



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 335 321**

51 Int. Cl.:
H05B 7/148 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **07802299 .3**

96 Fecha de presentación : **13.09.2007**

97 Número de publicación de la solicitud: **2067378**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **10.06.2009**

54 Título: **Procedimiento para la explotación de un horno metalúrgico de fusión y horno.**

30 Prioridad: **18.09.2006 DE 10 2006 044 351**
28.09.2006 DE 10 2006 046 274
03.09.2007 DE 10 2007 041 632

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
24.03.2010

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
24.03.2010

73 Titular/es: **SMS Siemag AG.**
Eduard-Schloemann-Strasse 4
40237 Düsseldorf, DE

72 Inventor/es: **Schubert, Manfred;**
Krüger, Klaus y
Dorndorf, Markus

74 Agente: **Carvajal y Urquijo, Isabel**

ES 2 335 321 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).

ES 2 335 321 T3

DESCRIPCIÓN

Procedimiento para la explotación de un horno metalúrgico de fusión y horno.

5 La invención se refiere a un procedimiento para la explotación de un horno metalúrgico de fusión, especialmente para la explotación de un horno de arco eléctrico, en cuya explotación se respeta una pluralidad de parámetros de la explotación dentro de límites establecidos de antemano, en caso dado variables en función del tiempo, utilizándose con esta finalidad un dispositivo de control o de regulación. Por otra parte, la invención se refiere a un horno metalúrgico de fusión, especialmente se refiere a un horno de arco eléctrico.

10 En un horno metalúrgico de fusión del tipo que ha sido citado se funde chatarra metálica por medio de energía eléctrica. Este proceso es parte integrante de la obtención del acero. En este caso está presente, en la mayoría de los casos, una pluralidad de arcos eléctricos, que se establecen entre los vértices de los electrodos y el producto en fusión, cuyos arcos eléctricos proporcionan el calor necesario para el proceso de fusión en forma de energía térmica.

15 Para una obtención de acero, de manera eficiente y con ahorro de energía, tienen que ajustarse de forma óptima los flujos de materia y de energía. Con esta finalidad se conocen instalaciones de control y de regulación, que controlan o bien que regulan los hornos que han sido citados al principio. Ejemplos a este respecto han sido descritos en la publicación US 5 205 979, en la publicación WO 02/28146 A1, en la publicación DE 197 11 453 A1, en la publicación EP 0 036 122 B1, en la publicación DE 44 15 727 A1, en la publicación WO 02/063927 y en la publicación WO 99/23264.

20 Para llevar a cabo la realización de una explotación del horno eficiente con respecto a las necesidades energéticas y con respecto a la productividad pueden establecerse de antemano las siguientes magnitudes de ajuste en el desarrollo de la fusión, en función del proceso:

- intensidad de la corriente eléctrica de cada uno de los arcos eléctricos y la tensión de la línea exterior o bien la tensión continua,
- 30 • la reactancia de la bobina de choque,
- el flujo volumétrico de gas natural y de oxígeno de cada uno de los quemadores,
- el flujo volumétrico del oxígeno aportado para la post-combustión,
- 35 • el flujo volumétrico del oxígeno y el flujo másico del carbón menudo de cada uno de los inyectores para la generación de la escoria esponjosa,
- la velocidad de transporte del hierro reducido directamente,
- 40 • la velocidad de transporte de la chatarra, que es aportada en continuo y
- la velocidad de transporte del hierro en bruto líquido.

45 La especificación de los valores se lleva a cabo hoy en día en la mayoría de los casos en forma de controles en función del tiempo desde el inicio de la fusión o en función de la energía aportada. Puesto que el proceso sólo lleva a cabo este cálculo de una manera condicionada, son de rutina diaria las intervenciones manuales o bien, en general, las especificaciones manuales.

50 Por otra parte, existen enfoques para regular algunas de las magnitudes de ajuste citadas en función del estado del proceso. En este caso, se lleva a cabo la descripción del estado del proceso, entre otras cosas, por medio de las temperaturas más diversas del agua de refrigeración, de la emisión de ruido del horno, de la composición de los gases de escape y de diversos valores característicos eléctricos tal como, por ejemplo, el coeficiente de distorsión de la corriente eléctrica. Los reguladores correspondientes están montados en forma de reguladores clásicos, como reguladores de campo característico o como redes neuronales. La característica típica de los reguladores existentes consiste en que se considera aisladamente cada una de las tareas individuales de regulación. Las interfaces de usuario (HMI) son, por consiguiente, correspondientemente específicas y están realizadas de manera no unitaria. Por otra parte sucede que el ajuste de los parámetros de los postulados conocidos de regulación requiere conocimientos técnicos fundamentados de la tecnología de control y de regulación. Esto dificulta considerablemente la optimización de la explotación. Teniendo en consideración las oscilaciones del proceso a largo plazo, como las que resultan, por ejemplo, de la calidad de la chatarra o del espectro de la producción, una explotación más eficiente requiere, sin embargo, precisamente esta optimización.

65 En el caso de los dispositivos conocidos de control o bien de regulación constituye un inconveniente, por lo tanto, el que se da una baja transparencia de la unidad. Hasta el presente se trabaja de manera preferente con una explotación manual o únicamente parcialmente automatizada. Por consiguiente únicamente existe una aplicación controlada de

ES 2 335 321 T3

los recursos (productos para la explotación y tiempo) y hasta el presente no existe una consideración en conjunto del proceso de fusión.

5 Así mismo, únicamente existen regulaciones hasta ahora para los sistemas parciales, por ejemplo para el control de los quemadores y para la regulación de la escoria esponjosa.

Por consiguiente no existe una aplicación óptima de la energía. Igualmente se requiere un coste administrativo relativamente elevado para conseguir una productividad de la instalación que permanezca a nivel constante.

10 Por último existe un gran riesgo como consecuencia de las perturbaciones en la explotación y los tiempos de detención, que resultan como consecuencia de que las necesarias intervenciones manuales no son realizadas a tiempo o son realizadas de una forma inadecuada.

15 Por consiguiente, la invención tiene como tarea proponer un procedimiento para la explotación de un horno metalúrgico de fusión, especialmente para la explotación de un horno de arco eléctrico, así como un horno, con el cual se eviten o al menos se reduzcan los inconvenientes citados. Por consiguiente, se alcanzaría una eficiencia mejorada, es decir una aplicación más económica de los recursos y un tiempo del procedimiento reducido de manera óptima. Por lo tanto debe proporcionarse un sistema de conducción del proceso para la detección y para la regulación integral del proceso de fusión de un horno de arco eléctrico.

20 La solución de esta tarea por medio de la invención se caracteriza, con respecto al procedimiento, porque el dispositivo de control o de regulación presenta un control o una regulación convencional y una regulación Fuzzy, que dirigen sus respectivas magnitudes de ajuste hasta, al menos, un mediador programable, calculando el mediador, al menos único, la señal que es empleada de conformidad con un coeficiente de ponderación, que está establecido de antemano, a partir de las magnitudes de ajuste que proceden del control o de la regulación convencionales y que proceden de la regulación Fuzzy.

25 El mediador puede combinar básicamente tanto las magnitudes de ajuste de un control (sistema de nivel 1) y una regulación convencional así como también un control y una regulación Fuzzy.

30 Todos los componentes individuales, que son empleados, están constituidos en este caso de manera equivalente (con una interfaz hombre-máquina HMI unitaria).

35 El parámetro reglado de la explotación puede ser la intensidad de un quemador, con el que se calienta el material en el horno.

Este parámetro puede ser también la absorción de potencia de un arco eléctrico, con el que se calienta el material en el horno.

