



República Federativa do Brasil
Ministério do Desenvolvimento, Indústria
e do Comércio Exterior
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(21) PI 0717592-2 A2



* B R P I 0 7 1 7 5 9 2 A 2 *

(22) Data de Depósito: 13/09/2007
(43) Data da Publicação: 29/10/2013
(RPI 2234)

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

(54) Título: PROCESSO PARA OPERAÇÃO DE UM FORNO METALÚRGICO DE FUSÃO E FORNO

(57) Resumo:

(30) Prioridade Unionista: 18/09/2006 DE 10 2006 044 351.9, 28/09/2006 DE 10 2006 046 274.2, 03/09/2007 DE 10 2007 041 632.8, 03/09/2007 DE 10 2007 041 632.8, 03/09/2007 DE 10 2007 041 632.8

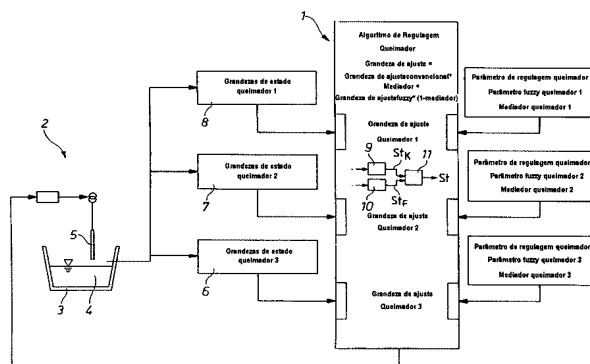
(73) Titular(es): SMS Demag AG

(72) Inventor(es): Klaus Krüger, Manfred Schubert, Markus Dorndorf

(74) Procurador(es): Orlando de Souza

(86) Pedido Internacional: PCT EP2007007982 de 13/09/2007

(87) Publicação Internacional: WO 2008/034556de 27/03/2008



**PROCESSO PARA OPERAÇÃO DE UM FORNO METALÚRGICO DE FUSÃO E
FORNO**

A invenção refere-se a um processo para operação de um forno metalúrgico de fusão, especialmente um forno a arco voltaico, em cuja operação é observado um número de parâmetros operacionais dentro de limites predeterminados, eventualmente variando no tempo, sendo que para isso é aplicado um dispositivo de controle ou regulagem. Além disso, a invenção refere-se a um forno metalúrgico de fusão, especialmente um forno a arco voltaico.

Em um forno metalúrgico de fusão do tipo mencionado escória de metal é fundida por meio de energia elétrica. Esse processo é parte integrante da produção de aço. Em geral há um número de arcos voltaicos presente, que queimar entre pontas de eletrodo e o material de fusão, que disponibiliza o calor requerido para o processo de fusão em forma de energia térmica.

Para uma produção de aço eficiente e econômica em energia devem ser otimizados fluxos de material e de energia. Para tanto são conhecidas instalações de controle e regulagem, que controlam ou regulam os fornos mencionados no início. Exemplos para isso estão descritos na US 5 205 979, na WO 02/28146 A1, na DE 197 11 453 A1, na EP 0 036 122 B1, na DE 44 15 727 A1, na WO 02/063927 e na WO 99/23264.

Para a realização de uma operação de forno eficiente com relação à demanda de energia e à produtividade podem ser predeterminadas em função do processo as seguintes grandezas de ajuste no decurso da fusão:

- intensidade de corrente de cada arco voltaico e a tensão contínua ou do condutor externo,

- reatância de bobina,

- fluxo volumétrico de gás natural e oxigênio de cada queimador,

- fluxo volumétrico do oxigênio aduzido à pós-combustão,

- fluxo volumétrico de oxigênio e fluxo quantitativo de carvão fino de cada injetor para regeneração da escória espumada,

- taxa de transporte do ferro diretamente reduzido,

- taxa de transporte da escória continuamente aduzida e

- taxa de transporte do ferro bruto líquido.

A predeterminação dos valores é feita hoje em geral na forma de controles em função do tempo desde o início da fusão ou da energia aplicada. Como isso é viável apenas condicionalmente no processo, estão na ordem do dia interferências manuais ou predeterminações em geral manuais.

Além disso, há pressupostos para se regular distintas das grandezas de ajuste em função do estado do processo. A descrição do estado do processo é feita então, inclusive, através das mais diversas temperaturas de água de refrigeração, da emissão sonora do forno, da composição do gás de descarga e de diversos valores característicos elétricos, como por exemplo, o fator de distorção de corrente. Os correspondentes reguladores são executados em forma de reguladores clássicos, como reguladores de campo característico ou como redes neurais. Característica típica

dos reguladores existentes é que a respectiva tarefa de regulagem individual é considerada isoladamente. As interfaces de usuário (HMI) são executadas, por conseguinte, correspondentemente, de modo específico e unitário. A isso acresce o fato de que o ajuste dos parâmetros de pressupostos de regulagem conhecidos requer know-how técnico de regulagem fundamentado. Isso dificulta consideravelmente a otimização operacional. Tendo em vista oscilações de processo a prazo mais longo, como resultam, por exemplo, da qualidade de escória ou do espectro de produção, uma operação mais eficiente requer, no entanto, precisamente essa otimização.

Em dispositivos de controle e regulagem conhecidos é, assim, desvantajoso que haja uma pequena transparência do agregado. Até agora se trabalha de preferência em operação manual ou apenas parcialmente automatizada. Com isso há apenas um emprego controlado de recursos (materiais operacionais e tempo) e até agora nenhuma consideração integral do processo de fusão.

As regulagens existem, ademais, até agora apenas para sistemas parciais, p.ex. para o controle de queimador e para a regulagem de escória espumada.

Não há assim um emprego otimizado de energia. Além disso, é necessário um dispêndio administrativo relativamente alto para uma inalterada produtividade elevada da instalação.

Finalmente, há um alto risco devido a pausas de operação e tempos de paralisação, que resultam do fato de intervenções manuais requeridas não serem executadas em tempo oportuno ou de maneira apropriada.

A invenção tem, portanto, por objetivo propor um processo para operação de um forno metalúrgico de fusão, especialmente um forno a arco voltaico, bem como um forno, com que sejam evitadas as desvantagens mencionadas ou ao menos reduzidas. Deve assim ser obtida maior eficiência, isto é, um emprego mais econômico dos recursos e um tempo de processo otimizado. Deve assim ser disponibilizado um sistema de condução de processo para total detecção e regulagem do processo de fusão de um forno elétrico a arco voltaico.

O atingimento desse objetivo pela invenção é caracterizado, em termos de processo, pelo fato de que o dispositivo de controle ou regulagem apresenta um controle ou regulagem convencional e uma regulagem fuzzy, que conduzem respectivamente suas grandezas de ajuste a ao menos um mediador programável, sendo que o ao menos um mediador calcula o sinal de ajuste proveniente para aplicação segundo um fator de ponderação predeterminado da grandeza de ajuste vinda do controle ou regulagem convencional ou da regulagem fuzzy.

O mediador pode, em princípio, conectar tanto a grandeza de regulagem de um controle ("Level 1-System") e de uma regulagem convencional como também aquela de um controle e de uma regulagem fuzzy.

Todos os componentes individuais empregados são então estruturados do mesmo tipo (com HMI unitária).

O parâmetro operacional regulado pode ser a intensidade de um queimador, com o qual material é aquecido no forno.

Também pode ser a eficiência de absorção de um arco

voltaico, com o qual material é aquecido no forno.

Também pode ser a reatância de um conduto de adução inclusive bobina para um arco voltaico, com o qual material é aquecido no forno.

5 Também pode ser a intensidade de um pós-queimador, com o qual material no forno é aquecido.

Também pode ser um parâmetro, que correlacione com a quantidade de escória espumada, que se encontra no forno.

10 Também pode ser a quantidade de um gás introduzido em um elemento de aquecimento do forno. O gás pode ser de preferência oxigênio ou gás natural.

O parâmetro operacional regulado pode também ser a quantidade do ferro adicionado.

