República Federativa do Brasil
Ministério da Economia
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(11) BR 112015033052-5 B1

(22) Data do Depósito: 05/07/2013

(45) Data de Concessão: 25/01/2022

(54) Título: PROCESSO E INSTALAÇÃO PARA PURIFICAÇÃO DE LAMA VERMELHA

(51) Int.Cl.: C01G 49/06; C01F 7/06.

(73) Titular(es): OUTOTEC (FINLAND) OY.

(72) Inventor(es): ANDREW ADIPURI; EDGAR GASAFI.

(86) Pedido PCT: PCT EP2013064325 de 05/07/2013

(87) Publicação PCT: WO 2015/000535 de 08/01/2015

(85) Data do Início da Fase Nacional: 30/12/2015

(57) Resumo: PROCESSO E INSTALAÇÃO PARA PURIFICAÇÃO DE LAMA VERMELHA. A presente invenção está correlacionada a um processo para purificação de lama vermelha, cujo processo compreende as seguintes etapas: 1) redução da lama vermelha de modo a se obter um material reduzido; e 2) cruzamento do material reduzido com um gás contendo oxigênio, na presença de um adequado catalisador para oxidação do ferro.

“PROCESSO E INSTALAÇÃO PARA PURIFICAÇÃO DE LAMA VERMELHA”.

[0001] A presente invenção está correlacionada a um processo para purificação de lama vermelha e a uma instalação para realização desse processo.

[0002] A lama vermelha é um produto residual que resulta da produção de alumínio a partir da bauxita, um minério de alumínio composto principalmente de minerais de alumínio (gibbsita, hidrargilita (γ-$Al(OH)_3$), boemita (γ-$AlO(OH)$), diaspório (α-AlO(OH)) e ainda hematita (óxidos de ferro) (Fe_2O_3) e goetita (FeO(OH)), a argila mineral (caulinita) e pequenas quantidades de anatásio (óxido de titânio - TiO_2). Os países produtores mais importantes incluem a Austrália, China, Brasil, Guiné, Jamaica e Índia. Cerca de 95% do alumínio produzido é extraído da bauxita.

[0003] A produção de alumínio da bauxita é efetuada de acordo com o processo Bayer, desenvolvido por Carl Josef Bayer. Esse processo faz uso do fato de que os hidróxidos de alumínio contidos na bauxita finamente moída podem ser facilmente dissolvidos numa solução de hidróxido de sódio sob elevadas temperaturas. Assim, a bauxita finamente moída é misturada com uma solução concentrada de hidróxido de sódio, sob elevada pressão (5 a 8 bar) e a uma temperatura entre 160 e 200°C. A seguinte reação ocorre:

$$\text{Bauxita} + NaOH \rightarrow Na[Al(OH)_4] + Fe_2O_3$$

[0004] Assim, é obtida uma solução de aluminato de sódio contendo resíduos não dissolvidos. Esses resíduos, conhecidos e chamados de lama vermelha, são separados, por exemplo, por meio de filtração. A partir do aluminato diluído, o hidróxido de alumínio pode então ser precipitado e queimado sob temperaturas acima de 1000°C para obtenção da alumina.

[0005] A lama vermelha consiste principalmente de óxidos de ferro e titânio, assim como, de diversos compostos de ácido silícico, recebendo a característica cor vermelha devido ao hidróxido de ferro (III) contido na mesma. Dependendo da qualidade da bauxita usada, entre 1 e 1,6 toneladas de lama vermelha de alto valor são obtidas, por exemplo, a bauxita tropical, e com a bauxita Europeia até 3,2 a 3,7 toneladas de lama vermelha úmida são obtidas por tonelada de alumínio produzido. Os custos resultantes do aterro totalizam cerca de 5% dos custos totais da produção de alumínio.

[0006] Uma observação mais detalhada da composição da lama vermelha revela que a mesma consiste de 20 a 65% em peso de Fe_2O_3, 10 a 27% em peso de Al_2O_3, 5 a 25% em peso de TiO_2, 8 a 10% em peso de CaO, 4 a 20% em peso de SiO_2, 1 a 2% em peso de MgO e 2 a 8% em peso de Na_2O, sendo dependente da composição mineralógica da bauxita, assim como, dos parâmetros individuais de processo do referido processo Bayer.

[0007] A lama altamente alcalina, no passado, era aterrada ou descarregada em rios sem maiores cuidados, o que acarretou consideráveis danos para o ambiente. Atualmente, a lama é geralmente armazenada em aterros vedados, até que os hidróxidos e silicatos presentes como dispersão tenham acentuadamente decantado. A solução de hidróxido de sódio que escapa é reutilizada, e o aterro é coberto com areia e terra e novamente cultivado. A periculosidade de curto prazo do aterro de lama vermelha é principalmente baseada no alto teor da solução cáustica de hidróxido de sódio. Uma periculosidade de longo prazo resulta do teor de metal pesado venenoso, que depende da origem e do tipo da bauxita, em que, especificamente, os componentes tóxicos que se apresentam como anions, tais

como, fluoretos, arseniatos, cromatos e vanadatos são lavados da lama.

