



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

(21) **PI 0710936-9 A2**



(22) Data de Depósito: 19/04/2007  
(43) Data da Publicação: 14/02/2012  
(RPI 2145)

(51) *Int.Cl.:*  
C21B 13/00  
C21B 13/14

(54) **Título:** PROCESSO PARA A PRODUÇÃO DE FERRO GUSA LÍQUIDO OU PRODUTOS INTERMEDIÁRIOS DE AÇO LÍQUIDO A PARTIR DE MATERIAL CONTENDO ÓXIDO DE FERRO EM PARTÍCULAS FINAS

(30) **Prioridade Unionista:** 28/04/2006 AT A732/2006

(73) **Titular(es):** Siemens Vai Metals Technologies GMBH & CO

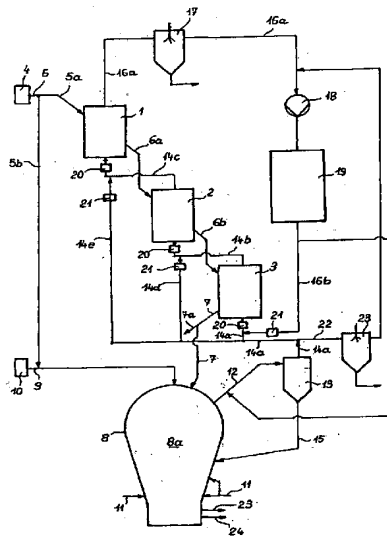
(72) **Inventor(es):** Bogdan Vuletic

(74) **Procurador(es):** Flavia Salim Lopes

(86) **Pedido Internacional:** PCT EP2007003426 de 19/04/2007

(87) **Publicação Internacional:** WO 2007/124870de 08/11/2007

(57) **Resumo:** PROCESSO PARA A PRODUÇÃO DE FERRO GUSA LÍQUIDO OU PRODUTOS INTERMEDIÁRIOS DE AÇO LÍQUIDO A PARTIR DE MATERIAL CONTENDO ÓXIDO DE FERRO EM PARTÍCULAS FINAS. A presente invenção se refere a um processo para a produção de um ferro gusa líquido ou de produtos intermediários de aço líquidos a partir de material contendo óxido de ferro em forma de partículas finas, sendo o material contendo óxido de ferro em forma de partículas finas pré-reduzido em pelo menos uma etapa de pré-redução com a ajuda de um gás de redução e em seguida reduzido para ferro esponja em uma etapa de redução final; o ferro esponja é fundido me uma zona de gaseificação de fusão por acréscimo de suportes de carbono e gás contendo oxigênio, sendo produzido um gás de redução contendo CO e H<sub>2</sub>, gás este que é introduzido na etapa de redução final, fazendo-se ali o mesmo reagir, sendo o mesmo extraído e em seguida introduzido em pelo menos uma etapa de pré-redução, fazendo-se ali o mesmo reagir e sendo o mesmo extraído. Para que o gaseificador de fusão possa ser operado com um rendimento alto, o processo de produção possa decorrer assim de modo mais estável e possam ser evitadas as combustões parciais até agora necessárias nas tubulações para gás de redução, é proposto fazer-se com que uma porção do material contendo óxido de ferro em forma de partículas finas seja introduzida, através de pelo menos uma etapa de pré-redução e de uma etapa de redução final, em uma zona de gaseificação de fusão e fazendo-se com que uma outra porção do material contendo óxido de ferro em forma de partículas finas seja introduzida diretamente ou juntamente com os suportes de carbono e o gás contendo oxigênio na zona de gaseificação de fusão. Além disso, é proposto um dispositivo para a condução do processo.



PROCESSO PARA A PRODUÇÃO DE FERRO GUSA LÍQUIDO OU PRODUTOS  
INTERMEDIÁRIOS DE AÇO LÍQUIDO A PARTIR DE MATERIAL CONTENDO  
ÓXIDO DE FERRO EM PARTÍCULAS FINAS

A presente invenção se refere a um processo para a  
5 produção de ferro gusa líquido ou de produtos  
intermediários de aço líquidos a partir de material  
contendo óxido de ferro em forma de partículas finas, sendo  
o material contendo óxido de ferro em forma de partículas  
finas pré-reduzido com a ajuda de um gás redutor em pelo  
10 menos uma etapa de pré-redução, e sendo em seguida reduzido  
em uma etapa de redução final em ferro esponja, sendo o  
ferro esponja fundido em uma zona de gaseificação de fusão  
por acréscimo de suportes de carbono e de gás contendo  
oxigênio, e sendo produzido um gás redutor contendo CO e H<sub>2</sub>  
15 que é introduzido na etapa de redução final, fazendo-se o  
mesmo ali reagir, extraíndo-se o mesmo e, em seguida,  
introduzindo-se o mesmo em pelo menos uma etapa de pré-  
redução, ali se fazendo o mesmo reagir e extraíndo-se. Além  
disso, a presente invenção se refere a um dispositivo para  
20 a condução deste processo.

