



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

(21) **PI0617302-0 A2**

(22) Data de Depósito: 15/10/2006
(43) Data da Publicação: 19/07/2011
(RPI 2115)



(51) **Int.Cl.:**

C01G 23/00 2006.01
C01G 49/14 2006.01
C01G 49/00 2006.01
C01G 23/053 2006.01
C01G 23/04 2006.01

(54) **Título: PROCESSO PARA A PRODUÇÃO DE PRODUTOS DE TITÂNIO**

(30) Prioridade Unionista: 11/10/2005 IL 171363, 11/10/2005 IL 171364, 05/10/2006 IL 178477, 05/10/2006 IL 178477, 05/10/2006 IL 178477, 11/10/2005 IL 171363, 11/10/2005 IL 171364

(73) Titular(es): Asher Vitner LTD., Joma International AS

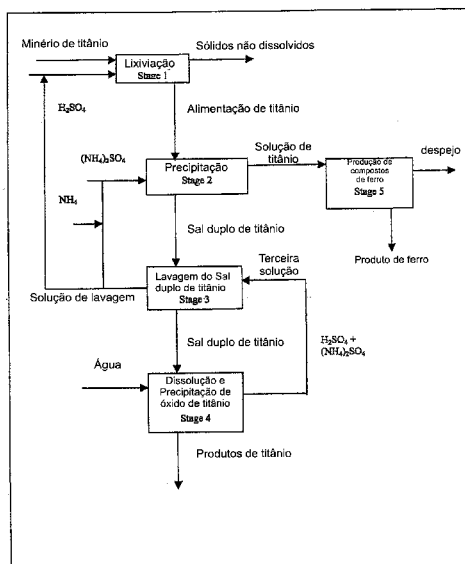
(72) Inventor(es): Aharon Eyal, Asher Vitner, Revital Mali

(74) Procurador(es): Dannemann, Siemsen, Bigler & Ipanema Moreira

(86) Pedido Internacional: PCT IL2006001185 de 15/10/2006

(87) Publicação Internacional: WO 2007/043055 de 19/04/2007

(57) **Resumo:** PROCESSO PARA A PRODUÇÃO DE PRODUTOS DE TITÂNIO. A presente invenção refere-se a um método para a purificação industrial de uma corrente de alimentação de titânio de pureza P1, pela formação de um precipitado de sal duplo de titânio de pureza P2 e uma solução de titânio com pureza P3, em que $P2 > P1 > P3$, em que o método compreende as etapas de: 1) formar, a partir da alimentação, um meio compreendendo água, íon titânio, cátion selecionado do grupo que consiste em amônio, cátions de metais alcalinos, prótons e uma combinação destes, e um ânion selecionado do grupo que consiste em OH , SO_4 , HSO_4 , halogenetos e combinação destes, cujo meio formado é ainda caracterizado pela presença de (a) um precipitado de sal duplo compreendendo íon titânio, pelo menos um dos cátions e pelo menos um dos ânions; e (b) uma solução de titânio, e em que a concentração do ânion na solução de titânio é maior que 15% e a razão entre as concentrações do cátion e do ânion na solução de titânio é maior que 0,2 e menor que 1,6; e ii. separar pelo menos uma porção da precipitado da solução.



Relatório Descritivo da Patente de Invenção para "**PROCESSO PARA A PRODUÇÃO DE PRODUTOS DE TITÂNIO**".

A presente invenção refere-se a um método para a produção de produtos de titânio. Mais particularmente, a presente invenção refere-se a um método para a produção de produtos de titânio de uma solução de corrente de baixo grau de titânio.

A produção industrial de titânio inclui usualmente um estágio de cloração ou de sulfonação, em que minérios de titânio de alto grau são usados. No processo de cloração, HCl/Cl_2 são usados para extrair titânio de minérios, e cloreto de titânio é destilado; assim, um titânio altamente purificado é produzido. Contudo, a principal desvantagem desse processo é o alto custo da destilação e purificação de cloreto de titânio.

Dióxido de titânio é largamente usado como pigmento branco, com um mercado de cerca de \$7 milhões ao ano.

O óxido de titânio, sendo um pigmento branco, é usualmente produzido a partir de minérios de titânio de alto grau. O produto tem que satisfazer os severos padrões de teor de impurezas, tamanho de partícula e distribuição de tamanho de partícula. O tamanho de partícula das partículas de óxido de titânio varia de vários nanômetros a várias centenas de nanômetros. O custo da matéria-prima para a produção desses produtos é alto.

O processo descrito na presente exposição permite produzir óxido de titânio a partir de corrente de titânio de baixo grau usando um estágio de purificação no qual um sal duplo de titânio é produzido.

O metal de titânio é produzido a partir de minérios de titânio de alto grau. O produto tem que satisfazer os severos padrões de teor de impurezas. O custo da matéria-prima para a produção deste produto é alto. Os minérios de titânio de baixo grau ou correntes de solução de baixo grau obtidos de processos industriais não são usados para a produção destes produtos.

O processo descrito na presente descrição sugere a produção de produtos de titânio a partir de corrente de titânio de baixo grau usando um estágio de purificação no qual um sal duplo de titânio é produzido.

Um sal duplo é definido como um cristal que consiste em dois

cátions e/ou ânions diferentes. Usualmente ele é caracterizado por uma solubilidade significativamente inferior em comparação com os sais simples de seus componentes.

Goroshchenko, Ya. G (Double titanium and ammonium sulfates)

- 5 Doklady Akademii Nauk SSSR (1956), 109 532-4 estudou a precipitação de sal duplo de Ti(IV) de soluções puras e constatou que um efeito de saturação de sal é observado nas concentrações altas de sulfato de amônio ou H_2SO_4 e a solubilidade do sal duplo é reduzida.

- A Patente BR 20012509 de SILVA HELIO JOSE de 2003 separa
- 10 óxido de titânio dos outros cátions polivalentes presentes na limenita ou outros minérios contendo titânio. Nesse processo proposto, Fe e Al são separados do sal de titânio antes da precipitação de Fe(III) na forma de sal duplo de amônio. A adição de sulfato de amônio a uma solução obtida por lixiviação de limenita com ácido sulfúrico, induziu a precipitação dos sais binários
- 15 juntos $(\text{NH}_4)\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$, $(\text{NH}_4)_2\text{TiO}(\text{SO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$, e $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$.

Sais duplos podem ser produzidos de um número maior de cátions polivalentes. Titânio, Fe(III) e Fe(II) produzem sais duplos, e estes sais usualmente precipitam juntos.

- A dita patente e artigos ensinam que sais duplos de cátions polivalentes são facilmente precipitados, mas tendem a coprecipitar para formar
- 20 um produto de baixa pureza. A precipitação do sal em temperaturas baixas pode diminuir a solubilidade dos sais duplos, aumentando assim o rendimento de precipitação do sal duplo de titânio, mas espera-se que diminua a pureza do produto. O resultado é que não há método industrial para a purificação
- 25 de sais de titânio usando a tecnologia de sal duplo.

- De acordo com a presente invenção, foi verificado surpreendentemente que um sal duplo de titânio pode ser precipitado de uma solução contendo uma alta proporção de cátion polivalente e especialmente Fe(II) e Fe(III) em alto rendimento e seletividade alta, para produzir um produto de
- 30 uma razão alta de titânio para cátions polivalentes.

Foi surpreendentemente verificado que com licor-mãe no qual a concentração de ânions é maior que 20% e no qual a razão de cátion para

ânion está entre 0,2 e 1,4, o rendimento de cristalização é bastante alto enquanto a pureza do sal duplo é bem alta. Foi também surpreendentemente verificado que o sal duplo produzido pode ser lavado com perdas muito baixas de titânio, para proporcionar um produto de grau suficiente para a produção de metal de titânio, matéria-prima para metal de titânio e outros produtos de metal de alta pureza e de óxidos de titânio e sais de titânio. Essa pureza alta é obtida apesar do fato que tanto Fe(III) como Fe(II) estão presentes em grandes quantidades na solução e são capazes de formar sais duplos similares. Em razão mais alta de cátion monovalente para ânion, o sal duplo de ferro coprecipita com o sal duplo de titânio, reduzindo assim a pureza do produto.

A presente invenção proporciona um método de purificação altamente eficaz e de baixo custo, no qual as correntes de titânio de baixo grau são consumidas para a produção de titânio de alto grau, matérias-primas para a produção de dióxido de titânio de alto grau, metal de titânio de alto grau e outros produtos de titânio tais como sais de cloreto de titanila, sulfato de titanila e outros sais de titânio.

