

APLICAÇÃO DE UM PROCESSO DE ATRIÇÃO PARA OTIMIZAR A RECUPERAÇÃO DE CONCENTRADOS DE ZIRCÃO

Sydney Sabedot e Carlos Hoffmann Sampaio

UFRGS/LAPROM – sabedot@vortex.ufrgs.br e sampaio@vortex.ufrgs.br

RESUMO

A mina Guaju, da empresa Millennium Inorganic Chemicals do Brasil S/A, produz concentrados minerais processados de dunas litorâneas, no estado da Paraíba. Um tipo de concentrado de zircão apresenta uma película argilo-ferruginosa fortemente aderida aos grãos, determinando a baixa qualidade da matéria-prima. Para remover a película, e aumentar o valor comercial desse produto, desenvolveu-se testes de atrição em bancada de laboratório, com e sem reagentes químicos, alterando-se dois parâmetros de processamento: velocidade e tempo de atrição. Os resultados mostraram que houve eficácia operacional na velocidade de 800 rpm, durante o tempo de 40 minutos, e com o uso de reagentes químicos. Nesse artigo, faz-se comentários sobre a caracterização do problema, a metodologia aplicada para a sua solução, e os principais resultados obtidos no processo.

INTRODUÇÃO

O processo de atrição, também conhecido como escrubagem, é a operação onde ocorre a separação de grãos unidos por material argiloso, por precipitados salinos, ou por material semelhante, pela ação de forças relativamente fracas. O processo, em polpa, é o resultado do atrito entre grãos de dureza elevada, causado pela agitação das massas (Taggart, 1945).

A mina Guaju, no estado da Paraíba, produz um tipo de concentrado de zircão, onde a maioria dos grãos, liberados entre si, está envolvida por uma película argilo-ferruginosa fortemente aderida aos mesmos. Essa matéria-prima, considerada de baixa qualidade, é vendida a 1/3 do preço do concentrado similar, de alta qualidade. A fim de se obter um produto mais nobre, desenvolveu-se testes de atrição no concentrado de baixa qualidade. Os rejeitos e os produtos resultantes dos testes foram avaliados via análises mineralógica, granulométrica e química. Os resultados demonstraram a eficácia do processo, sob determinados parâmetros operacionais. A seguir, apresentam-se os procedimentos aplicados nesse processo.

LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A mina Guaju localiza-se no município de Mataraca, na Paraíba, 71 quilômetros a noroeste da capital João Pessoa, na margem direita do rio Guaju, divisa com o estado do Rio Grande do Norte, junto à foz do rio com o oceano Atlântico.

CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA

Entre outros minerais, a mina Guaju produz concentrado de zircão extraído de depósitos de dunas litorâneas, conhecidos como *mineral sands*. Os minerais pesados estão disseminados nas dunas, em teores econômicos ao longo do perfil sedimentar.

Na caracterização tecnológica do depósito, os sedimentos foram denominados base e topo. Os sedimentos da base correspondem a uma faixa do perfil, cujos grãos estiveram ou estão sob a ação do lençol freático, e apresentam uma cor avermelhada. Os do topo correspondem à faixa do perfil que não esteve sob a ação do lençol freático e apresentam uma cor amarelada.

A maioria dos minerais leves e pesados da faixa basal está envolvida por uma película argilo-ferruginosa aderente aos grãos. Algumas cavidades desses grãos também estão preenchidas por material argiloso.

O processamento dos sedimentos da base gera concentrados de zircão de qualidade e preços inferiores ao produto similar, concentrado do minério do topo. Analisando-se os dois concentrados, observou-se que a matéria-prima da base contém uma pequena quantidade de minerais contaminantes (ilmenita, rutilo, cianita e estauroлита), oriundos do pré-concentrado que, como os zircões, também estão parcial ou totalmente envolvidos pela película. É provável que a película interferiu na ineficácia dos processos magnético e eletrostático, impedindo que os contaminantes fossem separados. Como resultado, esses grãos são conduzidos com o zircão, gerando um produto final de baixa qualidade.

IMPORTÂNCIA ECONÔMICA DO ZIRCÃO

O concentrado de zircão tem sido o melhor co-produto na indústria de *mineral sands*. Alta dureza, baixa expansão termal no calor, elevado índice de refração e elevado ponto de fusão são características que favorecem o uso do zircão, da zircônia e do zircônio em variados segmentos industriais (Gambogi, 1997). Os principais usos são:

- cerâmicas: coberturas esmaltadas;
- fundição: revestimentos de cápsulas e moldes para a fundição do aço;
- refratários: tijolos para estufas e fornos;
- abrasivos: produtos para limpeza de plantas de geração de eletricidade;
- opacidade: produtos para tintas;
- ligas metálicas: próteses, ferramentas e peças;
- compostos químicos: produtos químicos para aplicação diversificada.