40 El parámetro puede ser así mismo la reactancia de una línea de alimentación con inclusión de la bobina de choque hasta un arco eléctrico, con el que se calienta el material en el horno.

El parámetro puede ser así mismo la intensidad de un post-quemador, con el que se calienta el material en el horno.

45 Así mismo puede ser un parámetro que esté correlacionado con la cantidad de la escoria esponjosa, que se encuentre en el horno.

El parámetro puede ser así mismo la cantidad de un gas introducido en un elemento de calefacción del horno. De manera preferente, el gas puede ser oxígeno o gas natural.

50 El parámetro reglado de la explotación puede ser, de la misma manera, la cantidad aportada de hierro.

Con cada parámetro reglado de la explotación puede estar asociado con un mediador propio.

55 De manera preferente, se ha previsto que dos, como mínimo, de manera preferente se previsto que todos los parámetros reglados de la explotación sean tratados en un sistema de regulación combinado de manera unitaria.

60 El horno metalúrgico de fusión, especialmente el horno de arco eléctrico, para cuya explotación se respeta una pluralidad de parámetros de la explotación por medio de un dispositivo de control o de regulación dentro de límites establecidos de antemano, se caracteriza, de conformidad con la invención, porque el dispositivo de control o de regulación presenta un control o una regulación convencionales y una regulación Fuzzy, estando conectadas ambas regulaciones con, al menos, un mediador programable, que es adecuado para llevar a cabo el cálculo de la señal de ajuste, que es utilizada, de conformidad con un coeficiente de ponderación establecido de antemano a partir de las magnitudes de ajuste que proceden del control o de la regulación convencionales y de la regulación Fuzzy.

65 Las características esenciales de la solución propuesta consisten por consiguiente en prever el empleo de la lógica Fuzzy en los algoritmos de regulación que son empleados y en llevar a cabo una conexión de la tecnología de regulación convencional y basada en el sistema Fuzzy a través de mediadores. En este caso se ha previsto, de mane-

ES 2 335 321 T3

ra preferente, una arquitectura modular de los programas de ordenador con asociación de reguladores que puede ser configurada de manera individual.

5 El sistema director del proceso integral, desarrollado con esta finalidad, que tiene en consideración todos los flujos de materia y de energía, calcula a partir del estado real del horno y de los parámetros de regulación establecidos de antemano, las magnitudes de salida preferentemente en siete algoritmos de regulación especiales: “Burner Control” (regulación del quemador), “Power-Control” (regulación de la potencia), “Reactor Control” (regulación de las etapas de la bobina de choque), “DRI-Control” (regulación del hierro directamente reducido DRI), “Post Combustion Control” (regulación de la post-combustión), “Foaming Slag Control” (regulación de las escorias esponjosas), “Oxygen Control” (regulación del oxígeno, por ejemplo chorro). Estas magnitudes de ajuste se devuelven nuevamente al sistema.

15 Los algoritmos de regulación están basados, en este caso, sobre una combinación constituida por la regulación convencional y por la regulación Fuzzy, estando enlazadas éstas entre sí a través de los mediadores citados, que pueden ser configurados y elegidos libremente específicamente para el algoritmo. De este modo, puede controlarse o bien puede regularse de manera óptima un horno de arco eléctrico.

20 El mediador fija la relación proporcional (ponderación) entre la regulación convencional y la regulación Fuzzy. El mediador tiene un efecto excluyente en el caso del ajuste 1 (ausencia de regulación Fuzzy, únicamente regulación convencional) o bien en el caso del ajuste 0 (ausencia de regulación convencional, únicamente regulación Fuzzy).

25 Una arquitectura de los programas de ordenador modular, flexible, orientada al objetivo y dinámica permite una adaptación sencilla a cada configuración de horno por medio del ajuste de los parámetros del horno y de regulación (Furnace Configuration y Control Data).

La asociación de regulación ampliable puede estar constituida por hasta siete algoritmos de regulación, inclusive, que pueden ser conectados y desconectados en el proceso, en concreto

- el “Power Control” (regulación de la potencia),
- el “Burner Control” (regulación del quemador),
- el “Reactor Control” (regulación de las etapas de la bobina de choque),
- el “Post Combustion Control” (regulación de la post-combustión),
- el “Foaming Slag Control” (regulación de las escorias esponjosas),
- el “Oxygen Control” (regulación del oxígeno) y
- el “DRI Control” (regulación del hierro directamente reducido DRI),

45 que son instalados por medio de un controlador central. Un regulador Fuzzy general puede acoplarse con cada regulación específicamente a través de un mediador.

50 Son preferentes un control y una regulación autónomos de cada uno de los elementos del horno (quemador de gas natural-oxígeno, inyectores de oxígeno, inyectores de oxígeno al post-quemador, inyectores de carbono, inyectores de hierro directamente reducido DRI), puesto que pueden ser definidos parámetros de regulación específicos para cada elemento del horno. Por otra parte cada uno de los elementos individuales del horno (por ejemplo uno de los quemadores) puede ser desconectado o puede ser conectado independientemente.

55 Se lleva a cabo un control central del desarrollo de los programas de ordenador por medio de un administrador del proceso. Este administrador inicializa y monitoriza los sistemas parciales y las tareas del sistema director del proceso.

Puede llevarse a cabo una conexión flexible, ampliable e independiente del proceso de las ventanas indicadoras (Views) y de los archivos de registro (Stores) por medio de la tecnología del observador (Observer).

60 Se da una estructura más intuitiva y más sencilla de las ventanas indicadoras para la representación de los datos del proceso del sistema para la optimización de la energía del horno FEOS (Furnace Energy Optimizing System) y del administrador de los datos de control del FEOS para la parametrización del horno y de la temperatura de regulación.

65 La configuración de los parámetros de regulación y de la configuración del horno puede llevarse a cabo por medio de un programa independiente y por medio del memorizado de la configuración en forma de fichero XML (Extensible Markup Language).

La regulación del proceso trabaja de manera preferente con un tiempo de cadencia menor o igual que 1 segundo.

ES 2 335 321 T3

De este modo, se dan una monitorización continua del proceso y una reacción definida a las correspondientes condiciones del proceso por medio del análisis de la solicitación térmica de la cuba, de la emisión de ruidos, de las oscilaciones de la corriente eléctrica, de las magnitudes eléctricas actuales y de la emisión de gases de escape.

5 El sistema director del proceso esta basado en una arquitectura moderna de los programas de ordenador, orientada a los objetivos, está estructurada de manera modular y ofrece la posibilidad de conectar o de desconectar en el proceso sistemas parciales o regulaciones parciales y es fácilmente ampliable debido a la estructura flexible.

10 El sistema tiene carácter monitorizante y puede ser combinado con los sistemas de nivel 1 existentes. El sistema integra y trata datos de nuevas tecnologías para el análisis de los gases de escape y para la medición del ruido.

15 De manera ventajosa, por medio del postulado integral y por medio de la consideración de todos los flujos de materia y de energía se obtienen un programa, que reúne en un sistema todos los conceptos de control y de regulación existentes hasta ahora. El sistema reúne las especificaciones procedentes del sistema de nivel 1 del operador en la sala de control y del ingeniero de procesos.

20 El sistema ha sido diseñado de conformidad con los procedimientos más modernos de la tecnología de control y de regulación así como con el desarrollo más moderno de los programas de ordenador (modularidad, posibilidad de ampliación, desacoplamiento entre la visualización y el tratamiento de los datos) y ha sido programado con los programas de ordenador más actuales (C#), lo cual subraya el carácter del sistema de poder ser aplicado en el futuro.