15 A cada parâmetro operacional regulado pode estar associado um mediador próprio.

De preferência está previsto que ao menos dois parâmetros operacionais regulados, de preferência todos, sejam processados em um sistema de regulagem unitariamente reunidos.

20 O forno metalúrgico de fusão, especialmente forno a arco voltaico, em cuja operação é observado um número de parâmetros operacionais por meio de um dispositivo de controle ou regulagem dentro de limites predeterminados, é caracterizado segundo a invenção pelo fato de que o
25 dispositivo de controle ou regulagem apresenta um controle ou regulagem convencional e uma regulagem fuzzy, sendo que ambas as regulagens estão unidas com ao menos um mediador programável, que é apropriado para o cálculo do sinal de
30 grandeza de ajuste proveniente do controle ou regulagem

convencional e da regulagem fuzzy.

Características essenciais da solução proposta consistem, portanto, em prever o emprego de lógica fuzzy nos algoritmos de regulagem aplicados e realizar uma
5 associação de técnica de regulagem convencional e baseada em fuzzy através de mediadores. É então prevista de preferência uma arquitetura de software modular com uma combinação de regulador individualmente configurável.

O sistema de condução de processo integrado para
10 isso desenvolvido, que considera todos os fluxos de material e energia, calcula do estado real do forno e dos parâmetros de regulagem predeterminados as grandezas de saída em de preferência sete algoritmos de regulagem especiais: "Burner Control" (regulagem de queimador),
15 "Power-Control" (regulagem de potência), "Reactor Control" (regulagem de reator), "DRI-Control" (regulagem DRI), "Post Combustion Control" (regulagem de pós-combustão), "Foaming Slag Control" (regulagem de escória espumada), "Oxygen Control" (regulagem de oxigênio, p.ex. Jet). Essas
20 grandezas de regulagem são novamente reconduzidas ao sistema.

Os algoritmos de regulagem se baseiam então em uma combinação de regulagem convencional e regulagem fuzzy, sendo que estas são associadas entre si pelos mencionados
25 mediadores, que são algoritmo-especificamente livremente selecionáveis e configuráveis. Assim pode ser controlado ou regulado de maneira otimizada um forno elétrico a arco voltaico.

O mediador estabelece a relação proporcional
30 (ponderação) entre regulagem convencional e regulagem

fuzzy. Ele tem um efeito excludente no ajuste 1 (nenhuma regulagem fuzzy, apenas regulagem convencional) ou no ajuste 0 (nenhuma regulagem convencional, apenas regulagem fuzzy).

5 Uma arquitetura de software modular, flexível, orientada a objeto e dinâmica permite uma simples adaptação a toda configuração de forno através do ajuste dos parâmetros de forno e regulagem ("Furnace Configuration and Control Data).

10 A combinação de reguladores ampliável pode consistir em até sete algoritmos de regulagem conectáveis e desconectáveis no processo, a saber:

- o "Power Control" (regulagem de potência),
- o "Burner Control" (regulagem de queimador),
- 15 - o "Reactor Control" (regulagem de reator),
- o "Post Combustion Control" (regulagem de pós-combustão),
- o "Foaming Slag Control" (regulagem de escória espumada),
- 20 - o "Oxygen Control" (regulagem de oxigênio) e
- o DRI-Control" (regulagem DRI),

que são inicializados por um controlador central. Um regulador fuzzy genérico pode ser acoplado a cada regulagem especificamente através de um mediador.

25 De preferência estão previstos um controle e regulagem autônomos de cada elemento de forno individual (queimador de gás natural-oxigênio, injetores de oxigênio, injetores de oxigênio do pós-queimador, injetores de carbono, injetores DRI), pois para cada elemento de forno
30 podem ser definidos parâmetros de regulagem específicos.

Além disso, cada elemento de forno individual (p.ex. um dos queimadores) pode ser conectado ou desconectado por si só.

Um controle central do decurso do software é feito através de um gerenciador de processo. Este inicializa e
5 monitora os sistemas parciais e tarefas do sistema condutor do processo.

Uma ligação flexível, ampliável e independente do processo, de janelas de visor ("Views") e arquivos de log ("Stores") pode ser estabelecida por meio de técnica de
10 observador.

Há uma estrutura intuitiva e simples das janelas de visor para a apresentação dos dados do processo do FEOS "(Furnace Energy Optimzing System)" e do "FEOS-Control-Data-Manager" para o estabelecimento de parâmetros do forno
15 e da temperatura de regulagem.

A configuração de parâmetros de regulagem e do forno pode ser feita por meio de um programa independente e armazenagem da configuração como arquivo XML.

A regulagem de processo opera, de preferência, com
20 um tempo de passo de 1 segundo ou menos.

Tem-se, assim, um monitoramento de processo contínuo e uma reação definida a correspondentes condições de processo através da análise de carga térmica do recipiente, da emissão sonora, das oscilações da corrente,
25 das reais grandezas elétricas e da emissão de gases de descarga.

O sistema condutor do processo é baseado em uma arquitetura de software moderna, orientada a objeto, é estruturado em módulo e proporciona a possibilidade de
30 ligar ou desligar sistemas parciais ou regulagens parciais

e é facilmente ampliável pela estrutura flexível.

O sistema tem caráter de monitoramento e é combinável com sistemas "Level 1" já existentes. Ele integra e processa dados de novas tecnologias para análise
5 de gás de descarga e medição sonora.

De maneira vantajosa, graças ao anexo integrado e à consideração de todos os fluxos de material e energia, resulta um programa, que reúne em um sistema todas as concepções de controle e regulação convencionais. Ele
10 integra os padrões do sistema "Level 1" do operador na manutenção e do engenheiro de processo.

O sistema é projetado pelos mais modernos processos da técnica de controle e regulação bem como desenvolvimento de software (modularidade, extensibilidade, desacoplamento
15 de visualização e processamento de dados) e programado com o mais atual software (C#), o que sublinha o caráter futurista do sistema.

A arquitetura autônoma do sistema possibilita o emprego em toda aciaria para fornos a arco voltaico de
20 corrente trifásica. Ela está integrada na aciaria através de um SPS, não sendo necessária uma adaptação em termos de software. Isso é feito exclusivamente através da configuração de parâmetros para os elementos de forno e os parâmetros de regulação.

O sistema proposto proporciona em uma plataforma
25 uma adaptação automática das grandezas de ajuste ao estado real do processo, possibilita um emprego otimizado de energia elétrica, aditivos químicos (como carvão fino e oxigênio) e garante assim uma transparência maior do
30 processo de fusão. Isso conduz a um alívio do pessoal

operador, a uma redução de panes operacionais e tempos de paralisação bem como à redução do risco de acidentes.

Pela integração com sistemas "Level 1" já existentes e da adaptabilidade a novas configurações de equipamentos é simultaneamente reduzido o dispêndio administrativo.

Disso decorrem uma queda dos custos de processo e uma minimização de tempo por tonelada de aço, o que significa uma vantagem em termos de custos e, portanto, de concorrência. Pode assim ser obtida uma alta produtividade inalterada com menor dispêndio de energia.

No desenho estão apresentados exemplos de execução da invenção. Mostram:

Fig. 1 - esquematicamente, a estrutura de uma regulagem de um forno elétrico a arco voltaico;

Fig. 2 - um "Screen-Shot" do monitor do dispositivo de regulagem para a regulagem da potência;

Fig. 3 - um "Screen-Shot" do monitor do dispositivo de regulagem para a regulagem do queimador;

Fig. 4 - o esquema de uma arquitetura de regulador, da qual são vistos ao todo sete parâmetros operacionais regulados;

Fig. 5 - o esquema de uma arquitetura de regulador ou arquitetura de software;

Fig. 6 - esquematicamente, a descrição funcional dos processos que têm lugar no forno e a definição de elementos fuzzy; e

Fig. 7 - esquematicamente, a integração do sistema de regulagem do forno em um ambiente.

Na fig. 1 está esboçada esquematicamente a

estrutura de uma regulagem 1 para a regulagem de um forno elétrico a arco voltaico 2. Em um recipiente 3 se encontra metal 4 a ser fundido. Por meio de um eletrodo 5, energia elétrica é introduzida no forno e o metal é assim fundido.