[0008] O problema das grandes quantidades de lama vermelha na produção de alumínio é claramente especificamente revelado mediante o exemplo da chamada catástrofe de Kolontar. Em 04 de Outubro de 2009, em virtude do rompimento de uma barragem próxima de Kolontar, um volume de 700.000 a 1.000.000 m^3 de lama vermelha escaparam do armazenamento de uma fábrica de alumínio na aldeia Húngara de Ayka, inundando uma área de 40 km^2, dentre outras aldeias. Muitas pessoas morreram em virtude da circulação da lama e 150 pessoas ficaram feridas.

[0009] Embora a lama vermelha seja ecologicamente questionável, a mesma contém também produtos valiosos, particularmente, compostos de titânio, Devido ao aterramento da lama vermelha atualmente praticado, esses produtos valiosos não são obrigatórios para qualquer posterior utilização.

[0010] Assim, até agora, diversas tecnologias foram examinadas com o objetivo de se obter materiais valiosos da lama vermelha. Uma dessas tecnologias consiste na redução da lama vermelha seca com subsequente recuperação do ferro através de um separador magnético (cf. S. Kumar, R. Kumar, A. Bandopadhyasy, “*Review innovative methodologies for the utilization of wastes from metallurgical and allied industries resources*”, Conservation and Recycling, 48, 2006, páginas 301 a 314).

[0011] O que é também conhecido da literatura é a fusão da lama vermelha em um adequado forno (por exemplo, uma cuba de alto-forno), sem etapa de redução prévia, em que o ferro gusa e escória de alumínio para a indústria do cimento são obtidos na faixa de temperatura de 1600 a 1700°C (cf. F.P. Piga, L. Stoppa, “*Recovering metals from*

red mud generated during alumina production”. JOM, 45(11), 1993, páginas 55 a 59; Editores R. Kumar, S. Srikanth, P. Ramachamdrarao, L.I. Leontiev, A.I. Kholkin, e V.V. Belove; “*Phase stability in the Fe_2O_3-Al_2O_3-Na_2CO_3-C system and its implications in the processing of red mud*”; “*Metallurgy of nonferrous and rare metals*”, 2002, páginas 137 a 53; R. Kumar, J.P. Srivastava, J.P, Premchand; “*Utilization of iron values of red mud for metallurgical applications*”, Bandopadhyay A, Goswami N.G., Ramachandrarao P, editors; “*Proceedings of the environmental and waste management in nonferrous metallurgical industries*”, 1998, páginas 108 a 119).

[0012] Entretanto, esses dois processos apresentam a desvantagem de que uma completa redução dos componentes metálicos contidos no estado sólido, como exatamente apenas na fusão é efetuada em temperaturas bastante altas, por exemplo, superiores a 1500°C, desse modo, com grandes quantidades de lama vermelha obtida acarretando grandes quantidades de energia consumida. Também, é problemático que devido ao surgimento de vapores de sódio provenientes da lama vermelha nessas altas temperaturas, o forno de redução pode ser danificado.

[0013] O documento de patente CN 102 174 664 A descreve a redução de lama vermelha em um forno rotativo, onde o carvão é usado como agente redutor, e uma temperatura de processo mais baixa, entre 1000 e 1550°C se faz presente. Devido às baixas temperaturas reacionais, não pode se garantir que um suficiente grau de redução seja realmente alcançado. Embora isso possa ser compensado por tempos de retenção longos, por outro lado, diminui a economia do processo, além de envolver o risco de danos ao forno rotativo.

[0014] Portanto, constitui um objetivo da invenção proporcionar um processo e uma instalação para implementar o referido processo, através do qual as quantidades residuais obtidas na produção de alumínio podem ser diminuídas de uma maneira economicamente oportuna, e pelo menos partes da lama vermelha podem ser recuperadas como produtos valiosos.

[0015] De acordo com a invenção, esse objetivo é alcançado mediante um método com as características descritas na reivindicação 1. Numa primeira etapa, a lama vermelha é pelo menos parcialmente reduzida, pelo que, se obtém um material reduzido. Numa segunda etapa, um gás contendo oxigênio subsequentemente circula através (cruza) desse material reduzido, na presença de um adequado catalisador.

