado "birdsnest" (nido de ave).

35 Además, el viento caliente puede enriquecerse habitualmente con oxígeno, para intensificar los procesos que se acaban de describir (gasificación la zona de turbulencias, reducción de los minerales de hierro), lo cual conduce a un aumento del rendimiento del horno de cuba. Puede enriquecerse el viento caliente, por ejemplo, con oxígeno antes de su introducción, o también puede alimentarse por separado oxígeno puro, pudiendo estar prevista para la alimentación separada una llamada lanza, p.ej. un tubo se extiende p.ej. en el interior de la tobera, que también es una pieza tubular y que desemboca en una zona de boca de la tobera en el horno. En particular, en el caso de altos hornos modernos, que se hacen funcionar con una carga de coque baja, el viento caliente se enriquece correspondientemente en alto grado con oxígeno. Por otro lado, se aumentan los costes de producción por la adición de oxígeno, de modo que no puede aumentarse la eficacia de un horno de cuba moderno simplemente mediante una concentración de oxígeno que se aumenta correspondientemente cada vez más.

40 También es conocido que hay una correlación entre la eficiencia, es decir, el rendimiento de un horno de cuba moderno con el llamado paso de gas en el horno de cuba. Esto se refiere generalmente al grado de funcionamiento de la gasificación en la zona de turbulencias, de la reducción de los minerales de hierro y, en general, del paso de gas en el horno de cuba desde el nivel del plano de toberas hacia arriba al tragante, donde se evacua el llamado gas de tragante. Un indicio para un mejor paso de gas es, por ejemplo, una pérdida de presión lo más baja posible en el horno.

No obstante, se ha mostrado que a pesar del enriquecimiento del viento caliente con oxígeno, el paso de gas en los altos hornos modernos no es del todo satisfactorio. Por lo tanto, la invención tiene el objetivo de indicar un procedimiento para hacer funcionar un horno de cuba que garantice un mejor paso de gas en el horno.

50 Por el documento WO 01/36891 A3 se conoce un procedimiento para hacer funcionar un horno de cuba. En este procedimiento se insuflan mediante toberas insumos, combustibles, un primero y un segundo oxidante en la zona de fusión. La insuflación con toberas del segundo oxidante se realiza mediante una secuencia que se repite en el tiempo de una fase de flujo y una fase de reposo. Como ejemplos, las duraciones de las fases de flujo y de las fases de reposo pueden ser de 10 s, respectivamente.

El objetivo se consigue según la invención mediante un procedimiento con las características de la reivindicación 1.

En cuanto al procedimiento, este objetivo se consigue mediante un procedimiento del tipo explicado al principio, en el que se modula la introducción del gas de tratamiento. La modulación del gas de tratamiento se realiza aquí de tal modo que se varían las magnitudes de funcionamiento presión  $p$  y/o flujo volumétrico  $V$  en una duración de período inferior o igual a 5 s y de forma especialmente preferible inferior o igual a 1 s. Concretamente se ha mostrado que se consigue un paso de gas claramente mejor y, por lo tanto, un aumento del rendimiento y de la eficiencia si el gas de tratamiento no se introduce de modo uniforme en el tiempo en el horno variándose la introducción por lo contrario en intervalos cortos.

Por supuesto, la introducción del gas de tratamiento varía también en los procedimientos convencionales siempre cuando se pone en marcha o se apaga el horno, cuando se ajustan parámetros de funcionamiento distintos para una nueva carga de materias primas o cuando se cambia la concentración de oxígeno del viento caliente a un valor mayor sólo para aumentar el rendimiento. No obstante, estas variaciones en el tiempo sólo son variaciones únicas, que tienen lugar en una escala de tiempo de varias horas. La modulación dinámica según la invención de la introducción del gas de tratamiento, en cambio, tiene lugar en escalas de tiempo de menos de un minuto, lo cual está relacionado con que el tiempo de permanencia medio del gas en el horno de cuba sólo es de 5 a 10 s. En comparación con la modulación dinámica según la invención, las variaciones en el tiempo de los parámetros de funcionamiento en intervalos de más de un minuto presentan un intervalo comparativamente reducido en el que los parámetros de funcionamiento no son estáticos. Es decir, el intervalo entre dos variaciones de los parámetros de funcionamiento, en el que los parámetros de funcionamiento son sustancialmente constantes, es decir, estáticos, el más largo que el intervalo que es necesario para alcanzar el estado sustancialmente estacionario. Con excepción de un tiempo de adaptación relativamente corto, las variaciones de este tipo son sustancialmente estáticas, por lo que se denominan "modulación cuasiestática". En la modulación dinámica según la invención, el intervalo con estados no estacionarios en el horno de cuba es más largo que el intervalo con estados sustancialmente estacionarios. Por la modulación dinámica se perturban zonas muertas en la zona de turbulencias, lo cual aumenta la turbulencia total en la zona de turbulencias; esto conlleva un mejor paso de gas en la zona de turbulencias, lo cual conduce a su vez a un mejor paso de gas en la cuba.

De forma especialmente ventajosa, la modulación se realiza de forma cuasiperiódica, en particular, de forma periódica, siendo la duración de período de 5 s o más corta. Una modulación periódica está caracterizada por una función  $f(t)$  con  $f(t+T) = f(t)$  variable en el tiempo, por lo que queda definida al mismo tiempo la duración de período  $T$ . Por una cuasimodulación se entiende aquí, por un lado, que una modulación básica tiene una naturaleza periódica, es decir, por ejemplo una función  $h(t) = g(t) \cdot f(t)$  con  $f(t)$  periódico y una función de envoltura  $g(t)$ , que en comparación con  $f(t)$ , influye sólo poco en la estructura de  $h(t)$  desde el punto de vista cualitativo. Por otro lado, por una modulación cuasiperiódica también ha de entenderse una modulación tal que  $g(t)$  es una función continua, pero aleatoria, que por así decirlo distorsiona de modo no uniforme la estructura de la función continua  $f(t)$ , aunque siga siendo perceptible la estructura periódica en la que se basa. Gracias a una modulación periódica de este tipo puede hacerse reaccionar un proceso también periódico que tiene lugar en la zona de turbulencias, lo cual conlleva otra mejora del paso de gas.

Es recomendable que la duración de período  $T$  sea de 60 ms o superior, preferiblemente de 100 ms o superior, en particular de 0,5 s o superior. Aunque el tiempo de permanencia del gas de tratamiento en la zona de turbulencias es sumamente corto, puede conseguirse un paso de gas satisfactorio con duraciones de período en estos intervalos, mientras que la generación de modulaciones con duraciones de período aún más cortas conllevaría un mayor esfuerzo técnico.