5 O forno 2 serve à recuperação de aço de escória de aço, podendo além da escória ser também empregados ferro diretamente reduzido e ferro bruto. Com uma fração de 35 % na produção de aço mundial, o forno ganhou considerável significado econômico.

10 O material de insumo é fundido essencialmente por arco voltaico em corrente alternada ou corrente contínua. Tipicamente, isso ocorre no processo de lotes. Também é possível adicionar no forno, antes ou depois do carregamento da escória, ferro bruto líquido ou aduzir
15 continuamente a escória ou ferro diretamente reduzido. A potência de fusão é determinada pela intensidade da corrente e pela tensão do arco voltaico. A intensidade da corrente é, em princípio, livremente selecionável dentro dos limites específicos da instalação e do processo, assim
20 como a tensão de arco voltaico do forno elétrico a arco voltaico de corrente contínua. No forno elétrico a arco voltaico de corrente trifásica, é predeterminável a tensão de arco voltaico em estágios, que são determinados pelo layout do transformador. Em geral o alvo é selecionar de
25 tal maneira os parâmetros que possam ser alcançadas uma elevada produtividade e uma baixa demanda de energia. Essa otimização é específica da instalação e depende consideravelmente do estado real do processo.

Um outro parâmetro elétrico dinamicamente variável
30 no decorrer do processo é dado pela reatância prévia, ao

menos na medida em que ela pode ser concretizada por uma bobina de reatância comutável sob carga ou regulável sem estágios. Uma elevada reatância conduz a um decurso suave do forno, uma baixa reatância a uma alta tensão de arco voltaico disponível.

Além da energia elétrica introduzida pelo arco voltaico, são aplicadas numerosas fontes de energia. Elas desempenham um papel considerável em um moderno forno elétrico a arco voltaico.

10 Inicialmente, cabe mencionar aqui os queimadores de gás natural-oxigênio (ou em geral também queimadores de combustível-oxigênio). Esses queimadores ficam dispostos na periferia do recipiente do forno, auxiliando a fusão baixa da escória durante o primeiro segmento do processo. Em
15 geral, os queimadores representam nesse momento um tipo muito eficiente da utilização de energia. A duração e potência otimizadas do emprego são determinadas então pela consistência da escória na respectiva área de queimador. A correspondente otimização é assim tanto específica da
20 instalação como também dependente da carga real.

Uma outra fonte de energia é dada com a atmosfera dentro do recipiente de forno. Ela pode conter consideráveis frações de monóxido de carbono, metano e hidrogênio. Pela injeção de oxigênio pode ser utilizada a
25 energia química aí contida. De um lado, a quantidade de oxigênio pode ser controlada pela estequiometria dos queimadores já mencionados; de outro, estão presentes assim chamados injetores de oxigênio de pós-combustão, eventualmente separados, na região superior do forno. O
30 ponto operacional ótimo desses injetores é dependente da

composição da atmosfera do forno e do estado térmico do recipiente do forno, especialmente da tampa do recipiente e do tubo recurvado de gás de descarga. Cabe atentar então para o fato de que a composição da atmosfera do forno pode
5 se alterar consideravelmente dentro de curto tempo.

Como outro fator importante da introdução de energia cabe mencionar a injeção de oxigênio e carvão fino no banho de aço. Isso ocorre por manipuladores de lança e/ou injetores a ultra-som. Além de aspectos metalúrgicos,
10 a adução de carvão fino e oxigênio está sobretudo a serviço da estrutura de escória espumada, isto é, a escória flutuando sobre o banho de aço é espumada por bolhas de monóxido de carbono resultantes para dez a vinte vezes seu volume original. Assim, também com banho de aço líquido é
15 garantido um bom envoltório dos arcos voltaicos e, com isso, uma boa transferência de energia para a massa fundida. Além da insuflação de uma quantidade apropriada de oxigênio e carvão fino, a composição da escória e sua viscosidade desempenham um importante papel no surgimento
20 de escória espumada.

Como último fluxo de material energeticamente interessante cabe mencionar a adição de ferro diretamente reduzido. Ele pode ser adicionado continuamente com banho de aço líquido. A taxa de transporte ótima é caracterizada
25 pelo fato de que a temperatura de banho de aço e escória durante o período de transporte é mantida em um nível de temperatura constante, apropriado para a formação de escória espumada. Além disso, cabe observar que a quantidade de carbono variável, contida no ferro diretamente
30 reduzido, influencia a formação de escória espumada.

Em vista da fig. 1 cabe constatar ainda o seguinte:

A regulagem 1 recebe de queimadores (não representados) em 6, 7, 8 as grandezas de estado como valores reais. A regulagem 1 apresenta ao menos duas unidades de regulagem 9 e 10 indicadas apenas muito esquematicamente, a saber, uma primeira regulagem 9 convencional e uma segunda regulagem fuzzy 10. Ambas as regulagens emitem, em função dos algoritmos nelas depositados, grandezas de ajuste StK ou STF, que chegam a um mediador 11.

O mediador 11 calcula a grandeza St efetivamente emitida da equação:

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

com:

St: grandeza de ajuste

St_K: grandeza de ajuste conforme regulagem convencional

St_F: grandeza de ajuste conforme regulagem fuzzy

F: fator mediador

Para tanto, inicialmente, através de uma janela de inicialização é dada a partida em todo o processo de regulagem. É então acessado um temporizador de processo, que inicializa dentro de um segundo os seguintes sistemas parciais e processos e dá a partida:

- Inicialização do gerenciador do processo,
- Leitura da configuração do forno dos dados XML,
- Leitura dos dados de processo (estado real do forno) de SPS através de um servidor OPC,
- Leitura dos parâmetros de regulagem de arquivos XML,

- Inicialização da regulagem 1 ("Controller") e partida dos algoritmos de regulagem,

- Processamento seqüencial dos algoritmos de regulagem,

5 - Cálculo das grandezas de ajuste,

- Escrita das grandezas de ajuste nos dados de processo,

- Emissão das grandezas de ajuste a SPS através de servidor OPC,

10 - Apresentação dos dados em uma superfície dinâmica ("Views"),

- Armazenamento dos dados (estado real, grandezas de ajuste) em arquivos Log.

Na regulagem 1 ("Controller"), as regulagens parciais são definidas e inicializadas. Em função da configuração do forno, as regulagens parciais são iniciadas em correspondência ao número dos elementos do forno.

Existindo - conforme exemplo de execução segundo a fig. 1 - em um forno por exemplo três queimadores, o algoritmo de regulagem é passado três vezes com os correspondentes parâmetros de regulagem específicos. Nos parâmetros de regulagem ("Control Data") estão definidos os parâmetros fuzzy, os parâmetros de regulagem convencionais e os mediadores. Como resultado, por grandeza de processo são calculadas três grandezas de ajuste distintas para os três queimadores.

A associação das grandezas de regulagem da técnica de regulagem convencional e da lógica fuzzy é feita através do mediador 11 segundo a fórmula acima.

30 Além disso, ao lado da seleção entre técnica de

regulagem convencional e baseada em fuzzy é possível a conexão e desconexão dos algoritmos de regulagem, tanto no total como também especificamente para um elemento de forno individual.

5 O emprego da lógica fuzzy oferece a possibilidade de integrar as experiências e conhecimentos específicos do engenheiro de processo e do operador da manutenção na base de regulagem convencional. Podem assim ser integradas áreas e comportamento do forno nas regulagens, que escapam à
10 técnica de medição direta.

A correlação dos algoritmos de regulagem é visível na fig. 4.

Quanto ao software, trata-se de uma concepção de software modular, autônoma, flexível e dinâmica. O programa
15 é de tal maneira estruturado e projetado que é possível uma simples adaptação a cada configuração de forno através do ajuste dos parâmetros de forno ("Furnace Configuration") e de regulagem ("Control Data"). O caráter modular possibilita uma simples ampliação, o que se refere tanto
20 aos algoritmos de regulagem, aos parâmetros do forno como também à visualização do processo.

