

(11) *Número de Publicação:* PT 86210 B

(51) *Classificação Internacional:* (Ed. 5)
 C21B013/14 A C21B013/00 B


(12) *FASCÍCULO DE PATENTE DE INVENÇÃO*

(22) <i>Data de depósito:</i> 1987.11.24	(73) Titular(es): DEUTSCHE VOEST-ALPINE INDUSTRIEANLAGENBAU GMBH NEUSSER STRASSE 111 4000 DUSSELDORF 1 DE
(30) <i>Prioridade:</i> 1986.11.25 AT 3145/86	
(43) <i>Data de publicação do pedido:</i> 1988.12.15	(72) Inventor(es): ROLF HAUK DE LUDWIG VON BOGDANDY AT WERNER KEPLINGER AT KURT STIFT AT GERO PAPST DE
(45) <i>Data e BPI da concessão:</i> 06/93 1993.06.21	(74) Mandatário(s): ANTÓNIO LUÍS LOPES VIEIRA DE SAMPAIO RUA DE MIGUEL LUPI 16 R/C 1200 LISBOA PT

(54) *Epígrafe:* PROCESSO PARA OBTER ENERGIA ELÉCTRICA, ALÉM DE PRODUIR FERRO FUNDIDO, A PARTIR DE MINÉRIO DE FERRO EM FRAGMENTOS E COMBUSTÍVEIS SÓLIDOS

(57) *Resumo:*

[Fig.]



**DESCRIÇÃO
DA
PATENTE DE INVENÇÃO**

N.º 86 210

REQUERENTE: KORF ENGINEERING GmbH, alemã, industrial, com sede em Neusser Strasse 111, D-4000 Düsseldorf 1, República Federal da Alemanha.

EPÍGRAFE: " PROCESSO PARA OBTER ENERGIA ELÉCTRICA, ALÉM DE PRODUZIR FERRO FUNDIDO A PARTIR DE MINÉRIO DE FERRO EM FRAGMENTOS E COMBUSTÍVEIS SÓLIDOS "

INVENTORES: Prof.Dr.Ing.Ludwig Von Bogdandy.

Reivindicação do direito de prioridade ao abrigo do artigo 4º da Convenção de Paris de 20 de Março de 1883.

Áustria, em 25 de Novembro de 1986, sob
o nº A 3145/86.

KOPF ENGINEERING GmbH

"PROCESSO PARA OBTER ENERGIA ELÉCTRICA ALÉM DE
PRODUZIR FERRO FUNDIDO, A PARTIR DE MINÉRIO DE
FERRO EM FRAGMENTOS E COMBUSTÍVEIS SÓLIDOS"

A presente invenção refere-se a um processo para obter energia eléctrica, além de produzir ferro fundido, a partir de fragmentos de minério de ferro e combustíveis sólidos, utilizando uma zona de redução directa, que se faz funcionar com uma sobrepressão para reduzir o minério ferro sob a forma de esponja de ferro, e uma zona de fusão-gaseificação para a produção de ferro fundido, utilizando-se no referido processo portadores de carbono na zona de fusão-gaseificação e fornecendo-se gases contendo oxigénio a esta zona, introduzindo-se o gás redutor que se forma na zona de redução directa e fornecendo-se o gás de redução que reagiu sob a forma de gás da boca do forno a uma instalação de produção de energia, que inclui pelo menos uma turbina, referindo-se a presente invenção também a um dispositivo para a realização do processo descrito.

Já foi proposto um processo deste tipo, no qual se utiliza um filtro dos gases quentes para remover as poeiras e o enxofre do gás da boca do forno, antes da sua transformação em corrente.

Pretendeu-se adaptar a produção de energia ao consumo de corrente em função do tempo e das variações da estação. Por exemplo se se reduzir a produção de gás para adaptar a quantidade de gás da boca do forno a um pedido reduzido de energia, isso afectará

a produção de ferro fundido, visto que a sua quantidade e a sua composição química variarão com a quantidade e a composição química do ferro fundido em relação a uma produção não reduzida do gás da boca do forno. Porém, estas variações não podem ser toleradas no funcionamento das aciarias; nestas deseja-se obter um ferro fundido cuja composição química esteja dentro de limites tão apertados quanto possível e que se produza numa quantidade por unidade de tempo tão constante quanto possível.

A presente invenção tem por objecto aperfeiçoar um processo do tipo referido anteriormente, com o fim de permitir a variação da quantidade de gás da boca do forno produzida em função do consumo de gás efectuado pela instalação de produção de energia, sem afectar de maneira prejudicial as condições metalúrgicas da produção de ferro fundido e o seu tratamento ulterior.