METODOLOGIA DE PESQUISA

Os testes foram desenvolvidos em bancada, no Laboratório de Processamento Mineral, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. O material utilizado foi o concentrado de zircão de baixa qualidade, que apresentava mais de 95% dos grãos envolvidos ou aderidos por material argiloso.

Equipamento de atrição

A célula de atrição foi construída especialmente para os testes. Consiste de um sistema fechado, formado por um cilindro com tampa, de aço inoxidável, com capacidade volumétrica para 1500 cm³ de polpa, com 4 aletas para a intensificação da agitação, que foi gerada por duas hélices invertidas, acopladas em um eixo de ferro, e este acoplado em um agitador eletro-mecânico para altas rotações.

Parâmetros operacionais

A operação ocorreu em duas etapas: na primeira, o material foi empalpado com água e processado. Na segunda, adicionou-se NaOH e H₂SO₄ na polpa. Em ambas etapas, cada teste correspondeu a duas alíquotas atricionadas. Polpa com 80% de sólidos foi o parâmetro fixo. Os parâmetros variáveis foram a velocidade de rotação (800, 1000, 1500 e 2000 rpm) e o tempo de agitação (20 e 40 minutos). A figura 1 mostra o fluxograma básico do processo de atrição aplicado no concentrado de zircão de baixa qualidade.

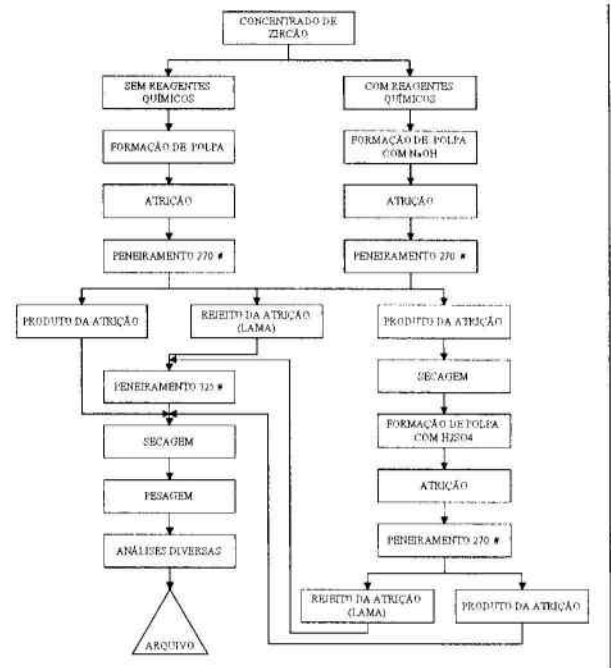


Figura 1: Fluxograma básico do processo de atrição.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O processo gerou dois materiais: rejeito e produto da atrição. Ambos foram analisados sob variados aspectos. A seguir, são apresentados os resultados mais importantes.

Rejeito da atrição

Esse material foi alvo de análise porque se desejava conhecer suas características físico-químicas, para o planejamento e a implantação do processo industrial.

O rejeito da atrição foi uma lama de cor marrom, que se caracterizou como uma massa argilosa, após secagem. A tabela 1 mostra os valores relativos às massas geradas nos processos com e sem reagentes químicos. Os dados representam a média aritmética de duas alíquotas em cada teste.

Os dados sugerem que a argila foi removida com mais eficácia nos processos com reagentes químicos. Nos tempos de 20 e de 40 minutos de operação, as diferenças entre os valores não foram significativas.

Tabela 1: Massa relativa de rejeitos gerados no processo de atrição de zircões, sem e com o uso de reagentes químicos.

