



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

**(21) BR 10 2012 004629-6 A2**

(22) Data de Depósito: 01/03/2012  
(43) Data da Publicação: 19/11/2013  
(RPI 2237)



**(51) Int.Cl.:**  
C01F 7/06  
C22B 21/04  
B03B 7/00

**(54) Título:** PROCESSO DE REDUÇÃO DO TEOR DE SÍLICA REATIVA CONTIDA EM BAUXITA PARA POSTERIOR UTILIZAÇÃO NO PROCESSO BAYER

**(73) Titular(es):** Centro de Tecnologia Mineral – CETEM, Universidade Federal do Rio de Janeiro

**(72) Inventor(es):** Carla Napoli Barbato, Fernanda Arruda Nogueira Gomes da Silva, Francisco Manoel dos Santos Garrido, João Alves Sampaio, Marta Eloisa Medeiros

**(57) Resumo:** A PRESENTE INVENÇÃO SE REFERE A UM PROCESSO DE REDUÇÃO DO TEOR DE SÍLICA REATIVA CONTIDA EM BAUXITA PARA POSTERIOR UTILIZAÇÃO NO PROCESSO BAYER, COMPREENDENDO AS SEGUINTE ETAPAS: BRITAGEM PARA OBTENÇÃO DE GRÃOS, DE PREFERÊNCIA, COM DIMENSÕES INFERIORES A 6 mm; ADIÇÃO DE ÁGUA PARA OBTENÇÃO DE UMA POLPA; ADIÇÃO À POLPA DE UM ÓXIDO, CARBONATO OU HIDRÓXIDO DE METAL ALCALINO OU DE METAL ALCALINO TERROSO COM O OBJETIVO DE AJUSTAR O pH DA POLPA PARA UM VALOR, DE PREFERÊNCIA, ENTRE 8 E 14; ATRITÃO DA POLPA, E DESLAMAGEM PARA A REMOÇÃO DA FRAÇÃO FINA. ALTERNATIVAMENTE, APÓS A ADIÇÃO DE ÁGUA E OBTENÇÃO DA POLPA, PODE-SE TAMBÉM FAZER UMA PRIMEIRA DESLAMAGEM PARA A REMOÇÃO DA FRAÇÃO FINA, EM SEGUIDA ADICIONA-SE À POLPA O ÓXIDO, CARBONATO OU HIDRÓXIDO DE METAL ALCALINO OU DE METAL ALCALINO TERROSO, COM O OBJETIVO DE AJUSTAR O pH DA POLPA PARA UM VALOR ENTRE 8 E 14, E, POSTERIORMENTE, EFETUA-SE UMA SEGUNDA DESLAMAGEM PARA A REMOÇÃO DA FRAÇÃO FINA.

## **“PROCESSO DE REDUÇÃO DO TEOR DE SÍLICA REATIVA CONTIDA EM BAUXITA PARA POSTERIOR UTILIZAÇÃO NO PROCESSO BAYER”**

### **FUNDAMENTOS DA INVENÇÃO**

Conforme é de conhecimento geral, a bauxita é uma rocha, cujo beneficiamento proporciona uma bauxita com características adequadas para a obtenção de alumina, pelo processo Bayer, alumina esta que é posteriormente utilizada na produção de alumínio. A bauxita sempre está associada a impurezas, como caulinita, quartzo, hematita, goethita, dentre outras, sendo que a caulinita é a maior portadora de sílica reativa, a qual prejudica o beneficiamento da bauxita, reduzindo a quantidade de alumina obtida no processo e acarretando maior utilização de reagentes.

Algumas bauxitas possuem um teor muito elevado de sílica reativa e outras impurezas e são consideradas bauxitas marginais, cujo aproveitamento carece de tecnologias especiais decorrentes do seu elevado conteúdo de impurezas. A ausência de processos capazes de remover a sílica reativa, limita de forma significativa o aproveitamento de muitos minérios de alumínio, como é o caso das bauxitas marginais do Norte do Brasil. Ademais, o aproveitamento dessas bauxitas marginais significaria duplicar as reservas de bauxita do Brasil.