Este objectivo é alcançado, segundo a presente invenção, fazendo variar a carga dos portadores de carbono na zona de fusão-gaseificação em função do consumo de gás da instalação de produção de energia, de modo tal que, quando o consumo de gás aumentar, aumente a quantidade de componentes voláteis da carga e diminua a percentagem de C_{fix} , enquanto que, quando diminuir o consumo de gás, se produz o fenómeno inverso ao mesmo tempo que se mantêm constantes a quantidade e a composição do ferro fundido produzido.

Os portadores de carbono com uma percentagem elevada de componentes voláteis proporcionam, uma maior quantidade e uma melhor qualidade de gás da boca do forno, visto que se forma uma maior quantidade de gás redutor na zona de fusão-gaseificação e, devido ao facto de o trabalho de redução constante se efectuar na zona de re

dução directa, o consumo de portadores de carbono é menor do que o que se produz com uma quantidade mais reduzida de gás redutor, que se forma utilizando portadores de carbono com uma elevada proporção de C_{fix} .

A expressão "proporção de C_{fix} " dos portadores de carbono, que se chama também proporção de carbono fixo, designa o rendimento de coque de cadinho reduzido pelo conteúdo de cinza que se forma quando se determinam os elementos constituintes voláteis, aquecendo os portadores de carbono (ver Ullmann, "Encyclopädie der technischen Chemie", 4ª edição, volume 14, pág 310).

De uma maneira preferida, utilizam-se três fontes de carga diferentes para proporcionar uma carga de portadores de carbono de composição variável, isto é, uma carga de carvão com elevada proporção de C_{fix} , uma carga de carvão com uma proporção reduzida de C_{fix} e uma carga de hidrocarbonetos líquidos e gasosos.

O ajustamento da relação desejada entre C_{fix} e os elementos constituintes voláteis faz-se misturando os diferentes carvões e introduzindo na zona de fusão-gaseificação uma quantidade mais ou menos importante de hidrocarbonetos sob a forma gasosa ou líquida à temperatura ambiente. Procedendo deste modo, pode ajustar-se a alcalinidade da cinza na zona de fusão-gaseificação de modo que a quantidade de fundentes possa manter-se constante misturando carvão com cinza ácida e carvão com cinza básica. Misturando os dois carvões diferentes, pode modificar-se em pouco tempo a quantidade de gás da boca do forno, aproximadamente em menos de meia hora. Se for necessária uma maior quantidade de gás da boca do forno num intervalo de tempo curto, fornecer-se-ão temporariamente hidrocarbo-

netos sob forma líquida ou gasosa à zona de fusão-gaseificação além dos portadores de carbono sólidos, aumentando simultaneamente, consoante as necessidades, o oxigénio disponível para a combustão parcial destes hidrocarbonetos.

De acordo com uma variante preferida, introduz-se o gás da boca do forno proveniente da zona de redução directa, quando o consumo da instalação de produção de energia for menos importante em uma câmara de combustão de uma primeira fase de produção de energia que inclui uma unidade de turbina de gás, fornece-se o gás que sai desta turbina de gás a um permutador de calor para produzir vapor e o vapor produzido utiliza-se numa segunda fase de produção de energia que inclui pelo menos uma turbina de vapor e, quando o consumo de gás da instalação de produção de energia for mais importante, introduz-se apenas uma parte do gás da boca do forno na câmara de combustão da primeira fase de produção de energia e outra parte do gás introduz-se numa câmara de combustão do permutador de calor da segunda fase de produção de energia para a aquecer.

De preferência, a combustão do gás da boca do forno na câmara de combustão da primeira fase de produção de energia, efectua-se a uma temperatura inferior a $1\ 000^{\circ}$ C. introduzindo azoto ou uma mistura de azoto-oxigénio pobre em oxigénio na câmara de combustão ou no ar de combustão fornecido à turbina de gás.

Dos documentos DE-A 31 00 751, EP-A2-0 143 973 e EP-A2-0 150 340, são conhecidas unidades de centrais eléctricas do tipo de turbina de gás/vapor dispostas para montar a seguir às instalações de gaseificação de carvão, com o fim de manter a temperatura de combustão num nível baixo substituindo uma parte do ar de com-

bustão necessário por uma mistura de ar pobre em oxigénio mas, no entanto, de maneira independente da produção do ferro fundido.

É vantajoso adicionar à zona de redução directa fundentes de aglomeração de enxofre, em particular CaCO_3 , MgCO_3 , FeCO_3 .

Se se introduzirem no estado de não queimados, os fundentes são queimados pelo gás redutor quente que passa através da zona de redução directa, absorvendo o enxofre contido no gás redutor. Por conseguinte, actuam como meio de transporte do enxofre desde a zona de redução directa até à zona de redução-gaseificação e na zona de fusão-gaseificação, contribuem para a formação de uma escória, na qual o enxofre foi aglomerado numa forma que permite a sua eliminação. A adição de fundentes de aglomeração de enxofre na zona de redução directa diminui a tendência para a aglomeração da esponja de ferro quente, permitindo assim fazer funcionar a zona de reacção directa sem perturbação, inclusivamente a temperaturas mais elevadas. O gás da boca do forno introduzido na instalação de produção de energia tem um teor de enxofre reduzido.