[0016] A redução na etapa (1) é realizada a uma temperatura entre 800 e 1500°C, preferivelmente, entre 1000 e 1450°C, pelo que, a carga do reator pode ser reduzida. O objetivo da etapa de redução é de reduzir o óxido de ferro obtido a ferro metálico, de modo que este possa ser depois reagido na segunda etapa.

[0017] Componentes, como, por exemplo, hidrogênio, hidrocarbonetos (preferivelmente, metano), monóxido de carbono e/ou carvão são igualmente adequados como agentes redutores. Uma mistura de agentes redutores é também concebível, particularmente, quando agentes redutores gasosos são usados. A escolha do agente redutor adequado, acima de tudo, é determinada pelo tipo de reator usado. Tomando como exemplo os agentes redutores hidrogênio e CO, as reações que ocorrem dentro do estágio de redução serão apresentadas abaixo, e através dessas reações o óxido de ferro, individualmente, é reduzido a ferro elementar, em três etapas:

$Fe_2O_3 + H_2 \rightarrow Fe_3O_4 + H_2O$

$Fe_3O_4 + H_2 \rightarrow 3\ FeO + H_2O$

$FeO + H_2 \rightarrow Fe + H_2O$

ou

$3\ Fe_3O_2 + CO \rightarrow 2\ Fe_3O_4 + CO_2$

$Fe_3O_4 + CO \rightarrow 3\ FeO + CO_2$

$FeO + CO \rightarrow Fe + CO_2$

[0018] Os óxidos, tais como, o óxido de silício, óxido de alumínio e óxido de magnésio ainda contidos em grandes quantidades são estáveis nas temperaturas reacionais aplicadas entre 1000 e 1450°C. O óxido de titânio parcialmente contido é reduzido à fase de Magneli; a resultante anosovita (Ti_3O_5) é solúvel em ácido e pode ser convertida em dióxido de titânio (TiO_2) por meio do processo sulfato, pelo que, um produto valioso é aqui produzido para o mercado de pigmentos.

[0019] Na segunda etapa do processo, o material reduzido é cruzado com um meio contendo oxigênio, na presença de um adequado catalisador para oxidação do ferro. Devido à ocorrência da reação, o ferro anteriormente reduzido é oxidado com oxigênio, pelo que, é formada ferrugem, de acordo com a seguinte equação reacional:

$4\ Fe + 3\ O_2 \rightarrow 2\ Fe_2O_3$

[0020] Em seguida, esse óxido de ferro pode ser facilmente removido através de lavagem.

[0021] Para se obter uma completa mistura com o catalisador, foi descoberto ser vantajoso se adicionar o mesmo no estado sólido e proporcionar a mistura dele com o material reduzido antes da etapa de cruzamento.

[0022] Preferivelmente, o catalisador é um composto de halogeneto de amônio, onde o cloreto de amônio é particularmente adequado devido ao seu baixo preço. Além

disso, outros compostos de amina, tais como, cloreto de etilenodiamônio, podem ser usados como catalisador.

[0023] O catalisador, nesse caso, cloreto de amônio puro (NH_4Cl), é dissolvido em um meio líquido, preferivelmente, água (H_2O).

[0024] Preferivelmente, o teor de cloreto de amônio na mistura de material reduzido e catalisador é entre 0,5 e 3% em peso, mais preferivelmente, entre 0,5 e 1% em peso, sendo particularmente preferido um teor de cerca de 1% em peso, em que uma conversão particularmente alta é obtida, ao mesmo tempo, com uma alta seletividade.

[0025] Como meio contendo oxigênio, preferivelmente, o ar é usado, que tem a vantagem de poder ser diretamente sugado do ambiente, com o teor de oxigênio sendo suficiente para a reação e, ao mesmo tempo, a quantidade de oxigênio contida não ocasiona uma excessiva corrosão da instalação.

[0026] Foi descoberto como sendo particularmente favorável realizar a segunda etapa de processo a uma temperatura entre 75 e 95°C, preferivelmente, entre 80 e 90°C, sendo particularmente preferida uma temperatura de cerca de 85°C, com o meio contendo oxigênio circulando através do material redutor com uma vazão de 2 a 20 Nl/min, preferivelmente, de 5 a 10 Nl/min. O segundo estágio tem como característica um aerador, onde o ar é soprado através da solução catalítica de NH_4Cl. A lama vermelha reduzida é então introduzida dentro do aerador.

[0027] Além disso, é considerado como sendo positivo que antes da primeira etapa de processo (a etapa de redução), a lama vermelha seja lavada com água de lavagem, pelo que, uma lama lavada é então obtida. Desse modo, as impurezas grossas podem ser removidas, especificamente, óxido de cálcio e óxido de sódio podem ser

removidos, formando-se então seus respectivos hidróxidos solúveis em água:

$CaO + H_2O \rightarrow CaOH_2$ $\triangle G°_{50°C}$ = -50.826 kJ

$Na_2O + H_2O \rightarrow 2NaOH$ $\triangle G°_{50°C}$ = -135.272 kJ

[0028] Isso é vantajoso pelo fato de que os álcalis contidos já são removidos nesse estágio do processo e não irão posteriormente fazer carga nos estágios de processo a jusante.