A arquitetura autônoma do sistema possibilita o emprego em toda aciaria para fornos a arco voltagem de corrente trifásica. Ele é ligado à aciaria através de um
25 SPS, não sendo necessária uma adaptação em termos de software. Isso é feito exclusivamente através da configuração de parâmetros para os elementos do forno e parâmetros de regulagem.

O caráter dinâmico do programa permite:

30 - uma simples adaptação do sistema a uma nova

configuração de forno,

- a estrutura automática dos algoritmos,

- a adaptação automática da visualização do processo e

5 - uma adaptação automática dos arquivos de log.

com base na configuração de forno previamente definida, sem que devam ser procedidas a adaptações em termos de software.

A apresentação dos dados do processo é feita
10 segundos os princípios de configurações de superfície modernas, intuitivas e ergonômicas ("GUI-Design"). As superfícies para apresentação dos dados de processo foram portanto executadas segundo modernos princípios da configuração de superfície e incluem as exigências das
15 aciarias. A meta é disponibilizar uma informação máxima com tão poucas janelas e operações de comutação quanto possível.

As figs. 2 e 3 mostram um "Screen-Shot" cada do monitor do dispositivo de regulagem, uma vez para a
20 regulagem da potência ("Power") e uma vez para os queimadores ("InjectorSystem Burner").

Quanto à estrutura do sistema, cabe observar o seguinte (ver a propósito também as figuras 4 e 5, das quais se depreendem esquemas da arquitetura da regulagem):

25 "Process Timer/HMI-Main": Na "Main-Form" está disposto um botão de partida, pelo qual o processo é iniciado e parado através de um "Timer". Além disso, novos parâmetros de regulagem podem ser transmitidos ao sistema no decorrer do processo, caso sejam necessárias adaptações
30 dos algoritmos de regulagem. Fora do "Main-Form" não

precisam ser ativados outros botões; o processo decorre em segundo plano, independentemente do operador. Intervenções do operador são em geral possíveis (HMI) a partir de uma superfície separada (superfície WiaCC).

5 "Processo Manager": O gerenciador do processo é o elemento de controle central no sistema. Através dele são delegadas e inicializadas todas as tarefas. Ele estabelece a ordem de seqüência dos processos parciais.

10 "Controller": No "Controller" (regulagem 1) são definidas e iniciadas todas as regulagens parciais. Em função da configuração do forno, as regulagens parciais decorrem em correspondência ao número dos elementos de forno. A exceção é a regulagem de potência ("Power Control"), regulagem de estágio de reatância ("Reactor Control") e a regulagem da adição de ferro ("DRI-Control"),
15 que ocorrem respectivamente apenas uma vez no forno.

 "SPS/OPC Communication": Essa classe é produzida pelos métodos "ReadData" e "WriteData" para uma conexão a SPS. Os dados de processo podem ser enviados a SPS e
20 recebidos por SPS. A comunicação se faz através de um servidor OPC.

 "Process Data": Dados, que são lidos do processo, são armazenados nos objetos com a caracterização PD (estado real, "Limits"). Igualmente os dados, que são enviados ao
25 processo, são armazenados intermediariamente nos objetos com a caracterização PD (grandezas de ajuste: "Set").

 "Control Data": Dados, que são predeterminados pelo engenheiro de processo, são armazenados nos objetos com a caracterização CD (valores limite, Max, Min, Control-Daten,
30 Fuzzy-Sets, dados prévios de utilização de partes de

programa). Esses dados são alimentados através das máscaras do sistema FEOS, não tendo o operador (fundidor) acesso a eles.

O sistema condutor do processo desenvolvido para fornos elétricos a arco voltaico se destaca assim pelo fato de que todos os fluxos de material e energia acima mencionados (e eventualmente também outros) são regulados por um (único) combinado de reguladores. Tem-se assim uma interface de usuário (HMI) unitária, que oferece consideráveis vantagens na manipulação.

Além do controle conhecido através de diagramas de marcha e dos clássicos acessórios de regulagem é concretizada como outra inovação para cada uma das grandezas de ajuste uma regulagem com base em lógica fuzzy. Os reguladores de lógica fuzzy proporciona, ao especialistas em forno elétrico a arco voltaico, mesmo sem maior respaldo em técnica de regulagem, a possibilidade de uma otimização rápida e com alvo preciso. Com base em seu conhecimento especializado, ele pode definir claramente as variáveis lingüísticas e as correspondentes regras. Ele sabe, por exemplo, quantos graus Celsius estão ocultos em uma "elevada temperatura de água de refrigeração" e como reagir a isso.

A escolha do algoritmo fuzzy é quase facultativa, dispondo-se em geral do método "Max-prod". Forma e número dos respectivos "sets" podem ser igualmente adaptados à vontade à tarefa proposta. Para obtenção de comportamento dinâmico, podem ser empregadas grandezas dinâmicas correspondentes, como a derivação de uma temperatura, como grande de entrada.

A regulagem descrita proporciona ao operador a possibilidade de comutar continuamente por meio do fator de ponderação F do controle para a regulagem. Em correspondência ao fato de ponderação, o valor de ajuste efetivamente aplicado se compõe dos dados prévios do controle e da regulagem, sendo observados limites de plausibilidade. Isso é possível, pois os regulares não contêm fração integrativa.

Segundo a proposta da invenção, portanto, as regulagens individuais isoladas são reunidas para um combinado regulador. Em lugar de muitas interfaces distintas, é prevista apenas uma única interface de operador (HMI). A realização da regulagem se faz por meio da lógica fuzzy. Uma passagem contínua de um controle para uma regulagem, p.ex. também para a regulagem de lógica fuzzy, é garantida pelos mediadores ajustáveis.

A fig. 6 mostra, a propósito, esquematicamente, a descrição funcional dos processos que têm lugar no forno através da provisão do sistema "Level 1" e da descrição por constantes de tempo (no lado esquerdo) e da descrição dos "Fuzzy-Sets" (definição de elementos fuzzy) e seu grau de influência (no lado direito) bem como a especificação, disso resultante, dos parâmetros de influência no mediador (ali: ponderação da influência das distintas concepções de regulagem; valor teórico finalmente gerado da média ponderal de ambas as concepções de regulagem). Disso resultam, por sua vez, os valores teóricos (grandezas de ajuste) do circuito de regulagem.

Na fig. 7 está esquematicamente mostrada a integração do sistema de regulagem ("Control") do forno

("Electric Arc Furnace") em um ambiente, pela qual são disponibilizados os dados necessários para a operação do sistema.

LISTA DE REFERÊNCIAS

5	1	regulagem
	2	forno elétrico a arco voltaico
	3	recipiente
	4	metal a ser fundido
	5	eletrodo
10	6	queimador
	7	queimador
	8	queimador
	9	unidade de controle ou regulagem convencional
	10	unidade de regulagem fuzzy
15	11	mediador
	St	grandeza de ajuste
	St _K	grandeza de ajuste convencional
	St _F	grandeza de ajuste fuzzy
	F	fator mediador

REIVINDICAÇÕES

1. Processo para operação de um forno (2) metalúrgico de fusão, especialmente um forno a arco voltaico, em cuja operação é observado um úmero de parâmetros operacionais dentro de limites predeterminados, eventualmente variando no tempo, sendo que para isso é aplicado um dispositivo de controle ou regulagem (1), caracterizado pelo fato de que o dispositivo de controle ou regulagem (1) apresenta uma unidade controle ou regulagem convencional (9) e uma unidade de regulagem fuzzy (10), que conduzem respectivamente suas grandezas de ajuste (St_K , St_F) a ao menos um mediador (11) programável, sendo que o mediador (11) calcula o sinal de ajuste proveniente para aplicação segundo um fator de ponderação (F) predeterminado da grandeza de ajuste vinda da unidade de controle ou regulagem convencional (9) ou da unidade de regulagem fuzzy (10).

2. Processo, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o parâmetro operacional regulado é a intensidade de um queimador, com o qual material é aquecido no forno (2).

3. Processo, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o parâmetro operacional regulado é a tomada de potência de um arco voltaico, com o qual o material é aquecido no forno (2).

4. Processo, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o parâmetro operacional regulado é a reatância de um conduto de adução inclusive bobina para um arco voltaico, com o qual material é aquecido no forno (2).