TEMPO (minutos)	VELOCIDADE (rpm)	MASSA DE REJEITO (%)	
		sem reagentes	com reagentes
20	800	0,08	0,18
	1000	0,09	0,21
	1500	0,14	0,30
	2000	0,20	0,45
40	800	0,09	0,21
	1000	0,10	0,25
	1500	0,17	0,35
	2000	0,30	0,51

Fisicamente, os rejeitos foram analisados em lupa binocular, em difratômetro de raios x e em granulômetro à difração laser. Na lupa, observou-se que o material constituía duas frações: uma, de cor marrom, correspondia a um material argiloso não identificável, representando 90% da massa total. Outra, esbranquiçada, formava uma massa de microcristais e fragmentos de cristais de zircão, ilmenita, rutilo e quartzo, representando 10% da massa total. A granulometria média do material argiloso foi de um micrometro; a do material microcristalino foi de 20 micrometros. Na difração de raios x, foram identificados os minerais caulinita, gibsita, goethita, zircão, rutilo, ilmenita e quartzo. Os 3 primeiros são típicos de processos de alteração que ocorre nos sedimentos, principalmente quando submetidos à percolação do lençol freático. O quartzo representa microcristais retidos com a argila nas cavidades dos grãos do concentrado. Não há quartzo na faixa granulométrica do concentrado (-500 +75 micrômetros). Rutilo, ilmenita e zircão tanto podem representar microcristais aderidos com a argila nas cavidades, como fragmentos gerados no processo de atrição.

Os rejeitos também foram analisados, quimicamente, por fluorescência de raios x. A tabela 2 mostra os resultados de duas amostras, nos dois tempos de operação e com a máxima velocidade de rotação.

Tabela 2: Análises químicas em amostras de rejeitos da atrição, por fluorescência de raios x.

TESTE	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	P ₂ O ₅	Al ₂ O ₃	ZrO ₂
20-2000	3,42	12,66	0,14	17,03	24,23
40-2000	3,29	10,88	0,14	14,60	29,17

Os teores de TiO₂ e ZrO₂ correspondem à fragmentação e ao desgaste dos minerais ilmenita, rutilo e zircão durante o processo de atrição. A intensificação do tempo e da velocidade de rotação provoca maior desgaste da massa zirconítica. Na tabela 2, o teor de ZrO₂ aumenta com o aumento do tempo de operação,

comprovando que o processo provoca o desgaste dos grãos. Assim, deduz-se que os valores relativos apresentados na tabela 1 correspondem a uma mistura homogênea contendo argila e material desgastado dos grãos. Os teores de Fe₂O₃ e Al₂O₃ correspondem aos minerais caulinita, goethita e gibsita.

Produto da atrição

Os produtos da atrição foram observados em lupa binocular e analisados por fluorescência de raios x. Na lupa, as amostras indicaram que não houve eficácia na remoção da argila, nos testes sem reagentes químicos. As amostras desses testes apresentaram vestígios de argila aderida, em qualquer combinação dos parâmetros variáveis (velocidade e tempo de operação). Entretanto, a maioria dos testes foi eficaz quando se usou reagentes químicos, exceto no teste 20 minutos/800 rpm, correspondente aos parâmetros de menor intensidade. Nos demais, os grãos ficaram completamente limpos, liberados da argila e com superfícies brilhantes, contrastando com a opacidade dos grãos do concentrado de zircão original. Assim, o processo no tempo de 40 minutos e na velocidade de 800 rpm foi considerado ideal para a remoção da película argilo-ferruginosa, considerando que essa velocidade é compatível para operações industriais.

O produto da atrição do teste considerado ideal foi repassado em separadores eletrostático e magnético. Esses processos geraram um produto final (não condutor e não magnético) e um rejeito (condutor e magnético). As massas correspondentes foram 70% e 30% da massa original. Amostras do produto final e do concentrado de zircão original foram analisadas via fluorescência de raios x. A tabela 3 mostra os resultados.

Tabela 3: Análises químicas de concentrados de zircão processados em separadores eletrostático e magnético, antes e depois da atrição.

CONCENTRADO	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	P ₂ O ₅	Al ₂ O ₃	ZrO ₂
Antes da atrição	0,56	0,31	0,14	2,47	63,01
Depois da atrição	0,07	0,21	0,11	0,58	66,20

A redução dos teores de TiO₂, Fe₂O₃ e Al₂O₃ no concentrado "depois da atrição" relaciona-se à redução dos minerais contaminantes rutilo, ilmenita, cianita e estaurolita no concentrado. Conseqüentemente, aumenta o teor de ZrO₂, caracterizando aumento de qualidade da matéria-prima. Observou-se que o material formador da película tem pouca influência na composição química do concentrado. Na prática, a remoção da película permite uma resposta eficaz dos minerais contaminantes às induções elétricas e magnéticas. Como resultado, esses minerais são removidos durante os processos

correspondentes, permitindo a formação de concentrados de zircão mais puros.