25 La arquitectura autónoma del sistema posibilita la aplicación en cualquier acería para hornos de arco de corriente alterna. El sistema está conectado con la acería a través de un control lógico programable SPS, sin que sea necesaria una adaptación por parte del programa de ordenador. Esto se lleva a cabo exclusivamente a través de la configuración de los parámetros para los elementos del horno y de los parámetros de regulación.

30 El sistema propuesto ofrece a una plataforma una adaptación automática de las magnitudes de ajuste al estado instantáneo del proceso, posibilita una aplicación optimizada de la energía eléctrica, de los aditivos químicos (tal como el carbón menudo y el oxígeno) y garantiza de este modo una mayor transparencia del proceso de fusión. Esto conduce a una descarga del personal de servicio, a una disminución de las perturbaciones durante la explotación y del tiempo de detención así como a la disminución de los riesgos de accidente.

35 Al mismo tiempo, se reduce el coste administrativo por medio de la combinación con los sistemas de nivel 1 existentes y como consecuencia de la fácil adaptabilidad a las nuevas configuraciones de la instalación.

40 De aquí resulta una reducción de los costes del proceso y una minimización del tiempo por tonelada de acero, lo cual significa una ventaja en costes y, por lo tanto, en competitividad. De este modo, puede conseguirse una productividad al mismo nivel con un menor aporte de energía.

45 En el dibujo se han representado ejemplos de realización de la invención. Se muestra:

en la figura 1 esquemáticamente la estructura de una regulación de un horno de arco eléctrico;

45 en la figura 2 un pantallazo de la pantalla del dispositivo de regulación para la regulación de la potencia;

en la figura 3 un pantallazo de la pantalla del dispositivo de regulación para la regulación del quemador;

50 en la figura 4 el esquema de una arquitectura del regulador, en el que pueden verse, en conjunto, siete parámetros de explotación reglados;

en la figura 5 el esquema de una arquitectura del regulador o bien de una arquitectura del programa de ordenador;

55 en la figura 6 esquemáticamente la descripción funcional de los procesos que tienen lugar en el horno y la definición de los elementos Fuzzy; y

en la figura 7 esquemáticamente la incorporación del sistema de regulación del horno en un entorno.

60 En la figura 1 se ha representado esquemáticamente la estructura de una regulación 1 destinada a la regulación de un horno de arco eléctrico 2. En una cuba 3 se encuentra metal 4, que debe ser fundido. Por medio de un electrodo 5 se aporta energía eléctrica en el horno y, de este modo, se funde el metal.

65 El horno 2 sirve para la recuperación de acero procedente de chatarra de acero, empleándose además de la chatarra concomitantemente, también, hierro directamente reducido así como hierro en bruto. El horno tiene un considerable significado económico con una proporción de la generación de acero mundial correspondiente al 35%.

La materia prima se funde esencialmente por medio de arcos eléctricos de corriente continua o de corriente alterna. De manera típica, esto se verifica según el proceso por tandas. De igual modo, es posible aportar hierro en bruto líquido al horno antes o después de la carga de la chatarra o es posible aportar de manera continua la chatarra o bien el hierro

ES 2 335 321 T3

directamente reducido. La potencia de fusión está determinada por la intensidad de la corriente eléctrica y por la tensión del arco eléctrico. La intensidad de la corriente eléctrica puede elegirse libremente, en principio, dentro de los límites específicos de la instalación y del proceso, así como la tensión del arco eléctrico del horno de arco eléctrico de corriente continua. En el caso de los hornos de arco eléctrico de corriente alterna, la tensión del arco eléctrico puede establecerse previamente en etapas, que están determinadas por el diseño del transformador. El objetivo general consiste en elegir los parámetros de tal manera, que se consiga una elevada productividad y una baja necesidad energética. Este óptimo es específico de la instalación y depende considerablemente del estado instantáneo del proceso.

Otro parámetro eléctrico que puede ser modificado de forma dinámica en el desarrollo del proceso está dado por la reactancia en serie, al menos en tanto en cuanto ésta pueda ser realizada por medio de una bobina de choque, que puede ser conectada bajo carga o que puede ser regulada de manera escalonada. Una elevada reactancia conduce a calmar el proceso en el horno, una baja reactancia conduce a una elevada tensión disponible para el arco eléctrico.

Además de la energía eléctrica, que puede ser aportada a través de los arcos eléctricos, son utilizadas muchas energías auxiliares. Estas energías juegan un papel esencial en un horno moderno de arco eléctrico.

En primer lugar deben citarse, en este caso, los quemadores de gas natural- oxígeno (o en general también quemadores de combustible-oxígeno). Estos quemadores están dispuestos sobre la periferia de la cuba del horno, durante la primera etapa del proceso favorecen la fusión a baja temperatura del mineral en bruto de chatarra. En general los quemadores representan en este instante una forma muy eficiente de aprovechamiento de la energía. La duración y la potencia óptimas de aplicación están determinadas en este caso por la consistencia del mineral en bruto de chatarra en la correspondiente zona del quemador. El correspondiente óptimo, por consiguiente, es tanto específico de la instalación así como, también, depende de la carga actual.

Otra fuente de energía está dada por la atmósfera que se encuentra dentro de la cuba del horno. Esta atmósfera puede contener proporciones considerables de monóxido de carbono, de metano y de hidrógeno. Por medio de la inyección de oxígeno puede ser aprovechada la energía química contenida en su interior. Por una parte puede ser controlada la cantidad de oxígeno por medio de la estequiometría del quemador ya citado, por otra parte están presentes en caso dado por separado los denominados inyectores de oxígeno post-combustión en la zona superior del horno. El punto óptimo de la explotación de estos inyectores depende de la composición de la atmósfera del horno y del estado térmico de la cuba del horno, de manera especial de la tapa de la cuba y del colector de los gases de escape. Debe tenerse en consideración que la composición de la atmósfera del horno puede modificarse considerablemente en el transcurso de un breve espacio de tiempo.

Como otro factor importante del aporte de energía debe citarse la inyección de oxígeno y de carbón menudo en el baño de acero. Esto se verifica a través de manipuladores de las lanzas y/o de los inyectores por ultrasonidos. Además de los aspectos metalúrgicos, el aporte de carbón menudo y de oxígeno sirve de manera especial para el establecimiento de escoria esponjosa, es decir la escoria que flota sobre el baño de acero se transforma en esponja por medio de las burbujas de monóxido de carbono resultantes hasta un volumen equivalente entre diez y veinte veces su volumen original. De este modo se garantiza, incluso cuando el baño de acero sea líquido, un buen recubrimiento del arco eléctrico y, por lo tanto, una buena transmisión de la energía hasta la fusión. Además de la insuflación de una cantidad adecuada respectivamente de oxígeno y de carbón menudo, la composición de la escoria y su viscosidad juegan un papel importante en la generación de la escoria esponjosa.

Como último influjo material interesante desde el punto de vista energético debe citarse el aporte de hierro directamente reducido. Se ofrece el aporte del mismo) de manera continua con el baño de acero líquido. La velocidad óptima de transporte se caracteriza porque la temperatura del baño de acero y de la escoria se mantiene, durante el período de tiempo del transporte, a un nivel de temperatura constante, que es adecuado para la formación de la escoria esponjosa. Por otra parte, debe tenerse en consideración que la cantidad de carbono variable, que está contenida en el hierro directamente reducido, tiene un efecto sobre la formación de la escoria esponjosa.