Para la duración de período  $T$  es válido, por lo tanto, en particular  $5 \text{ s} \geq T \geq 0,5 \text{ s}$ . En particular,  $T$  se elige de tal modo que los gases de tratamiento formen en el horno de cuba una corriente turbulenta y eviten sustancialmente zonas laminares.

En una configuración sencilla del procedimiento está previsto que la modulación se realice de forma armónica. Esto puede conseguirse de forma sencilla mediante una simple modulación sinusoidal  $f(t) = f_0 + \Delta f \sin(2\pi t/T)$ .

En una configuración del procedimiento especialmente ventajosa, la modulación se realiza a modo de pulsaciones. Una modulación de este tipo se caracteriza por ejemplo por una función  $f(t) = f_0 + \sum_i \delta(t-t_i)$ , describiendo  $\sigma(t)$  de forma general un impulso, es decir, puntas de impulso recurrentes frente a un fondo sustancialmente constante. Los impulsos propiamente dichos pueden ser impulsos rectangulares, impulsos triangulares, impulsos de Gauss (impulsos  $\delta$  matemáticos extendidos) o pueden tener formas de impulsos similares, siendo menos caracterizadora la forma exacta del impulso que la anchura del impulso  $\delta$ , que corresponde a la anchura del impulso a media altura del impulso (FWHM). Una sintonización razonable de la anchura del impulso resulta cuando  $\delta$  es de 5 s o inferior, preferiblemente de 2 s o inferior, en particular de 1 s o inferior. Por otro lado, es recomendable que la anchura de impulso  $\delta$  sea de 1 ms o superior, preferiblemente de 10 ms o superiores, en particular de 0,1 s o superior. Es muy difícil conseguir anchuras de impulsos muy pequeñas; por otro lado, con ellas se consigue una influencia en procesos que tienen lugar en la zona

de turbulencias con unos tiempos de reacción correspondientemente cortos.

En una configuración ventajosa del procedimiento, las pulsaciones periódicas presentan una relación de anchura de impulso a duración de período  $\delta:T$  de 0,5 o inferior, preferiblemente de 0,2 o inferior, en particular de 0,1 o inferior. Para la anchura de impulso  $\delta$  es válido, por lo tanto, en particular  $5 \text{ s} > \delta \geq 1 \text{ ms}$ , preferiblemente  $0,7 \text{ s} \geq \delta \geq 25 \text{ ms}$ , de forma especialmente preferible  $0,1 \text{ s} \geq \delta \geq 30 \text{ ms}$  y de forma aún más preferible  $55 \text{ s} \geq \delta \geq 35 \text{ ms}$ .

Es recomendable que la relación  $\delta:T$  sea de  $10^{-4}$  o superior, preferiblemente de  $10^{-3}$ , en particular de  $10^{-2}$  o superior. Así puede conseguirse un efecto de combinación, en el que se hacen reaccionar procesos que se desarrollan periódicamente en las zonas de turbulencias, que están acoplados a determinados tiempos de reacción.

En una configuración posible del procedimiento, la amplitud de la modulación respecto a un valor base es del 5 % o superior, preferiblemente del 10 % o superior, en particular del 20 % o superior. Concretamente se ha mostrado que ya unas diferencias pequeñas entre las amplitudes permiten un paso de gas satisfactorio. Además, es ventajoso que la amplitud de la modulación respecto al valor base sea del 100 % o inferior, preferiblemente del 80 % o inferior, en particular del 50 % o inferior. En particular es posible realizar de forma sencilla en cuanto al procedimiento modulaciones armónicas por debajo de estos límites.

En caso de una modulación a modo de pulsaciones puede ser ventajoso que la altura del impulso supere el valor sustancialmente no modulado entre dos impulsos un factor 2 o más, preferiblemente 5 o más, en particular 10 o más. De este modo puede aumentarse el efecto de choque de la modulación y puede aumentarse la perturbación de las zonas muertas en la zona de turbulencias, lo cual conduce finalmente a un mejor paso de gas en el horno. Por otro lado, es razonable por razones de la técnica del procedimiento que el factor sea 200 o inferior, preferiblemente 100 o inferior, en particular 50 o inferior.

En principio puede realizarse de múltiples maneras una modulación de la introducción del gas de tratamiento. No obstante, es recomendable realizar la modulación mediante un ajuste de al menos una magnitud de funcionamiento que controla la introducción del gas de tratamiento. Una modulación de la presión del viento caliente puede acelerar, por ejemplo, la gasificación en la zona de turbulencias y mejorar así el paso de gas en la cuba. En una modulación de la presión pueden producirse, por ejemplo, puntas de presión de 300 bar. Es especialmente ventajoso que el gas de tratamiento que ha de ser introducido presente partes distinguibles. No obstante, por ello no sólo ha de entenderse el fraccionamiento natural de un gas en sus componentes (p.ej. nitrógeno, oxígeno, ...) sino también distintas fases de gas, cuya distinguibilidad se debe a que se introducen unas separadas de las otras, al menos en una fase de la introducción. Por ejemplo puede indicarse aquí la alimentación separada de oxígeno mediante lanzas, válvulas o membranas.

Además, se refuerzan de forma significativa los efectos conseguidos en el procedimiento según la invención, al introducirse junto con el gas de tratamiento y/o adicionalmente al gas de tratamiento agentes reductores sustitutivos en el horno de cuba. Como ya se ha mencionado anteriormente, el agente reductor sustitutivo puede ser, en particular, polvo de carbón fabricado de carbón de antracita, otros polvos metalúrgicos, así como materiales de grano fino, aceite, grasas, alquitranes con gas natural u otros portadores de carbono que se hacen reaccionar mediante el oxígeno para obtener  $\text{CO}_2$  y  $\text{CO}$  y que se presentan en particular como nanopartículas. Debido a la modulación según la invención puede conseguirse un mayor grado de reacción de los agentes reductores sustitutivos insuflados. Esto es especialmente válido en el caso de una modulación a modo de pulsaciones, puesto que la reacción se intensifica gracias a los impulsos. Además, mediante dicho aumento de la turbulencia total en la zona de turbulencias se prolonga el tiempo de permanencia muy corto de los agentes reductores sustitutivos en la zona de turbulencias de sólo aproximadamente 0,03 s a 0,05 s, por lo que también puede aumentarse la reacción de los agentes reductores. Además, una mejor reacción de los agentes reductores sustitutivos conduce a una menor parte de partículas no quemadas, lo cual favorece el paso de gas en la zona del "birdsnest" y permite, por lo tanto, un aumento adicional de la tasa de insuflación.