Avaliação econômica prévia

O objetivo dos testes de atrição foi o aumento da qualidade de um tipo de concentrado de zircão produzido na mina Guaju, para se obter uma matéria-prima de valor comercial mais alto. Tal como é produzido, esse concentrado de baixa qualidade (vide composição química na tabela 3) tem um valor comercial equivalente a 1/3 do valor comercial matéria-prima equivalente, de alta qualidade, também produzida na mina.

Os testes originaram um produto atricionado cuja composição química (tabela 3) permite vendê-lo por um valor comercial 100% superior ao produto original. Considerando as perdas de 30% de massa no reprocessamento eletrostático e magnético, ainda assim o processo de atrição permite um acréscimo correspondente a 40% de receita bruta. Esses números servem, apenas, para mostrar que há viabilidade operacional e econômica no processo, por ser um método simples e de baixo custo de implantação e de operação. Evidentemente, como os testes foram desenvolvidos em bancada de laboratório, faz-se necessário uma operação em planta piloto para confrontação dos resultados e dos desempenhos nas diferentes escalas.

Outra questão a ser considerada é o estágio do processo produtivo, onde a atrição deve ser implementada. Os testes foram aplicados em um produto final. Industrialmente, o processo será aplicado em pré-concentrados minerais, para evitar, ou diminuir, a formação da matéria-prima de baixa qualidade. A princípio, o estágio mais adequado para a atrição seria o anterior aos processos elétricos e magnéticos do pré-concentrado, cujas performances operacionais dependem da liberação (limpeza) dos minerais formadores desse pré-concentrado.

CONCLUSÕES

1ª) Os testes de atrição resultaram em dois materiais: rejeito e produto da atrição. O rejeito foi uma massa de aspecto argiloso, de cor marrom, e representou a película argilo-ferruginosa que envolve os grãos do concentrado. Os valores relativos foram entre 0,08 e 0,51% da massa original, passando na peneira 44 micrômetros. O produto da atrição correspondeu ao concentrado de zircão atricionado, parcial ou totalmente liberado da película.

2ª) Os testes foram realizados com e sem o uso dos reagentes químicos NaOH e H₂SO₄. Os resultados

demonstraram que houve eficácia nos testes em que se utilizaram os reagentes químicos.

3ª) Em termos operacionais, a eficácia na remoção da película foi obtida na velocidade de rotação de 800 rpm, e no tempo de 40 minutos de operação. O produto da atrição desse teste mostrou-se completamente liberado da película aderente aos grãos.

4ª) Análises mineralógicas por difração de raios x no rejeito da atrição indicaram que o material é composto por caulinita, gibsitita, goethita, zircão, ilmenita, quartzo e rutilo. Os 3 primeiros são minerais de alteração e representam o material aderente aos grãos. Os demais correspondem à fragmentação e ao desgaste dos minerais do concentrado tratado, ou microcristais aderentes à argila, preenchendo as cavidades dos grãos do concentrado.

5ª) A intensificação dos parâmetros operacionais provocou desgaste dos grãos. Esse fato ficou comprovado nas análises químicas dos rejeitos da atrição, que mostraram maiores teores de ZrO₂ com a intensificação da velocidade e do tempo de operação.

6ª) A atrição é uma operação importante e deve ser intermediária entre os processos gravimétricos e os processos magnéticos e eletrostáticos dos pré-concentrados. O produto atricionado permitiu a formação de um concentrado de zircão mais puro, devido à maior eficácia na retirada dos minerais contaminantes, durante os processos magnético e eletrostático.

7ª) Em termos econômicos, e considerando a escala laboratorial, avaliou-se que a operação resultou em um produto final com qualidade superior, correspondente a um acréscimo de 40% de receita bruta, em relação ao produto original de baixa qualidade. É uma avaliação preliminar, porque é necessário um estudo em escala de planta piloto, que comprove a eficácia obtida no processo em escala de laboratório.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à empresa Millennium Inorganic Chemicals do Brasil S/A, pelo fornecimento de amostras e pela realização das análises químicas; ao CNPq/RHAE pelo suporte financeiro ao estudo.

REFERÊNCIAS

- Gambogi, J. Zirconium and Hafnium. United States Geological Survey, Minerals Information, 6 p., 1997.
- Taggart, A.F. Handbook of Mineral Dressing. John Wiley & Sons, New York, USA, Vol I, p. 10-01 a 10-16, 1945.