Con relación a la figura 1 debe establecerse además lo siguiente:

La regulación 1 recibe de quemadores (no representados) en 6, 7, 8 las magnitudes de estado en forma de valores reales. La regulación 1 presenta al menos dos unidades de regulación 9 y 10 que han sido indicadas sólo de manera muy) esquemática, concretamente una primera regulación 9 convencional y una segunda regulación Fuzzy 10. Ambas regulaciones emiten, en función de los algoritmos depositados en las mismas, magnitudes de ajuste St_k y respectivamente St_F , que llegan hasta un mediador 11.

El mediador 11 calcula la magnitud de ajuste St real que es emitida a partir de la ecuación:

$$St = St_k \times F + St_F \times (1 - F)$$

con:

St : magnitud de ajuste

St_k : magnitud de ajuste de conformidad con la regulación convencional

ES 2 335 321 T3

St_F: magnitud de ajuste de conformidad con la regulación Fuzzy

F: coeficiente mediador.

5 Con esta finalidad, en primer lugar se inicia el proceso de regulación completo a través de una ventana de inicio. En este caso, se consulta un reloj conmutador del proceso, que inicializa y que pone en marcha en el transcurso de un segundo los siguientes sistemas parciales y procesos:

- 10 • la inicialización del administrador del proceso,
- la introducción en memoria de la configuración del horno a partir de los datos XML,
- la introducción en memoria de los datos del proceso (estado real del horno) a partir del SPS a través de un servidor de control de imagen óptimo OPC (Optimum Picture Control),
- 15 • la introducción en memoria de los parámetros de regulación a partir de los datos XML,
- la inicialización de la regulación 1 (Controller) y puesta en marcha de los algoritmos de regulación,
- 20 • el procesamiento secuencial de los algoritmos de regulación,
- el cálculo de las magnitudes de ajuste,
- la grabación de las magnitudes de ajuste en los datos del proceso,
- 25 • la emisión de las magnitudes de ajuste hasta el SPS a través del servidor OPC,
- la representación de los datos sobre una superficie dinámica (Views),
- 30 • el almacenamiento de los datos (estado real, magnitudes de regulación) en los archivos de registro.

En la regulación 1 (Controller) son definidas e inicializadas las regulaciones parciales. En función de la configuración del horno se ponen en marcha las regulaciones parciales de conformidad con el número de los elementos del horno.

40 Cuando existan en un horno - de conformidad con el ejemplo de realización según la figura 1 - por ejemplo tres quemadores, se recorrerá el algoritmo de regulación tres veces con los parámetros de regulación específicos correspondientes. En los parámetros de regulación (Control Data) están definidos los parámetros Fuzzy, los parámetros de la regulación convencionales y los mediadores. Como resultado se calculan por cada magnitud del proceso tres magnitudes de ajuste diferentes para los tres quemadores.

El enlace de las magnitudes de ajuste de la tecnología de regulación convencional y de la lógica Fuzzy se lleva a cabo a través del mediador 11 de conformidad con la fórmula precedente.

45 Por otra parte, es posible la conexión y la desconexión de los algoritmos de regulación, además de la elección entre la tecnología de regulación convencional y basada en el sistema Fuzzy, tanto en conjunto así como, también, de manera específica, para un elemento individual del horno.

50 El empleo de la lógica Fuzzy ofrece la posibilidad de integrar las experiencias y los conocimientos específicos del ingeniero de procesos y del operador de la sala de control en la base de regulación convencional. De este modo pueden integrarse zonas y formas de comportamiento del horno en las regulaciones, que no se encuentran al alcance de la metrotécnica directa.

55 La relación entre los algoritmos de regulación puede verse en la figura 4.

El programa de ordenador está constituido por un concepto de programa de ordenador modular, autónomo, flexible y dinámico. El programa está estructurado y montado de tal manera, que es posible una sencilla adaptación a cada configuración del horno por medio del ajuste de los parámetros del horno (Furnace Configuration) y de los parámetros de regulación (Control Data). El carácter modular posibilita una sencilla ampliación, lo cual se refiere tanto a los algoritmos de regulación, a los parámetros del horno así como, también, a la visualización del proceso.

60 La arquitectura autónoma del sistema posibilita el empleo en cualquier acería para hornos de arco eléctrico de corriente alterna. El sistema está conectado a través de un SPS con la acería, sin que sea necesaria una adaptación con respecto al programa de ordenador. Esto se lleva a cabo de manera exclusiva a través de la configuración de los parámetros para los elementos del horno y los parámetros de regulación.

ES 2 335 321 T3

La expresión dinámica del programa posibilita

- una sencilla adaptación del sistema a una nueva configuración del horno,
- la estructuración automática de los algoritmos,
- la adaptación automática de la visualización del proceso y
- una adaptación automática de los archivos de registro,

a base de la configuración del horno previamente definida, sin que tengan que llevarse a cabo adaptaciones con respecto al programa de ordenador.

La representación de los datos del proceso se lleva a cabo según los principios de las configuraciones superficiales modernas, intuitivas y ergonómicas (diseño GUI). Por consiguiente las superficies para la representación de los datos del proceso se llevaron a cabo de conformidad con los principios modernos de la configuración superficial e incluyen las exigencias de los aceristas. El objetivo consiste en proporcionar una información máxima con el menor número posible de ventanas y de procesos de conmutación.

En las figuras 2 y 3 se muestra respectivamente un pantallazo (Screen-Shot) de la pantalla del dispositivo de regulación, una vez para la regulación de la potencia (“Power”) y una vez para el quemador (“InjectorSystem Burner”).

Para la estructuración del sistema debe observarse lo siguiente (véanse también a este respecto las figuras 4 y 5, de las que se deducen los esquemas de la arquitectura y de la regulación):

Reloj conmutador del proceso/HMI-principal: en el botón de puesta en marcha está alojado en la forma principal, por medio del cual se pone en marcha y se detiene el proceso a través de un reloj conmutador. Por otra parte pueden transferirse al sistema nuevos parámetros de regulación con el proceso en marcha, en caso que sean necesarias adaptaciones de los algoritmos de regulación. Fuera de la forma principal no hay que accionar otros botones, el proceso discurre en un segundo plano, independientemente del operador. En general son posibles intervenciones (HMI) del servidor desde una superficie independiente (superficie WiaCC).

Administrador del proceso: el administrador del proceso es el elemento de control central en el sistema. A través del mismo se delegan y se ponen en marcha todas las tareas. Éste establece el orden de los procesos parciales.

Controller: en el Controller (regulación 1) se definen y se inicializan todas las regulaciones parciales. En función de la configuración del horno se llevan a cabo las regulaciones parciales de acuerdo con el número de los elementos del horno. La excepción está constituida por la regulación de la potencia (Power Control), la regulación de las etapas de la bobina de choque (Reactor Control) y la regulación del aporte de hierro (DRI-Control), que únicamente se llevan a cabo una vez en el horno.

Comunicación SPS/OPC: esta clase establece los métodos “ReadData” y “WriteData” para la conexión con el SPS. Los datos del proceso pueden ser enviados al SPS y pueden ser captados por el SPS. La comunicación se lleva a cabo a través de un servidor OPC.

Process Data: datos, que son extraídos del proceso, siendo almacenados en los objetos con la identificación PD (estado real, Limits). De la misma manera son almacenados provisionalmente (magnitudes de ajuste; Set) los datos, que son enviados al proceso, en los objetos con la identificación PD.

Control Data: datos, que son introducidos previamente por el ingeniero del proceso, siendo almacenados en los objetos con la identificación CD (valores límite, máximo, mínimo, Control-Daten, juegos Fuzzy, especificaciones de utilización de las partes del programa). Estos datos son introducidos a través de las máscaras del sistema FEOS, sin que el operador (fundidor) tenga acceso a los mismos.

