

DESCRIÇÃO  
DA  
PATENTE DE INVENÇÃO

N.º 99 638


REQUERENTE: DEUTSCHE VOLK-ALPINE Industrieanlagenbau  
GmbH, alemã, com sede em Neusser Strasse 111,  
D-4000 Düsseldorf 1, República Federal Alemã.

EPÍGRAFE: "PROCESSO PARA A PRODUÇÃO DE GUSA OU DE FERRO  
CORROSO"

INVENTORES: Dipl.-Ing. Dr. Leopold-Werner Asplinger e  
Dipl.-Ing. Dr. Wolf Lem.

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

República Federal Alemã, 29 de Novembro de 1980, sob o nº  
P 40 37 977.0.

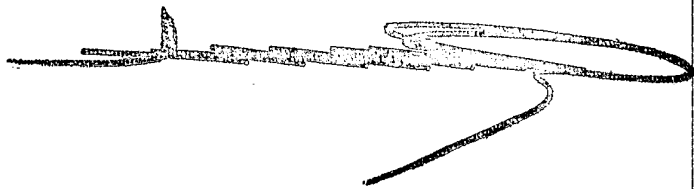


Descrição da patente de invenção de DEUTSCHE VOEST-ALPINE Industrieanlagenbau GmbH, alemã, industrial e comercial, com sede em Neusser Strasse 111, D-4000 Dusseldorf 1, República Federal Alemã, (inventores: Dipl.-Ing. Dr. Leopold-Werner Kepplinger residente na Áustria, e Dipl.-Ing. Dr. ROSE Hauk, residente na República Federal Alemã), para "PROCESSO PARA A PRODUÇÃO DE GUSA OU DE FERRO POROSO"

### Rescrição

A presente invenção refere-se a um processo para a produção de lingotes de ferro, no qual minério de ferro é reduzido num alto forno cilíndrico redutor e o ferro poroso resultante é subsequentemente fundido num gaseificador de fusão no qual são introduzidos um veículo de carbono e um gás oxidante e em que o gás produzido no gaseificador de fusão passa na forma de um gás redutor para o alto forno cilíndrico redutor.

A patente Alemã 2643303 descreve um processo para a produção de lingotes de ferro fundido e um gás redutor num gaseificador de fusão, no qual as partículas de ferro poroso são fundidas até uma matéria prima fundida de lin

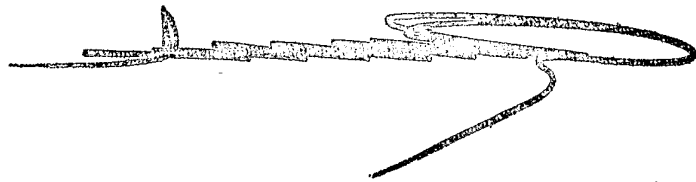


gotes de ferro ou aço e em que o calor ou gás redutor necessários para a fusão são produzidos pelo carvão fornecido e por gás contendo oxigénio suprado sobre o material fundido. Neste processo obtém-se uma quantidade relativamente grande de gás em excesso ou para exportação e o consumo de energia, isto é, o consumo de carvão e oxigénio é muito elevado. Se o gás para exportação não puder ser economicamente utilizado, os custos de produção de lingotes de ferro são muito elevados. A energia química no gás para exportação é superior a 50% da energia fornecida com o carvão e a utilização do gás redutor produzido no gaseificador de fusão é no máximo 44%.

É conhecido da patente Norte Americana 4225340 o gás de alto forno essencialmente isento de dióxido de carbono de um alto forno cilíndrico redutor e a utilização de gás de alto forno assim preparado para a preparação de gás redutor novo. É fornecido ao gás de partida de um gaseificador de processamento de combustível fóssil, a um reactor de gás ligado ao último e também ao gás de partida do reactor de gás directamente ou por intermédio de um aquecedor de gás. O gás de partida do reactor de gás com o gás de alto forno misturado é fornecido como gás redutor ao alto forno cilíndrico redutor. Contudo, este processo conhecido é apenas utilizado para a produção de ferro poroso sem utilização de um gaseificador de fusão.