Um processo deste tipo já é conhecido de EP 969 107  
A1. Neste processo, para a redução de minério fino em ferro  
esponja é empregada principalmente uma multiplicidade de  
reatores de leito fluidizado, que são dispostos em cascata.  
25 As partículas de minério fino têm uma grande tendência de  
se aglomerarem, durante a redução, nos reatores de leito  
fluidizado, aumentando este efeito com o aumento do grau de  
trituração das partículas de minério, com o aumento das  
temperaturas do gás redutor e com o aumento do grau de  
30 metalização. Por este motivo, até agora só puderam ser

realizados industrialmente, e com um dispêndio aceitável com depuração e manutenção, e com a disponibilidade das instalações, aqueles processos de leito fluidizado que pudessem ser operados com um grau de metalização

5 relativamente baixo do ferro espuma de aproximadamente 70% ou com partículas finas de minério mais grosseiro (0-10 mm) e a temperaturas de gás redutor abaixo de 800°C para o último reator de leito fluidizado e para os reatores de pré-redução entre 700°C e 760°C. Uma temperatura de gás

10 redutor relativamente baixa, no entanto acarreta o inconveniente de um aporte de calor proporcionalmente mais baixo. Além disso, ocorrem perdas de calor nos reatores de leito fluidizado individuais e nos tubos de conexão entre os reatores de leito fluidizado, que são superiores,

15 comparativamente, na redução do minério em pedaços em um poço de redução. A temperatura do gás de redução necessária para um processo ótimo de metalização nos reatores de leito fluidizado individuais ligados em série somente pode ser conservada de modo limitado sem adição de energia

20 adicional.

Este déficit de energia pode ser compensado por diversas medidas adicionais. O emprego de energia que é necessário adicionalmente pode ser coberto por uma quantidade de gás de redução específica maior por tonelada

25 de mistura de minerais ou por uma combustão parcial adicional de CO e H<sub>2</sub> por insuflamento de oxigênio. Além de um aporte superior de calor perceptível, consegue-se com a elevação da quantidade de gás de redução específica que se deve queimar uma quantidade menor de CO e H<sub>2</sub> nos tubos de

30 conexão entre os reatores de leito fluidizado para se

e elevar a temperatura de gás de redução para um valor ótimo para o reator de leito fluidizado seguinte. Além disso, por meio de uma quantidade de gás de redução específica elevada pode-se conseguir que potencial de redução do gás de  
5 redução por meio de uma combustão parcial de CO e H<sub>2</sub> não seja ultrapassado para cada reator de leito fluidizado subsequente um determinado valor limite, para que seja atingido um grau de metalização relativamente mais alto mesmo com partículas de minério maiores, que precisam um  
10 tempo de permanência maior do que as partículas menores de minério na atmosfera redutora.

Em um processo de redução em fusão em um ou em muitos reatores de leito fluidizado ligados em série, como é conhecido, por exemplo, de EP 969 107 A1, o gás de  
15 redução necessário para a redução dos óxidos de ferro e para a calcinação dos fundentes é produzido em um gaseificador de fusão com o emprego de carvão como meio de gaseificação e oxigênio ou ar enriquecido com oxigênio como meio de oxidação. O calor que se produz durante o processo  
20 de gaseificação é no gaseificador de fusão para a fusão do ferro espuma e dos fundentes em ferro gusa e escória, que é a intervalos determinados sangrada. Com o acoplamento de um gaseificador de fusão com um forno de poço de redução, como ocorre durante o processo COREX<sup>®</sup>, com o emprego de carvão  
25 com uma proporção de componentes voláteis acima de 27%, a quantidade de gás de redução produzida no gaseificador de fusão suficiente para um funcionamento estacionário do poço de redução. Com um acoplamento de um gaseificador de fusão com reatores de leito fluidizado, pode ser obtida uma  
30 operação otimizada somente com as medidas adicionais já

descritas, tais como uma quantidade de gás de redução específica mais elevada e a combustão parcial de CO e de H<sub>2</sub>.

Para se poder operar os reatores de leito  
5 fluidizado com quantidades de gás de redução específicas mais elevadas, também já é conhecida a possibilidade de se extrair ou o gás de alto forno purificado dos reatores de leito fluidizado de uma instalação de eliminação de CO<sub>2</sub> e devolver ao processo de redução ou então operar o  
10 gaseificador de fusão com carvão extremamente volátil. O emprego de meios de gaseificação com uma alta proporção de componentes voláteis e um baixo valor de aquecimento exige utilizações específicas muito altas de meios de gaseificação e oxidação, acarretando taxas de escória  
15 específicas altas e por este motivo pouco econômica. Por motivos técnicos e econômicos é preferida, por este motivo, a produção de quantidades de gás de redução maiores através da instalação de preparação de gás. Aliás, a quantidade adicional produzida com este processo por meio de  
20 rendimentos relativamente baixos de gás de alto forno em uma instalação de eliminação de CO<sub>2</sub> no caso de se empregar carvão com uma proporção baixa de componentes voláteis não é suficiente para a produção de ferro esponja com uma metalização relativamente uniforme, especialmente não com a  
25 utilizações baixas de combustíveis, conforme é desejável.