DESCRIÇÃO DA INVENÇÃO

Com esse estado da técnica em mente, é agora proporcionado, de acordo com a presente invenção, um método para a purificação industrial de uma corrente de alimentação de titânio de baixo grau de pureza P1, pela formação de um precipitado de sal duplo de titânio de pureza P2 e uma solução de titânio com pureza P3, em que $P2 > P1 > P3$, onde o dito método compreende as etapas de:

i. formar, a partir da dita alimentação, um meio compreendendo água, íon titânio, um cátion selecionado do grupo que consiste em amônio, cátions de metais alcalinos, prótons e uma combinação destes, e um ânion selecionado do grupo que consiste em OH, SO₄, HSO₄, halogenetos e uma combinação destes, cujo meio formado é ainda caracterizado pela presença de (a) um precipitado de sal duplo que compreende íon titânio, pelo menos um dos ditos cátions e pelo menos um dos ditos ânions; e (b) uma solução de titânio; e em que a concentração do dito ânion na dita solução de ti-

tânio é maior que 15% e a razão entre as concentrações do dito cátion para o dito ânion na dita solução de titânio é maior que 0,2 e inferior a 1,6; e

ii. separar pelo menos uma porção do dito precipitado da dita solução.

5 O termo sal duplo de titânio como usado no presente relatório descritivo refere-se a um cristal que consiste em um ânion e dois cátions diferentes, em que um dos ditos cátions é titânio.

 O termo cátion, conforme usado no presente relatório descritivo, refere-se ao cátion monovalente presente no sal duplo.

10 O termo ânion, conforme usado no presente relatório descritivo, refere-se ao ânion presente no sal duplo.

 O termo pureza ou P será definido como a razão em peso do titânio para os metais polivalentes totais, em que a pureza é apresentada em vários casos em termos de percentagem, por exemplo, P1 como usado no
15 presente relatório descritivo refere-se à pureza de alimentação de titânio e P2 refere-se à pureza do sal duplo de titânio e P3 refere-se à pureza da solução de titânio (que é o licor-mãe formado na produção do sal duplo de titânio).

 O termo metal de titânio usado no presente relatório descritivo será referido na presente exposição como titânio elementar, tal como espon-
20 ja de titânio ou qualquer outro produto metálico de titânio.

 O termo produtos de titânio usado no presente relatório descritti-vo refere-se a vários produtos contendo titânio tais como hidróxido de titânio, óxi-hidróxido de titânio, cloreto de titânio, oxícloreto de titânio, sulfato de titânio, oxissulfato de titânio e outros sais de titânio orgânicos ou inorgânicos.

25 De acordo com uma modalidade da presente invenção, a dita alimentação de titânio pode ser uma solução de corrente de baixo grau de titânio que é formada por lixiviação de minérios de titânio usando uma solu-ção ácida. De acordo com uma outra modalidade, a dita alimentação de titânio compreende um ácido selecionado do grupo que consiste em halogene-
30 tos de ácido, ácido sulfúrico, ácido nítrico ou qualquer combinação destes.

 De acordo com uma outra modalidade da presente invenção, a dita solução de alimentação compreende uma corrente de despejo de pro-

cessos industriais, e em uma outra modalidade a dita alimentação de titânio compreende uma corrente de despejo de um processo de produção de titânio.

A presente invenção proporciona assim um processo altamente eficaz para a purificação de uma corrente de alimentação de titânio e especialmente de correntes de titânio de baixo grau.

De acordo com uma outra modalidade, a presente invenção compreende ainda a etapa de processar o dito precipitado para produzir óxido de titânio.

Dentre os produtos de óxido de titânio estão anatase, rutilo e brookite.

De acordo com uma outra modalidade, a presente invenção compreende ainda a etapa de processar o dito precipitado para produzir produtos de titânio que não óxido de titânio.

Dentre os produtos estão $\text{Ti}(\text{OH})_4$, TiOCl_2 , TiCl_4 , TiOSO_4 , $\text{TiO}(\text{NO}_3)_2$, outros sais inorgânicos de titânio, e sais orgânicos de titânio.

Em outras modalidades preferidas da presente invenção, é proporcionado um processo que compreende a etapa adicional de processar o dito precipitado para produzir metal de titânio.

Em modalidades preferidas da presente invenção, a dita corrente de alimentação de titânio é uma solução de despejo aquosa.

Em modalidades preferidas da presente invenção, a dita alimentação de titânio é formada por lixiviação dos minérios de titânio usando solução ácida.

Em uma modalidade, a pureza da dita corrente de titânio P1, está na faixa entre cerca de 10% e cerca de 90%. Preferivelmente, P1 é inferior a 60%. Em modalidades especialmente preferidas, P1 é inferior a 50% e em uma outra modalidade preferida P1 é inferior a 45%.

De acordo com uma modalidade, a dita alimentação de titânio inclui ferro com uma razão de Fe/Ti de pelo menos 0,25 e o precipitado de sal duplo de titânio contém uma razão de Fe/Ti de menos que 0,02.

Em modalidades preferidas da presente invenção, P1 é menor que 70% e P2 é maior que 95%.

Em modalidades especialmente preferidas da presente invenção, a dita corrente de alimentação de titânio compreende prótons e pelo menos um ânion selecionado do grupo que consiste em halogenetos, sulfato, nitrato e uma combinação destes.

5 Em modalidades preferidas da presente invenção, a dita corrente de alimentação de titânio compreende uma corrente de despejo de um processo industrial.

 Em algumas modalidades preferidas da presente invenção, a dita corrente de alimentação inclui ferro e a razão molar entre o ferro e o titânio na dita corrente de baixo grau está em uma faixa entre cerca de 0,2:1 e
10 cerca de 3:1.

Nas ditas modalidades preferidas, a razão molar entre titânio e ferro no dito sal duplo é, preferivelmente, maior que a razão na dita corrente de alimentação por um fator de pelo menos 5.

15 Em modalidades preferidas da presente invenção, o dito cátion no dito sal duplo é amônio.

Em outras modalidades preferidas da presente invenção, o cátion no dito sal duplo é selecionado do grupo que consiste em sódio e potássio.

20 Em algumas modalidades preferidas da presente invenção, o ânion no dito sal duplo é selecionado do grupo que consiste em OH, SO₄, HSO₄ e halogenetos.

 Em modalidades preferidas da presente invenção, o dito precipitado é selecionado do grupo que consiste em sais duplos de titânio e sais
25 duplos básicos de titânio.

Preferivelmente, o dito precipitado contém pelo menos 80% do titânio originalmente presente na dita solução de corrente de baixo grau.

Em modalidades preferidas da presente invenção, a razão de P2/P3 é maior que 2.

30 Em uma modalidade preferida da presente invenção, o precipitado contém mais que 85% do titânio presente na alimentação de titânio e a razão entre as impurezas polivalentes, isto é $(1-P3)/(1-P2)$ é maior que 10.

Em modalidades especialmente preferidas da presente invenção, a razão de P2/P3 é maior que 10.

Em modalidades preferidas da presente invenção, a temperatura do dito meio formado está na faixa entre 0 e 80°C.

5 Em modalidades especialmente preferidas da presente invenção, a temperatura na qual o dito contato é conduzido está na faixa de 10-50°C.

Em uma modalidade mais preferida da presente invenção, a temperatura na qual o dito contato é conduzido está na faixa de 20-40°C.

10 Em modalidades preferidas da presente invenção, a dita solução de titânio é modificada para formar produtos selecionados do grupo que consiste em metal de ferro, óxido de ferro e produtos de outros cátions polivalentes, presentes na dita solução de alimentação de titânio, em que um dos estágios de modificação é a cristalização.

15 Nas ditas modalidades preferidas, o dito produto contendo ferro é, preferivelmente, selecionado do sal duplo de ferro, óxido de ferro e hidróxido de ferro.

20 Nas ditas modalidades preferidas, o ânion do dito sal duplo de ferro é preferivelmente selecionado do grupo que consiste em ânions monovalentes, ânions divalentes, ânions de halogeneto, ânions de sulfato e de bissulfato e uma combinação destes.

Em modalidades preferidas, o segundo cátion do dito sal duplo de ferro é preferivelmente selecionado do grupo que consiste em amônio, sódio e potássio.