En otras configuraciones ventajosas del procedimiento tiene lugar una modulación dinámica de la presión y/o del flujo volumétrico de al menos una de las partes distinguibles del gas de tratamiento y/o la presión y/o el caudal másico del agente reductor sustitutivo que ha de ser introducido. Por lo tanto, también se consigue un mejor paso de gas en la cuba cuando se alimenta una parte de oxígeno adicional a modo de pulsaciones p.ej. al gas de tratamiento. Por otro lado o en combinación con ello también puede modularse dinámicamente la presión con la que se insuflan los agentes reductores sustitutivos o el caudal másico de éstos. En caso de haber una densidad constante de los agentes reductores sustitutivos, el caudal másico es naturalmente idéntico al flujo volumétrico, pero por otro lado también podría modularse dinámicamente la densidad media de los agentes reductores sustitutivos manteniéndose constante el flujo volumétrico. También es posible insuflar al menos temporalmente en parte o por completo gas inerte, por ejemplo para eliminar mediante regulación puntas de temperatura no deseadas o para refrigerar las líneas de alimentación o las válvulas dispuestas en las líneas de alimentación.

De forma especialmente ventajosa, la magnitud de funcionamiento es la cantidad absoluta de una de las partes distinguibles del gas de tratamiento que ha de ser introducido y/o la parte cuantitativa relativa de una de las partes distinguibles respecto a otra parte o respecto al gas de tratamiento en su conjunto. Es especialmente sencillo modular dinámicamente p.ej. la cantidad absoluta de oxígeno o la concentración relativa de oxígeno, aunque no sea necesario modular la carga principal, es decir, el viento caliente propiamente dicho. Esto puede realizarse de forma especialmente sencilla cuando se alimenta de forma separada oxígeno puro o una fase gaseosa con una concentración de oxígeno más elevada en comparación con aire, al menos durante una parte de la introducción. Si esto se hace a modo de pulsaciones, puede intensificarse aún más la reacción de los agentes reductores sustitutivos, con los efectos ya mencionados, que también se intensifican. La amplitud del flujo volumétrico adicional de oxígeno puede situarse, por ejemplo, en el intervalo entre el 0,25 y el 20 %, preferiblemente entre el 0,5 y el 10 %, en particular entre el 1 y el 6 % respecto al viento de fondo.

Esto al mismo tiempo es un ejemplo para la configuración ventajosa del procedimiento en la que pueden modularse dos o más magnitudes de funcionamiento (diferentes). En principio son concebibles modulaciones combinadas de p.ej. presión del viento caliente, parte de oxígeno, presión del oxígeno adicional, presión o concentración de los agentes reductores sustitutivos, etc., debiendo valorarse el esfuerzo adicional para otra modulación y el efecto adicional obtenido.

En una configuración especialmente preferible del procedimiento, el gas de tratamiento se introduce por al menos dos vías distintas en el horno de cuba, modulándose dinámicamente una primera magnitud de funcionamiento para el control de la parte que ha de ser introducida por la primera vía al igual que una segunda magnitud de funcionamiento para el control de la parte de gas de tratamiento introducida por la segunda vía, pudiendo ser la primera y la segunda magnitud de funcionamiento también la misma magnitud de funcionamiento, aunque en este caso la modulación de la misma podría realizarse de distintas formas. En principio ha de entenderse por ello que respecto a cada tobera puede modularse dinámicamente la misma magnitud de funcionamiento o también una magnitud de funcionamiento distinta, pudiendo realizarse, por lo tanto, de forma independiente la modulación de las partes del gas de tratamiento que se introducen mediante las toberas correspondientes. De forma ventajosa también puede estar previsto reunir respectivamente un grupo de partes que se introducen por vías adyacentes, de modo que se forman zonas de introducción independientes en este sentido, que pueden modularse nuevamente de la misma forma. Gracias a ello puede influirse por ejemplo por sectores en la marcha del horno permitiéndose, no obstante, una distribución uniforme del gas de tratamiento (viento caliente) entre las toberas. Otra configuración ventajosa del procedimiento prevé que la primera y la segunda magnitud de funcionamiento se modulen periódicamente con la misma duración de período T, habiéndose desplazado un valor la fase relativa de la misma. Por lo tanto, la fase corresponde a un desfase respecto a la duración de período T. Cuando el desfase relativo es, por ejemplo, T/2, las dos magnitudes de funcionamiento se han modulado de forma anticíclica una respecto a la otra. En vista del tiempo de combustión en las zonas de turbulencias, aunque el mismo es corto, puede ser ventajoso, por ejemplo, que las pulsaciones de oxígeno se retarden ligeramente respecto a aumentos a modo de pulsaciones correspondientes de la cantidad de agentes reductores sustitutivos, es decir, que haya por ejemplo un desfase de  $0 \geq \varphi \geq \pi/2$ .

En una configuración especialmente preferible del procedimiento, la duración de período  $T^{-1}$  inversa se ajusta en una frecuencia propia de un sistema parcial de la atmósfera en el interior del horno de cuba. Por sistema parcial de la atmósfera ha de entenderse en primer lugar un sistema parcial en el espacio, que está definido aquí por las zonas de turbulencias; por otro lado puede hacer referencia a una parte física/química de la atmósfera, es decir, por ejemplo a la distribución de presión, la distribución de calor, la distribución de densidad, la distribución de la temperatura o la composición. La frecuencia propia puede ser la frecuencia de una estimulación lineal en la dirección radial (desde las toberas hacia el centro del horno) o puede tratarse de estimulaciones de turbulencias en la zona de turbulencias de una tobera individual, pero también puede tratarse de una estimulación de turbulencias que abarca todas las zonas de turbulencias en la dirección circunferencial del horno de cuba, representado el "hombre muerto" dispuesto en el centro en cuanto al espacio de esta estimulación representa topológicamente un agujero para una oscilación de turbulencias de este tipo. Gracias a la estimulación del sistema parcial en una de sus frecuencia propias, puede conseguirse un paso de gas por resonancia en la zona de turbulencias/las zonas de turbulencias, que conduce a un mejor paso de gas en conjunto en la cuba y que aumenta, por lo tanto, el rendimiento del horno de cuba. De forma especialmente preferible, la modulación se realiza por ejemplo respecto a la duración del impulso, la frecuencia del impulso o la intensidad del impulso de tal modo que se forme una onda estacionaria en el horno de cuba. De forma adicional o alternativa, la modulación se realiza de tal modo que las materias primas desciendan uniformemente en el horno de cuba, en particular en forma de una corriente en forma de tapón. Para ello, la modulación puede ser regulada en función de las magnitudes de funcionamiento medidas.