O processo Bayer é a rota comercial mais importante para a obtenção da alumina, que conforme já citado acima, é a matéria-prima básica para a produção industrial do alumínio metálico, a partir da bauxita. Para uma bauxita ser considerada economicamente aproveitável ao processo Bayer, o teor de  $Al_2O_3$  (alumina) disponível deve situar-se entre 45 e 55%, e o teor de  $SiO_2$ , sílica reativa, contida na caulinita e/ou no quartzo, deve estar entre 4 e 5%. A digestão da bauxita, para a produção de alumina, é realizada em solução de hidróxido de sódio (NaOH), e, durante a dissolução, a sílica reativa também é dissolvida e precipita como lama vermelha, sendo, então, descartada do processo. Atualmente, cada tonelada de bauxita contém 0,1 tonelada de sílica reativa. Para a digestão, desta bauxita, são consumidos 0,26 tonelada de NaOH, com perda de 50%, e são produzidos 0,5 tonelada de alumina e 0,5 tonelada de lama vermelha.

Nos minérios de alumínio, a sílica reativa está associada, principalmente, à caulinita, isto é, na fração argila do minério. A remoção desta fração implica na perda de alumina o que compromete a recuperação metalúrgica do processo. Conforme já citado, a ausência de processos capazes de remover satisfatoriamente a sílica reativa

reduz a produtividade dos processos de beneficiamento e impede a utilização de muitos minérios de alumínio, como as bauxitas marginais.

Assim, a remoção da sílica reativa, antes da utilização da bauxita no processo Bayer, é fundamental para se obter uma maior quantidade de alumina e também  
5 reduzir o consumo de reagentes. Quanto maior a remoção da sílica reativa, maior a quantidade de alumina obtida e menor o consumo de reagentes.

#### TÉCNICA ANTERIOR:

No beneficiamento da bauxita (redução do teor de sílica reativa) para fins metalúrgicos, há um cuidado especial com a razão mássica  $Al_2O_{3disponível}/SiO_{2reativa}$  que,  
10 na maioria das vezes, deve ser maior ou igual a 10. A maior parte da sílica reativa está contida nas frações finas (frações com grãos menores que 37 microns), e, portanto, o beneficiamento da bauxita se destina ao aproveitamento das frações de grãos mais grossos e ao descarte das frações mais finas.

O processo convencional de beneficiamento da bauxita, para a redução do  
15 teor de sílica, pode ser realizado por meio de duas sequências distintas; uma delas consiste das etapas de britagem, moagem semiautógena e remoção da fração fina (menor que 37 microns), deslamagem, por hidrociclonagem ou peneiramento. A outra sequência consiste das etapas de britagem, desagregação em tromel, remoção da fração fina (menor que 37 microns), deslamagem, por hidrociclonagem ou  
20 peneiramento e moagem em moinhos conjugados barra-bola. Adicionalmente ao peneiramento e à hidrociclonagem pode-se utilizar também, como rota alternativa, a lavagem do minério com água, flotação dos minerais de ganga ou a ativação mecanoquímica.

#### INCONVENIENTES DA TÉCNICA ANTERIOR:

25 Todos os processos da técnica anterior apresentam baixa produtividade ou não removem a sílica reativa satisfatoriamente, o que acarreta menor quantidade de alumina obtida, assim como, maior utilização de reagentes no processo Bayer, e, conseqüentemente, maiores custos. Além disso, os processos da técnica anterior não possibilitam a utilização das bauxitas marginais, com elevado teor de sílica, que são  
30 abundantes no Norte do Brasil.

#### OBJETIVOS E VANTAGENS DA INVENÇÃO:

O objetivo do processo de acordo com a presente invenção consiste em se obter uma maior redução do teor de sílica reativa contida em bauxitas, antes da utilização da bauxita no processo Bayer.

Este objetivo é alcançado por meio de um processo que compreende as seguintes etapas:

- britagem da bauxita para obtenção de grãos, de preferência, com dimensões inferiores a 6 mm;
- 5       - adição de água para obtenção de uma polpa;
- adição à polpa de um óxido, carbonato ou hidróxido de metal alcalino ou de metal alcalino terroso com conseqüente ajuste do pH da polpa para um valor, de preferência, entre 8 e 14;
- atrição por meio de rotação, de preferência, entre 20 a 1200 rpm por um  
10      tempo de condicionamento compreendido entre 5 e 120 minutos, de preferência, entre 5 e 30 minutos; e
- deslamagem para a remoção da fração fina.