A presente invenção tem como objetivo contornar estes inconvenientes e dificuldades e propõe desenvolver o processo descrito acima e um dispositivo para a produção de ferro gusa líquido ou de produtos intermediários do aço  
30 líquidos a partir de material contendo óxido de ferro em

forma de partículas finas a um ponto tal que o gaseificador de fusão possa ser operado com um rendimento mais elevado do que os reatores de leito fluidizado a ele atribuídos, decorrendo o processo de produção deste modo de modo mais estável. Além disso, deve ser essencialmente reduzida ou pelo menos predominantemente evitada a necessidade de se introduzir entre os reatores de leito fluidizado energia por meio de combustão de CO e de H<sub>2</sub> nas tubulações de comunicação.

10 Este objetivo é atingido fazendo-se com que uma parcela do material contendo óxido de ferro em forma de partículas finas, seja introduzida, através de pelo menos uma etapa de pré-redução, e de uma etapa de redução final, em uma zona de gaseificação de fusão e uma outra parcela do material contendo óxido de ferro em forma de partículas finas seja introduzido direta ou indiretamente juntamente com os suportes de carbono e com o gás contendo oxigênio na zona de gaseificação de fusão.

20 Com o aumento quantitativo e qualitativo da produção do gás de redução no gaseificador de fusão fica reduzida a necessidade da combustão de CO e de H<sub>2</sub> adicionais entre dois reatores de leitos fluidizados consecutivos. Como o potencial de redução do gás de redução, com uma tal combustão parcial de CO e de H<sub>2</sub> em CO<sub>2</sub> e H<sub>2</sub>O, é reduzido, com esta medida também se atinge um aumento do grau de metalização do minério em partículas finas.

30 Por motivos econômicos é até mesmo vantajoso se produzir no gaseificador de fusão quantidades maiores de gás de produção com um teor baixo de componentes oxidantes

(CO<sub>2</sub> e H<sub>2</sub>O) do que é necessário para uma operação equilibrada do gaseificador de fusão e dos reatores de leitos fluidizados. o motivo disso é a necessidade de uma quantidade adicional de ferro esponja ou de ferro diretamente reduzido a quente em briquetes (HBI) durante a fase de saída e durante o aquecimento dos reatores de leito fluidizado, inclusive do aquecimento e da pós-redução do material de leito fluidizado. Sabe-se que devem ser esvaziados pelo menos os dois últimos - na maioria dos casos todos - reatores de leito fluidizado ligados em série a cada paralisação, paralisação esta que dura mais de 2 horas, para se evitar a aglomeração do material empregado e uma paralisação ainda mais prolongada da instalação que resulta. Mesmo com paralisações curtas o gaseificador de fusão é operado até 8 horas, com paralisações mais longas até 12 horas e durante a depuração dos reatores de leito fluidizado aproximadamente 4 dias é operado com HBI comprado. Com esta exigência relativamente elevada de HBI dispendioso é, portanto, mais econômico se desviar uma parte do ferro esponja em forma de HBI ou de HCI (ferro compactado a quente) durante o processo de produção continuamente e se empregar nos casos de paralisação descritos acima como produto intermediário frio no gaseificador de fusão.

Para garantir esta necessidade adicional e para se assegurar uma operação estável do processo, a parte do material contendo óxido de ferro em forma de partículas introduzida na zona de gaseificação de fusão ou diretamente ou juntamente com os suportes de carbono e com o gás contendo oxigênio atinge 10% a 20% da quantidade total do

material contendo óxido de ferro em forma de partículas finas.

Obtém-se uma composição especialmente vantajosa do gás de redução que sai da zona de gaseificação de fusão quando é levado à zona de gaseificação de fusão suportes de carbono e gás contendo oxigênio de tal modo que a porção de CO<sub>2</sub> no gás de redução que sai da zona de gaseificação de fusão se encontra numa faixa de 4% a 9%, de preferência numa faixa inferior a 6%.

De acordo com uma forma de concretização vantajosa do processo o gás de redução que sai da zona de gaseificação de fusão é submetido a uma extração de pó a quente e é conduzido em seguida à etapa de redução final e de preferência a todas as etapas de pré-redução numa quantidade de gás de redução específica aumentada de 10%. Deste modo mistura-se às etapas de pré-redução gás de redução preparado quente desviando-se da corrente de gás de redução mais frio proveniente da etapa de redução final ou da corrente de gás de redução que sai da última etapa de pré-redução e é elevado o teor de calor do gás de mistura. Com o processo de mistura pode ser efetuado um ajuste direcionado da temperatura de gás de redução diretamente antes de cada etapa de redução.

Nas instalações de redução de minério fino de acordo com o estado da técnica os reatores de leito fluidizado são depurados a intervalos de 2 a 2,5 meses, a fim de eliminar entupimentos e depósitos de ferro espuma, resultando a cada paralisação da operação a uma perda de produção de 4 dias.

Entupimentos e depósitos de ferro esponja nos ciclones de reator da etapa de redução de acabamento ocorrem mais rapidamente e freqüentemente, quando o reator é operado com grandes quantidades de gás de redução e a  
5 altas temperaturas de gás de redução. O mesmo serve para os bocais de distribuição de gás, uma vez que o gás os atravessa a altas velocidades. Portanto, uma elevação qualquer da quantidade de gás de redução e da temperatura de gás de redução não é interessante. Um equilíbrio entre  
10 as vantagens e desvantagens é atingido quando do gás de redução preparado, depois da extração de pó a quente, uma parcela de pelo menos 70% é conduzida à etapa de redução final e uma parcela de até 30% é conduzida imediatamente às etapas de pré-redução.