[0029] Preferivelmente, a água de lavagem usada é tomada de uma fonte de água sem adicional pretratamento. Esta água pode ser uma água de qualidade comum de água potável e água do mar, uma vez que os sais nesta água dissolvidos não causam influência nas reações que ocorrem. Portanto, um tratamento oneroso de água não se faz necessário.

[0030] Numa modalidade preferida da invenção, a água de lavagem é usada a uma temperatura entre 30 e 60°C, preferivelmente, entre 40 e 50°C, Uma vez que devido à temperatura ligeiramente elevada, a operação de lavagem pode prosseguir com uma maior conversão.

[0031] A adição da água de lavagem é realizada com uma quantidade entre 0,01 e 0,1 L de (H_2O)/kg(lama vermelha), preferivelmente, uma quantidade entre 0,05 e 0,07 L de (H_2O)/kg(lama vermelha), sendo particularmente preferida uma quantidade de 0,06 L de (H_2O)/kg(lama vermelha), uma vez que essa quantidade de água é suficiente para garantir uma operação de lavagem quase que completa e, ao mesmo tempo, evitar um superdimensionamento da instalação devido aos grandes fluxos de água.

[0032] A operação de lavagem em si se efetua em períodos entre 1 e 5 horas, particularmente, nas

temperaturas e quantidades de água de lavagem conforme indicadas, preferivelmente, em períodos de 3 a 4 horas.

[0033] Acima de tudo, quando a lama vermelha é previamente lavada, é oportuno submeter o material à secagem, antes da redução, isso reduzindo as correntes de material. Isso traz ainda a vantagem de que dentro da etapa de redução, as adicionais quantidades de energia para evaporar a água contida e o modelo de dispositivo que realmente possibilita a descarga de tais grandes quantidades de vapor podem ser economizadas.

[0034] A secagem particularmente e efetivamente ocorre em temperaturas entre 80 e 130°C, preferivelmente, entre 95 e 110°C, sendo particularmente preferida a temperatura de 100°C.

[0035] Além disso, conforme anteriormente mencionado, uma remoção do óxido de ferro obtida na etapa (2) (cruzamento com o gás contendo oxigênio) é possível, em que o dito óxido de ferro é lixiviado, isto é, lavado com água quente. Entretanto, em princípio, outras separações, como, por exemplo, por meio de um separador magnético, são também possíveis e comparativamente fáceis, uma vez que o processo de acordo com a invenção oferece a vantagem de distintamente reduzir o espectro do produto com o qual os óxidos metálicos são contidos na lama vermelha.

[0036] A lixiviação do óxido de ferro da fase aquosa apresenta a vantagem de que, depois, o óxido de ferro pode ser separado da água de lavagem usada por meio de um procedimento de separação do tipo sólido-líquido, podendo ser descarregado na forma sólida como um produto valioso ou também como resíduo. O líquido obtido da separação do tipo sólido-líquido pode ser suprido à etapa (2) do processo (cruzamento com o gás contendo oxigênio), de modo a manter um determinado nível de volume em

temperaturas de operação entre 80 e 90°C. Também, é possível adicionar água fresca, porém, mediante uso da corrente de reciclagem utilizada o consumo global de água é reduzido.

[0037] Em uma etapa de secagem final, os sólidos deixados após a lixiviação do óxido de ferro são liberados dos resíduos aquosos ainda contidos, de modo que a desejada mistura de produto é obtida. A mistura de produto contém substancialmente óxido de silício (SiO_2), óxido de magnésio (MgO), óxido de alumínio (Al_2O_3) e óxido de titânio (TiO_2) com traços de Ti_3O_5. Devido ao seu teor comparativamente alto de alumínio, entre 40 e 60% em peso, esse material em pó pode ser misturado à alimentação de um processo Bayer.

[0038] Devido igualmente a um teor bastante alto de dióxido de silício, de 20 a 40% em peso e às propriedades de material geralmente inertes, os sólidos obtidos podem também ser usados como condutores sólidos de calor. Os condutores sólidos de calor são materiais que se comportam estáveis até a temperatura de 1000°C e, portanto, são adequados condutores de calor para a pirólise de lignita, turfa, e óleo de xisto.