5. Processo, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o parâmetro operacional regulado é a intensidade de um pós-queimador, com o qual material no forno (2) é aquecido.

5 6. Processo, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o parâmetro operacional regulado é um parâmetro, que correlaciona com a quantidade de escória espumada, que se encontra no forno (2).

10 7. Processo, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o parâmetro operacional regulado é a quantidade de um gás introduzido em um elemento de aquecimento do forno (2).

15 8. Processo, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que como parâmetro operacional regulado é utilizada a quantidade do ferro adicionado.

9. Processo, de acordo com qualquer uma das reivindicações 2, 3, 4, 5, 6, 7 ou 8, caracterizado pelo fato de que ao menos dois parâmetros operacionais regulados são processados em uma única regulagem (1).

20 10. Forno (1) metalúrgico de fusão, especialmente forno a arco voltaico, em cuja operação é observado um número de parâmetros operacionais por meio de um dispositivo de controle ou regulagem (1) dentro de limites predeterminados, especialmente para execução do processo de
25 qualquer uma das reivindicações 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 ou 9, caracterizado pelo fato de que o dispositivo de controle ou regulagem (1) apresenta uma unidade de controle ou regulagem convencional (9) e uma unidade de regulagem fuzzy (10), sendo que ambas as unidades de regulagem (9, 10)
30 estão unidas com ao menos um mediador (11) programável, que

.
:
-
é apropriado para o cálculo do sinal de ajuste aplicado segundo um fator ponderal (F) predeterminado da grandeza de ajuste proveniente da unidade de controle ou regulagem convencional (9) e da unidade de regulagem fuzzy.

5 11. Forno, de acordo com a reivindicação 10, caracterizado pelo fato de que a cada parâmetro operacional regulado está associado um mediador (11) próprio.