25 Nas ditas modalidades preferidas, o dito composto de cátion polivalente é preferivelmente selecionado do grupo que consiste em sais duplos neutros, sal duplo básico, óxidos de metal e um hidróxido de metal do dito cátion polivalente.

30 Em algumas modalidades preferidas da presente invenção, o dito método inclui ainda um estágio de lavagem de precipitado com uma solução para formar um precipitado lavado purificado com pureza P4 e uma solução de lavagem de P5, em que $P4 > P2 > P5$.

De acordo com uma modalidade preferida, a dita solução de la-

vagem compreende os mesmos ânion e cátion presentes no sal duplos de titânio, em que o cátion é selecionado do grupo que consiste em amônio, metais alcalinos e uma combinação destes, e o ânion é selecionado do grupo que consiste em SO_4 , HSO_4 e halogenetos e uma combinação destes, e em que a concentração do dito ânion é maior que 15% e a razão entre as concentrações do dito cátion para o dito ânion na solução de titânio é maior que 0,2 e inferior a 1,6.

Nas ditas modalidades preferidas, a dita lavagem é preferivelmente com uma solução que compreende prótons, íons amônio e sulfato.

Na dita modalidade preferida, a pureza do precipitado lavado é maior que 99%.

Em outras modalidades preferidas da presente invenção, o dito método compreende adicionalmente a etapa de recristalizar o dito precipitado, opcionalmente pré-lavado, para formar um precipitado com uma pureza de P6 e um licor-mãe com uma pureza P7, em que $P6 > P2 > P7$.

Na dita modalidade preferida, a pureza do precipitado recristalizado é maior que 99% e, mais preferivelmente, é maior que 99,9%.

Preferivelmente, a dita cristalização é induzida por uma ação selecionada do grupo que consiste na adição de um sal de cátion monovalente, adição de uma base de cátion monovalente, aumento de temperatura, diluição e uma combinação destes.

Preferivelmente, a dita recristalização usa uma solução que compreende pelo menos um cátion e pelo menos um ânion selecionado dos grupos destes mencionados acima.

Em algumas modalidades preferidas da presente invenção, para a produção de um óxido de titânio a partir da dita solução de sal duplo de titânio via precipitação de óxido de titânio, o método compreende as etapas de:

- a. dissolução de um sal duplo de titânio em solução aquosa; e
- b. induzir uma alteração das condições para precipitar óxido de titânio da dita solução, em que a dita alteração é selecionada do grupo que consiste em diluição, elevação de temperatura, aumento de pH e uma combinação destes.

Na dita modalidade preferida, preferivelmente a razão em peso entre a quantidade de titânio no dito óxido de titânio e aquela no dito sal duplo de titânio é maior que 0,8.

5 Nas ditas modalidades preferidas, a dita elevação de temperatura refere-se ao aumento de temperatura para acima de 80°C.

Preferivelmente, a pureza do dito sal duplo de titânio (P2) é maior que 80%.

Em modalidades especialmente preferidas da presente invenção, a pureza do dito sal duplo de titânio (P2) é maior que 85%.

10 Em uma modalidade mais preferida da presente invenção, a pureza do dito sal duplo de titânio (P2) é maior que 95%.

Em outras modalidades preferidas da presente invenção, o processo do dito processamento do referido precipitado inclui um estágio de produção de óxido de titânio, em que o dito método compreende as etapas de:

- a. dissolução de um sal duplo de titânio em solução aquosa; e
- b. indução de uma alteração das condições para formar uma precipitação de hidróxido de titânio da dita solução, em que a dita alteração é selecionada do grupo que consiste em diluição, elevação de temperatura, aumento de pH e combinação destes
- 20 c. transformação do ácido titânico em óxido de titânio.

Na dita modalidade preferida, o dito óxido de titânio contém preferivelmente pelo menos 70% do titânio que estava presente na dita alimentação de titânio.

25 Preferivelmente, o óxido de titânio está na forma de nanopartículas na faixa média de 5-100 nanômetros.

Em uma modalidade preferida da presente invenção, o óxido de titânio está na forma de nanopartículas na faixa de média de 100-300 nanômetros.

30 De acordo com uma modalidade preferida da presente invenção, a alimentação de titânio compreende também, entre outros cátions polivalentes, Fe.

De acordo com algumas modalidades preferidas, a concentração residual de sulfato de amônio está acima de 20% e a razão de NH_4/SO_4 residual na solução de titânio está na faixa de 0,2:1 a 3,1:1 e mais preferida na faixa entre 0,2:1 e 1,4:1, e mais preferida na faixa de 0,2:1 a 0,7:1.

5 Preferivelmente, o precipitado formado é selecionado do grupo que consiste em sais duplos de titânio e sais duplos básicos de titânio. Especialmente preferidas são as modalidades em que o dito precipitado contém pelo menos 80% do titânio que estava presente na dita alimentação de titânio, e, mais preferivelmente, pelo menos 85%.

10 Em uma modalidade preferida, a alimentação de titânio contém um razão de Fe/Ti de pelo menos 0,25 e o precipitado de sal duplo de titânio contém uma razão de Fe/Ti de menos que 0,04 e mais preferivelmente de menos que 0,02.

15 Em uma modalidade preferida, P1 é menor que 70% e P2 é maior que 95%.

Ti(IV), Fe(II) e Fe(III) formam, todos, sais duplos e tendem a coprecipitarem juntos. Somente no final da concentração do segundo sal, presente no sal duplo, em que o cátion é amônio ou álcali e o ânion é o ânion do sal duplo.

20 Em uma solução de titânio, que é maior que 10% e na segunda razão de cátion para ânion de 0,1 a 1,6, o sal duplo de titânio é precipitado com alta pureza. Nas razões fora desta de faixa, Fe(III) e especialmente Fe(II) coprecipitam com o sal duplo de titânio. Essa condição específica permite a precipitação do sal duplo de titânio com alto rendimento. O rendimento de precipitação aumenta com o aumento da concentração do segundo sal residual e a pureza é a maior na estreita faixa de cátion/ânion de entre 0,2 e 0,8.

25 Preferivelmente, a pureza do dito precipitado, P2, é maior que 80%. Em modalidades especialmente preferidas, a pureza é maior que 90%, e na mais preferida é uma pureza P2 maior que 95%.

30 De acordo com uma modalidade preferida, o meio compreende íons sulfato em que a razão molar entre o cátion (amônio ou metais alcali-

nos) e SO_4^- é maior que 0,1 e menor que 1,6. De acordo com uma outra modalidade preferida, a dita razão molar é maior que 0,2 e menor que 1,4, e de acordo com uma outra modalidade preferida, maior que 0,4 e menor que 0,8.

5 Em uma outra modalidade preferida, o sal duplo de titânio é um sulfato de amônio titânio e a dita terceira solução usada para lavar o precipitado compreende prótons, amônia e sulfato em uma razão de amônia para SO_4 de entre 0,2 e 1,4. De acordo com uma outra modalidade preferida, a solução também contém titânio.

10 Preferivelmente, a dita solução para dissolver o dito precipitado compreende um cátion que é selecionado do grupo que consiste em amônio e metais alcalinos e uma combinação destes e um ânion selecionado do grupo que consiste em OH, SO_4 , HSO_4 , halogenetos e halogenetos de ácido e uma combinação destes.

15 De acordo com uma outra modalidade preferida, a dita solução compreende água.

 Em uma modalidade preferida, a razão final de cátion para ânion na solução de lavagem está entre 0,2 e 1,4.

20 O precipitado pode ser dissolvido em água ou em qualquer outra solução, e o sal contendo o ânion e cátion presentes no sal duplo é adicionado para criar uma concentração de sal final maior que 10% e mais preferivelmente maior que 20%, e de maior preferência acima de 30%, e as razões de cátion para ânion entre 0,2 e 1,4.

25 Em modalidades especialmente preferidas da presente invenção, o processamento do dito precipitado inclui um estágio de produção do cloreto de titânio, compreendendo as etapas de:

 i. dissolução de um sal duplo de titânio e sal de Cl em um solvente ou quantidade mínima de água, e

 ii. destilação de TiCl_4 a partir da dita solução.

30 Em ainda uma outra modalidade preferida, o sal duplo de titânio é contatado com uma base em uma temperatura abaixo daquela para precipitar ácido titânico. O precipitado é lavado e dissolvido em ácido.