15 Condições especialmente vantajosas para o processo de redução nas etapas de pré-redução, especialmente na segunda etapa de pré-redução, são atingidas quando se mistura de 5% a 15%, de preferência aproximadamente 10%, do gás de redução preparado com o gás de redução que sai da  
20 etapa de redução final antes da entrada na etapa de pré-redução disposta à frente.

Provou ser vantajoso se o gás de redução preparado, depois da extração de poeira a quente tiver a temperatura ajustada para uma mais alta do que a necessária para a  
25 redução de acabamento do material contendo óxido de ferro em forma de partículas finas na etapa de redução final. Esta necessidade de calor perceptível pode ser coberta em grande parte pelo calor perceptível disponível do gás de redução que sai da zona de gaseificação de fusão. Para tal  
30 fim é necessário, se resfriar menos o gás de gerador na

saída do gaseificador (até 880/900°C, por exemplo, em vez dos convencionais 800/820°C). Um ajuste fino da temperatura do gás de redução para a etapa de redução final se produz por meio do acréscimo dosado do gás de alto forno que é  
5 extraído, de preferência, da primeira etapa de pré-redução e preparado.

O ferro esponja necessário durante a fase de saída e durante o aquecimento dos reatores de leito fluidizado, ferro este que durante a operação contínua da instalação  
10 continuamente produzido em forma de uma quantidade excessiva prevista, é continuamente extraído. Neste caso uma parcela de aproximadamente 5% a 15%, de preferência aproximadamente 10%, da quantidade total produzida de ferro esponja é extraída da etapa de redução final e é resfriada.

15 Uma instalação para a produção de ferro gusa líquido ou de produtos intermediários de aço líquidos a partir de material contendo óxido de ferro em forma de partículas finas, tendo pelo menos dois reatores de leito fluidizado ligados em série um atrás do outro, sendo o  
20 material contendo óxido de ferro em forma de partículas finas conduzido de um reator de leito fluidizado para outro reator de leito fluidizado através de tubulações de transporte em uma direção e o gás de redução é conduzido de um reator de leito fluidizado para outro reator de leito  
25 fluidizado através de tubulações de comunicação para gás de redução na direção contrária, e tendo um gaseificador de fusão, no qual desemboca uma tubulação que leva o ferro esponja do último reator de leito fluidizado observando-se na direção do fluxo do material contendo óxido de ferro em  
30 forma de partículas finas, apresenta para a tubulação para

suportes de carbono e para gases contendo oxigênio, assim como uma sangria para ferro gusa ou material intermediário de aço e escória, assim como uma derivação para gás de redução para o gás de redução que se forma no gaseificador de fusão desemboca para dentro do reator de leito fluidizado último disposto, observando-se na direção do fluxo do material contendo ferro; esta instalação é caracterizada pelo fato de que um primeiro ramal de tubulação de transporte é projetado para uma parcela do material contendo óxido de ferro em forma de partículas finas através de um tubulação de transporte de um reator de leito fluidizado para outro reator de leito fluidizado e de uma tubulação para gaseificador de fusão consecutiva, e pelo fato de que é projetado um segundo ramal de tubulação de transporte para uma segunda parcela do material contendo óxido de ferro em forma de partículas finas através de uma tubulação de transporte de comunicação de um dispositivo de alimentação diretamente no gaseificador de fusão.

De acordo com uma modalidade preferida da invenção o segundo ramal de tubulação de transporte para a outra porção do material contendo óxido de ferro em forma de partículas finas desemboca em uma tubulação de transporte de comunicação de um dispositivo de alimentação para a tubulação para suportes de carbono e para gases contendo oxigênio para o gaseificador de fusão. Deste modo é possibilitada uma introdução dosada e mutuamente adaptada de material contendo óxido de ferro, de suportes de carbono e de gás contendo oxigênio.

Para a criação da quantidade de gás de redução elevada visada o segundo ramal de tubulação de transporte é

projetado para a passagem de 10% a 15% da quantidade total do material contendo óxido de ferro em forma de partículas finas empregado.

5           Consegue-se com vantagem a adição dosada do gás de alto forno aspirado, de preferência, da primeira etapa de pré-redução e preparado, ao gás de redução preparado proveniente do gaseificador de fusão, fazendo-se com que na derivação para gás de redução seja ligada uma instalação de extração de pó a quente, de preferência um ciclone de gás  
10 quente, fazendo-se com que na derivação para gás de redução seja disposto um dispositivo de medição de temperatura para captar a temperatura do gás de redução e fazendo-se com que do lado de fora da instalação de eliminação de CO<sub>2</sub> seja disposta uma tubulação para gás de alto forno tendo um  
15 dispositivo de regulagem de quantidades acrescentadas para ajustar a temperatura do gás de redução na derivação para gás de redução no qual desemboca a derivação para gás de redução que leva para o reator de leito fluidizado da etapa de redução final.

20           O ajuste da temperatura de gás de redução antes da entrada nos reatores de leito fluidizado das etapas de pré-redução é efetuado fazendo-se com que além das tubulações de comunicação para gás de redução que levam de um reator de leito fluidizado para outro e da derivação para gás de  
25 redução que leva ao reator de leito fluidizado, são previstas tubulações de comunicação para gás de redução individuais entre a derivação para gás de redução e o pelo menos um reator de leito fluidizado da etapa de pré-reação, e a estas tubulações de comunicação para gás de redução são

atribuídos dispositivos reguladores de quantidade para uma  
adição dosada de gás de redução.