Um processo de produção de ferro poroso semelhante é conhecido da patente Norte Americana 4260412, no qual o gás de alto forno de um alto forno cilíndrico redutor preparado por remoção de dióxido de carbono é utilizado para produzir gás redutor novo.

O produtor de gás é um gaseificador de leito fluidizado ao qual são fornecidos o gás de alto forno preparado, carvão e cal assim como oxigénio e, facultativamente, vapor de água.



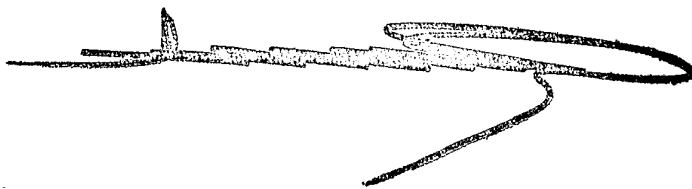
O gás de partida do referido gaseificador é misturado com o gás de alto forno preparado directamente e por intermédio de um aquecedor de calor antes de passar para o alto forno cilíndrico redutor. Este processo também opera sem um gaseificador de fusão para a produção de lingotes de ferro.

A patente Alemã 3486487 descreve um processo para a produção de lingotes de ferro no qual o gás de alto forno do alto forno cilíndrico redutor está pelo menos parcialmente isento de constituintes oxidantes ( $CO_2$  e  $H_2O$ ) e o gás de alto forno preparado é fornecido ao gaseificador de fusão. Contudo, não se encontrou qualquer solução economicamente satisfatória para a utilização do gás de alto forno rico em energia.

A reciclagem completa do gás seguida de uma fase de purificação no gaseificador de fusão é apenas possível com carvões possuindo um conteúdo em constituintes voláteis inferior a 25% (vaf). O aquecimento do gás de alto forno depois da purificação por intermédio de permutadores de calor está sujeito a limites, os quais são prejudiciais para uma utilização eficaz.

Assim, o problema da presente invenção é proporcionar um processo do tipo anteriormente referido no qual é tentado um aumento considerável de temperatura do gás de alto forno sem decomposição de  $CO$  para a produção adicional de ferro poroso.

De acordo com esta invenção resolve-se este problema elevando o gás de alto forno pré-aquecido do qual se removeram os constituintes oxidantes a uma temperatura redutora compreendida entre  $750^{\circ}$  e  $850^{\circ}C$  por uma combustão parcial acompanhada de adição de oxigénio.



De acordo com um desenvolvimento vantajoso deste processo, antes da introdução no permutador de calor, são adicionados inibidores ao gás de alto forno purificado os quais, tais como  $SO_2$ ,  $N_2S$ ,  $NH_3$ ,  $(CH_2)$ ,  $NO_2$  ou  $Cl_2$ , são utilizados sozinhos ou em combinação. Além disso, pode adicionar-se gás arrefecido de gaseificador ao gás de alto forno purificado antes da entrada do permutador de calor. Num desenvolvimento especial desta invenção efectua-se uma combustão parcial num reactor de fluido ou de leito fluidizado que trabalha na base de partículas cerâmicas regenerativas aquecidas por processos de combustão de gás parcial. O gás parcial utilizado obter-se durante a remoção de  $CO_2$ . Em adição, é possível efectuar a combustão parcial utilizando queimadores de plasma ou aquecedores de resistência eléctrica e permutadores de calor susceptíveis de ligação indirecta. De acordo com um desenvolvimento especial desta invenção, o gás de alto forno pré-aquecido do qual se removeram os constituintes oxidantes passa pelo menos parcialmente por um gaseificador de fusão (2) para um outro alto forno cilíndrico ou redutor (15). As formas de realização desta invenção são descritas adiante relativamente aos desenhos, nos quais se representam:

A figura 1 é uma representação em diagrama de uma instalação para a produção de lingotes de ferro com aquecimento do gás de alto forno numa instalação de combustão parcial e seguio do alto forno cilíndrico redutor.

A figura 2 é uma representação em diagrama de uma instalação para a produção de lingotes de ferro com um reactor de leito fluidizado como a instalação de combustão parcial.