Em uma modalidade preferida, o ácido é HCl e o produto é cloreto de titanila. Em uma outra modalidade preferida, o ácido é H₂SO₄ e o produto é sulfato de titanila, e em uma outra modalidade preferida, o ácido é um ácido orgânico ou qualquer ácido inorgânico.

5 Em ainda uma outra modalidade, o dito cloreto de titânio contém pelo menos 70% do titânio que estava presente na dita solução de alimentação de titânio, e, mais preferivelmente, pelo menos 85%.

 Além disso, de acordo com a primeira modalidade preferida, o dito cloreto de titânio ou cloréto de titanila é ainda usado para a produção de
10 metal de titânio.

 De acordo com uma outra modalidade preferida, o metal de titânio é produzido de qualquer sal de titânio que é produzido e, mas preferivelmente, diretamente da solução de sal duplo de titânio por redução usando o processo de Kroll, com Na ou Mg como agentes de redução, ou qualquer
15 outro método de redução convencional.

 De acordo com uma modalidade preferida, o produto é titânio elementar tal como esponja de titânio ou lingote de titânio ou qualquer outro produto de titânio elementar.

 De acordo com uma modalidade preferida, a dita solução de titânio é modificada por cristalização para formar produtos selecionados do grupo que consiste em metal de ferro, óxido de ferro, e produtos de outros
20 cátions polivalentes, presentes na dita alimentação de titânio.

 De acordo com uma outra modalidade preferida, o dito produto contendo ferro é selecionado do grupo que consiste em um sal de ferro duplo, óxido de ferro e hidróxido de ferro.
25

 De acordo com uma modalidade preferida, o ânion que compreende o dito sal de ferro duplo é selecionado do grupo que consiste em ânions monovalentes, ânions divalentes, ânions halogeneto, ânions sulfato e bissulfato e uma combinação destes.

30 De acordo com uma outra modalidade preferida, o segundo cátion do dito sal de ferro duplo é selecionado do grupo que consiste em amônio, sódio e potássio.

De acordo com uma modalidade preferida, a dita segunda solução é modificada por um estágio de cristalização para formar produtos de outros cátions polivalentes, presentes na dita alimentação de titânio, selecionados do grupo que consiste em sais duplos neutros de seu cátion, sais duplos básicos, óxidos de metal ou hidróxidos de metal de seu cátion.

De acordo com uma outra modalidade preferida, o dito estágio de cristalização é induzido por uma etapa selecionada do grupo que consiste na adição de um sal de cátion monovalente, adição de uma base de cátion monovalente, aumento de temperatura, diluição e uma combinação destes.

Em ainda uma outra modalidade da presente invenção, é agora proporcionado um método para a produção de um metal de titânio a partir de uma solução de sal duplo de titânio via redução de sal de titânio, compreendendo as etapas de:

- i. dissolução de um sal duplo de titânio em solução;
- ii. indução das condições de redução para reduzir o titânio no sal duplo da dita solução; e
- iii. posterior processamento do metal elementar.

De acordo com uma modalidade preferida, a razão entre a quantidade total de titânio no dito metal de titânio ou cloreto de titânio é maior que 0,8 da quantidade inicial e então mais preferivelmente 0,95.

De acordo com uma modalidade preferida, os ditos métodos de redução referem-se a aumentar a temperatura para ficar acima de 80°C. Em modalidades especialmente preferidas, a dita elevação de temperatura refere-se a aumentar a temperatura para ficar acima de 200°C, e mais preferivelmente a temperatura é aumentada para ficar acima de 250°C.

Embora a invenção vá ser agora descrita em conexão com certas modalidades preferidas nos seguintes exemplos e com referência às figuras acompanhantes de modo que aspectos destas possam ser mais completamente entendidos e apreciados, não é pretendido limitar a invenção a estas modalidades particulares. Ao contrário, é pretendido abranger todas as alternativas, modificações e equivalentes na medida em que possam ser incluídas no escopo da invenção conforme definida pelas reivindicações a-

5 pensas. Assim, os seguintes exemplos que incluem modalidades preferidas servirão para ilustrar a prática desta invenção, sendo entendido que as particularidades mostradas são a título de exemplo, e somente para propósitos de discussão ilustrativa das modalidades preferidas da presente invenção, e sendo apresentadas com o objetivo de proporcionar o que se acredita ser a mais útil e prontamente compreendida descrição dos procedimentos de formulação, bem como dos princípios e aspectos conceituais da invenção.

Nos desenhos:

10 As figuras 1-3 apresentam fluxogramas de modalidades da presente invenção.

A figura 1 apresenta um fluxograma de um dos processos preferidos de acordo com as modalidades da presente invenção. No Estágio 1, os minérios de titânio são lixiviados usando uma solução de ácido para formar uma solução de alimentação de titânio de sal de titânio, em que o ácido é selecionado do grupo que consiste em halogenetos de ácido, ácido sulfúrico, ácido nítrico ou qualquer combinação destes. Para simplificação, o ácido na presente figura foi selecionado para ser ácido sulfúrico. Duas correntes estão saindo do estado de lixiviação: uma corrente de despejo que contém sólidos não-dissolvidos e uma corrente definida como a alimentação de titânio, que está entrando no Estágio 2 – o estágio de precipitação.

20 Alternativamente ao método no qual a alimentação de titânio é formada no estágio de lixiviação, em uma outra modalidade preferida da presente invenção, uma corrente de despejo proveniente de um processo de produção de titânio, ou uma corrente de despejo proveniente de um processo de produção de ferro é introduzida no Estágio 2 para o estágio de precipitação.

30 No Estágio 2 (o estágio de precipitação), o dito meio é formado misturando-se a alimentação de titânio com um reagente selecionado do grupo que consiste em um ânion e um cátion monovalente, em que o cátion do sal é selecionado do grupo que consiste em amônio e metais alcalinos e uma combinação destes, e o ânion do sal é selecionado do grupo que consiste em OH, SO₄, HSO₄, halogenetos e uma combinação destes, para for-

mar um sal duplo de titânio, que precipita e um licor-mãe que é aqui referido como solução de titânio.

Para simplificação, a figura 1 demonstra a adição de uma solução contendo $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ao Estágio 2.

5 Em uma modalidade preferida, esse estágio é conduzido em uma faixa de temperatura de 0 a 80°C, e, em uma outra modalidade, este estágio é conduzido em uma faixa de temperatura de 10-50°C e em ainda uma outra modalidade preferida, na faixa de 20-40°C.

10 Duas correntes estão saindo do Estágio de precipitação: o sal duplo de titânio formado, que precipita, e a solução de titânio. A razão molar entre a amônia e o $\text{SO}_4^{=}$, no licor-mãe, é maior que 0,1. Em uma outra modalidade preferida, é maior que 0,2 e inferior a 1,4, e em uma outra modalidade preferida ela é maior que 0,4 e inferior a 0,8.

15 Na presente figura, o segundo cátion no dito sal duplo de titânio é amônio, embora em ainda uma outra modalidade preferida ele seja selecionado do grupo que consiste em sódio, potássio ou qualquer metal alcalino.

Esse estágio é bastante eficaz. Em uma modalidade preferida, o dito sal duplo de titânio compreende pelo menos 80% do titânio que estava presente na alimentação de titânio, e, mais preferivelmente, pelo menos 85%.

20 Além disso, esse estágio é caracterizado pela formação de um sal duplo de titânio muito puro, em que sua pureza (P2) é maior que 80%, preferivelmente maior que 85%, mais preferivelmente maior que 90% e na modalidade mais preferida é maior que 95%, em que a razão de P2/P3 é maior que 2, mais preferivelmente maior que 5 e, mais preferivelmente, maior que 10.

25 Duas correntes estão saindo do estágio de precipitação: o sal duplo de titânio formado, que precipita, e uma solução que está entrando no Estágio 5.

30 Pelo menos uma porção do sal duplo de titânio formado, que precipita no Estágio 2 está se separando da dita solução e entra no Estágio 3, para um estágio de lavagem. Nesse estágio, o sal duplo é lavado com uma terceira solução para formar um precipitado purificado de sal de titânio

com pureza de titânio de P4 e uma solução de lavagem com uma pureza de titânio de P5, em que $P4 > P2 > P5$.

5 A terceira solução compreende o mesmo cátion e o mesmo ânion usados no estágio de precipitação (Estágio 2). Em uma modalidade preferida, e como mostrado na presente figura, essa solução contém NH_4HSO_4 e H_2SO_4 , em que, em uma modalidade preferida mais específica a razão de SO_4/HSO_4 na dita solução é menor que 2.