[0039] Finalmente, uma recuperação de TiO_2 igualmente presente nas quantidades entre 10 e 30% em peso é possível na fase de rutilo, em que esse óxido é submetido a uma posterior redução. Assim, se obtém Ti^{3+}, que é solúvel em ácido sulfúrico e pode ser processado para a produção de pigmentos de TiO_2, através do chamado processo sulfato. Ao transferir o óxido de titânio para estágios de baixa oxidação, a solubilidade no ácido é melhorada (Fisher J., Egerton T.A., *“Titanium Compounds Inorganic”*, Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology, 2001; Sahu K.K., Alex C.T., Agrawal A.M.D., *“An overview on the production of pigment grade titania from titania-rich*

slag”, Waste Manage Res., 24, 2006, páginas 74 a 79). Devido a uma solubilidade mais alta desses óxidos de titânio, a quantidade exigida de ácido sulfúrico é reduzida no chamado processo sulfato, pelo que a quantidade de resíduo, não somente no processo Bayer, mas, também na produção de pigmento de óxido de titânio pode ser reduzida.

[0040] Mediante a presente invenção, é então possível produzir um material inerte, menos tóxico e conveniente ao ambiente, a partir da lama vermelha alcalina, e que, além disso, é adequado como condutor sólido de calor e para produção de pigmento branco.

[0041] Além disso, a presente invenção compreende também uma instalação para purificação de lama vermelha, de acordo com as características descritas na reivindicação 20. Essa instalação é particularmente adequada para a execução de um processo, de acordo com a descrição das reivindicações 1 a 19. A instalação inclui um dispositivo para redução da lama vermelha, proporcionando um material reduzido, e um dispositivo a jusante para cruzamento do material reduzido com um gás contendo oxigênio, na presença de um adequado catalisador.

[0042] Particularmente e preferivelmente, o dispositivo para redução e o dispositivo para cruzamento do material reduzido é um reator de leito fluidizado ou um forno rotativo. Esses dois tipos de reator apresentam a vantagem de que os sólidos podem ser tratados de uma maneira particularmente satisfatória.

[0043] Quando é usado um reator de leito fluidizado para realizar a redução, é recomendado se introduzir um agente de redução gasoso, o qual é introduzido, por exemplo, junto com o gás de fluidização ou que pelo menos substitua o dito gás de fluidização, de modo

que seja garantido que todas as partículas no leito fluidizado entrem em contato com o agente redutor.

[0044] O uso de um forno rotativo é particularmente oportuno quando nenhuma secagem ou apenas uma secagem parcial é proporcionada antes da redução, uma vez que o teor de umidade não influencia o transporte de massa dentro do reator. Para garantir um suficiente contato com o agente redutor, o uso de um agente redutor sólido, por exemplo, carvão, é recomendável para esse tipo de reator.

[0045] No processo de aeração, a lama vermelha reduzida é agitada em uma solução de 1,0-1,5% (peso/peso) de NH_4Cl, em um valor de pH inicial de 6-7, enquanto o ar é soprado no fundo do tanque de aeração através de um tubo de pulverização ranhurado e disperso por uma hélice rotativa. O ferro dentro da lama vermelha reduzida é dissolvido e se difunde para a superfície através de uma rede de poros. A presença de NH_4Cl na solução aumenta a condutividade do licor.

[0046] A precipitação do óxido de ferro hidratado ocorre na massa do licor de aeração. O calor exotérmico da reação e o preaquecimento do licor de NH_4Cl em um trocador de calor produz um aumento da temperatura da polpa para um máximo de 100°C, preferivelmente, para uma temperatura abaixo de 85°C.

[0047] A etapa de aeração é uma operação em batelada. Cada batelada contém 40 toneladas de lama vermelha reduzida. A proporção de sólido para líquido é na faixa de 1:2. O tempo de aeração para completar a oxidação do ferro metálico é de normalmente 5-20 horas, preferivelmente, de 10-13 horas, dependendo do teor de ferro metálico da lama vermelha reduzida.

[0048] O volume de ar introduzido dentro do tanque de aeração é de aproximadamente três vezes a quantidade estequiométrica exigida para a oxidação do ferro metálico (Fe(met)) em Fe_2O_3. As perdas por evaporação do licor são compensadas pela adição de licor ao processo. Cada batelada de aeração consiste da seguinte sequência de 3 etapas: enchimento, aeração, esvaziamento.

[0049] Adicionais desenvolvimentos, vantagens e possíveis aplicações da invenção podem também ser implementadas através da seguinte descrição de uma modalidade exemplificativa e do desenho anexo. Todas as características descritas formam a matéria principal da invenção, de forma individual ou em qualquer combinação, independente de sua inclusão nas reivindicações ou de referências anteriores.

[0050] No desenho anexo, a figura 1 mostra a estrutura esquemática de uma instalação, de acordo com a invenção.