A figura 3 é uma representação com aquecimento do gás de alto forno num gaseificador de fusão.



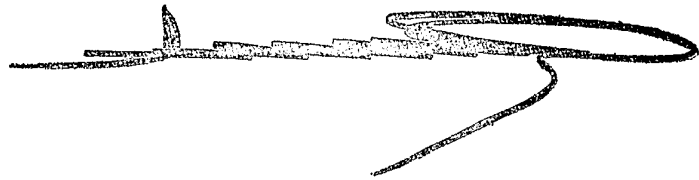
A figura 4 é outra forma de realização.

A instalação contém um alto forno cilíndrico redutor 1 construído de uma forma conhecida e que é alimentado por cima por intermédio de uma abertura não apresentada, de minério de ferro e fluxos.

Abaixo do alto forno cilíndrico redutor 1 está colocado o gaseificador de fusão 2 que, por intermédio da linha 3, recebe o ferro poroso produzido pela redução do minério de ferro e a partir do qual se forma os lingotes de ferro fundido. Para este objectivo fornece-se oxigénio e carvão ao gaseificador de fusão 2. O gás redutor passa por intermédio de uma linha 4 do gaseificador de fusão 2 para um alto forno cilíndrico redutor 1.

O gás do alto forno do alto forno redutor cilíndrico 1 é fornecido por intermédio da linha 5 ao elevador de gás 6, onde são renovadas as pedras e vapor (figura 1). Por intermédio da linha 7 o gás passa para o elevador de  $\text{CO}_2$  8, que pode ser construído como uma instalação de absorção de pressão variável (APV). Daí o gás residual rico em  $\text{CO}_2$  é renovado por intermédio da linha 9 para utilização posterior e o gás redutor é fornecido pela linha 10 ao permutador de calor 11 para aquecimento. O gás passa do permutador de calor 11 por intermédio da linha 12 para a instalação de combustão parcial 13 da qual é transportado pela linha 14 para o alto forno cilíndrico redutor 15.

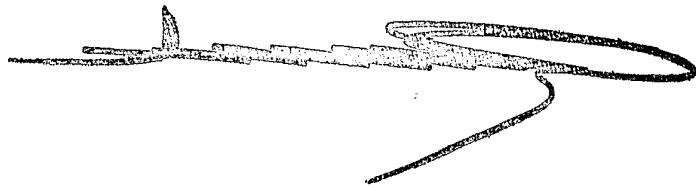
Depois de passar no alto forno cilíndrico redutor 15 o gás passa através da linha 16 por intermédio de um outro lavador de gás 17 ou directamente para o lavador de  $\text{CO}_2$  8. O gás que deixa o lavador de  $\text{CO}_2$  8 pela linha 10 possui um conteúdo residual em  $\text{CO}_2$  de 2% e uma temperatura compreendida entre 30 e 60°C. Não é possível aquecer este gás à temperatura redutora numa fase pelo permutador de calor 11, uma vez que a gama de decomposição de



CO possui um máximo a uma temperatura compreendida aproximadamente entre 550° e 600°C. Assim, o gás do alto forno é apenas aquecido no permutador de calor 11 até uma temperatura compreendida aproximadamente entre 200 e 500°C. O aquecimento posterior até à temperatura redutora efectua-se na instalação de combustão parcial 13 por intermédio do oxigénio fornecido ao caudal de gás.

Nesta forma de realização, no caso de uma quantidade de gás reciclado de 60000Nm<sup>3</sup>/h e um pré-aquecimento no permutador de calor 11 até 400°C, é necessário haver uma combustão parcial com aproximadamente 1700 Nm<sup>3</sup> de oxigénio para se obter uma temperatura redutora de 850°C. Isto reduz parcialmente o valor do gás redutor e os conteúdos em CO<sub>2</sub> e H<sub>2</sub>O aumentam de 2% até 7,7% aproximadamente. Devido ao baixo potencial redutor do gás necessário aumentar a quantidade do gás redutor fornecida ao alto forno cilíndrico redutor 15, aumentando a referida quantidade com a descida da temperatura de pré-aquecimento que se atinge no permutador de calor 11. Assim, por exemplo, a quantidade de gás redutor necessária por tonelada de minério para reduzir a temperatura de pré-aquecimento de 500 a 400°C aumenta em 80 Nm<sup>3</sup> de minério (entre 1340 a 1260 Nm<sup>3</sup>/t de minério).