De preferência, com um consumo de gás reduzido da instalação de produção de energia e a utilização de um carvão com um elevado teor de C_{fix} , insufla-se azoto ou uma mistura de azoto e oxigénio pobre em oxigénio ao nível da insuflação inferior da zona de fusão-gaseificação, o que permite influir na composição química do ferro fundido a fim de a manter tão constante quanto possível. Em particular, a acumulação indesejada de energia pode ser inibida, por exemplo reduzindo mais a quantidade de silício, baixando o nível de temperatura na zona de fusão-gaseificação, mantendo assim constante o conteúdo de silício no ferro fundido. Uma redução do nível de temperatura produzir-se-á se se transportar o calor até às zonas mais elevadas da zona de fusão-gaseificação pelo gás diluí

do em azoto.

Um dispositivo para a realização prática do processo segundo a presente invenção inclui:

- um forno de cuba de redução directa que inclui uma fonte de alimentação de minério de ferro em fragmentos, uma fonte de alimentação de gás redutor, bem como uma conduta de descarga para o produto de redução formado e para o gás da boca do forno,

- um gaseificador de fusão no qual penetra uma conduta que transporta o produto redutor a partir do forno de cuba e que inclui fontes de alimentação de gases contendo oxigénio e de portadores de carbono, bem como uma conduta para o gás redutor formado, que penetra no forno de cuba, bem como sangradouros para o ferro fundido e para a escória, e

- uma instalação combinada de produção de energia por meio de uma turbina de gás e vapor, na qual o gás da boca do forno se introduz numa câmara de combustão da unidade de turbina de gás e o gás que sai da turbina de gás é levado a um permutador de calor da unidade de turbina de vapor, sendo este dispositivo caracterizado por:

- os portadores de carbono fornecidos serem provenientes de pelo menos dois depósitos de carvão, estando pelo menos um dos depósitos cheio com um carvão que possui uma elevada proporção de C_{fix} , enquanto pelo menos o outro depósito de carvão está cheio com carvão que possui uma proporção reduzida de C_{fix} , e

- a partir da conduta de descarga que leva o gás da boca do forno para fora do forno de cuba até à câmara de combustão da unidade de turbina de gás, sair um tubo de derivação provido de

uma válvula de controlo e que penetra numa câmara de combustão do permutador de calor da unidade de turbina de vapor.

Vantajosamente, uma tubagem de alimentação de azoto ou uma mistura de oxigénio e azoto pobre em oxigénio penetra no gaseificador de fusão, junto da extremidade inferior da zona de fusão-gaseificação.

De uma maneira apropriada, uma tubagem de fornecimento de fundentes não queimados para a aglomeração do enxofre penetra no forno de cuba.

Para aumentar a quantidade de gás da boca do forno durante um período particularmente curto, uma conduta de portadores de carbono em forma líquida ou gasosa à temperatura ambiente, por exemplo hidrocarbonetos, penetra vantajosamente no gaseificador de fusão.

Descreve-se agora a invenção com mais pormenor, com referência à ilustração esquemática do dispositivo de realização do processo segundo a presente invenção.

A referência (1) designa uma instalação de redução directa, constituída por um forno de cuba, no qual se introduz o minério de ferro em fragmentos pela sua parte superior, através de uma conduta de alimentação (2), por um sistema de comporta (não ilustrado), conjuntamente com os fundentes não queimados, que se introduzem através de uma conduta (3). A instalação de redução directa (1) comunica com um gaseificador de fusão (4) onde se produz um gás redutor a partir do carvão e do gás contendo oxigénio, introduzindo-se este gás redutor no forno de cuba (1) através de uma conduta (5), estando previsto na conduta (5) um meio de depuração e

de refrigeração do gás (6).

O gaseificador de fusão (4) inclui uma conduta (7) para os portadores de carbono em fragmentos sólidos, condutas (8) e (9) para os gases contendo oxigénio e condutas (10) e (11) para os portadores de carbono líquidos ou gasosos à temperatura ambiente, como por exemplo hidrocarbonetos, bem como para os fundentes queimados. No gaseificador de fusão (4), o ferro fundido (14) e a escória fundida (15) acumulam-se por baixo da zona de fusão-gaseificação (13) e extram-se, cada um deles separadamente, por um sangrador especial (15,17).