[0051] Na instalação de acordo com a figura 1, a lama vermelha é introduzida dentro de um dispositivo de lavagem (13) através de um conduto (11). O agente de lavagem, que é preferivelmente água, de qualidade potável ou água do mar, é introduzido no dispositivo de lavagem (13) através de um conduto (12). Através do conduto (14) e conduto (15) os hidróxidos de cálcio ($Ca(OH)_2$) e de sódio (NaOH), obtidos devido à lavagem, são descarregados juntos com a água de lavagem.

[0052] A lama vermelha lavada é removida do dispositivo de lavagem (13) através do conduto (16), em seguida, entra no dispositivo de secagem (17). A lama vermelha é então seca em temperaturas entre 95 e 105°C, preferivelmente, até que o material esteja presente na forma de pó.

[0053] Através do conduto (18), esse material pulverulento é subsequentemente introduzido em um dispositivo de redução (19). Através do conduto (20), o dispositivo de redução (19) é carregado com um agente redutor, que pode ser hidrogênio, hidrocarbonetos, monóxido de carbono ou carvão. O estado da matéria do agente redutor depende do tipo de reator usado. Em um aspecto preferido, é usado um forno rotativo com um agente redutor sólido, ou um reator de leito fluidizado com um agente redutor gasoso.

[0054] Como resultado da redução são obtidos gases residuais, que através do conduto (21) podem ser direcionados para um dispositivo de tratamento de gás residual (22), e após esse tratamento podem ser descarregados para o ambiente através do conduto (23).

[0055] Após a passagem através desses estágios de pretratamento, o material reduzido é encaminhado para o real tratamento químico através do conduto (24). Dito tratamento químico é efetuado em um reator (30), dentro do qual, por um lado, é introduzido através de um conduto (31) um adequado catalisador, particularmente e preferivelmente, cloreto de amônio (NH_4Cl), e por outro lado, um meio contendo oxigênio, preferivelmente, ar, introduzido através do conduto (32). Em virtude do material reduzido ser cruzado pelo gás contendo oxigênio, uma oxidação seletiva do ferro contido em Fe_2O_3, ocorre na presença do catalisador.

[0056] O material (33) tratado dessa maneira, em seguida, é encaminhado para uma etapa de separação a úmido (34). Através do conduto (35), um agente de lavagem, preferivelmente, água, é introduzido no dito material. Isso acarreta a lixiviação da ferrugem contida, a qual na fase líquida é transferida para uma etapa de separação do tipo sólido-líquido (40), através do conduto (39). O óxido de

ferro sólido separado é então descarregado do processo através do conduto (41) e pode ser enviado para uma posterior cadeia de material valioso ou ser aterrado como lixo sem causar dano ao ambiente. Através do conduto (42), o líquido obtido é realimentado ao reator de aeração (30).

[0057] Através do conduto (36), os produtos sólidos restantes são descarregados da unidade de separação a úmido (34). Esses produtos são secos no dispositivo de secagem (37), preferivelmente, igualmente sob temperaturas entre 90 e 110°C, antes de o produto acabado ser descarregado através do conduto (38). O produto acabado pode ser usado como alimentação para um processo Bayer, para produção de pigmentos de óxido de titânio, ou como um condutor sólido de calor (SHC).

EXEMPLO

[0058] Etapa de Pretratamento

[0059] Uma lama vermelha com uma composição de 50% em peso de Fe_2O_3, 11% em peso de CaO, 10% em peso de SiO_2, 16% em peso de Al_2O_3, 2% em peso de MgO, 5% em peso de Na_2O e 6% em peso de TiO_2 é lavada com água ou água do mar, à temperatura de 40 a 50°C por 3 horas, em que o óxido de cálcio (CaO) e óxido de sódio (Na_2O) são transferidos pela reação nos hidróxidos aquosos $Ca(OH)_2$ e NaOH, sendo então removidos da lama vermelha juntamente com a água de lavagem. Devido à lavagem, a lama vermelha alcalina é neutralizada, contendo ainda íons OH^- que igualmente são descarregados.

[0060] Em seguida, o material sólido contido é seco por 6 horas, a uma temperatura entre 95 e 105°C.

[0061] O material seco é então reduzido, em que a redução é realizada em um reator de leito fluidizado com hidrogênio (H_2), metano (CH_4) ou monóxido de carbono, ou em um forno rotativo com carvão (C) como agente redutor. A

temperatura da reação se dispõe entre 1000 e 1450°C, e o tempo médio de retenção é de 3 horas.