Ao último dos reatores de leito fluidizado ligados  
em série, no qual se produz a redução final do material  
5 contendo óxido de ferro, além de uma tubulação de  
transporte para o transporte de ferro esponja para o  
gaseificador de fusão é atribuída uma tubulação de  
transporte adicional para a extração de uma parte do ferro  
esponja, levando esta tubulação a um dispositivo de  
10 resfriamento. Este ferro esponja extraído e armazenado é  
novamente empregado durante as interrupções da operação.

A presente invenção será explicada por meio de um  
exemplo de concretização ilustrado no desenho, apresentando  
a Figura 1 uma modalidade vantajosa do processo de acordo  
15 com a presente invenção e o dispositivo em esquema de  
blocos.

A instalação de acordo com a presente invenção  
abrange três reatores de leito fluidizado ligados em série  
1, 2, 3. O material contendo óxido de ferro é acrescentado  
20 ao primeiro reator de leito fluidizado 1 na forma de  
minério fino por um dispositivo de alimentação de minério 4  
através de uma tubulação para minério 5 e de um ramal de  
tubulação de transporte 5a; neste reator de leito  
fluidizado ocorre um pré-aquecimento do mineral fino e uma  
25 primeira pré-redução na primeira etapa de pré-redução. Em  
seguida se produz uma continuação do movimento do minério  
fino pré-tratado através de tubulações de transporte 6a  
para dentro do reator de leito fluidizado 2, e através de  
uma outra tubulação de transporte 6b para dentro do reator  
30 de leito fluidizado 3. No reator de leito fluidizado 3, da

segunda etapa de pré-redução se produz uma pré-redução subsequente do minério fino e no reator de leito fluidizado 3 da etapa de redução final se produz a redução final do minério fino em ferro esponja.

5 O ferro esponja é extraído do reator de leito fluidizado 3, e conduzido no gaseificador de fusão 8 através da tubulação de transporte 7. Para se aumentar a produção do gás de redução no gaseificador de fusão 8 o material contendo óxido de ferro é introduzido através de  
10 um segundo ramal de tubulação de transporte 5b diretamente no gaseificador de fusão 8. Este ramal de tubulação de transporte desemboca em uma tubulação de transporte de comunicação 9 através do carvão de um dispositivo de alimentação 10 diretamente introduzido no gaseificador de  
15 fusão 8. Eventualmente é empregado ar como gás de suporte. Uma parcela do ferro esponja produzido é desviado através da tubulação de transporte 7a do reator de leito fluidizado 3e levada para um dispositivo de resfriamento não ilustrado com detalhes, sendo ali resfriado e armazenado. Este ferro  
20 esponja é novamente empregado na fase de saída e durante o aquecimento dos reatores de leito fluidizado.

No gaseificador de fusão 8 é produzido em uma zona de gaseificação de fusão 8a a partir de carvão e gás contendo oxigênio um gás de redução contendo CO e H<sub>2</sub>, gás  
25 este que é extraído com uma derivação para gás de redução 12 do gaseificador de fusão . Depois de passar por uma instalação de extração de pó a quente 13 a parcela predominante do gás de redução deste modo preparado é conduzido através de tubulações de comunicação para gás de  
30 redução 14a na contracorrente à passagem do minério

primeiro na etapa de redução final do reator de leito fluidizado 3 e através dele e em seguida através das tubulações de comunicação para gás de redução 14b e 14c nos reatores de leito fluidizado 2 e 1 e através deles.

5 O pó fino que é eliminado na instalação de extração de pó a quente 13 é introduzido novamente no gaseificador de fusão 8 através de tubulações de reciclagem 15.

O gás de redução utilizado deixa o reator de leito fluidizado 1 em forma de gás de alto forno através da  
10 tubulação para gás de alto forno 16a, atravessa um depurador de gás de alto forno 17 e depois de um compressor 18 atravessa uma instalação de eliminação de CO<sub>2</sub> 19. Uma corrente parcial do gás de alto forno preparado deste modo é devolvido através da tubulação para gás de alto forno 16b  
15 e conduzido de modo dosado à corrente de gás de redução na tubulação de comunicação de gás de redução 14a um pouco antes da entrada no reator de leito fluidizado 3. Com um dispositivo de medição de temperatura 20 a temperatura de gás de redução momentânea na tubulação de comunicação para  
20 gás de redução 14a é medida antes da entrada no reator de leito fluidizado 3, e a mistura dosada do gás de alto forno preparado saindo da tubulação para gás de alto forno 16b se produz dependendo da temperatura de gás de redução ótima na entrada no reator de leito fluidizado 3 através de um  
25 dispositivo de regulagem de quantidade 21 na tubulação para gás de alto forno 16b.

Uma corrente parcial de gás de redução fresco pode ser armazenada através de um ramal de tubulação 22 depois de ter sido depurado em um depurador 23 na tubulação para  
30 gás de alto forno 16a antes de um compressor 18, sendo

deste modo melhoradas as condições operacionais da instalação de eliminação de CO<sub>2</sub> 19.