A conduta (7) de portadores de carbono em fragmentos sólidos é alimentada por pelo menos dois depósitos de carvão (18) e (19), chamados carvoeiras, estando pelo menos uma das carvoeiras (18) cheia com carvão com uma percentagem elevada de C_{fix} , enquanto a outra carvoeira (19) está cheia de carvão com uma pequena percentagem de C_{fix} e uma elevada proporção de elementos voláteis.

O minério de ferro em fragmentos reduzido a esponja de ferro numa zona de redução (20) no interior do forno de cuba (1), conjuntamente com os fundentes queimados na zona de redução directa (20) introduzem-se por meio de uma conduta (21) que liga o forno de cuba (1) com o gaseificador de fusão (4), por exemplo por meio de um dispositivo de descarga do tipo de parafuso, não ilustrado em pormenor. Com a parte superior do forno de cuba (1) está ligada uma conduta de descarga (22) do gás da boca do forno que se forma na zona de redução directa (20).

Este gás da boca do forno, ao passar através de um dispositivo de depuração e refrigeração de gás (23) colocado na conduta

de descarga (22), chega a um compressor (24) e é depois injectado na câmara de combustão (25) de uma unidade de turbina de gás indicada de uma maneira global com a referência (26). Além disso, fornece-se a esta câmara de combustão (25), por meio de uma conduta de alimentação de ar (28), ar comprimido por um compressor de ar de combustão (27).

O gás residual que sai da turbina de gás (30) que acciona um gerador (29), é conduzido através de uma caldeira de gás residual (31) que constitui um permutador de calor e que funciona como gerador de vapor. O vapor formado na caldeira de gás residual (31) é utilizado numa turbina de vapor (32) que serve também para accionar um gerador (33). A fim de realizar uma operação de ciclo termodinâmico fechado, o vapor utilizado condensa-se num condensador (34), disposto a seguir, fornecendo-se o líquido condensado por meio de uma bomba de condensador (35) a um recipiente de água de alimentação (36) que inclui um desgaseificador, a partir do qual, por sua vez, a água de alimentação pode ser tomada por meio de uma bomba de água de alimentação (37) e pode ser introduzida no depósito de gás residual (31).

Os gases contendo oxigénio injectados no gaseificador de fusão (4), de acordo com a composição desejada, extraem-se por meio de uma instalação de separação de ar (38) com a relação de mistura desejada, a qual é ajustada por meio de válvulas de controlo (39), instalação na qual uma tubagem em derivação (39), proveniente da conduta de alimentação de oxigénio (40) e provida de uma válvula de controlo (41), penetra no gaseificador de fusão (4), por cima da camada de coque (12). A partir da conduta de alimenta

ção de azoto (42) sai um tubo derivado (44), também provido de uma válvula de controlo (43), que penetra na conduta de alimentação de ar (28) do compressor de ar de combustão (27) da unidade de turbina de gás (26).

Entre o compressor de gás da boca do forno (24) e a câmara de combustão (25) da unidade de turbina de gás (26) sai um tubo de derivação (46) provido de uma válvula de controlo (45), por meio da qual pode introduzir-se na unidade de turbina de vapor (48) uma parte do gás da boca do forno proveniente de uma câmara de combustão (47) da caldeira de gás residual (31).

A presente invenção não se limita ao modo de realização que se ilustra a título de exemplo no desenho, podendo sim ser modificada em vários aspectos: por exemplo, quando se tenha previsto a refrigeração do gás, é possível efectuar esta refrigeração por meio de permutadores de calor nos quais se gera vapor para a unidade de turbina de vapor (48).

Explica-se a seguir mais em pormenor o processo segundo a presente invenção, por meio de dois exemplos, ilustrando o exemplo 1 o processo com elevado consumo de gás da instalação de produção de energia, enquanto o exemplo 2 ilustra o procedimento com consumo reduzido de gás da instalação de produção de energia.

Exemplo 1

Introduziram-se 1 550 Kg de minério de ferro com 66,5 % de Fe e 3,2 % de ganga (ácida), bem como 50 Kg de CaO sob a forma de cal apagada, e injectaram-se 300 litros de H₂O no forno de cuba(1) por cada tonelada de ferro fundido produzido. É necessário

fornecer água ao forno de cuba visto que, caso contrário, o gás da boca do forno se produziria a uma temperatura demasiadamente elevada, o que é inadmissível para a depuração ulterior do gás.

O gaseificador de fusão (4) foi carregado com 1500 Kg de carvão com pequena percentagem de C_{fix} por cada tonelada de ferro fundido. A percentagem de C_{fix} do carvão é de 50 %, a proporção de componentes voláteis é de 35 % e o resto é constituído por cinzas. Além disso, injectaram-se 710 m^3 (nas condições normais) de oxigénio por cada tonelada de ferro fundido no gaseificador de fusão (4), num plano de insuflação (49) situado precisamente acima do nível do banho de escória (50), através de um tubo de alimentação (8).