[0062] Os óxidos contidos, tais como, óxido de silício (SiO_2), óxido de alumínio (Al_2O_3) e óxido de magnésio (MgO) são estáveis e não são reduzidos nessas temperaturas. Em temperaturas acima de 1200°C, o óxido de titânio contido é reduzido a Ti_3O_5 e Ti_2O_3. Quase 6% em peso de TiO_2 contido na lama vermelha é convertido em óxidos solúveis em ácido (Ti_3O_5 e Ti_2O_3) e reduzido para Ti_3O_5.

[0063] Tratamento Químico

[0064] No tratamento químico real, o material é então misturado com um catalisador, em que a quantidade de catalisador é de aproximadamente 1% em peso, em relação à mistura total de material reduzido e catalisador. Como catalisador, é usado cloreto de amônio.

[0065] Essa mistura é depois aerada com ar, a uma temperatura de cerca de 85°C, em que a vazão de ar que entra no reator se dispõe entre 5 e 10 Nl/min. O ferro obtido na etapa de redução é desse modo oxidado, isto é, ocorre a formação de ferrugem.

[0066] Essa ferrugem pode ser depois facilmente separada da solução obtida. A separação é efetuada por meio de lixiviação com um líquido de lavagem, preferivelmente, água. O produto é obtido na forma sólida. No exemplo apresentado, o produto contém 29,4% em peso de SiO_2, 47,1% em peso de Al_2O_3, 5,9% em peso de MgO e 17,6% em peso de TiO_2, com traços de Ti_3O_5. A princípio, é também possível posteriormente processar o óxido de ferro lixiviado, desse modo, obtendo um produto valioso.

[0067] Parte dos sólidos restantes, notadamente, SiO_2, Al_2O_3 e MgO, são ainda estáveis e não são reduzidos em temperaturas entre 1000 e 1450°C. Numa posterior redução, o óxido de titânio parcialmente contido pode ser convertido

dentro da fase Magneli, em que o Ti_3O_5 é obtido, sendo muito facilmente dissolvido em ácido. Isso significa que esse produto é particularmente adequado para ser submetido a uma posterior redução, onde os compostos de titânio muito facilmente podem ser processados para a formação de pigmentos de TiO_2, no chamado processo sulfato.

LISTA DE REFERÊNCIAS NUMÉRICAS

(11), (12) - condutos
(13) – dispositivo de lavagem
(14) – leito
(17) – dispositivo de secagem
(18) dispositivo de redução
(20), (21) – condutos
(22) – pós-tratamento do gás residual
(23), (24) – condutos
(30) – reator de aeração
(31-33) - condutos
(34) – dispositivo de lavagem
(35), (36) - condutos
(37) – dispositivo de secagem
(38), (39) – condutos
(40) – separador tipo sólido-líquido
(41), (42) – condutos.

REIVINDICAÇÕES

1. Processo para purificação de lama vermelha **caracterizado** por compreender as seguintes etapas:

(1) redução da lama vermelha a um material reduzido; e

(2) cruzamento do material reduzido com um gás contendo oxigênio, na presença de um catalisador adequado para oxidação do ferro;

em que a etapa (2) é realizada a uma temperatura entre 75 e 95°C.

2. Processo, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que a etapa (1) ocorre sob adição contínua ou descontínua de um agente redutor, que contém hidrogênio, pelo menos um hidrocarboneto, monóxido de carbono e/ou carvão e/ou a etapa (1) é realizada a uma temperatura entre 800 e 1500°C.

3. Processo, de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, **caracterizado** pelo fato de que na etapa (2) um composto de amina é usado como catalisador, em que na etapa (2) o teor do composto de amina fica entre 0,5 e 3% em peso, com base na massa total da mistura de material reduzido e catalisador.

4. Processo, de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, **caracterizado** pelo fato de que ar é usado como gás contendo oxigênio.

5. Processo, de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, **caracterizado** pelo fato de que na etapa (2) o gás contendo oxigênio circula dentro do material reduzido com uma vazão de 2 a 20 Nl/min.

6. Processo, de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, **caracterizado** pelo fato de que antes da etapa (1), a lama vermelha é lavada com água de lavagem, de modo que uma lama lavada é obtida, em que água

potável ou água do mar é usada como água de lavagem, em que a água de lavagem apresenta uma temperatura entre 30 e 60°C.

7. Processo, de acordo com a reivindicação 6, **caracterizado** pelo fato de que a água de lavagem é adicionada em uma proporção de 0,01 a 0,1 L de (H_2O)/kg (lama vermelha).

8. Processo, de acordo com qualquer uma das reivindicações 6 ou 7, **caracterizado** pelo fato de que a lavagem é realizada por um período de 1 a 5 horas.

9. Processo, de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, **caracterizado** pelo fato de que antes da etapa (2) a lama vermelha é submetida à secagem.

10. Processo, de acordo com a reivindicação 9, **caracterizado** pelo fato de que a etapa de secagem é realizada a uma temperatura entre 80 e 130°C.