Otra ventaja del procedimiento indicado está en una influencia en la geometría de las zonas de turbulencias, de modo que se ensancha la zona en la que tiene lugar la reacción del carbón principal. Por consiguiente, puede aumentarse la potencia del horno de cuba, es decir, puede conseguirse un mejor rendimiento sin costes energéticos o materiales

adicionales.

Otro aspecto de la invención se refiere a un procedimiento del tipo indicado al principio, en el que en una primera fase de funcionamiento se modula dinámicamente al menos una de las magnitudes de funcionamiento ajustándose un parámetro, se registra el efecto de la modulación de la al menos una magnitud de funcionamiento en al menos un valor característico del horno de cuba, se varía a continuación el parámetro según un sistema predeterminado y se vuelve a ajustar nuevamente el parámetro variado para la modulación, registrándose después de cada variación y nuevo ajuste el efecto de los mismos en el valor característico, seleccionándose a continuación entre los valores registrados que corresponden a los parámetros variados del valor característico según unos criterios de selección predeterminados un valor característico con el valor de parámetro correspondiente y modulándose dinámicamente en una segunda fase de funcionamiento la al menos una magnitud de funcionamiento con el valor del parámetro seleccionado. En este procedimiento se determina de forma ventajosa en primer lugar como debe realizarse recomendablemente la modulación dinámica, variándose un parámetro, que puede ser por ejemplo la duración de período para una modulación periódica, y seleccionándose mediante la variación con ayuda de un valor característico, que puede ser por ejemplo el rendimiento del horno de cuba, un valor de parámetro óptico (p.ej. una duración de período óptima), con ayuda del cual se realiza la modulación dinámica (p.ej. periódica).

De forma ventajosa, este procedimiento de optimización puede realizarse para otros parámetros, de modo que puede resultar una familia óptima de parámetros, con ayuda de los cuales se realiza la modulación dinámica.

El procedimiento según la invención puede realizarse con un horno de cuba, que está configurado y perfeccionado en particular como se ha explicado con ayuda del procedimiento según la invención.

En un horno de cuba de este tipo es ventajoso que el dispositivo presente una primera y una segunda parte tubular para la introducción del gas de tratamiento, pudiendo insuflarse adicionalmente a una tubería principal, mediante la cual se introduce una parte del gas de tratamiento, mediante la primera pieza tubular un oxidante y mediante la segunda pieza tubular un agente reductor sustitutivo. De este modo puede introducirse de forma técnicamente sencilla tanto un oxidante, como p.ej. oxígeno o aire enriquecido con oxígeno, como un agente reductor sustitutivo en el horno de cuba, lo cual permite una modulación dinámica de las introducciones independiente y fácil de realizar en cuanto a la técnica de construcción. Según la invención, un dispositivo de control está ajustado para ello del tal modo que pueden variarse en un intervalo inferior a 40 s las magnitudes de funcionamiento presión p y/o flujo volumétrico V.

Ha resultado ser especialmente recomendable que la primera y la segunda pieza tubular estén conectadas al menos en parte para formar una lanza de tubo doble, pudiendo estar dispuestas las piezas tubulares de forma concéntrica o excéntrica una respecto a la otra. De este modo, los requisitos funcionales de las piezas tubulares pueden combinarse con una disposición que ocupa poco espacio.

No obstante, también puede estar previsto que la primera y la segunda pieza tubular sean lanzas separadas en el espacio, pudiendo ajustarse al menos un ángulo de salida de una de las piezas tubulares respecto a un plano horizontal y/o vertical del horno de cuba, pudiendo ajustarse en particular de forma independiente el ángulo de salida de las dos piezas tubulares. De este modo puede variarse la dirección de insuflación, por ejemplo del oxígeno adicional o de los agentes reductores respecto a la geometría de las zonas de turbulencias. En particular, también puede concebirse modular dinámicamente también el ángulo de salida según las explicaciones anteriormente expuestas cuando está funcionando el horno de cuba.

En las tuberías de alimentación del horno de cuba están previstas en particular válvulas cerámicas, en particular válvulas de disco o válvulas electromagnéticas de pistón, de modo que las válvulas son resistentes a temperaturas elevadas y a cambios de temperatura. Por lo tanto, las válvulas presentan una dilatación térmica especialmente baja y pueden hacerse funcionar, por lo tanto, también sin dificultades a las temperaturas especialmente elevadas que se producen durante el funcionamiento.

El dispositivo para la introducción del gas de tratamiento está conectado preferiblemente con al menos dos depósitos de reserva, cargándose los depósitos de reserva en particular con una sollicitación pulsante. Los depósitos de reserva presentan en particular un volumen diferente y/o una presión diferente, de modo que puede conectarse un depósito de reserva determinado según las necesidades para alcanzar una modulación determinada. También pueden estar conectados varios depósitos de reserva similares, para que en caso de un vaciado del depósito de reserva en cuestión la presión en el depósito de reserva baje sólo de forma insignificante, quedando suficiente tiempo para volver a llenar el depósito de reserva para que alcance su estado original, mientras que esté conectado el otro depósito de reserva.

En particular, el dispositivo para la introducción del gas de tratamiento presenta un primer juego de válvulas y un segundo juego de válvulas redundante. Esto permite hacer funcionar los distintos juegos de forma alternante, para que puedan enfriar las válvulas. El enfriamiento puede mejorarse aún más, refrigerándose las válvulas que no se necesitan para la alimentación del gas de tratamiento con ayuda de un gas, en particular con gas inerte.

Según otro aspecto de la invención se indica un procedimiento para hacer funcionar un horno de cuba que, además de por las características ya explicadas del procedimiento, está caracterizado porque se influye mediante una modulación dinámica en la atmósfera que reina en la zona superior del horno de cuba a partir de la zona inferior del horno de cuba. De este modo puede ampliarse el efecto anteriormente explicado de las modulaciones dinámicas en una zona limitada a las zonas de turbulencias de la atmósfera a una zona más grande, modulándose dinámicamente p.ej. el gas de tragante que se encuentra en la zona superior del horno de cuba. Para ello puede introducirse, por ejemplo, gas adicional a la zona superior del horno de cuba y/o la presión del gas de tragante puede modularse mediante un mando adecuado de las válvulas previstas en una tubería de salida del gas de tragante.