Pequenas parcelas do gás de redução preparado que sai do gaseificador de fusão 8 são conduzidas à etapa de 5 redução final não através do reator de leito fluidizado 3 da etapa de redução final, mas, ao invés disso, são conduzidas diretamente aos reatores de leito fluidizado 2 e 1 da etapa de pré-redução imediatamente através das tubulações de comunicação para gás de redução 14d e 14e. A 10 tubulação de comunicação para gás de redução 14d desemboca na tubulação de comunicação para gás de redução 14b imediatamente antes da desembocadura no reator de leito fluidizado 2 e a tubulação de comunicação do gás de redução 14e desemboca na tubulação de comunicação para gás de 15 redução 14c imediatamente antes da desembocadura no reator de leito fluidizado 1. Através da adição de gás de redução fresco ao gás de redução parcialmente utilizado pelo menos através da passagem por um reator de leito fluidizado fica proporcionalmente elevada não somente a qualidade do gás de 20 redução como também sua temperatura de introdução no reator de leito fluidizado 1 ou 2 respectivo, sendo melhorado o grau de pré-redução. Para o acréscimo dosado do gás de redução fresco, é atribuído às tubulações de comunicação para gás de redução 14d, 14e também um dispositivo de 25 regulação de quantidade 21 e eventualmente é atribuído às tubulações de comunicação para gás de redução 14d, 14e um dispositivo de medição de temperatura para uma regulação mais exata do acréscimo.

No gaseificador de fusão 8 desembocam uma ou mais 30 tubulações de transporte 9 para suportes de carbono sólido

e uma tubulação de ar para gases contendo oxigênio. No gaseificador de fusão 8 abaixo da zona de gaseificação de fusão 8a se acumulam ferro gusa fundido líquido ou material intermediário de aço fundido líquido e escória fundida 5 líquida, que são sangrados através de sangrias 23, 24.

**REIVINDICAÇÕES**

1. Processo para a produção de ferro gusa líquido ou de produtos intermediários de aço líquidos a partir de material contendo óxido de ferro em forma de partículas  
5 finas, sendo o material contendo óxido de ferro em forma de partículas finas pré-reduzido com a ajuda de um gás de redução em pelo menos uma etapa de pré-redução, e sendo em seguida reduzido em uma etapa de redução final em ferro esponja, sendo o ferro esponja fundido em uma zona de  
10 gaseificação de fusão por acréscimo de suportes de carbono e de gás contendo oxigênio e sendo produzido um gás de redução contendo CO e H<sub>2</sub> e que é introduzido na etapa de redução final, fazendo-se ali o mesmo reagir, extraíndo-se o mesmo e introduzindo-se o mesmo em seguida em pelo menos  
15 uma etapa de pré-redução, fazendo-se ali o mesmo reagir e, extraíndo-se o mesmo, caracterizado pelo fato de que uma porção do material contendo óxido de ferro em forma de partículas finas é introduzida através de pelo menos uma etapa de pré-redução e de uma etapa de redução final em uma  
20 zona de gaseificação de fusão e pelo fato de que uma outra porção do material contendo óxido de ferro em forma de partículas finas é introduzida na zona de gaseificação de fusão diretamente ou juntamente com suportes de carbono e com o gás contendo oxigênio.

25 2. Processo, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a proporção introduzida na zona de gaseificação de fusão, diretamente ou juntamente com os suportes de carbono e o gás contendo oxigênio, de material contendo óxido de ferro em partículas finas  
30 constitui de 10% a 20% da quantidade total do material

contendo óxido de ferro em forma de partículas finas empregado.

3. Processo, de acordo com a reivindicação 1 ou 2, caracterizado pelo fato de que os suportes de carbono e o gás contendo oxigênio são conduzidos na zona de gaseificação de fusão em uma quantidade tal que a proporção de CO<sub>2</sub> no gás de redução que sai da zona de gaseificação de fusão se encontra numa faixa de 4% a 9%, de preferência em uma faixa inferior a 6%.

4. Processo, de acordo com uma das reivindicações 1, 2 ou 3, caracterizado pelo fato de que o gás de redução que sai da zona de gaseificação de fusão é submetido a uma extração de pó a quente e em seguida é conduzido à etapa de redução final, e de preferência a todas as etapas de pré-redução, com uma quantidade de gás de redução específica elevada.

5. Processo, de acordo com uma das reivindicações 1, 2, 3 ou 4, caracterizado pelo fato de que do gás de redução preparado depois da extração de pó a quente uma parcela de pelo menos 70% é conduzida à etapa de redução final e uma parcela de até 30% imediatamente às etapas de pré-redução.

6. Processo, de acordo com a reivindicação 5, caracterizado pelo fato de que 5% a 15%, de preferência aproximadamente 10%, do gás de redução preparado são misturados com o gás de redução que sai da etapa de redução final antes da entrada na etapa de pré-redução disposta à frente.

7. Processo, de acordo com uma das reivindicações 1, 2, 3, 4, 5 ou 6, caracterizado pelo fato de que o gás de

redução preparado, depois da extração do pó a quente, tem a temperatura ajustada para uma mais elevada do que a necessária para a redução final do material contendo óxido de ferro em forma de partículas finas na etapa de redução  
5 final.