Para aumentar a temperatura de pré-aquecimento no permutador de calor 11 a temperaturas superiores a 500°C e reduzir assim a combustão parcial pelo oxigénio o gás antes de entrar no permutador de calor 11 é misturado com inibidores eliminando simultaneamente as composições de CO. Os inibidores são, por exemplo, constituídos por SO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, NH<sub>3</sub>, (CH)<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub> ou Cl<sub>2</sub>. Isto torna possível melhorar a qualidade do gás redutor e aumentar a produção de ferro poroso é possível a este respeito misturar gás do gaseificador arrefecido com o gás antes de entrar no permutador de calor 11. Este gás contém aproximadamente 500 ppm de H<sub>2</sub>S de tal modo que aqui é de novo eliminada a decomposição de CO.



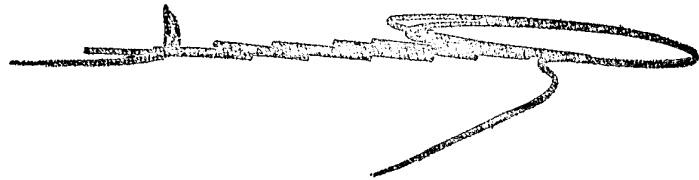
É também possível efectuar a combustão ou aquecimento parcial por intermédio de queimadores de plasma ou aquecedores de resistência eléctrica.

A combustão parcial pode também efectuar-se num reactor de leito de fluido ou fluidizado, trabalhando o último na base de partículas de cerâmica regenerativas aquecidas por combustão de gás parcial como pode ser visto com mais pormenor a partir da Figura 2.

O gás parcial pode vir do lavador de  $\text{CO}_2$  ou de preferência da instalação de absorção de pressão variável.

No regenerador 18 proporcionado separadamente as partículas de cerâmica são aquecidas a uma temperatura aproximada de  $900^\circ\text{C}$  e o carbono separado é também queimado. As partículas de cerâmica assim aquecidas são transportadas pela linha 25 para o permutador de calor 19 e proporcionam o seu calor ao fluxo de gás por intermédio da linha 16 no permutador de calor 19. O fluxo de gás assim aquecido é introduzido pela linha 14 no alto forno redutor 15. As partículas cerâmicas arrefecidas passam pela linha 20 para uma fase de transporte 21 e são transportadas daí, acompanhadas pela adição de um meio de transporte ao regenerador 18 onde são de novo aquecidas.

Um pré-aquecimento do gás num reactor de leito fluidizado 19 até uma temperatura compreendida entre  $750$  e  $900^\circ\text{C}$  é adequada uma vez que não são adicionados quaisquer agregados para serem calcinados ao alto forno cilíndrico redutor 15. É vantajoso que para este objecto seja possível utilizar gás sem utilidade, por exemplo, gás residual e que seja rara qualquer deterioração da qualidade do gás durante o aquecimento. Em vez da instalação de combustão parcial 13 é possível aquecer facilmente o gás de alto forno por intermédio de queimadores de plasma,

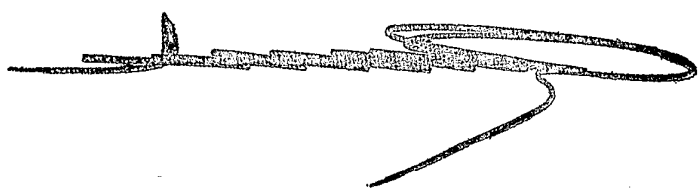


aquecedores de resistência eléctrica ou permutadores de calor de ligação indirecta. Numa outra forma de realização desta invenção o lavador de  $\text{CO}_2$ , 8 está num dos lados ligado por intermédio da linha 26 ao gaseificador de fusão 2 e no outro lado ligado pela linha 9 à linha 4 entre o gaseificador de fusão 9 e o alto forno cilíndrico redutor 1 (figura 3).