5

En particular, puede estar previsto adaptar entre sí una modulación dinámica que se realiza en el nivel del plano de toberas y la modulación dinámica que se realiza en la zona superior (en el tragante). De este modo pueden iniciarse por ejemplo otras estimulaciones por resonancia de un sistema parcial de la atmósfera que reina en el horno de cuba, por lo que puede conseguirse un paso de gas aún mejor en el horno de cuba. Las modulaciones dinámicas pueden adaptarse de forma ventajosa, por ejemplo respecto al período y la amplitud, de modo que sea posible otra estimulación por resonancia o que la estimulación de un sistema parcial de la atmósfera que reina en el horno de cuba no tenga lugar hasta que se produzca un efecto de acoplamiento de las estimulaciones externas.

10

15

Otras ventajas y detalles de la invención resultan de la explicación expuesta a continuación del dibujo adjunto, en el que

la Figura 1 muestra un diagrama de tiempo y presión;

la Figura 2 muestra otro diagrama de tiempo y presión;

20

la Figura 3 muestra un diagrama de tiempo y concentración;

la Figura 4 muestra un diagrama de tiempo y caudal másico; y

la Figura 5 muestra un diagrama combinado de tiempo-masa/flujo volumétrico.

En la Figura 1 está representado como puede modularse dinámicamente la presión, por ejemplo del gas de tratamiento que ha de ser introducido en el horno de cuba. Se puede ver que la presión  $p(t)$  fluctúa armónicamente alrededor de una presión base  $p_0$ , con una frecuencia de  $f = 1/T = 10$  Hz. La presión base  $p_0$  en este ejemplo es de 2,4 bar. La amplitud de presión  $2\Delta p$  en este ejemplo es de 1,2 bar, es decir, corresponde al 50 % del valor de presión base  $p_0$ . El desarrollo de la presión del viento caliente representado en la Figura 1 está definido, por lo tanto, por  $P(t) = p_0 + \Delta p \cdot \sin(2\pi t/T)$ .

25

En la Figura 2 está representada una modulación a modo de pulsaciones de la presión de una \*parte del gas de tratamiento que ha de ser introducido en el horno de cuba. Concretamente puede tratarse de oxígeno puro, que se introduce adicionalmente al viento caliente en el horno de cuba. También aquí, la modulación es periódica, aunque con una duración de período de  $T = 4$  s. La altura de impulso  $p_{max}$  es de 50 bar, lo que significa en comparación con el viento caliente introducido por ejemplo con una presión ambiente de 2,5 bar una pulsación con un factor de amplitud de 20. Los impulsos tienen una anchura de impulso  $\sigma$  de aproximadamente 0,4 s, de modo que resulta una relación de anchura de impulso a duración de período de aproximadamente 0,1.

30

35

En la Figura 3 está representada a título de ejemplo una modulación dinámica de la concentración de oxígeno del gas de tratamiento. Esta se realiza de la siguiente manera: una parte de viento caliente no modulada del gas de tratamiento suministra una concentración base constante de  $n_0$ , que corresponde a la concentración natural de oxígeno en el aire (el viento caliente está formado aquí por aire caliente). Además del viento caliente se introducen ahora también otras dos partes del gas de tratamiento. Una primera parte, que está formada por oxígeno puro o por una fase gaseosa que contiene oxígeno con una concentración de oxígeno  $n'_1$ , se introduce a modo de pulsaciones periódicamente con una duración de período  $T_1$  de 2 s. La cantidad del oxígeno puro o la concentración  $n'_1$  se elige aquí de tal modo que la concentración de oxígeno respecto al gas de tratamiento en conjunto aumente una diferencia de concentración de  $n_1$ . Aquí, la relación  $n_1/n_0$  es aproximadamente del 60 %. De forma análoga se introduce adicionalmente a modo de pulsaciones una segunda fase gaseosa, realizándose la pulsación también periódicamente con la misma duración de período  $T_2 = T_1$ , aunque con un desfase de una fase  $\phi_i$ . Esta segunda parte de gas alimentada a modo de pulsaciones, desfasada, conduce a un aumento de la concentración de oxígeno respecto al gas de tratamiento en conjunto de  $n_0$  a  $n_0 + n_2$ , como puede verse en la Figura 3. La relación  $n_0/n_2$  es aproximadamente del 40 %; es decir, la segunda fase gaseosa alimenta efectivamente menos oxígeno al gas de tratamiento que la primera. En la Figura 3 puede verse bien que también toda la concentración de oxígeno  $n(t)$  del gas de tratamiento es periódica, concretamente con una duración de período  $T = T_1 = T_2$ , puesto que resulta de la superposición de dos (tres con  $n_0$ ) fases gaseosas periódicamente moduladas. En el ejemplo mostrado en la Figura 3, el desfase es  $\phi_i$ , aproximadamente  $\pi/2$ . No obstante, también sería concebible ajustarlo en  $n$ , siendo las dos fases gaseosas adicionales en este caso anticíclicas. En este caso, la concentración de oxígeno  $n(t)$  sería cuasiperiódica con el período  $T/2$ . Sin desfase ( $\phi_i = 0$ ) se obtendría

50

una concentración de oxígeno  $n(t)$ , que también podría conseguirse igual de bien mediante una sola fase gaseosa adicional introducida.

5 La Figura 4 muestra la modulación temporal de la cuota de inyección de agentes reductores sustitutivos, que pueden ser aquí, p.ej., polvo de carbón o el caudal másico  $m/dt$  de los mismos. También aquí se ha superpuesto una parte adicional pulsante a un caudal másico continuo  $m_0/dt$ , que hace, por un lado, que todas las  $T = 20$  S aumenten el 30 %, y de forma anticíclica que todas las  $T = 20$  S aumenten el 50 %. El caudal másico  $m/dt$  en conjunto tiene, por lo tanto, el período  $T$ , aunque es cuasiperiódico con  $\tau = T/2$ . La anchura de impulso  $\sigma$  es aquí relativamente grande y corresponde aproximadamente a  $T/4$ .