Fig.1

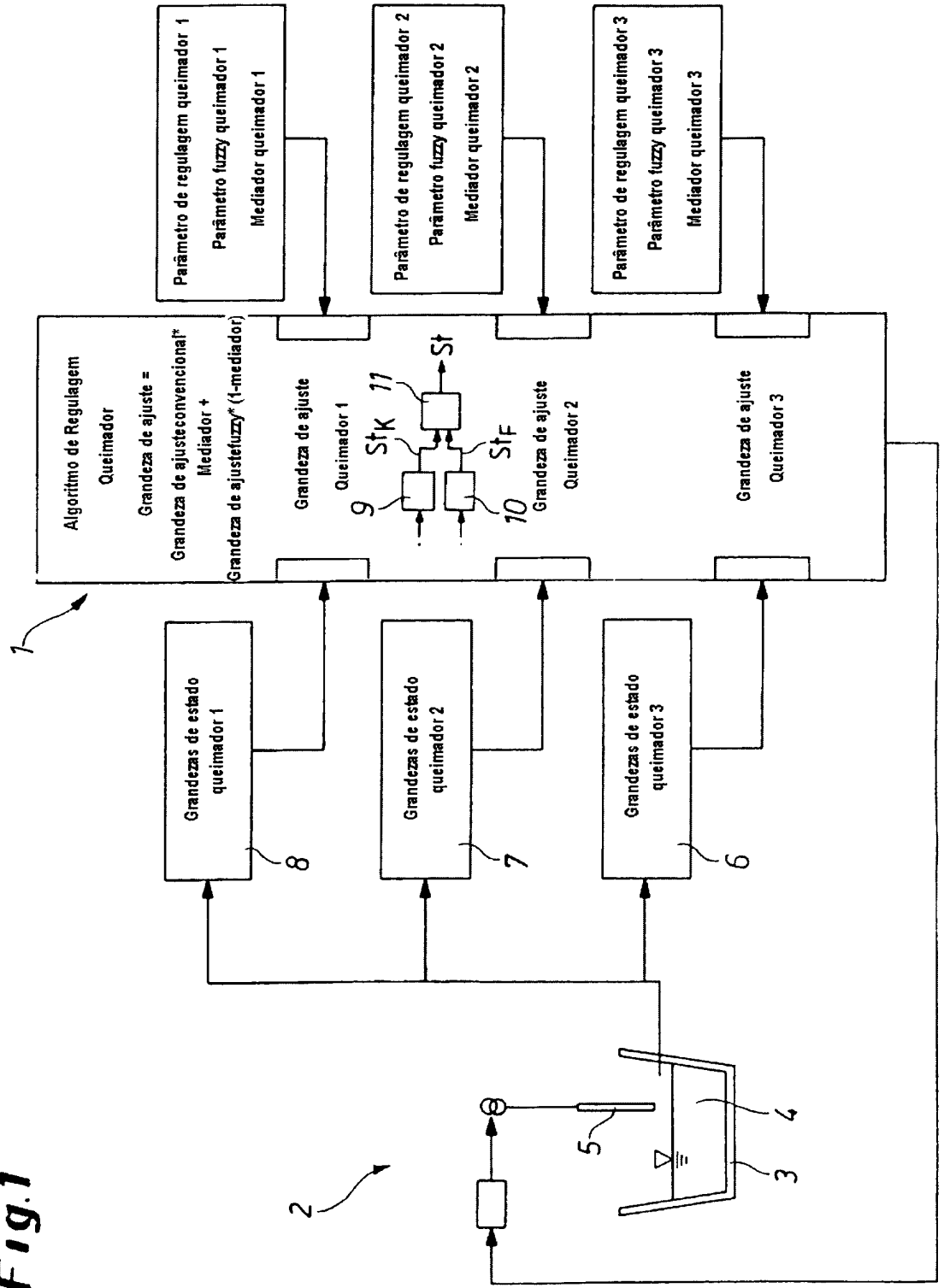


Fig.2

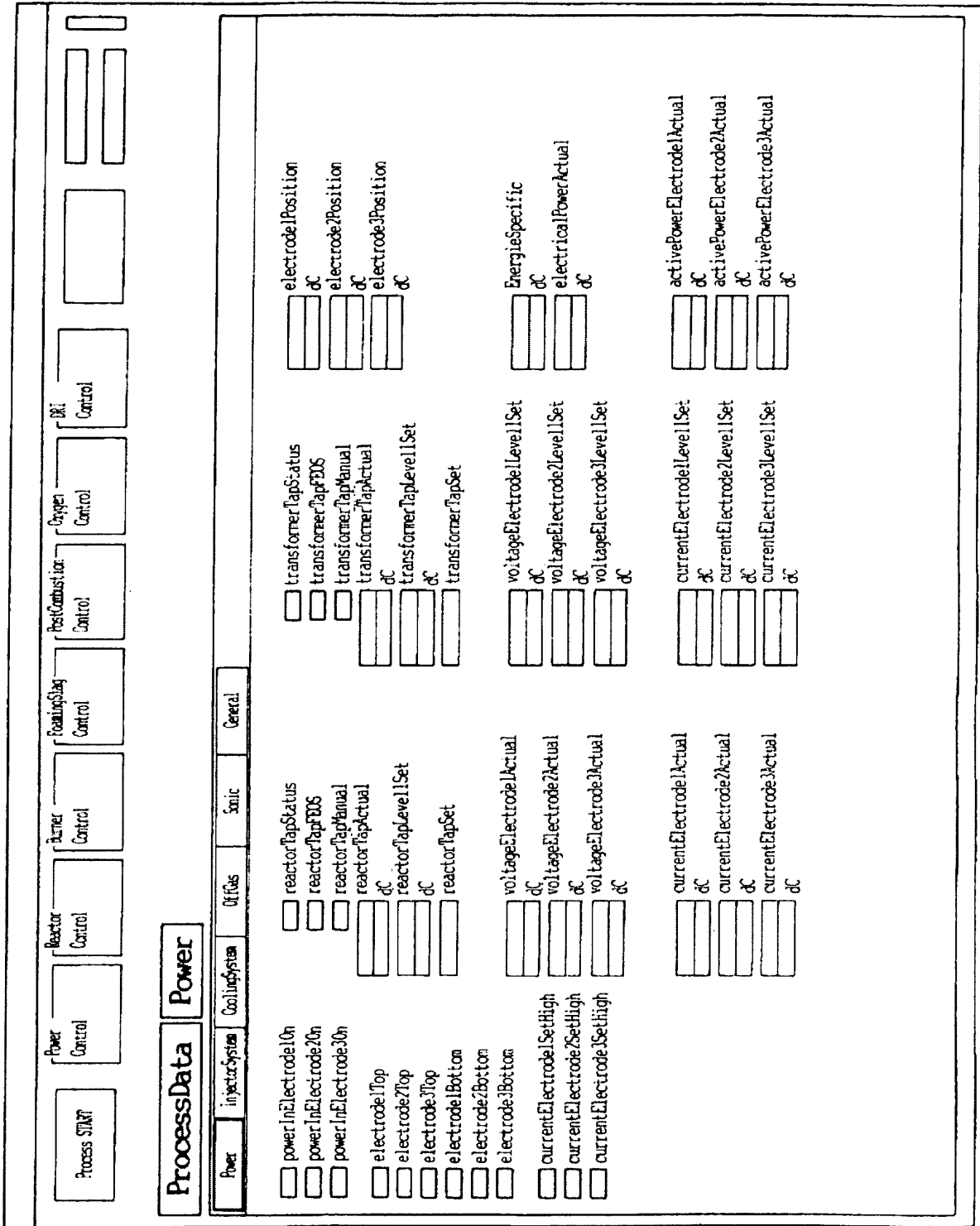


Fig. 3

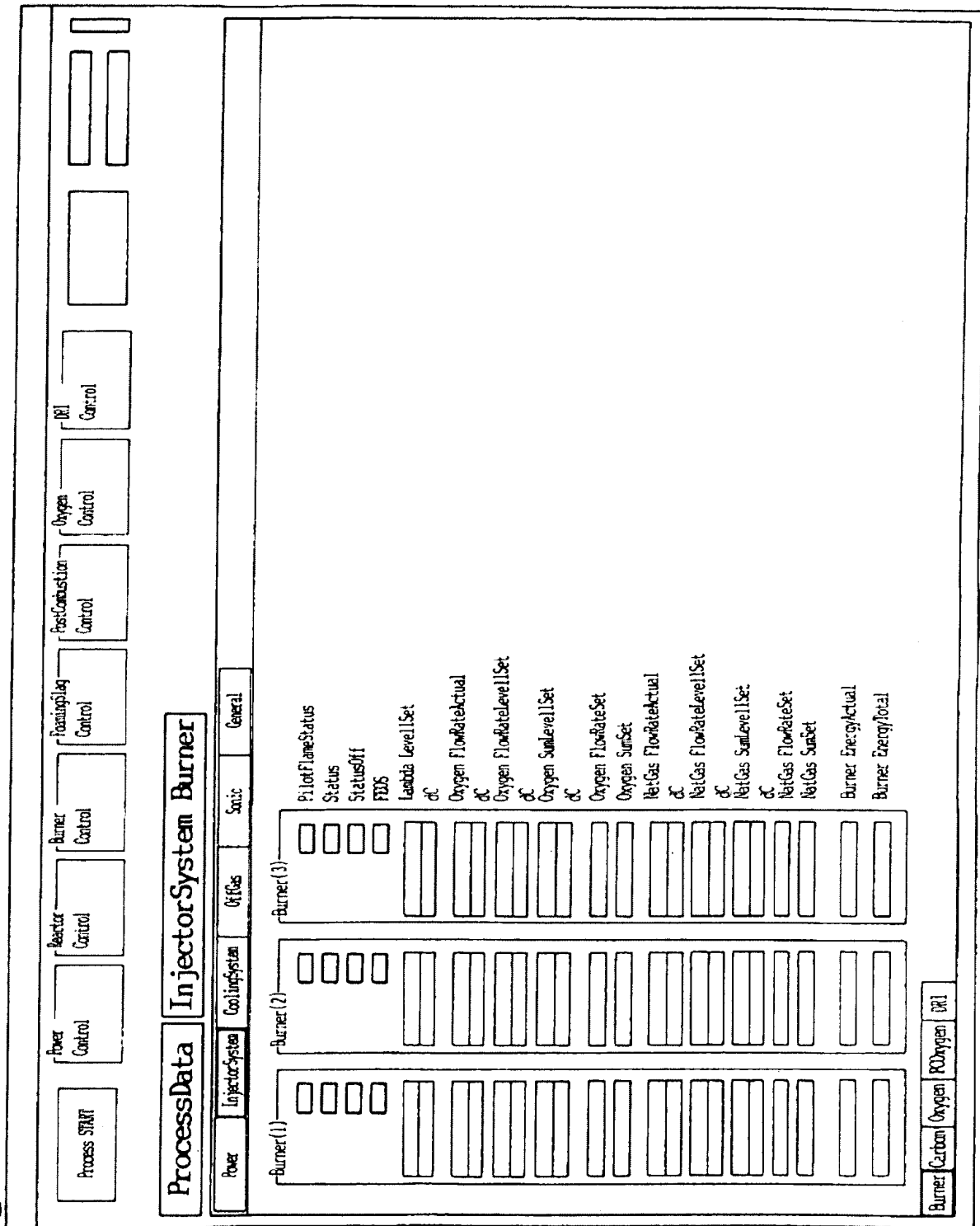


Fig.4