El sistema director del proceso desarrollado para hornos de arco eléctrico se caracteriza, por lo tanto, porque todos los flujos de materia y de energía que han sido citados precedentemente (y, en caso dado, también otros) están regulados por una (única) asociación de regulación. De este modo, se produce una interfaz de usuario unitaria (HMI), que ofrece considerables ventajas en cuanto a su manejabilidad.

Además del conocido control a través de diagramas de marcha y de los postulados clásicos de regulación se ha realizado, a título de otra innovación, para cada una de las magnitudes de ajuste, una regulación basada en la lógica Fuzzy. Los reguladores de lógica Fuzzy ofrecen a los expertos en hornos de arco eléctrico, incluso sin otros conocimientos básicos de la tecnología de regulación, la posibilidad de una optimización rápida y que conduce a los objetivos. En base a sus conocimientos cualificados, el experto puede definir claramente las variables lingüísticas y las reglas correspondientes. El experto sabe, por ejemplo, qué cantidad de grados Celsius se esconde detrás de una “temperatura elevada del agua de refrigeración” y el modo en que tiene que reaccionar a la misma.

ES 2 335 321 T3

La elección del algoritmo Fuzzy es prácticamente arbitraria, en general es conveniente el método maxprod. De la misma manera, la forma y el número de los conjuntos correspondientes pueden ser adaptados arbitrariamente a la tarea planteada. Para conseguir comportamientos dinámicos pueden ser empleadas como magnitudes de entrada las correspondientes magnitudes dinámicas, tal como la derivada de una temperatura.

5

La regulación descrita ofrece al servidor la posibilidad de conmutar del control a la regulación de manera continua por medio del coeficiente de ponderación F . De conformidad con el coeficiente de ponderación, el valor de ajuste realmente aplicado se compone a partir de las especificaciones del control y de la regulación, manteniéndose límites de plausibilidad. Esto es posible puesto que los reguladores no contienen partes integrativas.

10

Por consiguiente, de conformidad con la propuesta según la invención, se reúnen las regulaciones individuales aisladas para formar una asociación de regulación. En lugar de un gran número de interfaces diferentes se ha previsto únicamente una sola interfaz de servidor (HMI). La realización de la regulación se lleva a cabo por medio de la lógica Fuzzy. Una transición flexible desde un control hasta una regulación, por ejemplo incluso hasta la regulación de lógica Fuzzy está asegurada por medio de los mediadores que pueden ser ajustados.

15

La figura 6 muestra a este respecto de manera esquemática la descripción funcional de los procesos que tienen lugar en el horno por medio de la especificación del sistema de nivel 1 y de la descripción por medio de las constantes de tiempo (sobre el lado izquierdo) y la descripción de los juegos Fuzzy (definición de los elementos Fuzzy) y su grado de influjo (sobre el lado derecho) así como la especificación resultante de los parámetros de influjo en el mediador (allí: ponderación del influjo de los diferentes conceptos de regulación; concluyéndose con los valores teóricos generados a partir de los medios ponderados de ambos conceptos de regulación). De aquí resultan, a su vez, los valores teóricos (magnitudes de ajuste) del circuito de regulación.

20

En la figura 7 se ha representado esquemáticamente la incorporación del sistema de regulación ("Control") del horno ("Electric Arc Furnace") en un ambiente, a través del cual se proporcionen los datos necesarios para la explotación del sistema.

25

Lista de números de referencia

30

1 Regulación

2 Horno de arco eléctrico

35

3 Cuba

4 Metal a ser fundido

40

5 Electrodo

6 Quemador

7 Quemador

45

8 Quemador

9 Unidad convencional de control o de regulación

10 Unidad de regulación Fuzzy

50

11 Mediador

St Magnitud de ajuste

55

St_K Magnitud convencional de ajuste

St_F Magnitud Fuzzy de ajuste

F Coeficiente mediador.

60

65

REIVINDICACIONES

5 1. Procedimiento para la explotación de un horno (2) metalúrgico de fusión, de manera especial para la explotación de un horno de arco eléctrico, en cuya explotación se respeta una pluralidad de parámetros de la explotación dentro de límites establecidos de antemano, empleándose con esta finalidad un dispositivo (1) de control o de regulación, **caracterizado** porque el dispositivo (1) de regulación o de control presenta una unidad convencional (9) de control o de regulación y una unidad Fuzzy (10) de regulación, que dirige sus respectivas magnitudes de ajuste (St_k , St_f) hacia, al menos, un mediador (11), calculando el mediador (11) la señal de ajuste, que es empleada, de conformidad con un
10 coeficiente de ponderación (F) establecido de antemano a partir de las magnitudes de regulación, que proceden de la unidad convencional (9) de control o de regulación y de la unidad Fuzzy (10) de regulación (10).

15 2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado** porque el parámetro reglado de la explotación es la intensidad de un quemador, con el que se calienta el material en el horno (2).

3. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado** porque el parámetro reglado de la explotación es la absorción de potencia de un arco eléctrico, con el que se calienta el material en el horno (2).

20 4. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado** porque el parámetro reglado de la explotación es la reactancia de un conducto de alimentación con inclusión de la bobina de choque hacia un arco eléctrico, con el que se calienta el material en el horno (2).

25 5. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado** porque el parámetro reglado de la explotación es la intensidad de un post-quemador, con el que se calienta el material en el horno (2).

6. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado** porque el parámetro reglado de la explotación es un parámetro, que está en correlación con la cantidad de escoria esponjosa, que se encuentra en el horno (2).

30 7. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado** porque como parámetro reglado de la explotación se toma en consideración la cantidad de un gas introducido en un elemento de calefacción del horno (2).

8. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado** porque como parámetro reglado de la explotación se toma en consideración la cantidad aportada del hierro.

35 9. Procedimiento según una de las reivindicaciones 2 a 8, **caracterizado** porque se tratan en una sola regulación (1) al menos dos de los parámetros reglados de la explotación.

40 10. Horno (1) metalúrgico de fusión, de manera especial horno de arco eléctrico, en cuya explotación se respeta una pluralidad de parámetros de la explotación, por medio de un dispositivo (1) de control o de regulación, dentro de límites establecidos de antemano, de manera especial para la realización del procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 9, **caracterizado** porque el dispositivo (1) de control o de regulación presenta una unidad convencional (9) de control o de regulación y una unidad Fuzzy (10) de regulación, estando conectadas las dos unidades (9, 10) de regulación con, al menos, un mediador (11) programable, que es adecuado para llevar a cabo el cálculo de la señal de ajuste, que es empleada, de conformidad con un coeficiente de ponderación (F) establecido de antemano, a partir de las magnitudes de ajuste que proceden de la unidad convencional (9) de control o de regulación y de la unidad Fuzzy de regulación.
45

50 11. Horno, según la reivindicación 10, **caracterizado** porque con cada parámetro reglado de la explotación está asociado un mediador (11) propio.