10 La Figura 5 muestra la modulación temporal simultánea, por un lado, del caudal másico  $m/dt$  de un agente reductor sustitutivo y, por otro lado, de un flujo volumétrico  $V/dt$  de oxígeno. Para el caudal másico  $m/dt$  es válido algo similar que en la descripción anteriormente expuesta de la Figura 4, con la excepción de que la forma del impulso es diferente y el período  $T$  en la Figura 5 es  $T = 0,6$  s. La modulación temporal del flujo volumétrico de oxígeno  $V/dt$ , que también se realiza periódicamente con  $T$ , puede generarse, por ejemplo, provocándose una parte  $V_0/dt$  mediante el flujo volumétrico de oxígeno natural del aire caliente introducido aumentándose periódicamente mediante impulsos de oxígeno alimentados adicionalmente. Como puede verse en la Figura 5, los impulsos de oxígeno adicionales son desfasados un tiempo  $\Delta t = 0,02$  s respecto a la pulsación del caudal másico de los agentes reductores sustitutivos, lo cual corresponde a un desfase de  $\varphi_t = \pi/15$ . Gracias al desfase así elegido, la mayor cantidad de agentes reductores sustitutivos que se insufla en la zona de turbulencias tiene, por un lado, una ventaja respecto al impulso de oxígeno sucesivo, estando por así decirlo lista para la reacción mientras que, por otro lado, el impulso de oxígeno sucesivo puede provocar la reacción del agente reductor sustitutivo antes de que este salga de la zona de turbulencias. Por consiguiente, puede conseguirse una reacción fiablemente elevada del agente reductor sustitutivo con una mayor cuota de insuflación, lo cual conduce a un mejor paso de gas en el horno de cuba.

15 Los ejemplos de una modulación dinámica de la introducción del gas de tratamiento así como de otros componentes que se han explicado con ayuda de las Figuras 1 a 5, sólo representan una parte de las posibilidades de realizar la modulación dinámica según la invención. Como puede verse ya en los distintos ejemplos de realización, las características de la invención dadas a conocer en la descripción anteriormente expuesta así como en las reivindicaciones pueden ser esenciales para la realización de la invención en sus distintas formas de realización por sí solas o en cualquier combinación.

20 Como horno de cuba está previsto por ejemplo un alto horno, que presenta en su interior una presión de aprox. 2 a 4 bar. El gas de tratamiento puede insuflarse con una presión continua de aprox. 10 bar. Para conseguir una modulación pulsante, puede conectarse adicionalmente de forma temporal mediante una válvula un depósito de reserva, que presenta una presión de por ejemplo 20 bar. Mediante la conexión adicional del depósito de reserva puede generarse, por ejemplo, un impulso de corta duración con una presión 1,5 a 2,5 bar más elevada, es decir, la presión del gas de tratamiento presenta durante el impulso una presión de aprox. 12 bar. Debido a este impulso se genera en el interior del alto horno un golpe de energía que funde las incrustaciones y escorias en el borde de la zona de reacción y/o que perfora la capa en las incrustaciones o escorias. Puesto que gracias al golpe de energía se transporta oxígeno a la capa de escoria de la zona de reacción, tienen lugar reacciones de oxidación con la capa de escoria. La escoria así disuelta permite un mejor flujo por todo el alto horno. La formación de escoria puede al menos reducirse si se añaden al gas de tratamiento partículas de carbón lo más pequeñas posibles, de modo que en la reacción en la zona de reacción resulten menos componentes no quemados que podrían adherirse a la escoria. Los efectos del gas de tratamiento insuflado de forma modulada pueden intensificarse previéndose varios puntos de insuflación a lo largo de la circunferencia y/o a lo largo de la altura del alto horno.

25 Un horno de cuba realizado por ejemplo como horno de cubilote puede estar realizado en principio como se ha explicado anteriormente con ayuda del alto horno y hacerse funcionar de este modo. Habitualmente, un horno de cubilote se hace funcionar con una presión más baja, por ejemplo de 300 mbar. En este caso, el gas de tratamiento puede insuflarse de forma continua con una presión de 5 bar, pudiendo presentar el depósito de reserva que puede conectarse adicionalmente una presión de 12 bar.



**REIVINDICACIONES**

- 5 1.- Procedimiento para hacer funcionar un horno de cuba, en el que se alimentan materias primas a una zona superior del horno de cuba, que descienden bajo la acción de la fuerza de gravedad en el horno de cuba, fundiéndose y/o reduciéndose al menos una parte de las materias primas bajo la acción de la atmósfera que reina en el interior del horno de cuba ,
- y alimentándose en una zona inferior del horno de cuba un gas de tratamiento, que influye al menos parcialmente en la atmósfera que reina en el interior del horno de cuba,
- 10 **caracterizado porque** la introducción del gas de tratamiento se modula de forma cuasiperiódica, de tal modo que, durante la modulación, varíen las magnitudes de funcionamiento presión  $p$  y/o flujo volumétrico  $V$  al menos temporalmente dentro de los límites de una duración de período  $\leq 5$  s.
- 2.- Procedimiento según la reivindicación 1, realizándose la modulación de forma cuasiperiódica, siendo válido para la duración de período  $T$   $5 \text{ s} \geq T \geq 60 \text{ ms}$ .
- 3.- Procedimiento según la reivindicación 1 ó 2, realizándose la modulación a modo de pulsaciones, siendo válido para la anchura de impulso  $\sigma$  de un impulso  $5 \text{ s} > \sigma \geq 1 \text{ ms}$ .
- 15 4.- Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 3, realizándose la modulación mediante un ajuste de al menos una magnitud de funcionamiento.
- 5.- Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 4, introduciéndose el gas de tratamiento por al menos dos vías diferentes en el horno de cuba y modulándose dinámicamente una primera magnitud de funcionamiento para el control de la parte del gas de tratamiento que ha de introducirse por la primera vía, modulándose además dinámicamente una segunda magnitud de funcionamiento para el control de la parte del gas de tratamiento que ha de introducirse por la segunda vía, siendo la primera y la segunda magnitud de funcionamiento la misma magnitud de funcionamiento que se somete a modulaciones diferentes o siendo la primera y la segunda magnitud de funcionamiento magnitudes de funcionamiento diferentes que se someten a la misma modulación.
- 20 6.- Procedimiento según la reivindicación 5, siendo moduladas la primera y la segunda magnitud de funcionamiento periódicamente con la misma duración de período  $T$ , habiéndose desplazado la fase relativa de las mismas un valor predeterminado.
- 7.- Procedimiento según una de las reivindicaciones 2 a 6, ajustándose la duración de período  $T^{-1}$  inversa en una frecuencia propia de un sistema parcial de la atmósfera en el interior del horno de cuba.
- 8.- Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 7, conteniendo el gas de tratamiento al menos temporalmente en parte o por completo gas inerte, para refrigerar válvulas dispuestas en el flujo volumétrico del gas de tratamiento.
- 30 9.- Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 8, modulándose el gas de tratamiento de tal modo que el gas de tratamiento forme una onda estacionaria en el horno de cuba.
- 10.- Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 9, regulándose la introducción del gas de tratamiento de tal modo que las materias primas desciendan uniformemente en el interior del horno de cuba.