Alternativamente, pode-se também fazer uma primeira deslamagem para a remoção da fração fina, em seguida adiciona-se à polpa o óxido, o carbonato ou o  
15      hidróxido de metal alcalino ou de metal alcalino terroso com conseqüente ajuste do pH da polpa para um valor, de preferência, entre 8 e 14, em seguida faz-se a atrição da polpa e, posteriormente, efetua-se uma segunda deslamagem para a remoção da fração fina.

Assim uma das vantagens do processo de acordo com a invenção é o fato de  
20      que ele possibilita reduzir o conteúdo de sílica reativa em cerca de 75% com relação aos processos da técnica anterior, o que torna possível o aproveitamento de bauxitas marginais (com elevado teor de sílica reativa) que são atualmente descartadas.

Uma outra vantagem do processo de acordo com a invenção consiste em que  
este proporciona redução de custos na obtenção da alumina, uma vez que ocorre o  
25      consumo de uma menor quantidade de reagentes no processo Bayer e há também menor produção de rejeitos (lama vermelha).

No processo de acordo com a invenção, o óxido de metal alcalino terroso utilizado consiste, de preferência, em óxido de cálcio (CaO), e o carbonato utilizado  
consiste, de preferência, no carbonato de sódio (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>), enquanto que os hidróxidos  
30      de metal alcalino consistem, de preferência, em hidróxido de sódio (NaOH) ou hidróxido de potássio (KOH).

A tabela abaixo mostra o efeito da utilização de um hidróxido de metal alcalino, por exemplo, o hidróxido de potássio (KOH), e um óxido de metal alcalino terroso, por exemplo, o óxido de cálcio (CaO), na remoção da sílica reativa. Com

relação à bauxita beneficiada pelos processos da técnica anterior (as duas colunas à esquerda), observa-se na tabela que, nas frações grossas (acima de 37 e 43 microns), ou seja, as frações que serão utilizadas no processo Bayer, houve uma redução substancial de sílica reativa e um aumento considerável na quantidade de alumina disponível. Observa-se também que as frações finas (abaixo de 37 ou 20 microns) da bauxita beneficiada com KOH ou CaO, as quais serão descartadas, apresentam teores de sílica reativa muito elevados.

Teores de alumina disponível e sílica reativa obtidos com o uso de KOH 1,0 mol/L e de CaO na concentração de 4% m/m

Amostras (microns)	B (técnica anterior)		B (beneficiada com KOH)		B (beneficiada com CaO)	
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> * (s ≤ 0,3%)	SiO <sub>2</sub> ** (s ≤ 0,1%)	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> * (s ≤ 0,3%)	SiO <sub>2</sub> ** (s ≤ 0,1%)	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> * (s ≤ 0,3%)	SiO <sub>2</sub> ** (s ≤ 0,1%)
+43	42,9	8,4	48,01	3,3	48,32	2,2
+37	32,8	11,1	49,15	1,4	49,06	2,9
+20	-	-	26,05	5,2	49,74	2,3
-20	-	-			22,91	16,5

s: desvio padrão; B – amostra de bauxita beneficiada; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>\* = alumina disponível; SiO<sub>2</sub>\*\* = sílica reativa

10

Convenientemente, a deslamagem compreende, de preferência, britagem, moagem semiautógena, adição de água (para a preparação da polpa), seguida da remoção da fração fina por hidrociclonação ou por peneiramento.

Alternativamente, a deslamagem compreende britagem, desagregação em tromel, seguida da remoção da fração fina por hidrociclonação ou por peneiramento, e moagem em moinhos conjugados barra-bola.

Convenientemente, no processo de acordo com a invenção, a concentração do óxido de cálcio (CaO) se situa na faixa de 0,1 a 10% m/m, de preferência, na faixa de 1% a 2% m/m, enquanto que a concentração do carbonato de sódio (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>), hidróxido de potássio (KOH) ou hidróxido de sódio (NaOH) se situa na faixa de 0,1 mol/L a 1,5 mol/L, de preferência, na faixa de 0,9 mol/L a 1,1 mol/L.

No processo de acordo com a invenção a fração fina que é descartada compreende grãos com dimensões inferiores a 37 microns, de preferência inferiores a 20 microns.

Além das concretizações apresentadas anteriormente, o mesmo conceito inventivo poderá ser aplicado a outras alternativas ou possibilidades de utilização do processo de acordo com a invenção.