11. Processo, de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, **caracterizado** pelo fato de que após a etapa de secagem, o óxido de ferro é lixiviado da mistura de produto.

12. Processo, de acordo com a reivindicação 11, **caracterizado** pelo fato de que o óxido de ferro lixiviado é removido da fase aquosa por meio de um processo de separação do tipo sólido-líquido.

13. Processo, de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, **caracterizado** pelo fato de que na etapa (2) é adicionada água e/ou uma fase aquosa liberada das substâncias dissolvidas.

14. Processo, de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, **caracterizado** pelo fato de que após a etapa (2) a mistura de produto é seca.

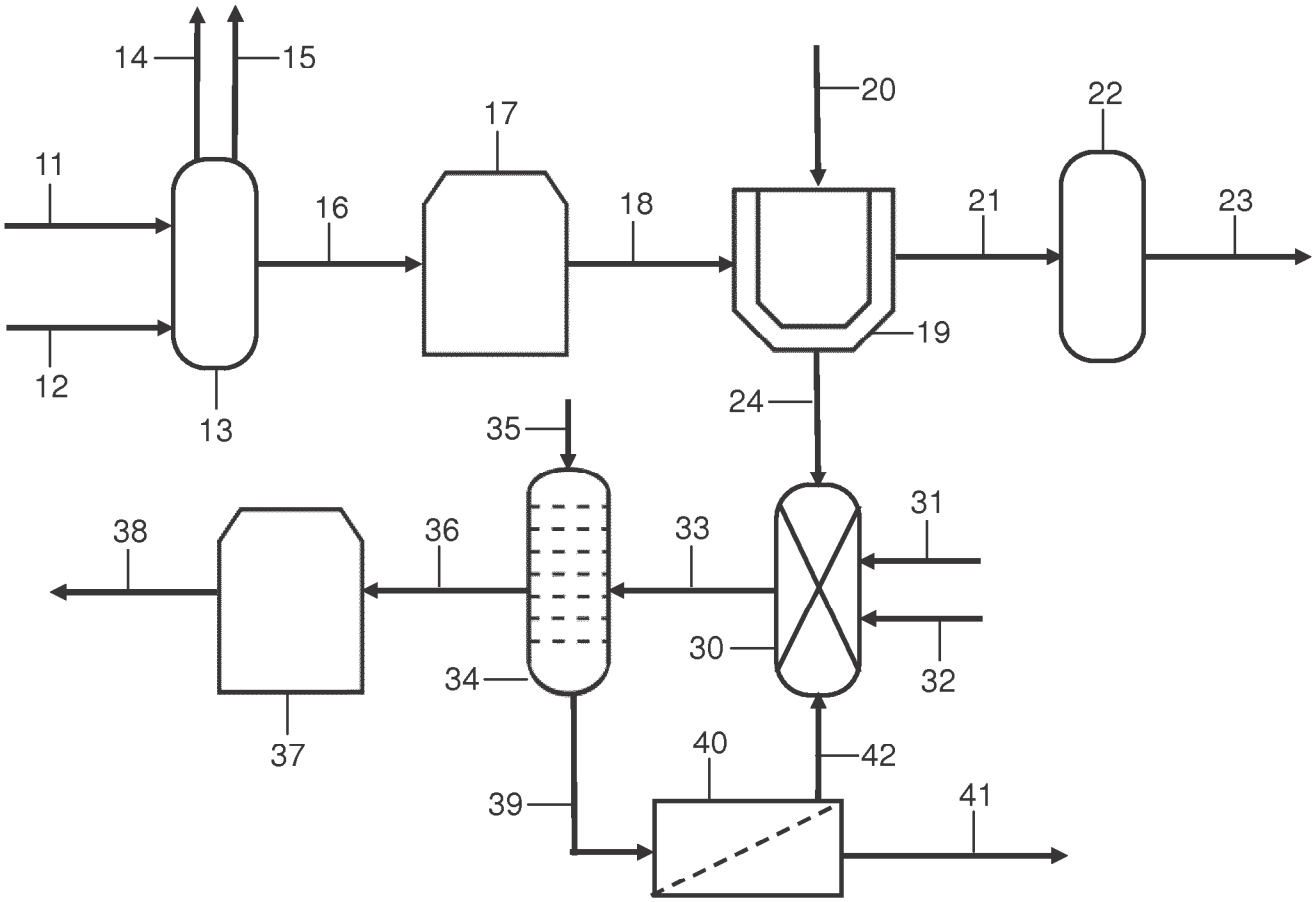
14
15
11
16
17
18
20
21
22
23
12
13
19
24
35
38
36
33
31
30
32
34
37
39
40
42
41

Fig. 1