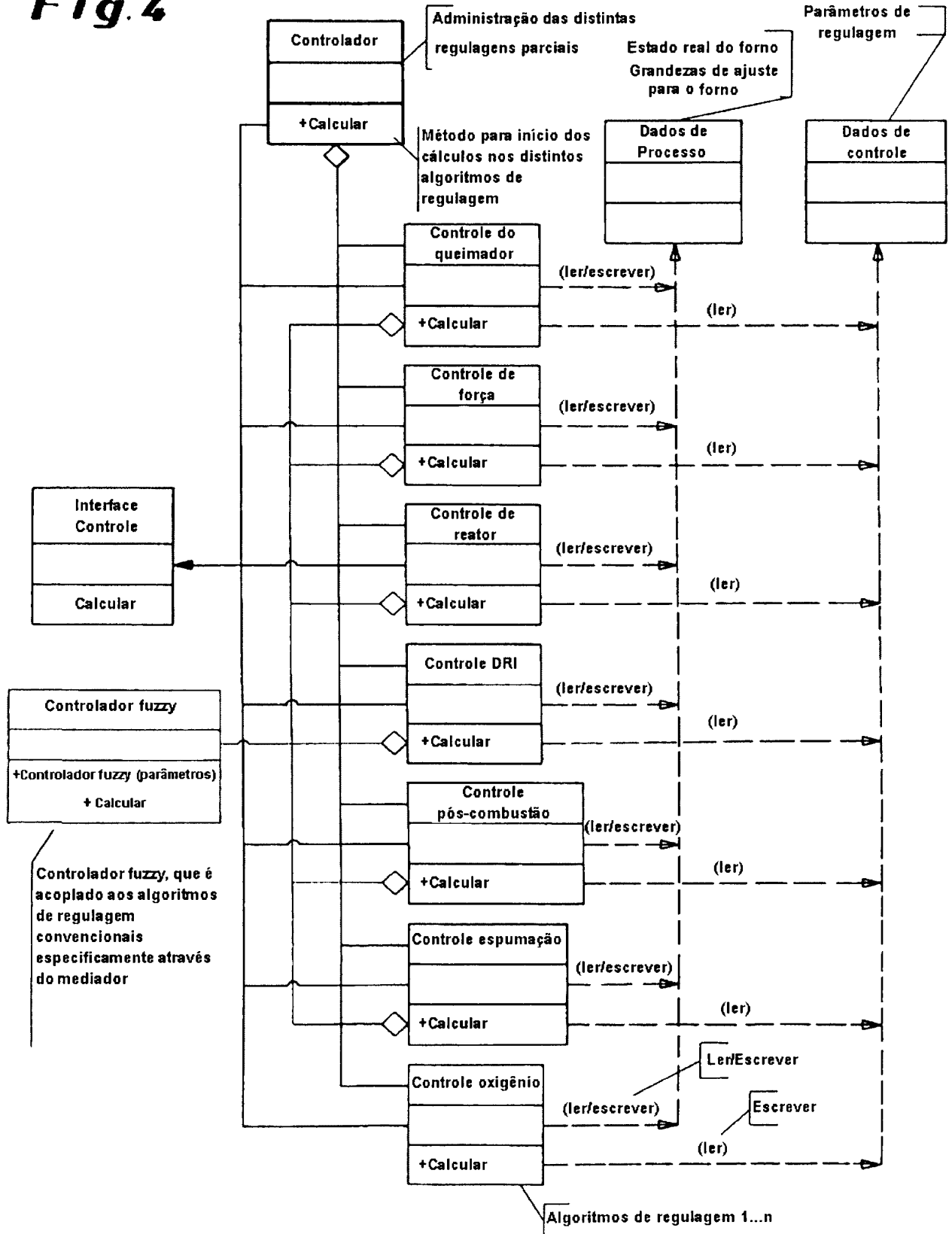


Fig.5

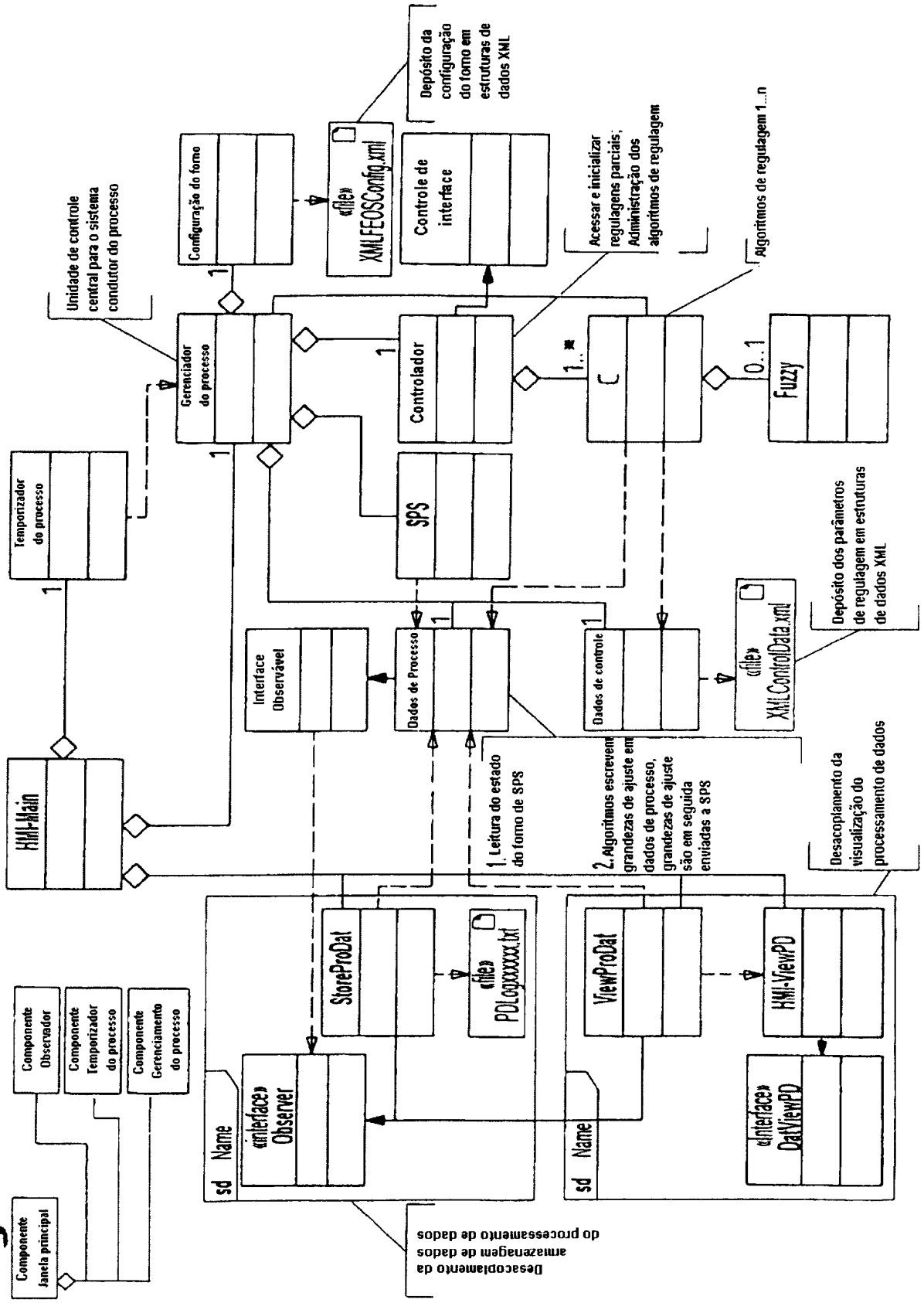
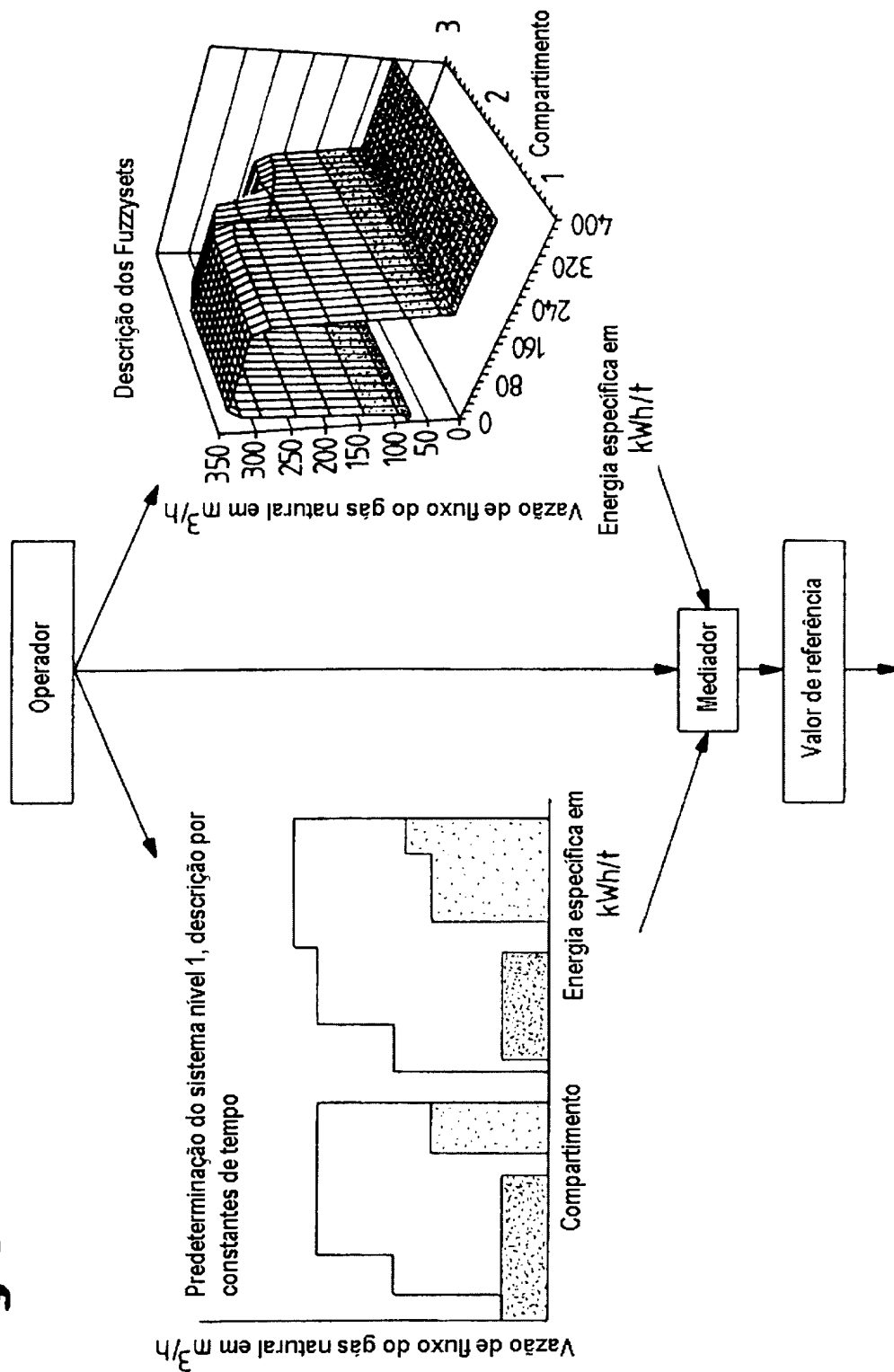
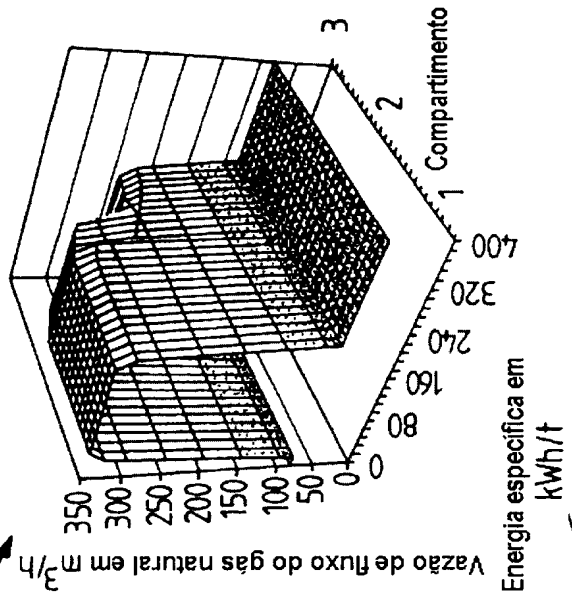