A partir do forno de cuba (1), descarregam-se 1 000 Kg de esponja de ferro e fundentes por cada tonelada de ferro fundido e introduziram-se no gaseificador de fusão (4) através da conduta (21). No interior da zona de fusão-gaseificação (13), o carvão deu origem à formação de 750 Kg de coque/tonelada de ferro fundido. O ferro fundido produziu-se à temperatura de 1450° C e tinha a seguinte composição:

QUADRO I

3,78 %	C
0,60 %	Si
0,42 %	Mn
0,060 %	P
0,045 %	S

Por cada tonelada de ferro fundido formaram-se 3,25 Kg de

escória a partir das cinzas introduzidas com o carvão, a ganga do minério e os fundentes carregados.

O gás redutor formado no gaseificador de fusão (4) sai do mesmo a 1 000° C e, depois da depuração e refrigeração, introduziu-se na zona de redução directa (20) do forno de cuba (1) a 850° C. Produziu-se uma quantidade de 3 445 m³ (nas condições normais) por cada tonelada de ferro fundido. A sua composição química é a seguinte:

QUADRO II

60,4 %	CO
3,0 %	CO ₂
31,6 %	H ₂
5,0 %	N ₂ + (H ₂ S aprox. 1 300 ppm)

O gás da boca do forno que sai do forno de cuba (1), depois da refrigeração por meio de água injectada, tinha uma temperatura de 400° C e foi produzido numa quantidade de 3 270 m³ (nas condições normais) por cada tonelada de ferro fundido. A sua composição química é a seguinte:

QUADRO III

47,6 %	CO
19,2 %	CO ₂
27,9 %	H ₂
5,3 %	N ₂ + (H ₂ S aprox. 80 ppm)

O seu calor específico é igual a $9\,023\text{ KJ/m}^3$ (nas condições normais).

Exemplo 2

Introduziram-se no forno de cuba (1) 1550 Kg de minério de ferro com 66,5 % de Fe e 3,2 % de ganga (ácida), bem como 100 Kg de fundentes (CaO sob a forma de cal apagada + SiO_2) por cada tonelada de ferro fundido produzido. No gaseificador de fusão (4) introduziram-se 1 000 Kg de carvão com uma proporção elevada de C_{fix} por cada tonelada de ferro fundido sendo a proporção de C_{fix} do carvão de 70 % enquanto a proporção de componentes voláteis era de 20 %, sendo o restante constituído por cinzas. Além disso, introduziram-se 660 m^3 (nas condições normais) de oxigénio/tonelada de ferro fundido no gaseificador de fusão (4), por exemplo 510 m^3 (nas condições normais) na região inferior da camada de coque (12) através da conduta de alimentação (8), e 150 m^3 (nas condições normais) por cima da camada de coque (12), através da conduta de alimentação (9).

A partir do forno (1) extraíram-se 1 150 Kg de esponja de ferro e fundentes por cada tonelada de ferro fundido e introduziram-se no gaseificador de fusão, por meio da conduta (21). No interior da zona de fusão-gaseificação (700) o carvão deu lugar à formação de 700 Kg de coque por cada tonelada de ferro fundido. O ferro fundido foi produzido a uma temperatura de $1\,450^\circ\text{C}$ e tinha a seguinte composição química:

QUADRO IV

3,85 %	C
0,58 %	Si
0,45 %	Mn
0,070 %	P
0,050 %	S

Formaram-se 250 Kg de escória por cada tonelada de ferro fundido, a partir das cinzas introduzidas com o carvão, da ganga do minério e dos fundentes carregados.

O gás bruto formado no gaseificador de fusão (4) foi extraído a $1\ 000^{\circ}\text{C}$ e, depois da depuração e da refrigeração, injectou-se na zona de redução directa (20) a 850°C . Produziu-se numa quantidade de $2\ 267\ \text{m}^3$ (nas condições normais) por cada tonelada de ferro fundido. A sua composição química indica-se no Quadro seguinte:

QUADRO V

70,8 %	CO
1,0 %	CO ₂
18,2 %	H ₂
9,1 %	N ₂ + (H ₂ S aprox. 1 300 ppm)

O gás da boca do forno formado no forno de cuba tinha uma temperatura de 360°C , produzindo-se em uma quantidade de $2\ 092\ \text{m}^3$ (nas condições normais) por cada tonelada de ferro fundido. A sua composição química é a seguinte:

QUADRO VI

51,7 %	CO
27,0 %	CO ₂
11,5 %	H ₂
9,8 %	N ₂ + (H ₂ S aprox. 80 ppm)

O seu poder calorífico era de 7 775 KJ/m³ (nas condições normais).