35

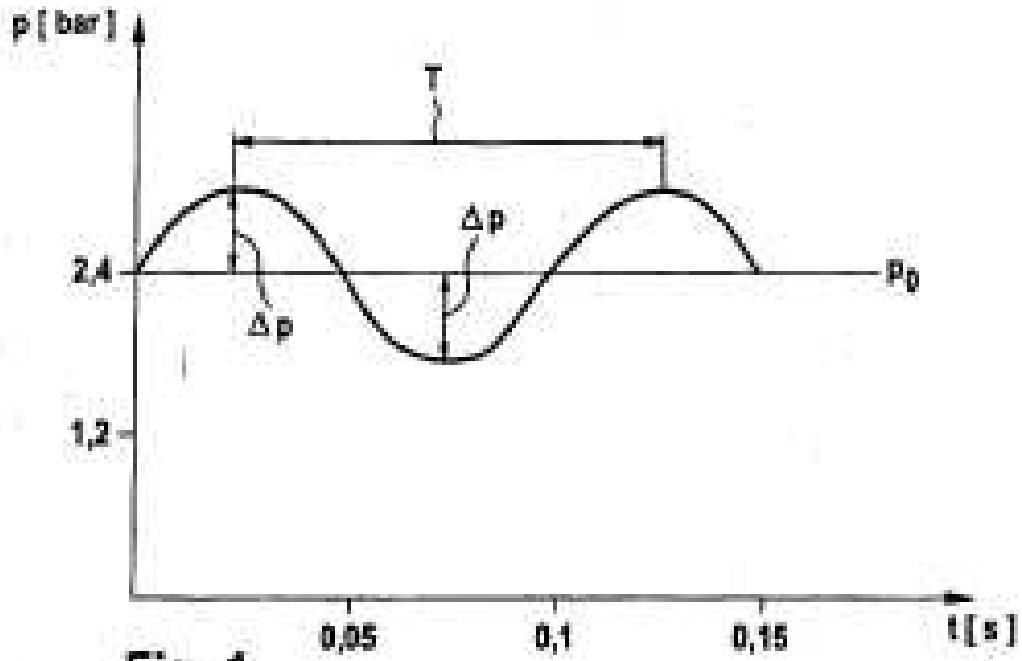


Fig. 1

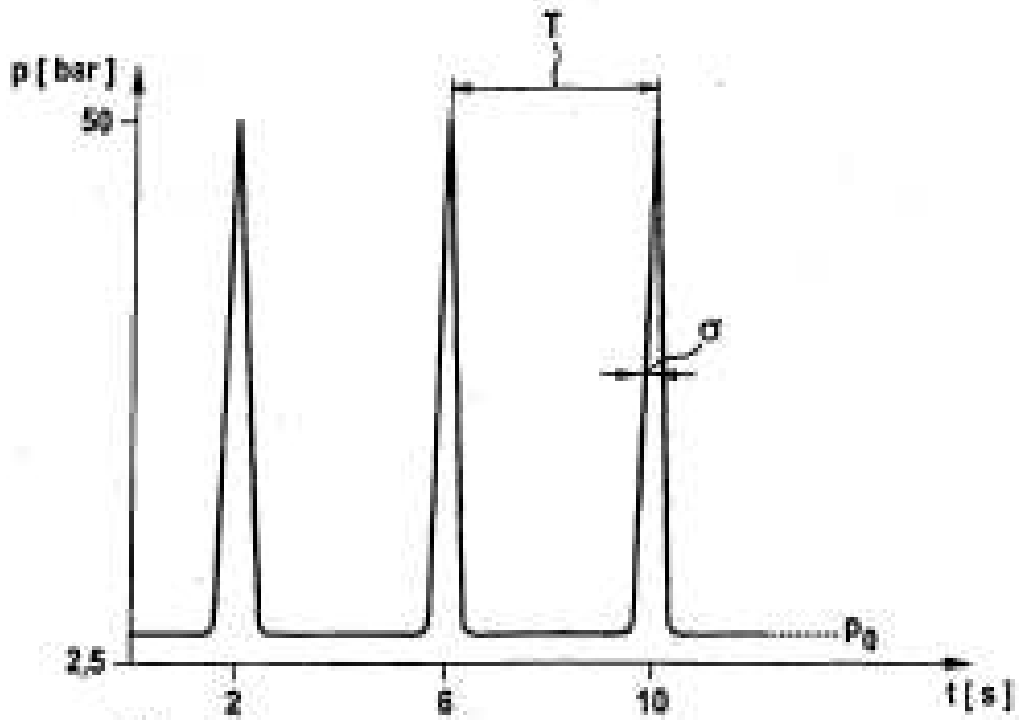


Fig. 2

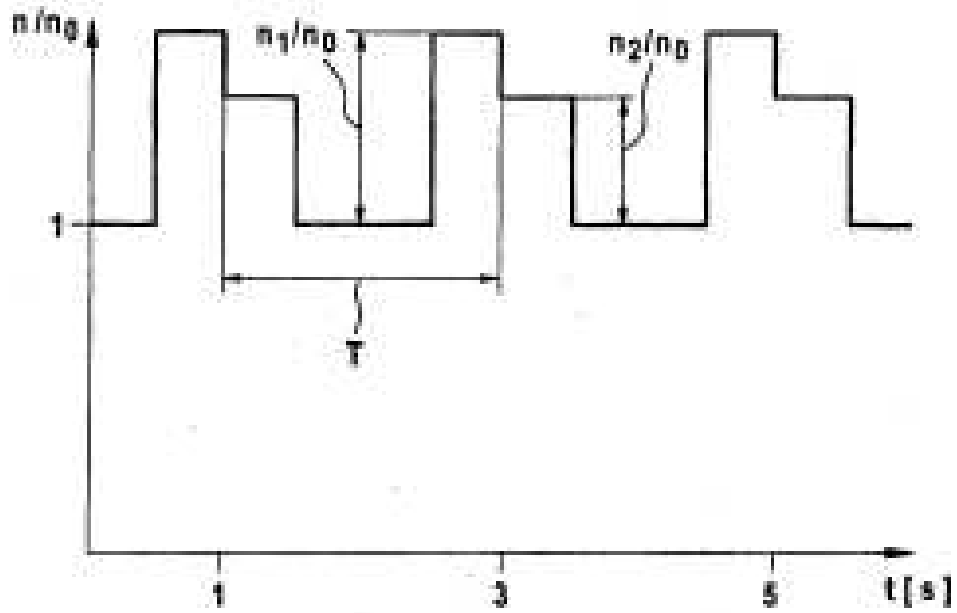