O segundo alto forno cilíndrico redutor 13 é fornecido com gás redutor pré-aquecido do gaseificador de fusão 2 por intermédio de uma linha 27. O gás de alto forno produzido passa com o gás de alto forno do alto forno cilíndrico redutor 1 pela linha 3 para um lavador de  $\text{CO}_2$ , 8. Não é necessária uma combustão parcial uma vez que o gás de alto forno purificado foi parcialmente aquecido no gaseificador de fusão 2 até uma temperatura compreendida aproximadamente entre  $515^\circ$  e  $635^\circ\text{C}$ ; necessário para o alto forno redutor cilíndrico 13. Isto proporciona uma redução da instalação que deve ser utilizada para o arrefecimento do gás de gaseificador a uma temperatura de  $1050^\circ\text{C}$  aproximadamente.

Pode finalmente ser também vantajoso aquecer o gás redutor isento de  $\text{CO}_2$  reciclado a uma temperatura entre  $300^\circ$  e  $500^\circ\text{C}$ , num permutador de calor para subsequentemente se separar em conjunto com o oxigénio para o gaseificador de fusão. A combustão parcial origina um aumento de temperatura até ao nível de temperatura no gaseificador. A quantidade total de gás pode ser assim aumentada de tal forma que os altos fornos redutores podem ser fornecidos com o gás redutor necessário.

Numa outra variante da reciclagem do gás de topo é apresentada na figura 4, onde não há qualquer renovação de  $\text{CO}_2$ . O gás de topo é fornecido pela linha 6 do alto forno cilíndrico redutor 1 para um lavador de poeiras 16, do qual parte é renovado como um gás de exportação e a outra é reciclada como um gás de reciclagem por intermédio



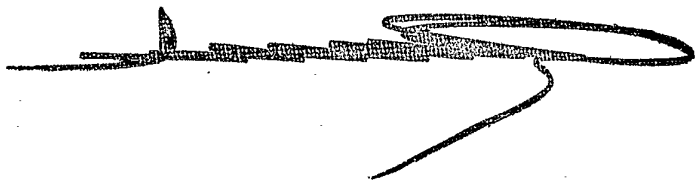
de um compressor 27 para um gaseificador de fusão 2, acompanhado pela interposição de meios de aquecimento 13, Pode também ser vantajoso em vez de alimentar o gás reciclado pela linha 29 no gaseificador de fusão 2 misturá-lo directamente na linha de gás redutor 4 a partir de onde passa da forma descrita para o interior do alto forno cilíndrico redutor 1 e assim arrefece o gás do gaseificador quente até à temperatura de redução.

### REIVINDICAÇÕES

- 1ª -

Processo para a produção de gusa ou de ferro poroso, em que as matérias primas que contém o ferro são reduzidas num alto forno cilíndrico redutor na presença de um gás redutor obtido num gaseificador de fusão para ferro poroso, o ferro poroso obtido é fundido num gaseificador de fusão, com fornecimento de um veículo sólido de carbono e de gases contendo oxigénio ou  $O_2$  e o gás proveniente do alto forno cilíndrico redutor, facultativamente isento de constituintes oxidantes ( $CO_2$  e  $H_2O$ ) é fornecido pelo menos parcialmente a um permutador de calor e fornecido como gás redutor ao alto forno cilíndrico redutor, caracterizado por se aquecer o gás do alto forno isento de constituintes oxidantes, pré-aquecido no permutador de calor até uma temperatura compreendida entre 200 e  $500^{\circ}C$ , até uma temperatura de redução compreendida entre 750 e  $850^{\circ}C$  por intermédio de uma combustão parcial acompanhada por adição de oxigénio e depois se alimentar com esse gás aquele alto forno cilíndrico redutor ou um outro alto forno cilíndrico redutor.

- 9 -



- 2ª -

Processo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por se adicionarem inibidores ao gás do alto forno purificado antes da entrada no permutador de calor.