10 A figura 1 mostra que a dita terceira solução é uma corrente reciclada que está saindo do Estágio 4. Além disso, essa figura mostra que a dita solução de lavagem está saindo do estágio de lavagem e uma porção dela está reciclando para o Estágio 2 com a adição de NH_4OH e uma outra porção dela está sendo reciclada para o estágio de lixiviação, Estágio 1, com a adição de H_2SO_4 .

15 O precipitado de sal duplo de titânio entra então nos estágios de dissolução e reprecipitação (Estágio 4) para formar precipitado de sal de titânio purificado com uma pureza de titânio de P6 e uma segunda solução de lavagem com uma pureza de titânio P7, em que $P6 > P2 > P7$.

20 Em uma modalidade preferida, a solução neste estágio compreende os mesmos cátion e ânion usados no Estágio 2. De acordo com uma outra modalidade, a dita solução compreende NH_4HSO_4 e H_2SO_4 , que é reciclado de volta para o Estágio 3. De acordo com uma outra modalidade e conforme descrito na figura 1, a dita solução é água.

25 Em uma modalidade preferida, o estágio de recristalização é induzido por uma etapa selecionada do grupo que consiste em diluição, aquecimento, aumento de pH ou uma combinação destes. O produto de titânio que sai do estágio de recristalização contém pelo menos 70% do titânio que estava presente na dita solução de fonte de baixo grau, mais preferivelmente pelo menos 85%. Em uma outra modalidade preferida, o produto de titânio é cloreto de titânio ou cloreto de titanila de uma pureza suficiente para produzir
30 metal de titânio.

Em uma modalidade preferida, a dita segunda solução que sai do Estágio 2 é modificada para formar produtos selecionados do grupo que

consiste em metal de ferro, óxido de ferro e produtos de outro cátion polivalente presentes na fonte de baixo grau de alimentação de titânio.

A figura 2 apresente um fluxograma de um dos processos preferidos de acordo com as modalidades da presente invenção. Essa figura é bastante similar à figura 1, contudo, em vez de um estágio de Lavagem do sal duplo de titânio (Estágio 3), esta figura apresenta etapas de Dissolução e Recristalização para a purificação final do sal duplo de titânio.

A figura 3 apresenta um fluxograma de um dos processos preferidos de acordo com a presente invenção para um método para a produção de metal de titânio a partir da solução de sal duplo de titânio, que compreende as etapas de dissolução de um sal duplo de titânio em solução e indução das condições para destilar cloreto de titânio da dita solução.

De acordo com uma modalidade preferida do processo, o sal duplo de ânion titânio é cloreto e o cloreto de titânio é destilado do sal como está ou depois da adição de água e/ou de solvente.

De acordo com uma modalidade preferida do processo, o sal duplo de ânion titânio é sulfato e o cloreto de titânio ou cloreto de titanila é produzido pela adição de sal de cloreto ou HCl e água e/ou solvente.

De acordo com uma outra modalidade preferida do processo, o sal duplo de titânio é reduzido pelo processo de Kroll para produzir titânio elementar.

O estágio 1 apresenta dissolução de um sal duplo de titânio em uma solução aquosa. Para simplificação, essa corrente nesta figura foi mencionada como sendo água.

25 Descrição das Modalidades Preferidas

EXEMPLO Comparativo 1

Várias quantidades de soluções obtidas por lixiviação de limenita com ácido sulfúrico, várias quantidades de amônia e de $(\text{NH}_4)\text{SO}_4$ foram adicionadas aos frascos. Os frascos foram agitados a 25°C , por 20 minutos ou 1,5 h. Um precipitado foi formado. A composição da solução de limenita lixiviada está apresentada na Tabela e aquela do precipitado e solução de titânio nas Tabelas 2 e 3.

Tabela 1

$\text{Ti}(\text{SO}_4)_2$	$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$	FeSO_4
%p	%p	%p
11,0	2,0	8,17

Tabela 2 Resultados depois de 1,5 h à temperatura ambiente

Nº	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ %p	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ %p final	$\text{Ti}(\text{SO}_4)_2$ em solução %p	$\text{Fe}^{+3}_2(\text{SO}_4)_3$ em solução %p	$\text{Fe}^{+2}\text{SO}_4$ em solução %p	Fe^{+2}/Ti em cristais mol/mol
1	24	9,59	1,3	2,5	2,76	0,88
2	21	6,01	2,2	2,3	4,80	0,60
3	17	4,73	3,7	2,6	7,92	0,05

Tabela 3 Resultados após 20 minutos

Nº	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ %p	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ %p final	$\text{Ti}(\text{SO}_4)_2$ em solução %p	$\text{Fe}^{+3}_2(\text{SO}_4)_3$ em solução %p	$\text{Fe}^{+2}\text{SO}_4$ em solução %p	Fe^{+2}/Ti em mol/mol %p
4	20	4,73	1,9	2,3	3,37	0,83
5	24	8,34	1,0	2,7	2,11	0,96
6	28	13,14	0,8	2,4	0,98	1,1

- O exemplo ensina que cátions Fe e cátions titânio coprecipitam como sais duplos, em baixas concentrações residuais de titânio e Fe ou baixas concentrações residuais de sulfato de amônio para formar um sal duplo não-puro.

EXEMPLO 2

- Várias quantidades de soluções obtidas por lixiviação de limenita com ácido sulfúrico, amônia e $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ foram adicionadas aos frascos. Os frascos foram então agitados a 25°C, por 1,5 h. Um precipitado foi formado. A composição do precipitado e solução está apresentada na Tabela 4.

Tabela 4 Resultados depois de 1,5 h à temperatura ambiente

Nº	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ %p	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ %p final	$\text{Ti}(\text{SO}_4)_2$ em solução %p	$\text{Fe}^{+3}_2(\text{SO}_4)_3$ em solução %p	$\text{Fe}^{+2}\text{SO}_4$ em solução %p	Fe^{+2}/Ti em cristais mol/mol
3	17	4,73	3,7	2,6	7,92	0,05

O exemplo ensina que a precipitação do sal de titânio de alta

pureza pode ser ainda obtida da solução na qual a concentração de Fe residual é muito mais alta que a do Ti.

Exemplo 3

- Várias quantidades de soluções obtidas por lixiviação da limenita com ácido sulfúrico, amônia e $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ foram adicionadas a frascos. Os frascos foram agitados a 25°C , por 1,5 h. Um precipitado foi formada. A composição do precipitado e solução é apresentada na Tabela 5.

Tabela 5

Nº	Inicial		Final				Fe ⁺² /Ti em cristais mol/mol
	Ti(SO ₄) ₂ em solução %p	(NH ₄) ₂ SO ₄ % em peso	(NH ₄) ₂ SO ₄ %p final calculada	Ti %p	Fe ₂ (SO ₄) ₃ %p	FeSO ₄ %p	
7	20,5	23	16	1,5	3,8	1,7	0,41
8	20,5	19	12	2,7	4,0	5,8	0,09
9	20,5	13	7,3	9,0	4,3	7,0	0,00
10	20,5	16	8,8	3,9	3,9	6,7	0,02

- O exemplo ensina que a razão entre amônia residual e sulfato residual tem um efeito dramático na pureza do sal duplo.

Exemplo 4

- Várias quantidades de soluções obtidas por lixiviação de limenita com ácido sulfúrico, e $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ foram adicionadas aos frascos. Os frascos foram agitados a 30°C por 20 minutos. Um precipitado foi formado. A composição da solução inicial está apresentada na Tabela 6 e aquela dos resultados na Tabela 7.

Tabela 6 Condições iniciais

Nº	Concentrações nas soluções de lixiviação			
	(NH ₄) ₂ SO ₄ %p	Ti(SO ₄) ₂ %p	Fe ₂ (SO ₄) ₃ %p	FeSO ₄ %p
1	14,8	6,5	5,3	6,3
2	14,4	12,1	5,1	6,1
3	14,4	18,1	4,9	5,9

Tabela 7 Resultados

$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ em solução (adicionada) %p	$\text{Ti}(\text{SO}_4)_2$ em solução %p	$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ em solução %p	FeSO_4 em solução %p	Fe^{+2}/Ti em cristais mol/mol
13	6,7	6,2	6,01	0,0
10	5,1	6,0	5,62	0,02

O exemplo ensina que na razão de NH_4/SO_4 residual, direita, o precipitado está praticamente isento de Fe mesmo em razão muito alta de Fe/Ti em solução.