Fig. 3

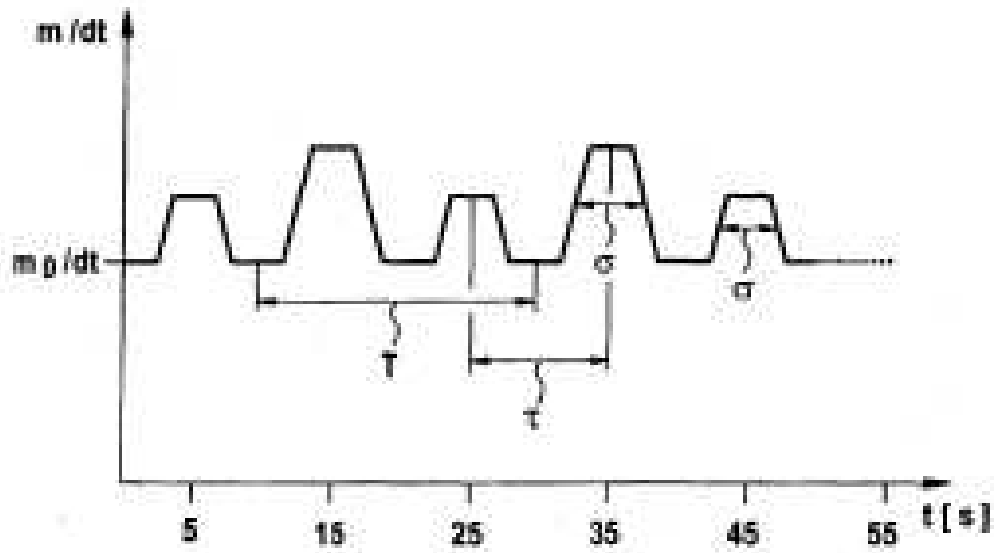


Fig. 4

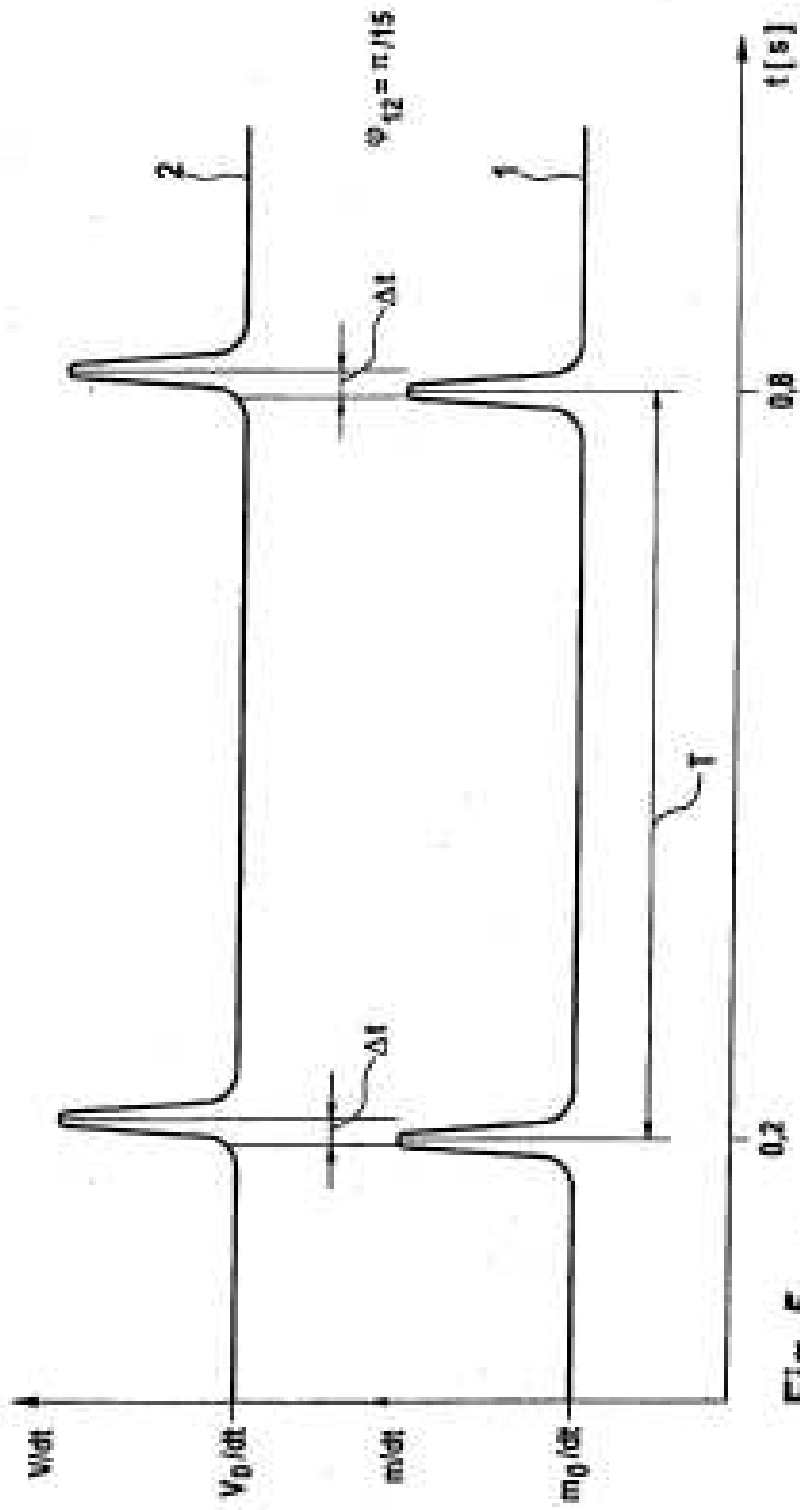


Fig. 5