- 3ª -

Processo de acordo com a reivindicação 2, caracterizado por se utilizarem como inibidores  $\text{SO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $(\text{CN})_2$ ,  $\text{NO}_2$  ou  $\text{Cl}_2$  simples ou em combinação.

- 4ª -

Processo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por se adicionar gás arrefecido do gaseificador ao gás purificado do alto forno antes de entrar no permutador de calor.

- 5ª -

Processo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por se efectuar o aquecimento num reactor de fluido ou de leito fluidizado.

- 6ª -

Processo de acordo com a reivindicação 5, caracterizado por o reactor de fluido ou de leito fluidizado trabalhar com base em partículas cerâmicas regenerativas aquecidas por combustão parcial de gás.

- 10 -



- 7ª -

Processo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por se efectuar o aquecimento por intermédio de queimadores de plasma.

- 8ª -

Processo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por se efectuar o aquecimento por intermédio de resistências eléctricas.

- 9ª -

Processo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por se efectuar o aquecimento por intermédio de um permutador de calor susceptível de ligação indirecta.

- 10ª -

Processo de acordo com qualquer das reivindicações de 1 a 9, caracterizado por o gás redutor quente se submeter a uma dessulfurização de gás quente antes de entrar no alto forno cilíndrico redutor.

- 11ª -

Processo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por se aquecer o gás redutor isento de  $\text{CO}_2$ , recidado até uma temperatura compreendida entre 200 e 500 °C num permutador de calor e se alimentar directamente ao gaseificador de fusão em conjunto com  $\text{O}_2$ .

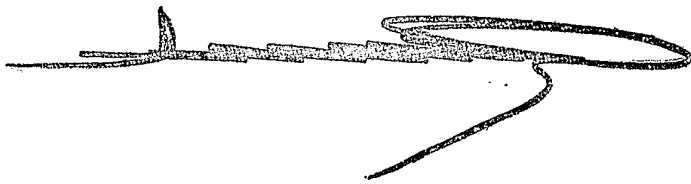
- 11 -

Processo para a produção de gusa ou de ferro poroso, em que as matérias primas que contactam o ferro são reduzidas num alto forno cilíndrico redutor na presença de um gás redutor obtido de um gaseificador de fusão para o ferro poroso, o ferro poroso obtido é fundido no gaseificador de fusão, acompanhado pelo fornecimento de um veículo sólido de carbono e gases contendo oxigénio ou  $O_2$  e em que o gás proveniente do alto forno cilíndrico redutor é fornecido pelo menos parcialmente a um permutador de calor e fornecido como gás redutor ao alto forno cilíndrico redutor, caracterizado por se aquecer o gás do alto forno pré-aquecido no permutador de calor e a uma temperatura compreendida entre 200 e 500°C, por uma combustão parcial acompanhado pela adição de oxigénio até uma temperatura de redução compreendida entre 750 e 850°C e se fornecer a um outro alto forno cilíndrico redutor.

A requerente reivindica a prioridade do pedido de patente alemão, apresentado em 29 de Novembro de 1990, sob o nº. P 40 37 977,9,

Lisboa, 28 de Novembro de 1991  
O AGENTE OFICIAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL





## RESUMO

### "PROCESSO PARA A PRODUÇÃO DE GUSA OU DE FERRO POROSO"

A invenção refere-se a um processo para a produção de gusa, que inclui um alto forno cilíndrico redutor e um gaseificador de fusão. O ferro poroso produzido a partir de minérios de ferro no alto forno cilíndrico redutor é fornecido ao gaseificador de fusão e convertido num fundido de gusa. O gás produzido no gaseificador de fusão é fornecido directamente por uma conduta como gás redutor ao alto forno cilíndrico redutor. O gás que sai do alto forno cilíndrico redutor, depois de atravessar um purificador de  $\text{CO}_2$  é pelo menos parcialmente aquecido num permutador de calor até uma temperatura compreendida entre 200 e 500°C e passa para uma instalação de combustão parcial onde, acompanhado pela adição de oxigénio, o gás é aquecido até à temperatura necessária de redução.