5 Exemplo 5.1

Várias quantidades de soluções obtidas por lixiviação de limenita com ácido sulfúrico, amônia e $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ foram adicionadas a frascos. Os frascos foram agitados a 25°C, por 1,5 h. Um precipitado foi formado. A composição do precipitado e solução está apresentada na Tabela 8.

10 Tabela 8

Nº	Inicial		Final (calculada para solução inicial)				Fe^{+2}/Ti em cristais, calculada mol/mol
	$\text{Ti}(\text{SO}_4)_2$ em solução %p	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ % em peso	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ %p final calculada	Ti %p	$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ %p	FeSO_4 %p	
1	20,5	23	16	1,5	3,8	1,7	0,41
2	20,5	22	13	2,5	4,0	5,4	0,19

Exemplo 5.2

O cristal obtido no Frasco Nº 2 e solução a 20% de NH_4HSO_4 foram adicionados a um frasco. O frasco foi agitado por 20 minutos, a 30°C. A composição do sólido é apresentada na Tabela 9.

15 Tabela 9

Nº	Inicial			Final em sólido		
	$\text{Ti}(\text{SO}_4)_2$ em solução %p	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ em solução %p	$\text{Fe(II)}/\text{Ti}$ %p	$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ %p	FeSO_4 %p	Fe^{2+}/Ti em cristais calculada mo/mol
1	20,5	20	0,41	~0	0,01	0
2	20,5	20	0,19	~0	0,03	0,02

Exemplo 5.3

Dois gramas de sal duplo no Exemplo 5.2 foram dissolvidos em 10 g de água. A solução foi aquecida a 169°C. Um precipitado foi formado. A concentração de Ti na solução remanescente era cerca de 0,05%.

5 Exemplo 6

Dois gramas de sal duplo obtido no Exemplo 5.1 foram dissolvidos em 2 g de água. Uma solução 0,2M de NaOH foi adicionada lentamente para pH de 4,2. Um precipitado foi formado. O precipitado foi separado e lavado e verificado ser ácido titânico.

10 Solução 4N de HCl foi adicionada à solução para formar solução de cloreto de titanila.

Exemplo 7

Dois gramas de sal duplo no Exemplo 5.2 foram dissolvidos em 2 g de água. Solução NaOH a 0,2M foi adicionada para pH de 4,2. Um precipitado foi formado. O precipitado foi separado e lavado e verificado ser ácido titânico.

Solução H_2SO_4 a 4N foi adicionada à solução para formar solução de sulfato de titanila.

Exemplo 8

20 Dois gramas de sal duplo obtido em 5.2 foram dissolvidos em 2 g de água. Solução NaOH a 0,2M foi adicionada lentamente para pH de 4,2. Um precipitado foi formado. O precipitado foi separado e lavado e verificado ser ácido titânico. O precipitado foi lavado com propanol.

25 Solução concentrada de H_2SO_4 foi adicionada à solução para formar solução de sulfato de titanila. Metal de Mg é adicionado à solução. Metal de titânio é precipitado enquanto sal de magnésio é formado.

Exemplo 9

30 Dois gramas de sal duplo obtido no Exemplo 5.2 foram dissolvidos em 2 g de água. Solução NaOH a 0,2M foi adicionada para pH de 4,2. O precipitado foi formado. O precipitado foi separado e lavado e verificado ser ácido titânico.

Solução de sulfonato de laurila foi adicionada à solução para

formar um sal de titanila, orgânico.

Tornar-se-á evidente para aqueles versados na técnica que a invenção não está limitada aos detalhes dos exemplos ilustrativos acima e que a presente invenção pode ser englobada em outras formas específicas sem se desviar dos atributos essenciais desta, e é, portanto, desejado que modalidades e exemplos apresentados sejam considerados, em todos os aspectos, como ilustrativos e não-restritivos, sendo feita referência às reivindicações apenas, preferivelmente à descrição acima, e todas as alterações que estão dentro do significado e faixa de equivalência das reivindicações são, portanto, destinadas a estarem abrangidas por ela.

REVINDICAÇÕES

1. Método para a purificação industrial de uma corrente de alimentação de titânio de pureza P1, pela formação de um precipitado de sal duplo de titânio de pureza P2 e uma solução de titânio com pureza P3, em que $P2 > P1 > P3$, onde o dito método compreende as etapas de:

i. formar, a partir da dita alimentação, um meio compreendendo água, íon titânio, um cátion selecionado do grupo que consiste em amônio, cátions de metais alcalinos, prótons e uma combinação destes, e um ânion selecionado do grupo que consiste em OH, SO₄, HSO₄, halogenetos e uma combinação destes, em que o meio formado é ainda caracterizado pela presença de (a) um precipitado de sal duplo que compreende íon titânio, pelo menos um dos ditos cátions e pelo menos um dos ditos ânions; e (b) uma solução de titânio; e em que a concentração do dito ânion na dita solução de titânio é maior que 15% e a razão entre as concentrações do dito cátion e dito ânion na dita solução de titânio é maior que 0,2 e menor que 1,6; e

ii. separar pelo menos uma porção do dito precipitado da dita solução.

2. Método, de acordo com a reivindicação 1, que compreende ainda a etapa de:

processar o dito precipitado para produzir óxido de titânio.

3. Método, de acordo com a reivindicação 1, que ainda compreende a etapa de processar o dito precipitado para produzir um produto de titânio diferente de óxido de titânio.

4. Método, de acordo com a reivindicação 1, que compreende ainda a etapa de processar o dito precipitado para produzir metal de titânio.

5. Método, de acordo com a reivindicação 1, em que a dita corrente de alimentação de titânio é uma solução de despejo aquosa.

6. Método, de acordo com a reivindicação 1, em que a dita corrente de alimentação de titânio compreende pelo menos 2% em peso de cátions ferro.

7. Método, de acordo com a reivindicação 1, em que a dita alimentação de titânio é formada por lixiviação de minérios de titânio com solução

de ácido.

8. Método, de acordo com a reivindicação 1, em que P1 está na faixa entre cerca de 10% e cerca de 90%.

5 9. Método, de acordo com a reivindicação 1, em que P1 é menor que 60%.

10. Método, de acordo com a reivindicação 1, em que P1 é menor que 50%.

11. Método, de acordo com a reivindicação 1, em que a corrente de alimentação de titânio compreende ferro com uma razão molar de Fe/Ti de pelo menos 0,25 e em que a razão no dito precipitado de sal duplo de titânio é menor que 0,02.

12. Método, de acordo com a reivindicação 1, em que P1 é menor que 70% e P2 é maior que 95%.

13. Método, de acordo com a reivindicação 1, em que a dita corrente de alimentação de titânio compreende prótons e pelo menos um ânion selecionado do grupo que consiste em halogenetos, sulfato, bissulfato, nitrato e uma combinação destes.

14. Método, de acordo com a reivindicação 1, em que a dita corrente de alimentação de titânio compreende uma corrente de subprodutos proveniente de um processo industrial.

15. Método, de acordo com a reivindicação 1, em que a dita corrente de alimentação de titânio compreende ferro e em que a razão molar de Fe/Ti na dita corrente de alimentação está na faixa entre cerca de 0,2:1 e cerca de 3:1.

16. Método, de acordo com a reivindicação 15, em que a razão molar de Fe/Ti no dito precipitado de sal duplo é menor que a razão na dita corrente de alimentação por um fator de pelo menos 5.

17. Método, de acordo com a reivindicação 1, em que o dito cátion no dito sal duplo é amônio.

18. Método, de acordo com a reivindicação 1, em que o cátion no dito sal duplo é selecionado do grupo que consiste em sódio e potássio.

19. Método, de acordo com a reivindicação 1, em que o ânion no

dito sal duplo é selecionado do grupo que consiste em OH, SO₄, HSO₄ e halogenetos.

20. Método, de acordo com a reivindicação 1, em que o dito precipitado é selecionado do grupo que consiste em sais duplos de titânio e sais duplos básicos de titânio.

21. Método, de acordo com a reivindicação 1, em que o dito precipitado contém pelo menos 80% do titânio originalmente presente na dita corrente de alimentação.