25

Assim sendo, a presente invenção **deverá ser interpretada de maneira ampla, sendo sua abrangência determinada pelos termos das reivindicações anexas.**

**REIVINDICAÇÕES**

1. Processo de redução do teor de sílica reativa contida em bauxita para posterior utilização no processo Bayer, **caracterizado** pelo fato de que compreende as seguintes etapas:

- 5                   - britagem para obtenção de grãos, de preferência, com dimensões inferiores a 6 mm;
- adição de água com conseqüente obtenção de uma polpa;
- adição à polpa de um óxido de metal alcalino ou de metal alcalino terroso com conseqüente ajuste do pH da polpa para um valor, de preferência, entre 8 e 14;
- 10                  - atrição por meio de rotação, de preferência, entre 20 a 1200 rpm por um tempo de condicionamento compreendido entre 5 e 120 minutos, de preferência, entre 5 e 30 minutos; e
- deslamagem para a remoção da fração fina.

2. Processo de redução do teor de sílica reativa contida em bauxita para posterior utilização no processo Bayer, **caracterizado** pelo fato de que compreende as seguintes etapas:

- 15                   - britagem para obtenção de grãos, de preferência, com dimensões inferiores a 6 mm;
- adição de água com conseqüente obtenção de uma polpa;
- 20                  - adição à polpa de um carbonato de metal alcalino ou de metal alcalino terroso com conseqüente ajuste do pH da polpa para um valor, de preferência, entre 8 e 14;
- atrição por meio de rotação, de preferência, entre 20 a 1200 rpm por um tempo de condicionamento compreendido entre 5 e 120 minutos, de preferência, entre
- 25                  5 e 30 minutos; e
- deslamagem para a remoção da fração fina.

3. Processo de redução do teor de sílica reativa contida em bauxita para posterior utilização no processo Bayer, **caracterizado** pelo fato de que compreende as seguintes etapas:

- 30                   - britagem para obtenção de grãos, de preferência, com dimensões inferiores a 6 mm;
- adição de água com conseqüente obtenção de uma polpa;

- adição à polpa de um hidróxido de metal alcalino ou de metal alcalino terroso com conseqüente ajuste do pH da polpa para um valor, de preferência, entre 8 e 14;

5 - atrição por meio de rotação, de preferência, entre 20 a 1200 rpm por um tempo de condicionamento compreendido entre 5 e 120 minutos, de preferência, entre 5 e 30 minutos; e

- deslamagem para a remoção da fração fina.

10 4. Processo de redução do teor de sílica reativa contida em bauxita para posterior utilização no processo Bayer, **caracterizado** pelo fato de que compreende as seguintes etapas:

- britagem para obtenção de grãos, de preferência, com dimensões inferiores a 6 mm;

- adição de água com conseqüente obtenção de uma polpa;

- primeira deslamagem para a remoção da fração fina;

15 - adição à polpa de um óxido de metal alcalino ou de metal alcalino terroso com conseqüente ajuste do pH da polpa para um valor, de preferência, entre 8 e 14;

- atrição por meio de rotação, de preferência, entre 20 a 1200 rpm por um tempo de condicionamento compreendido entre 5 e 120 minutos, de preferência, entre 5 e 30 minutos; e

20 - segunda deslamagem para a remoção da fração fina.

5. Processo de redução do teor de sílica reativa contida em bauxita para posterior utilização no processo Bayer, **caracterizado** pelo fato de que compreende as seguintes etapas:

25 - britagem para obtenção de grãos, de preferência, com dimensões inferiores a 6 mm;

- adição de água com conseqüente obtenção de uma polpa;

- primeira deslamagem para a remoção da fração fina;

30 - adição à polpa de um carbonato de metal alcalino ou de metal alcalino terroso com conseqüente ajuste do pH da polpa para um valor, de preferência, entre 8 e 14;