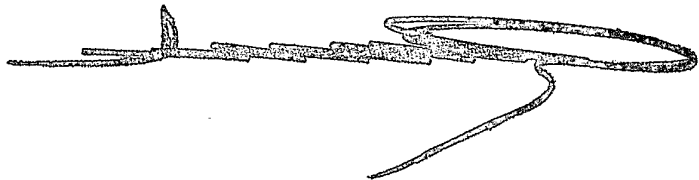
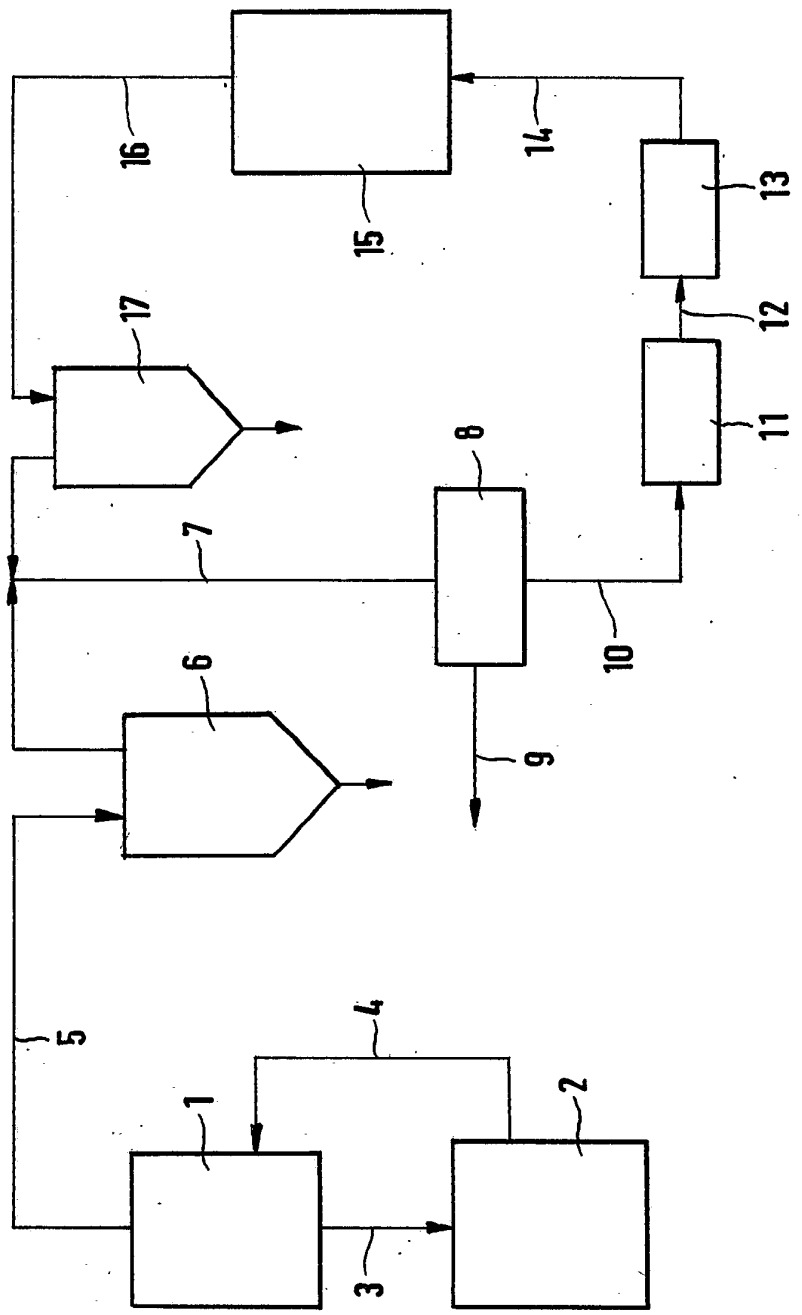