22. Método, de acordo com a reivindicação 1, em que a razão de P2/P3 é maior que 2.

23. Método, de acordo com a reivindicação 1, em que a razão de P2/P3 é maior que 10.

24. Método, de acordo com a reivindicação 1, em que a temperatura do dito meio formado está na faixa entre 0 e 80°C.

25. Método, de acordo com a reivindicação 1, em que a temperatura do dito meio formado está na faixa entre 10 e 50°C.

26. Método, de acordo com a reivindicação 1, em que a temperatura do dito meio formado está na faixa entre 20 e 40°C.

27. Método, de acordo com a reivindicação 1, que ainda compreende um etapa de processar a dita solução de titânio para formar um produto selecionado do grupo que consiste em metal de ferro, óxidos de ferro, outro produto de ferro, produtos de outros cátions polivalentes presentes na dita solução de alimentação de titânio e suas combinações, cujo processamento compreende cristalização.

28. Método, de acordo com a reivindicação 1, que compreende adicionalmente a etapa de lavar o dito precipitado separado para formar o precipitado lavado com uma pureza de P4 e uma solução de lavagem com uma pureza de P5, em que $P4 > P2 > P5$.

29. Método, de acordo com a reivindicação 28, em que a dita lavagem é com uma solução que compreende pelo menos um cátion e pelo menos um ânion selecionado dos ditos grupos como definidos na reivindicação 1, e em que a concentração do dito ânion é maior que 15% e a razão

entre as concentrações do dito cátion e o dito ânion na dita solução de titânio é maior que 0,2 e menor que 1,6.

30. Método, de acordo com a reivindicação 28, em que a dita lavagem é com uma solução que compreende prótons, íons amônio e sulfato.

5 31. Método, de acordo com a reivindicação 1, que compreende ainda a etapa de recristalizar o dito precipitado, opcionalmente pré-lavado, para formar um precipitado com uma pureza de P6 e um licor-mãe com uma pureza P7, em que $P6 > P2 > P7$.

10 32. Método, de acordo com a reivindicação 31, em que a dita recristalização usa uma solução que compreende pelo menos um cátion e pelo menos um ânion selecionado dos ditos grupos como definidos na reivindicação 1.

33. Método, de acordo com a reivindicação 1, que compreende adicionalmente as etapas de:

15 a. dissolver um sal duplo de titânio em solução aquosa; e
 b. induzir uma alteração das condições para formar uma precipitação do óxido de titânio a partir da dita solução, em que a dita alteração é selecionada do grupo que consiste em diluição, elevação de temperatura, aumento de pH e uma combinação destes.

20 34. Método, de acordo com a reivindicação 2, em que o dito óxido de titânio contém pelo menos 70% do titânio originalmente presente na corrente de alimentação.

25 35. Método, de acordo com a reivindicação 2, em que o dito óxido de titânio compreende nanopartículas na faixa média de tamanho de 5 a 100 nanômetros.

36. Método, de acordo com a reivindicação 2, em que o dito óxido de titânio compreende nanopartículas na faixa média de tamanho de 100 a 300 nanômetros.

30 37. Método, de acordo com a reivindicação 27, em que o dito produto de ferro é selecionado do grupo que consiste em um sal duplo de ferro, óxido de ferro e hidróxido de ferro.

38. Método, de acordo com a reivindicação 37, em que o ânion

do dito sal duplo de ferro é selecionado do grupo que consiste em ânions monovalentes, ânions divalentes, ânions halogenetos, ânions sulfato e bis-sulfato e uma combinação destes.

39. Método, de acordo com a reivindicação 37, em que o dito sal duplo de ferro compreende um cátion selecionado do grupo que consiste em amônio, sódio e potássio.

40. Método, de acordo com a reivindicação 27, em que o dito composto de cátion polivalente é selecionado do grupo que consiste em sais duplos neutros, sal duplo básico, óxidos, hidróxido e uma combinação destes.

41. Método, de acordo com a reivindicação 31, em que a dita recristalização é induzida por uma ação selecionada do grupo que consiste em adição de um sal de um cátion monovalente, adição de uma base de um cátion monovalente, aumento da temperatura, diluição e uma combinação destas.

42. Método, de acordo com a reivindicação 2, para a produção de um óxido de titânio a partir do dito sal duplo de titânio, que compreende as etapas de:

- a. dissolução de um sal duplo de titânio em solução aquosa; e
- b. induzir precipitação de óxido de titânio da dita solução por uma ação selecionada do grupo que consiste em diluição, elevação de temperatura, aumento de pH e uma combinação destas.

43. Método, de acordo com a reivindicação 42, em que o dito óxido de titânio contém pelo menos 80% do titânio originalmente presente no dito sal duplo.

44. Método, de acordo com a reivindicação 42, em que a dita elevação de temperatura envolve aumentar a temperatura para acima de 80°C.

45. Método, de acordo com a reivindicação 1, em que P2 é maior que 80%.

46. Método, de acordo com a reivindicação 1, em que P2 é maior que 85%.

47. Método, de acordo com a reivindicação 1, em que P2 é maior que 95%.

48. Método, de acordo com a reivindicação 2, em que o dito óxido de titânio contém pelo menos 70% do titânio que estava presente na dita
5 solução de corrente de alimentação de titânio.

49. Método, de acordo com a reivindicação 42, em que a dita elevação de temperatura refere-se a aumentar a temperatura para ficar na faixa de 120°C a 250°C.