Tanto com a modalidade de funcionamento segundo o Exemplo 1 como com a do Exemplo 2, o gás da boca do forno produzido está praticamente isento de óxido de azoto devido às condições de redução em que é gerado e inclui apenas pequenas quantidades de enxofre e, portanto, pode utilizar-se como gás de combustão extremamente limpo.

A fim de minimizar a formação de óxidos de azoto durante a combustão do gás da boca do forno, uma parte do ar de combustão é substituída por gás pobre em oxigénio ou gás desprovido de oxigénio que se produz a partir da instalação de separação de ar (38) e que se alimenta pela conduta de alimentação (44).

Mediante a injeção de azoto na zona de fusão-gaseificação (13) - introduzindo-se de acordo com a presente invenção uma mistura de oxigénio e de 5 a 25 % de azoto (ou qualquer conteúdo variável de azoto) - o poder calorífico total do carvão carregado distribui-se na quantidade de gás mais importante que se forma, de modo que se reduz a temperatura do gás até ao nível de produção de calor mais elevado. O calor que conduz, por exemplo, a temperaturas elevadas indesejáveis quando se utiliza carvão com uma elevada percentagem de C_{fix}, segundo o Exemplo 2, pode ser conduzida a zonas mais elevadas pelo gás diluído em azoto, o que dá lugar a

uma redução do nível da temperatura da zona de fusão-gaseificação (13), como se ilustra a traço cheio no perfil de temperaturas representado no desenho à altura da zona de fusão-gaseificação (13) (o que contrasta com o ajustamento do perfil de temperatura desenhado a tracejado, quando o funcionamento se efectua de acordo com o Exemplo 1). Diminuindo o nível da temperatura, não se produz qualquer acumulação de energia indesejável, devida por exemplo à redução mais importante do silício. Um elevado teor de silício no ferro fundido permitiria utilizar no convertidor da aciaria uma maior quantidade de sucata, mas isso implicaria, no entanto, maiores quantidades de escória e, portanto, perdas de ferro e de calor. Injectando azoto, consegue-se manter constante o teor de silício do ferro fundido. Além disso, o gás da boca do forno extraído da zona de redução directamente é diluído e o seu poder calorífico é reduzido.

Como se indica no Exemplo 2, um aumento do nível da temperatura na parte superior da zona de fusão-gaseificação do exemplo (13), com o fim de conseguir uma redução da temperatura de saída do gás que corresponde ao Exemplo 1 no caso de introdução de azoto através do tubo de alimentação (8) pode conseguir-se vantajosamente fazendo com que a quantidade de oxigénio necessária na zona de fusão-gaseificação (13) seja dividida em duas quantidades parciais, de modo que se forneça gás oxigénio ou contendo oxigénio à zona de fusão-gaseificação (13) por meio de duas condutas de alimentação (8,9) denominadas algaravizes, um dos quais [algaraviz (8)] está colocado imediatamente por cima do nível do banho de escórias (50), enquanto o segundo [algaraviz (9)] está disposto no espaço

de gás da zona de fusão-gaseificação situada precisamente por cima da camada de coque. Através do algaraviz (8) injecta-se azoto mais oxigénio. O oxigénio introduzido através do algaraviz (8) serve para a gaseificação do carvão, e o oxigénio introduzido através do algaraviz superior (9) serve para elevar a temperatura na parte superior da zona de fusão-gaseificação (13). Pode ser necessário aumentar a temperatura a fim de produzir a fissão dos compostos com teor elevado de hidrocarbonetos obtidos a partir dos componentes voláteis do carvão utilizado e que tendem a criar dificuldades na engenharia do processo.

Devido à distribuição do oxigénio disponível na zona de fusão-gaseificação entre os algaravizes inferior e superior (8) e (9) e devido à quantidade de azoto introduzida através do algaraviz inferior (8), o perfil de temperaturas da zona de fusão-gaseificação (13) pode ser ajustado de acordo com as necessidades.

O gás redutor que sai da zona de fusão-gaseificação (13) a uma temperatura de aproximadamente $1\ 000^{\circ}\text{C}$ é depurado e refrigerado de maneira conhecida até à temperatura de redução. É conduzido na sua totalidade através da zona de redução directa (20), tanto segundo o Exemplo 1, como de acordo com o Exemplo 2. Dado que a esponja de ferro produzida tem um grau de metalização até 95 % nas condições de redução normais, não se produz qualquer alteração da qualidade da esponja de ferro, inclusivamente quando se dispõe de uma maior quantidade de gás. O que se verifica é uma melhoria da qualidade do gás da boca do forno extraído da zona de redução directa, porque está menos desgastado pelo trabalho de redução.

Mediante a introdução de uma quantidade de gás mais importante e mais quente na zona de redução directa (20) segundo a presente invenção, foi possível reduzir inclusivamente minérios de baixa qualidade e aumentar a gama de fundentes de aglomeração de enxofre que podem ser utilizados. Além da cal, pode utilizar-se dolomite bruta, magnesite bruta e, inclusivamente, minérios de siderite, por exemplo.