8. Processo, de acordo com a reivindicação 7, caracterizado pelo fato de que o gás de redução preparado depois da extração de pó a quente tem a sua temperatura ajustada para 820°C a 920°C, de preferência para 880°C.

10 9. Processo, de acordo com uma das reivindicações 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 ou 8, caracterizado pelo fato de que o ajuste fino da temperatura do gás de redução para a etapa de redução final se produz pelo acréscimo dosado do gás de alto forno extraído da, de preferência, primeira etapa de  
15 pré-redução.

10. Processo, de acordo com uma das reivindicações 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 ou 9 caracterizado pelo fato de que uma parte do ferro esponja produzido na etapa de redução final é extraído e resfriado.

20 11. Processo, de acordo com a reivindicação 10, caracterizado pelo fato de que uma parcela de aproximadamente 5% a 15%, de preferência de aproximadamente 10%, da quantidade total produzida de ferro esponja é extraída da etapa de redução final e é resfriada.

25 12. Instalação para a condução do processo das reivindicações 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 ou 11, tendo pelo menos dois reatores de leito fluidizado conectados em série um atrás do outro (1, 2, 3), em que é conduzido material contendo óxido de ferro em forma de partículas  
30 finas de um reator de leito fluidizado para outro reator de

leito fluidizado através de tubulações de transporte (5, 5a, 6a, 6b) em uma direção e em que é conduzido o gás de redução de um reator de leito fluidizado para outro reator de leito fluidizado através de tubulações de comunicação para gás de redução (14a, 14b, 14c) na direção contrária, e tendo um gaseificador de fusão (8) no qual desemboca uma tubulação de transporte (7) que conduz o ferro esponja do reator de leito fluidizado (3) último disposto quando se observa na direção do fluxo do material contendo óxido de ferro em forma de partículas, apresentando este gaseificador de fusão uma tubulação (9) para suportes de carbono e uma tubulação (11) para gases contendo oxigênio, assim como sangrias (23, 24) para ferro gusa e/ou material intermediário de aço e escória, assim como uma derivação para gás de redução (12), que desemboca no reator de leito fluidizado (3) último disposto quando se observa na direção do fluxo do material contendo óxido de ferro, para o gás de redução formado no gaseificador de fusão, caracterizada pelo fato de que um primeiro ramal de tubulação (5a) é projetado para uma porção do material contendo óxido de ferro em forma de partículas finas através de uma tubulação de transporte (6a, 6b) de um reator de leito fluidizado para outro reator de leito fluidizado e de uma tubulação de transporte (7) conectada para o gaseificador de fusão, e um segundo ramal de tubulação (5b) é projetado para uma outra porção do material contendo óxido de ferro em forma de partículas finas através de uma tubulação de transporte de comunicação de um dispositivo de alimentação (4) diretamente para dentro do gaseificador de fusão (8).

13. Instalação, de acordo com a reivindicação 12, caracterizada pelo fato de que o segundo ramal de tubulação de transporte (5b) para a outra porção do material contendo óxido de ferro em partículas finas abrange uma tubulação de transporte de comunicação (9) de um dispositivo de alimentação (10) para a tubulação para os suportes de carbono e uma tubulação de comunicação (11) para gases contendo oxigênio para o gaseificador de fusão.

14. Instalação, de acordo com a reivindicação 12 ou 13, caracterizada pelo fato de que o segundo ramal de tubulação de transporte (5b) é projetado para a passagem de 10% a 15% da quantidade total do material contendo óxido de ferro em forma de partículas finas empregado.

15. Instalação, de acordo com uma das reivindicações 12, 13 ou 14, caracterizada pelo fato de que é conectada na derivação para o gás de redução (12) uma instalação de extração de pó a quente (13), de preferência um ciclone de gás quente, pelo fato de que na derivação para o gás de redução (14a) é disposto um dispositivo de medição de temperatura (20) para captar a temperatura do gás de redução e do lado da saída da instalação de eliminação de CO<sub>2</sub> (19) é disposta uma tubulação para gás de alto forno (16b) tendo um dispositivo de regulação da quantidade acrescentada (21) para ajustar a temperatura do gás de redução, desembocando nela a derivação para gás de redução (14a) que leva para o reator de leito fluidizado (3) da etapa de redução final.

16. Instalação, de acordo com uma das reivindicações 12, 13, 14 ou 15, caracterizada pelo fato de que além das tubulações de comunicação para gás de redução

(14b, 14c) que levam de um reator de leito fluidizado para outro reator de leito fluidizado e da derivação para gás de redução (14a) que leva para o reator de leito fluidizado, são previstas tubulações de comunicação para gás de redução (14d, 14e) individuais entre a derivação para o gás de redução (14a) e o pelo menos um reator de leito fluidizado (1, 2) da etapa de pré-reação, e são atribuídas para estas tubulações de comunicação para gás de redução (14d, 14e) dispositivos de regulagem de quantidade (21) para se produzir uma mistura dosada do gás de redução.

17. Instalação, de acordo com uma das reivindicações 12, 13, 14, 15 ou 16, caracterizada pelo fato de que ao último dos reatores de leito fluidizado (3) ligados em série, além de uma tubulação de transporte (7) para o transporte de ferro esponja para o gaseificador de fusão (9) é atribuída uma tubulação de transporte adicional (7a) para a extração de uma parte do ferro esponja, levando esta tubulação de transporte adicional para um dispositivo de resfriamento.