- atrição por meio de rotação, de preferência, entre 20 a 1200 rpm por um tempo de condicionamento compreendido entre 5 e 120 minutos, de preferência, entre 5 e 30 minutos; e
  - segunda deslamagem para a remoção da fração fina.
- 5            6. Processo de redução do teor de sílica reativa contida em bauxita para posterior utilização no processo Bayer, **caracterizado** pelo fato de que compreende as seguintes etapas:
- britagem para obtenção de grãos, de preferência, com dimensões inferiores a 6 mm;
- 10           - adição de água com conseqüente obtenção de uma polpa;
- primeira deslamagem para a remoção da fração fina;
  - adição à polpa de um hidróxido de metal alcalino ou de metal alcalino terroso com conseqüente ajuste do pH da polpa para um valor, de preferência, entre 8 e 14;
- 15           - atrição por meio de rotação, de preferência, entre 20 a 1200 rpm por um tempo de condicionamento compreendido entre 5 e 120 minutos, de preferência, entre 5 e 30 minutos; e
- segunda deslamagem para a remoção da fração fina.
- 20           7. Processo de acordo com uma das reivindicações 1 ou 4, **caracterizado** pelo fato de que o óxido de metal alcalino terroso consiste, de preferência, em óxido de cálcio (CaO).
8. Processo de acordo com uma das reivindicações 2 ou 5, **caracterizado** pelo fato de que o carbonato de metal alcalino consiste, de preferência, em carbonato de sódio (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>).
- 25           9. Processo de acordo com uma das reivindicações 3 ou 6, **caracterizado** pelo fato de que o hidróxido de metal alcalino consiste, de preferência, em hidróxido de sódio (NaOH).
10. Processo de acordo com uma das reivindicações 3 ou 6, **caracterizado** pelo fato de que o hidróxido de metal alcalino consiste, de preferência, em hidróxido de potássio (KOH).
- 30           11. Processo de acordo com uma das reivindicações 1, 4, ou 7, **caracterizado** pelo fato de que a concentração do óxido de cálcio (CaO) se situa na faixa de 0,1 a 10% m/m, de preferência, na faixa de 1% a 2% m/m.

12. Processo de acordo com uma das reivindicações 2, 5 ou 8, **caracterizado** pelo fato de que a concentração do carbonato de sódio ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) se situa na faixa de 0,1 mol/L a 1,5 mol/L, de preferência, na faixa de 0,9 mol/L a 1,1 mol/L.

5 13. Processo de acordo com uma das reivindicações 3, 6, 9 ou 10, **caracterizado** pelo fato de que a concentração do hidróxido de potássio (KOH) ou hidróxido de sódio (NaOH) se situa na faixa de 0,1 mol/L a 1,5 mol/L, de preferência, na faixa de 0,9 mol/L a 1,1 mol/L.

10 14. Processo de acordo com uma das reivindicações 1 a 6, **caracterizado** pelo fato de que a fração fina compreende grãos com dimensões inferiores a 37 microns, de preferência inferiores a 20 microns.

15 15. Processo de acordo com uma das reivindicações 1 a 6, **caracterizado** pelo fato de que a deslamagem compreende, britagem, seguida da remoção da fração fina por hidrociclonagem ou por peneiramento.

15 16. Processo de acordo com uma das reivindicações 1 a 6, **caracterizado** pelo fato de que a deslamagem compreende britagem, moagem semiautógena, seguida da remoção da fração fina por hidrociclonagem ou por peneiramento.

20 17. Processo de acordo com uma das reivindicações 1 a 6, **caracterizado** pelo fato de que a deslamagem compreende britagem, desagregação em tromel, seguida da remoção da fração fina por hidrociclonagem ou por peneiramento, e moagem em moinhos conjugados barra-bola.

**RESUMO**

Patente de invenção **“PROCESSO DE REDUÇÃO DO TEOR DE SÍLICA REATIVA CONTIDA EM BAUXITA PARA POSTERIOR UTILIZAÇÃO NO PROCESSO BAYER”**

5 A presente invenção se refere a um processo de redução do teor de sílica reativa contida em bauxita para posterior utilização no processo Bayer, compreendendo as seguintes etapas: britagem para obtenção de grãos, de preferência, com dimensões inferiores a 6 mm; adição de água para obtenção de uma polpa; adição à polpa de um óxido, carbonato ou hidróxido de metal alcalino ou de  
10 metal alcalino terroso com o objetivo de ajustar o pH da polpa para um valor, de preferência, entre 8 e 14; atrição da polpa, e deslamagem para a remoção da fração fina.

Alternativamente, após a adição de água e obtenção da polpa, pode-se também fazer uma primeira deslamagem para a remoção da fração fina, em seguida  
15 adiciona-se à polpa o óxido, carbonato ou hidróxido de metal alcalino ou de metal alcalino terroso, com o objetivo de ajustar o pH da polpa para um valor entre 8 e 14, e, posteriormente, efetua-se uma segunda deslamagem para a remoção da fração fina.