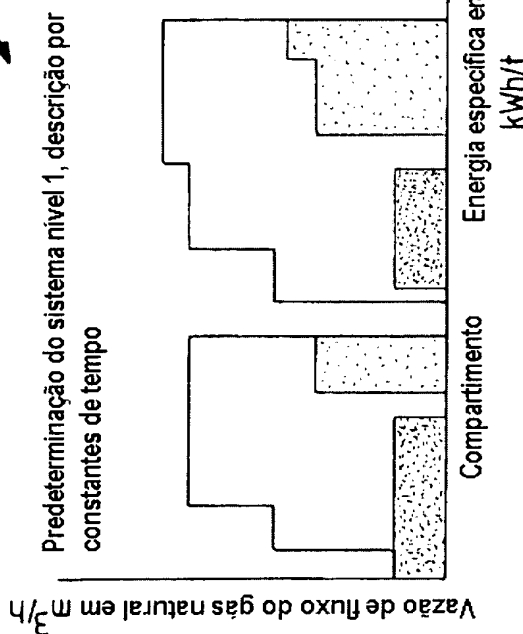
Fig.6



Descrição dos Fuzzysets



Predeterminação do sistema nível 1, descrição por constantes de tempo

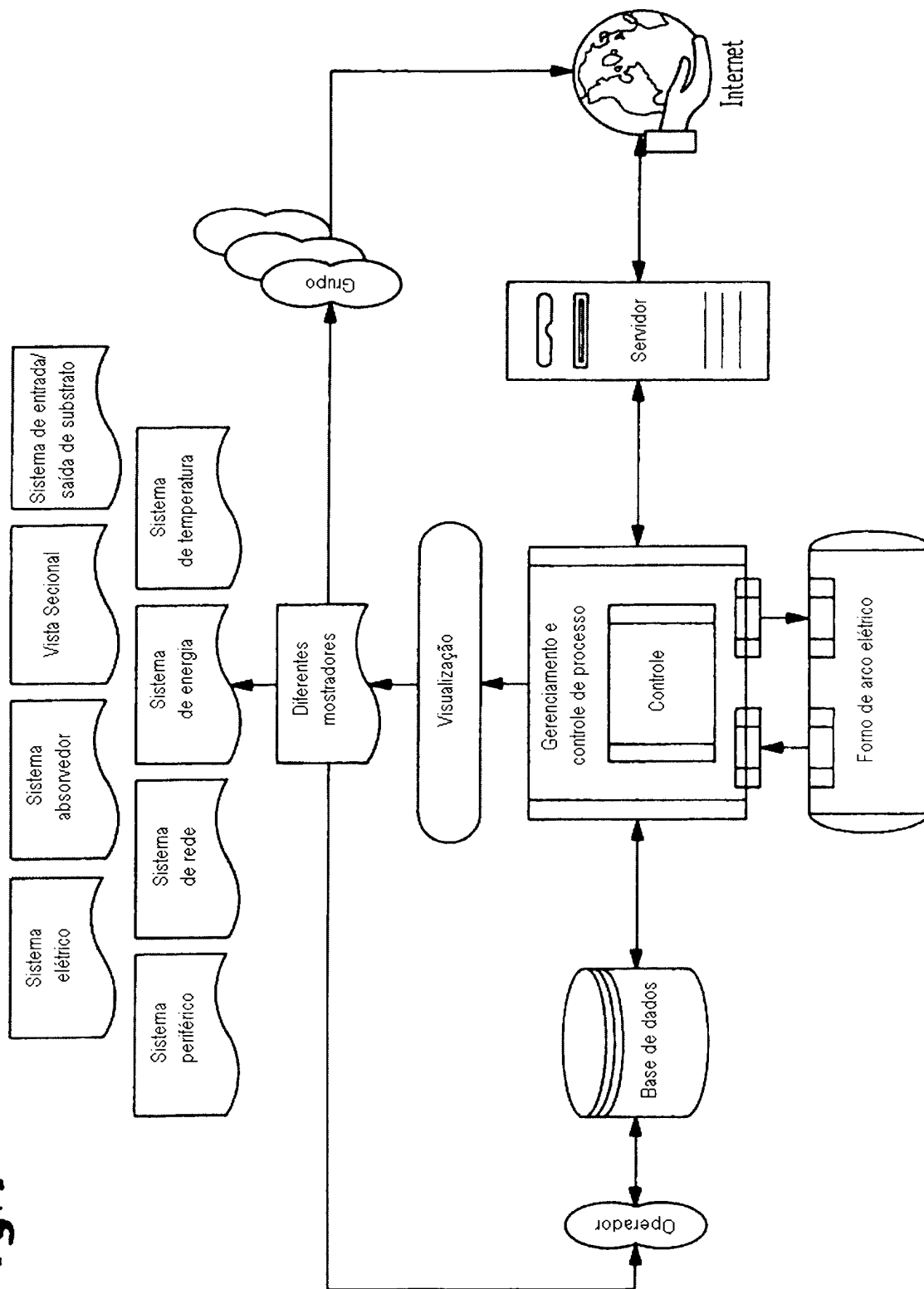


Operador

Mediador

Valor de referência

Fig.7



RESUMO**PROCESSO PARA OPERAÇÃO DE UM FORNO METALÚRGICO DE FUSÃO E
FORNO**

A invenção refere-se a um processo para operação de
5 um forno (2) metalúrgico de fusão, especialmente um forno a
arco voltaico, em cuja operação é observado um úmero de
parâmetros operacionais dentro de limites predeterminados,
eventualmente variando no tempo, sendo que para isso é
aplicado um dispositivo de controle ou regulagem (1). Para
10 se obter maior eficiência do forno, prevê a invenção que o
dispositivo de controle ou regulagem (1) apresenta uma
unidade controle ou regulagem convencional (9) e uma
unidade de regulagem fuzzy (10), que conduzem
respectivamente suas grandezas de ajuste (StK, StF) a ao
15 menos um mediador (11) programável, sendo que o mediador
(11) calcula o sinal de ajuste proveniente para aplicação
segundo um fator de ponderação (F) predeterminado da
grandezza de ajuste vinda da unidade de controle ou
regulagem convencional (9) ou da unidade de regulagem fuzzy
20 (10). A invenção refere-se ainda a um forno metalúrgico de
fusão, especialmente um forno a arco voltaico.