O gás da boca do forno, introduzido na instalação de produção de energia, é pobre em enxofre e óxidos de azoto e está diluído com azoto. Por meio do ar de combustão pobre em oxigénio produzido por meio da mistura de hidrogénio, pode queimar-se a baixas temperaturas de chama e, portanto, pode evitar-se a utilização de processos auxiliares caros para eliminar os óxidos de azoto.

Se se introduzirem hidrocarbonetos líquidos ou gasosos na zona de fusão-gaseificação (13) além dos portadores de carbono sólidos, com o fim de aumentar rapidamente o gás disponível, introduzem-se agentes de dessulfuração de grãos finos queimados na parte superior da zona de fusão-gaseificação, para aglomerar o enxofre introduzido adicionalmente deste modo.

R e i v i n d i c a ç õ e s

1.- Processo para obter energia eléctrica, além de produzir ferro fundido, a partir de minério de ferro em fragmentos e combustível sólido, utilizando uma zona de redução directa (20), que funciona com uma sobrepressão para reduzir o minério de ferro para produzir esponja de ferro, e uma zona de fusão-gaseificação (13) para produzir ferro fundido (14), no qual se utilizam portadores de carbono na zona de fusão-gaseificação (13) e se fornecem para esta zona gases contendo oxigénio, se introduz o gás redutor que se forma na zona de redução directa (20) e se fornece o gás redutor que nela reage, sob a forma de um gás da boca do forno, a uma instalação de produção de energia que inclui pelo menos uma turbina (30), caracterizado por a carga de portadores de carbono na zona de fusão-gaseificação (13) variar em função do consumo de gás da instalação de produção de energia, de modo tal que, quando o consumo de gás aumenta, os componentes voláteis da carga aumentem e a carga de C_{fix} diminua e, quando o consumo de gás diminuir, se produzir o fenómeno inverso, enquanto a quantidade e a composição do ferro fundido (14) produzido se mantêm substancialmente constantes.

2.- Processo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por se utilizarem três fontes de carga diferentes para proporcionar uma carga de portadores de carbono de composição variável, isto é, uma carga de carvão com uma percentagem elevada de C_{fix} , uma carga de carvão com uma percentagem reduzida de C_{fix} e uma carga de hidrocarbonetos líquidos ou gasosos.

3.- Processo de acordo com as reivindicações 1 ou 2, caracterizado por, quando o consumo de gás da instalação de produção de energia for mais reduzido, o gás da boca do forno proveniente da zona de redução directa (20) ser levado a uma câmara de combustão (25) de uma primeira fase de produção de energia que inclui uma unidade de turbina de gás (26), por se fornecer o gás que sai da turbina de gás (30) a um permutador de calor (31) para produzir vapor e o vapor produzido ser utilizado numa segunda fase de produção de energia que inclui pelo menos uma turbina de gás (32) e, quando o consumo de gás da instalação de produção de energia for mais elevado, só uma parte do gás da boca do forno ser levada à câmara de combustão (25) da primeira fase de produção de energia e a outra parte do gás da boca do forno ser levada a uma câmara de combustão (47) do permutador de calor (31) da segunda fase de produção de energia para aquecer.

4.- Processo de acordo com a reivindicação 3, caracterizado por a combustão do gás da boca do forno na câmara de combustão (25) da primeira fase de produção de energia se efectuar a uma temperatura inferior a 1 000°C, introduzindo azoto ou uma mistura de azoto-oxigénio, pobre em oxigénio, na câmara de combustão (25) ou no ar de combustão fornecido à turbina de gás (30).

5.- Processo de acordo com uma qualquer das reivindicações 1 a 4, caracterizado por se adicionarem na zona de redução directa (20) fundentes de aglomeração de enxofre, em particular CaCO_3 , MgCO_3 , FeCO_3 .

6.- Processo de acordo com uma qualquer das reivindicações 1 a 5, caracterizado por, quando o consumo de gás na instala-

lação de produção de energia for pequeno e se utilizar um carvão com uma percentagem elevada de C_{fix} , se insuflar azoto ou uma mistura de azoto e oxigênio, pobre em oxigênio, num nível de insuflação inferior (49) da zona de fusão-gaseificação (13).