FIG.1

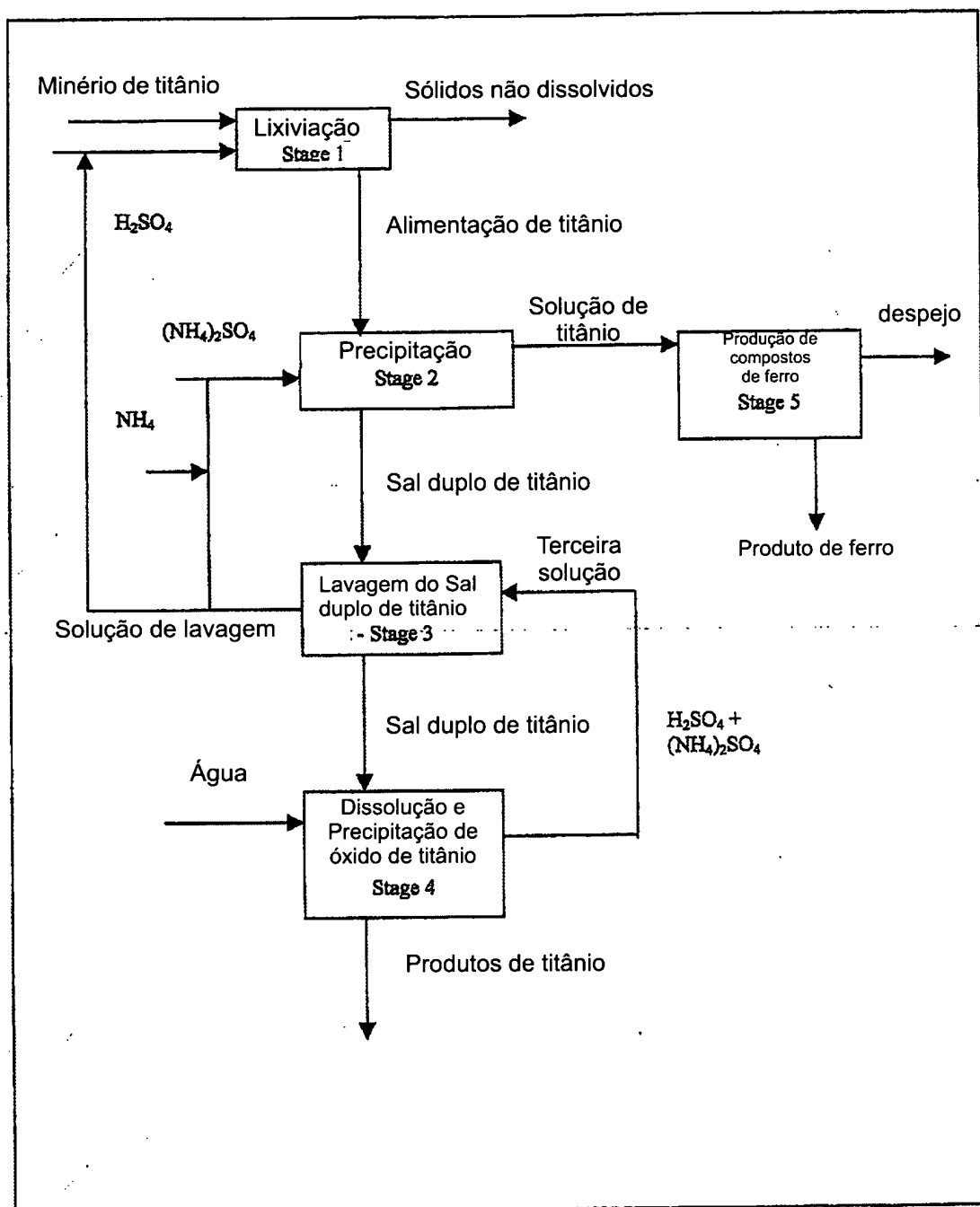


FIG.2

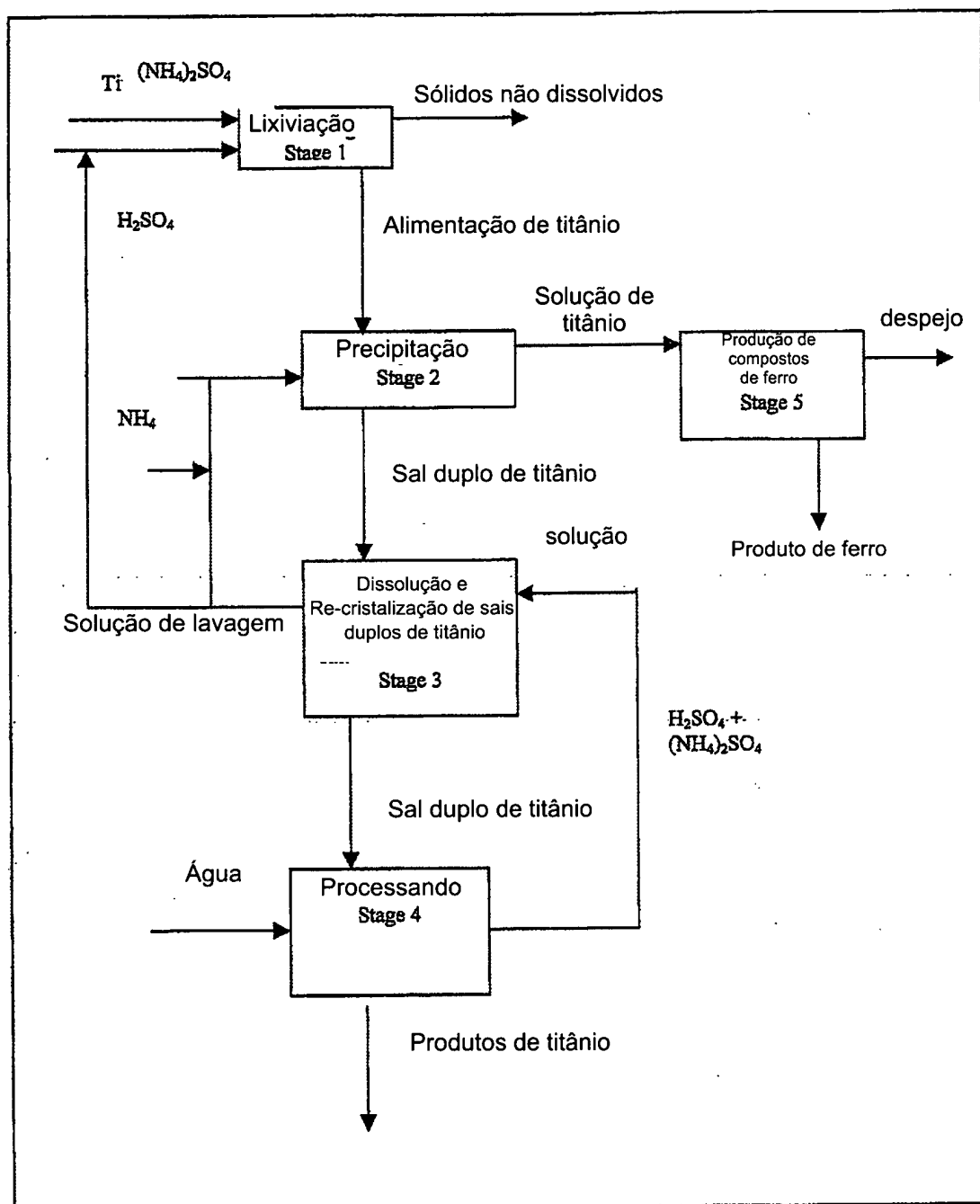
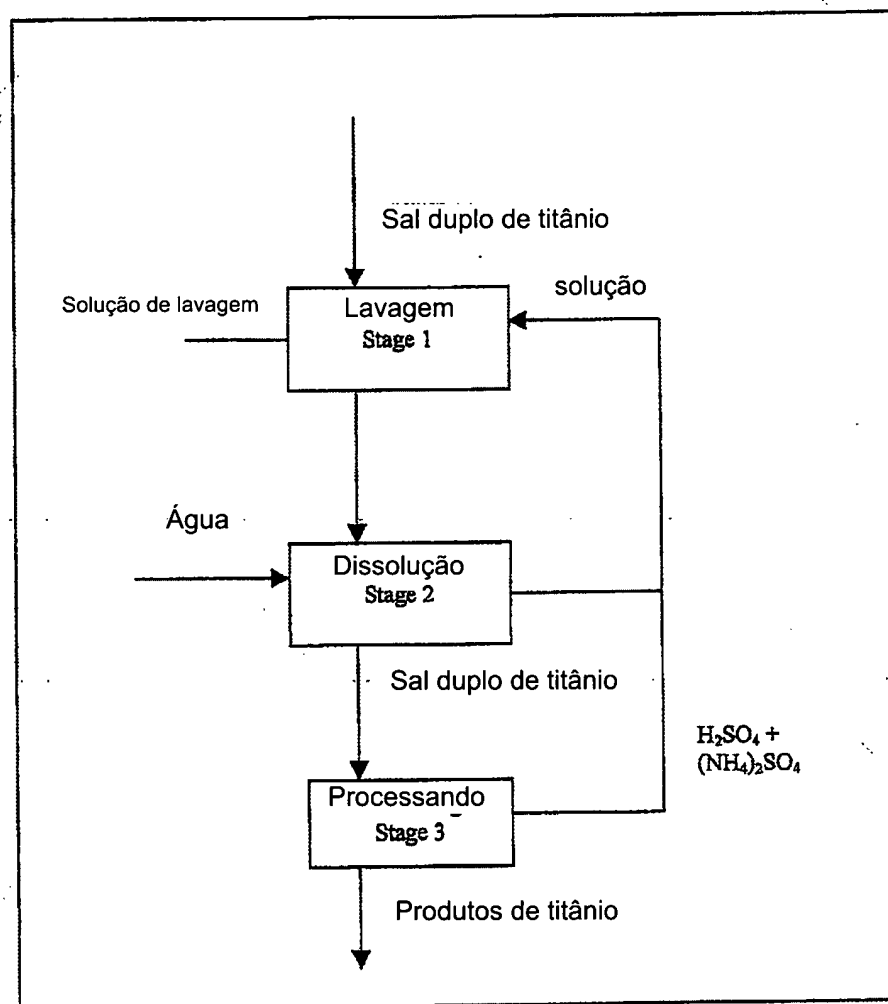


FIG.3



RESUMO

Patente de Invenção: "PROCESSO PARA A PRODUÇÃO DE PRODUTOS DE TITÂNIO".

A presente invenção refere-se a um método para a purificação industrial de uma corrente de alimentação de titânio de pureza P1, pela formação de um precipitado de sal duplo de titânio de pureza P2 e uma solução de titânio com pureza P3, em que $P2 > P1 > P3$, em que o método compreende as etapas de: i) formar, a partir da alimentação, um meio compreendendo água, íon titânio, cátion selecionado do grupo que consiste em amônio, cátions de metais alcalinos, prótons e uma combinação destes, e um ânion selecionado do grupo que consiste em OH, SO₄, HSO₄, halogenetos e combinação destes, cujo meio formado é ainda caracterizado pela presença de (a) um precipitado de sal duplo compreendendo íon titânio, pelo menos um dos cátions e pelo menos um dos ânions; e (b) uma solução de titânio, e em que a concentração do ânion na solução de titânio é maior que 15% e a razão entre as concentrações do cátion e do ânion na solução de titânio é maior que 0,2 e menor que 1,6; e ii. separar pelo menos uma porção do precipitado da solução.