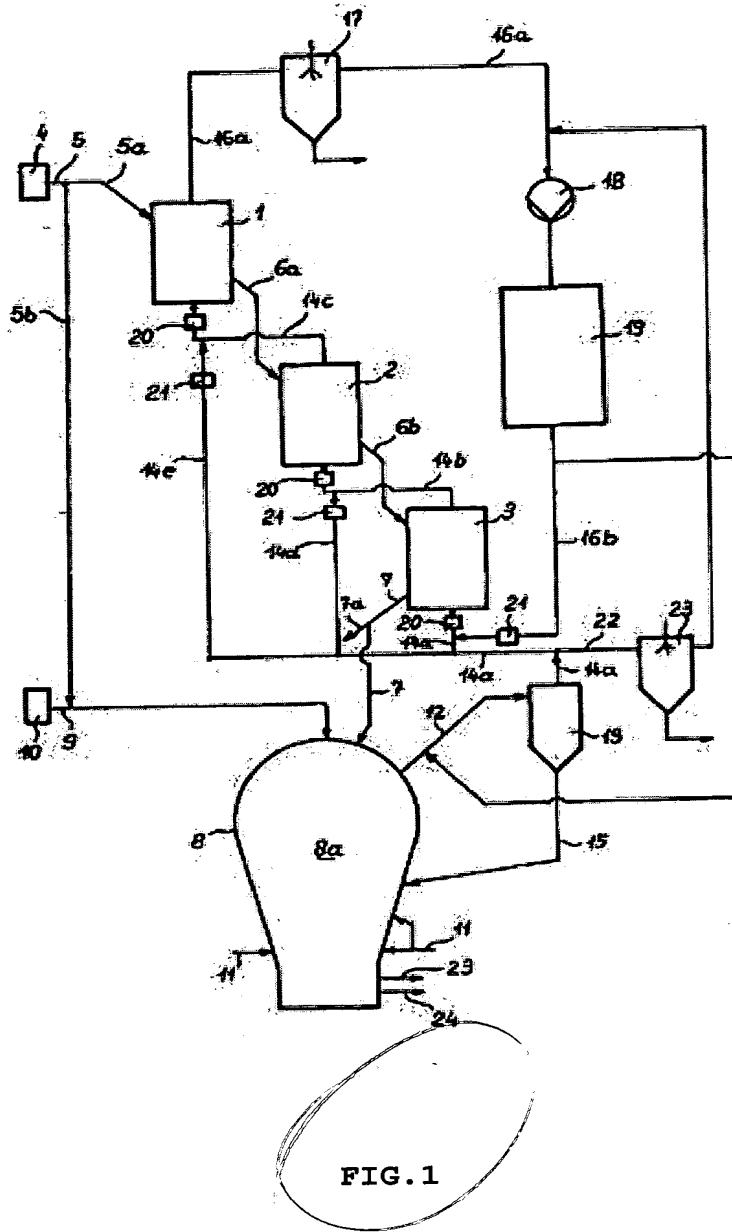


FIG. 1

PROCESSO PARA A PRODUÇÃO DE FERRO GUSA LÍQUIDO OU PRODUTOS  
INTERMEDIÁRIOS DE AÇO LÍQUIDO A PARTIR DE MATERIAL CONTENDO  
ÓXIDO DE FERRO EM PARTÍCULAS FINAS

A presente invenção se refere a um processo para a  
5 produção de um ferro gusa líquido ou de produtos  
intermediários de aço líquidos a partir de material  
contendo óxido de ferro em forma de partículas finas, sendo  
o material contendo óxido de ferro em forma de partículas  
finas pré-reduzido em pelo menos uma etapa de pré-redução  
10 com a ajuda de um gás de redução e em seguida reduzido para  
ferro esponja em uma etapa de redução final; o ferro  
esponja é fundido em uma zona de gaseificação de fusão por  
acréscimo de suportes de carbono e gás contendo oxigênio,  
sendo produzido um gás de redução contendo CO e H<sub>2</sub>, gás  
15 este que é introduzido na etapa de redução final, fazendo-  
se ali o mesmo reagir, sendo o mesmo extraído e em seguida  
introduzido em pelo menos uma etapa de pré-redução,  
fazendo-se ali o mesmo reagir e sendo o mesmo extraído.  
Para que o gaseificador de fusão possa ser operado com um  
20 rendimento alto, o processo de produção possa decorrer  
assim de modo mais estável e possam ser evitadas as  
combustões parciais até agora necessárias nas tubulações  
para gás de redução, é proposto fazer-se com que uma porção  
do material contendo óxido de ferro em forma de partículas  
25 finas seja introduzida, através de pelo menos uma etapa de  
pré-redução e de uma etapa de redução final, em uma zona de  
gaseificação de fusão e fazendo-se com que uma outra porção  
do material contendo óxido de ferro em forma de partículas  
finas seja introduzida diretamente ou juntamente com os  
30 suportes de carbono e o gás contendo oxigênio na zona de

gaseificação de fusão. Além disso, é proposto um dispositivo para a condução do processo.