7.- Dispositivo para a realização prática do processo de acordo com uma qualquer das reivindicações 3 a 6, que inclui:

- um forno de cuba de redução directa (1), que inclui uma conduta de alimentação (2) de minério de ferro em fragmentos, uma conduta de alimentação (5) para um gás redutor, bem como uma conduta de descarga (21,22) para o produto de redução formado no mesmo e para o gás da boca do forno,

- um gaseificador de fusão (4), no qual penetra uma conduta (21) que leva o produto de redução a partir do forno de cuba (1) e que inclui condutas de alimentação (7) a (10) para os gases contendo oxigênio e os portadores de carbono, bem como uma conduta (5) para o gás redutor formado, que penetra no forno de cuba (1), bem como sangradores (16,17) para o ferro fundido e para a escória,

- uma instalação de produção de energia por meio de turbinas combinadas de gás e vapor, introduzindo o gás da boca do forno numa câmara de combustão (25) da unidade de turbina de gás (26) e introduzindo-se o gás residual da turbina de gás num permutador de calor (31) da unidade de turbina de vapor (48), caracterizado por:

- a conduta de alimentação (7) dos portadores de carbono proceder de pelo menos dois depósitos de carvão (18,19), estando pelo menos um depósito de carvão cheio com um carvão com uma elevada percentagem de C_{fix} enquanto outro depósito de carvão está

cheio com um carvão que tem uma percentagem reduzida de C_{fix} , e

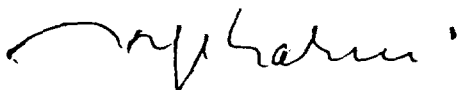
- na conduta de descarga (22) que conduz o gás da boca do forno para fora do forno de cuba (1) até à câmara de combustão (25) da unidade de turbina de gás (26) partir uma conduta derivada (46) provida de uma válvula de controlo (45) que penetra numa câmara de combustão (47) do permutador de calor (31) da unidade de turbina de vapor (48).

8.- Dispositivo de acordo com a reivindicação 7, caracterizado por uma conduta de alimentação (8) com azoto ou com uma mistura de azoto e oxigénio, pobre em oxigénio, penetrar no gaseificador de fusão (4) próximo da extremidade inferior da zona de fusão-gaseificação (13).

9.- Dispositivo de acordo com a reivindicação 7 ou 8, caracterizado por uma conduta de alimentação (3) de fundentes não queimados penetrar no forno de cuba (1).

10.- Dispositivo de acordo com uma ou várias das reivindicações 7 a 9, caracterizado por uma conduta de alimentação (10) de portadores de carbono líquidos ou gasosos à temperatura ambiente, como por exemplo hidrocarbonetos, penetrar no gaseificador de fusão (4).

Lisboa, 24 de Novembro de 1987
O Agente Oficial da Propriedade Industrial

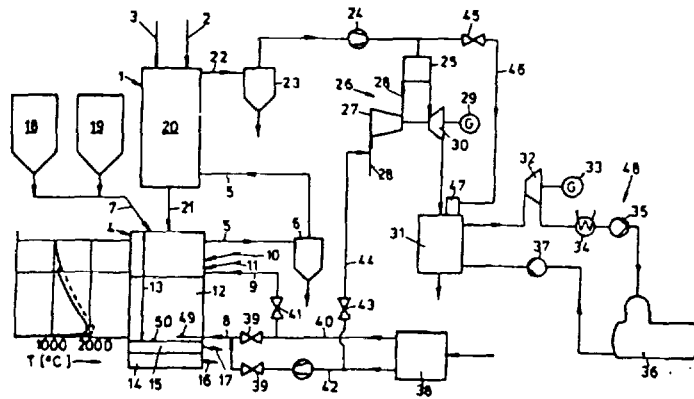


R E S U M O

"Processo para obter energia eléctrica, além de produzir ferro fundido, a partir de minério de ferro em fragmentos e combustíveis sólidos"

Para obter energia eléctrica além de produzir ferro fundido, a partir de fragmentos de minério de ferro e combustíveis sólidos, utilizando uma zona de redução directa para reduzir o minério de ferro em esponja de ferro e uma zona de fusão-gaseificação para produzir ferro fundido, utilizam-se portadores de carbono na zona de fusão-gaseificação e fornecem-se a esta gases contendo oxigênio. O gás redutor que se forma é introduzido na zona de redução directa. O gás redutor que nela reage é fornecido sob a forma de gás da boca do forno a uma instalação de produção de energia que inclui uma turbina. Para adaptar a produção de energia ao consumo da mesma, evitando simultaneamente qualquer influência nas condições metalúrgicas da produção do ferro fundido e do seu tratamento ulterior, faz-se variar a carga de portadores de carbono na zona de fusão-gaseificação em função do consumo de gás da instalação de produção de energia, de tal modo que, quando aumentar o consumo de gás, os elementos constitutivos voláteis da carga aumentem e diminua a carga de C_{fix} e, quando diminuir o consumo de gás, se produza o fenómeno inverso, mantendo no entanto substancialmente constantes a quantidade e a composição do ferro fundido produzido.

4.



Lisboa, 24 de Novembro de 1987
O Agente Oficial da Propriedade Industrial

[Handwritten signature]