FIG. 1



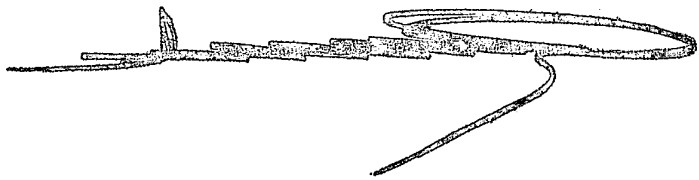


FIG. 2

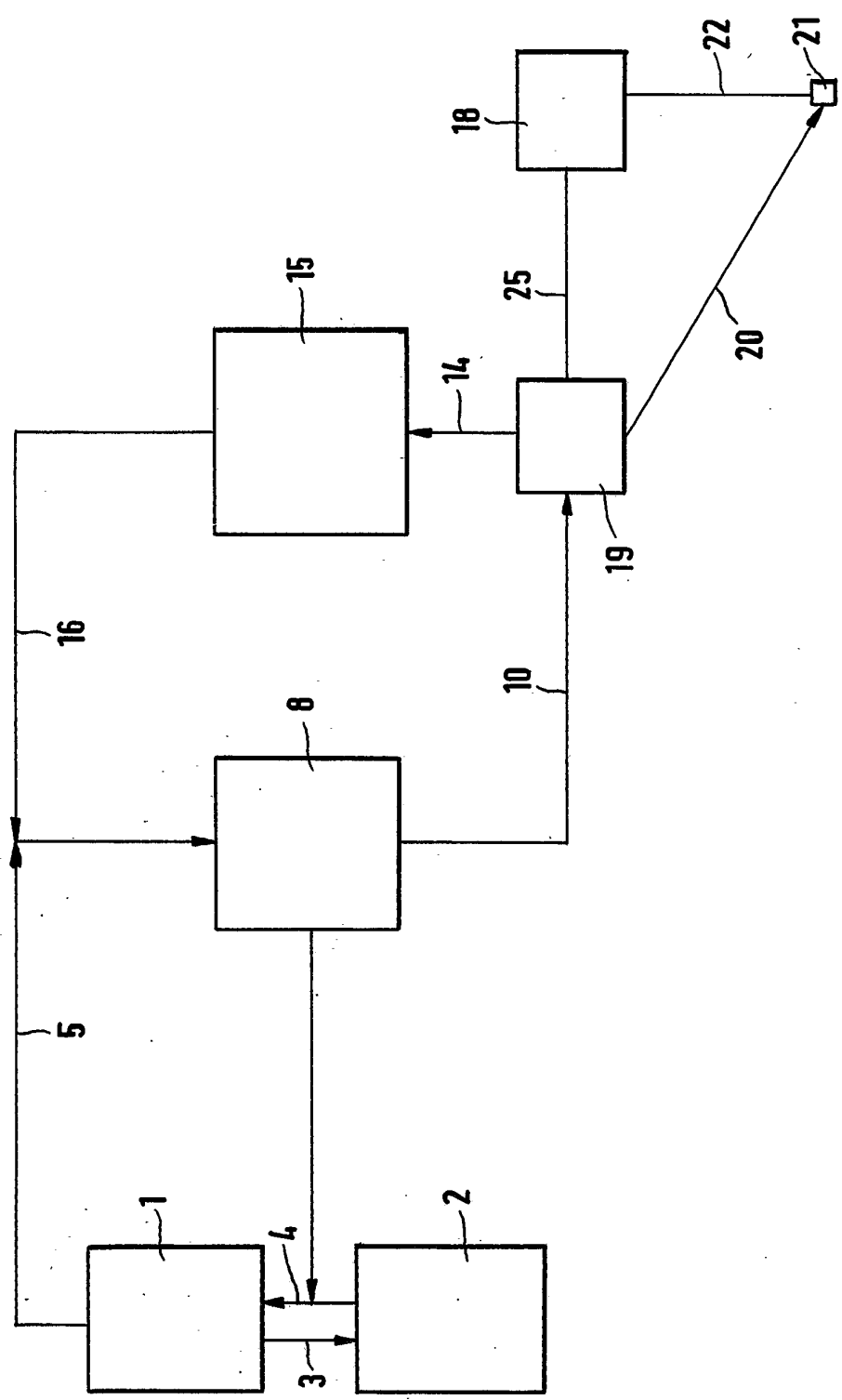






FIG. 4