50

55

60

65

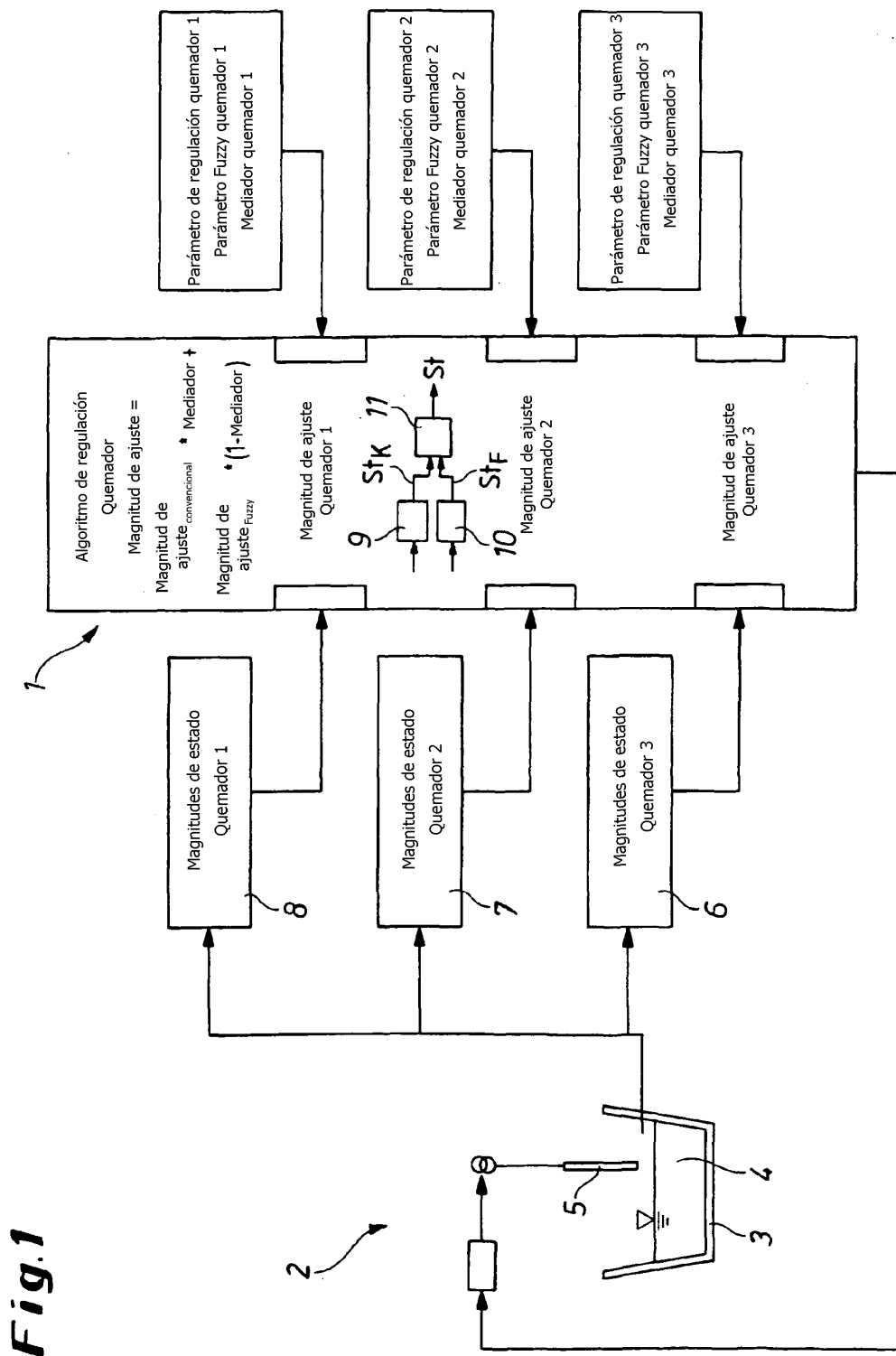


Fig.1

Fig.2

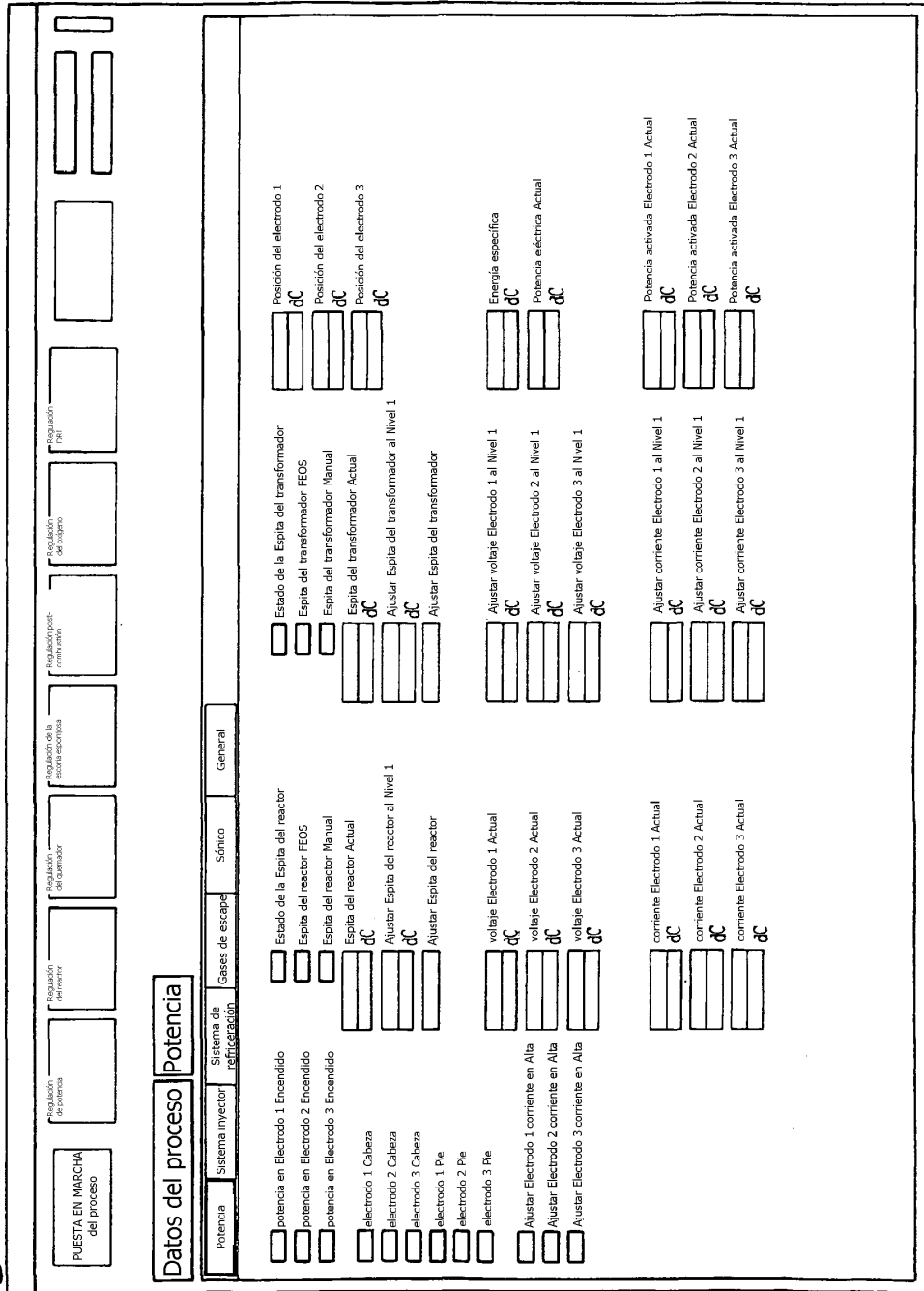


Fig.3

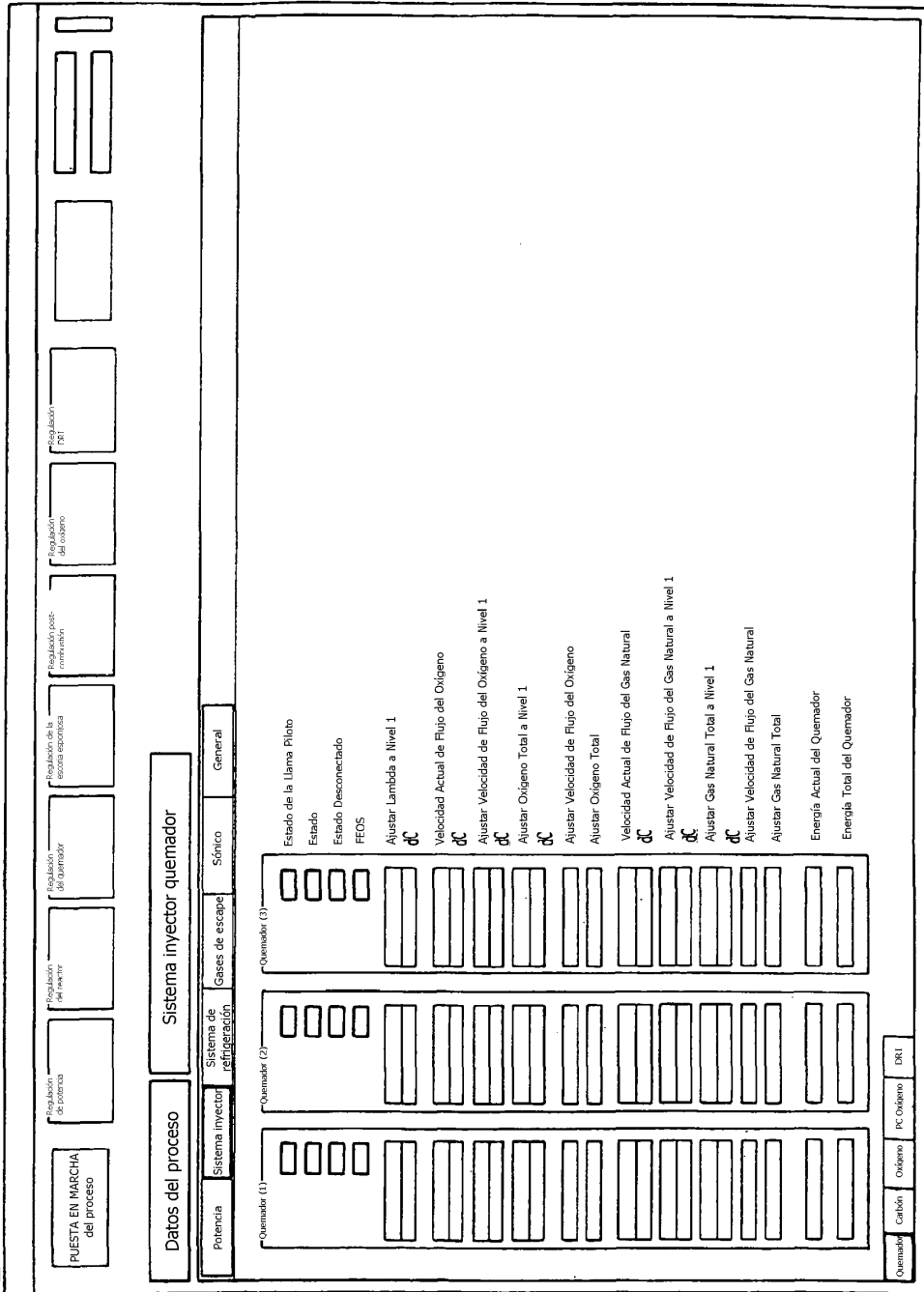


Fig.4

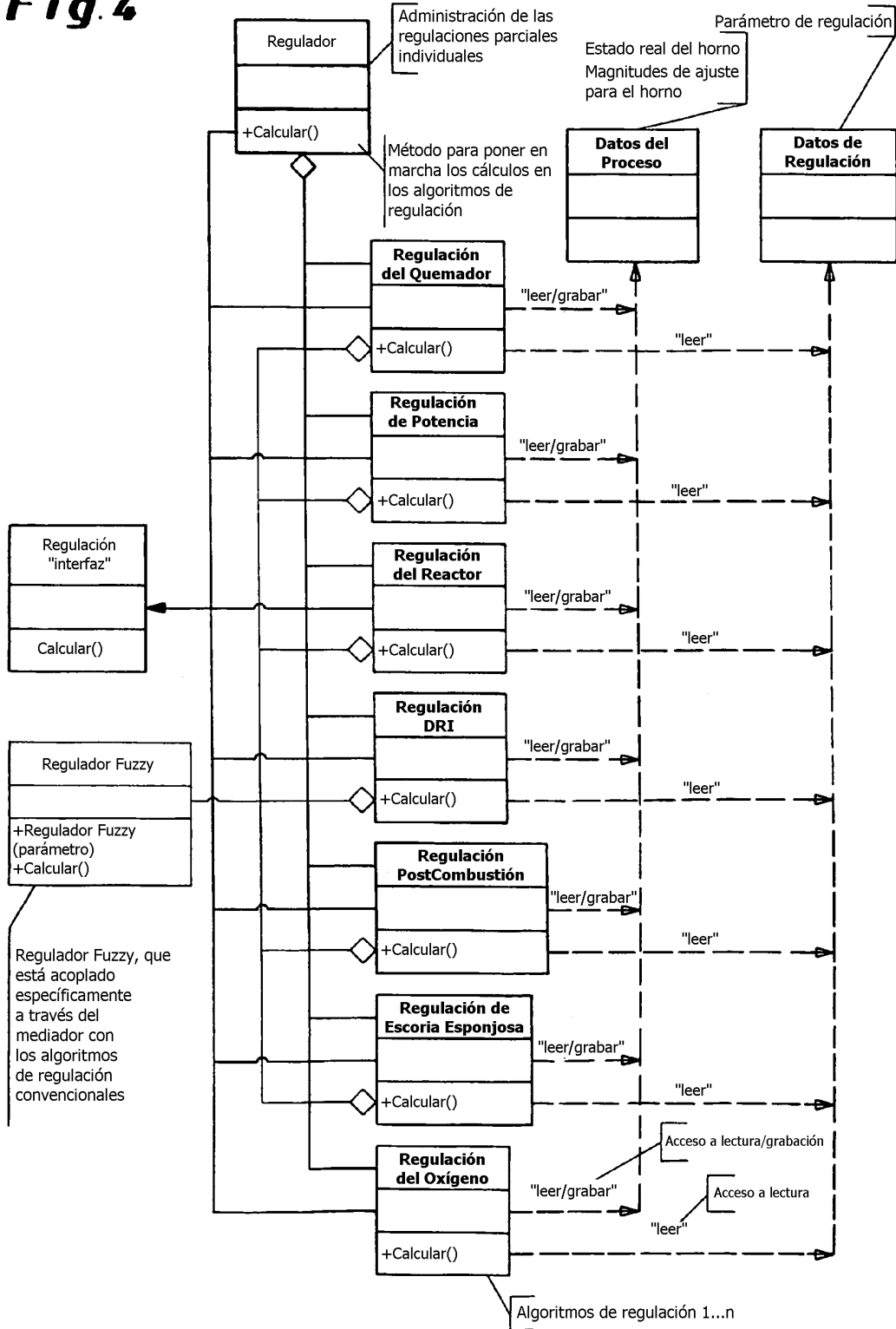


Fig.5

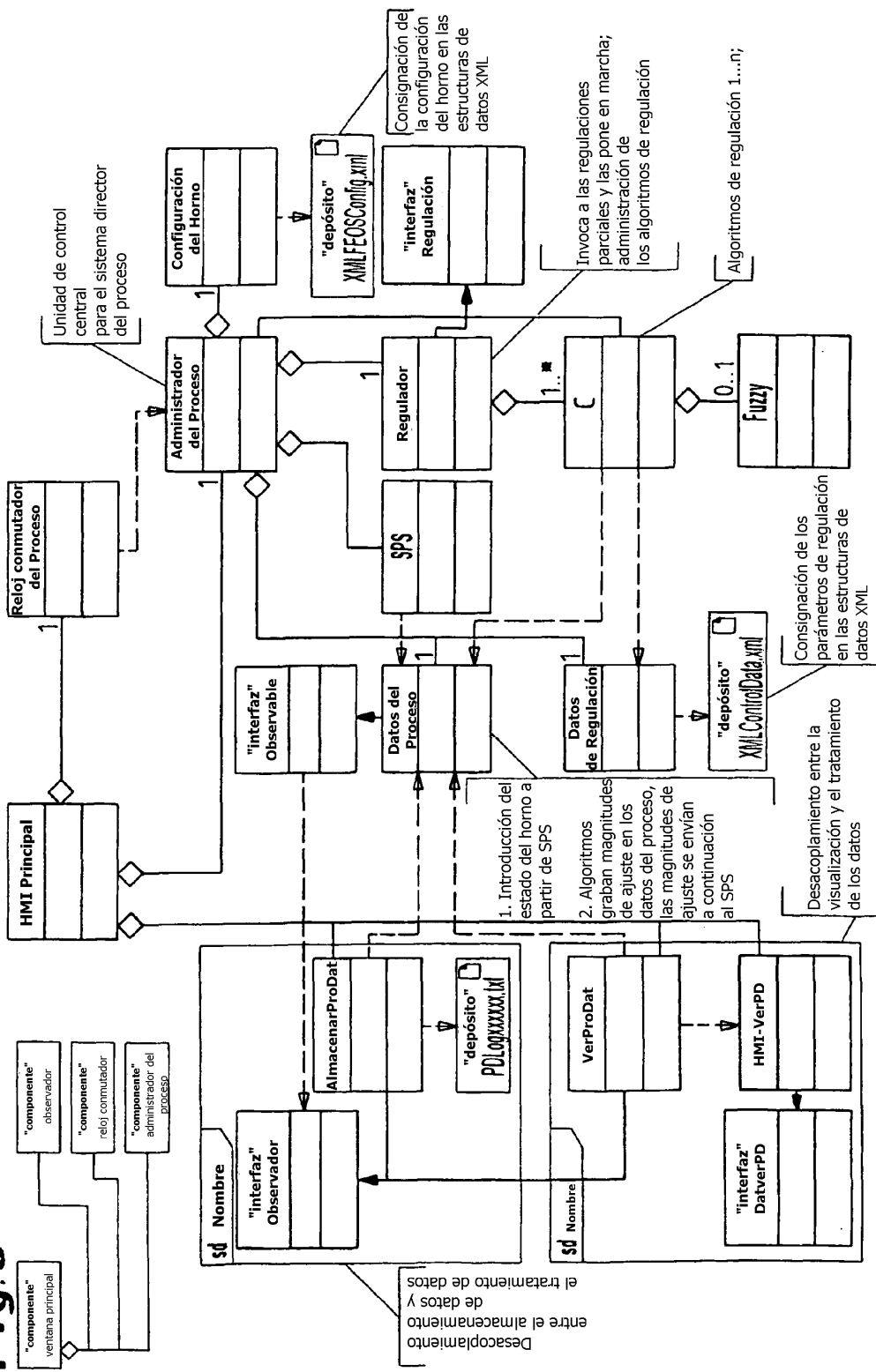


Fig.6

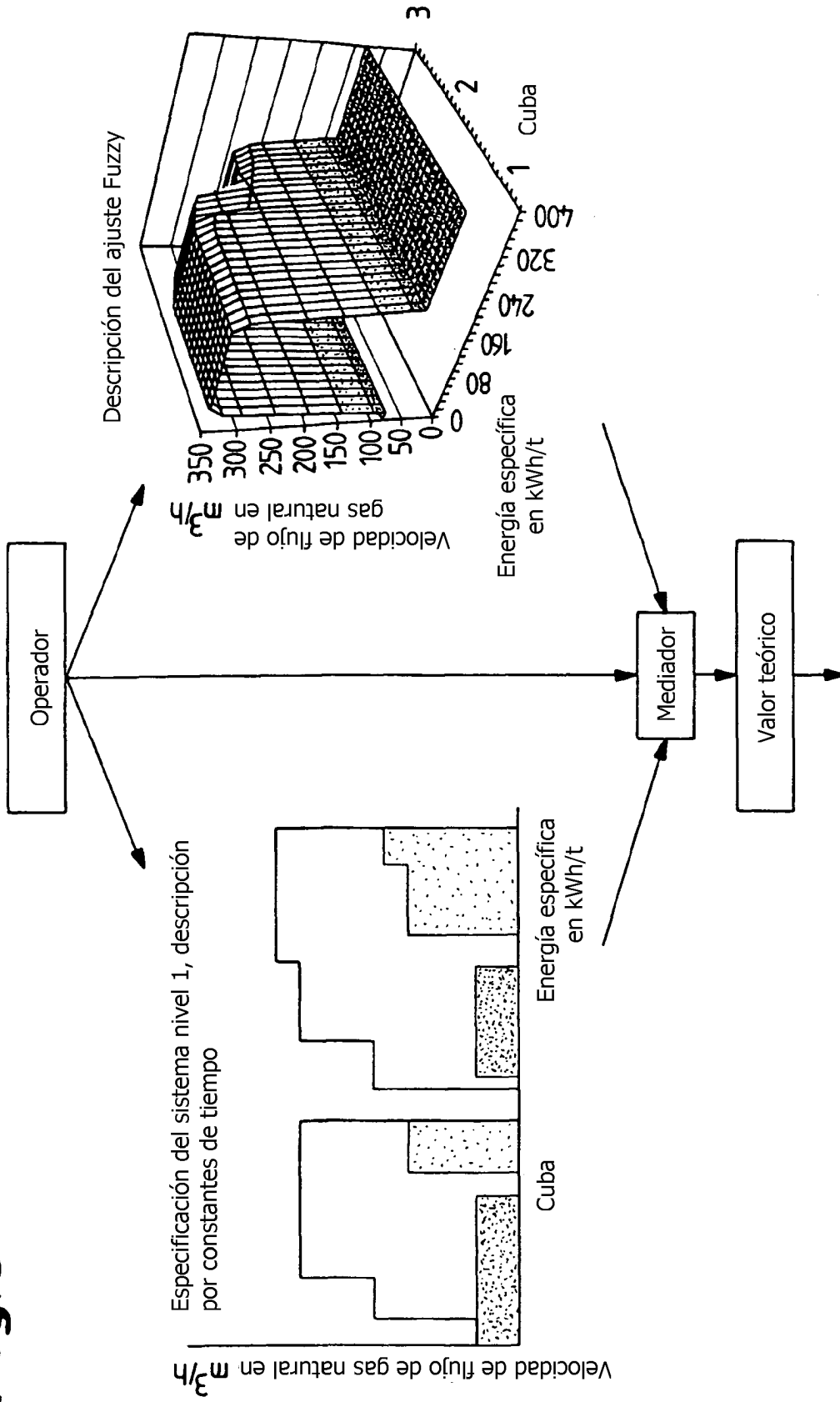


Fig.7

