CONCENTRAÇÃO DE HEMATITA POR AGREGAÇÃO SELETIVA EM ESFERAS PLÁSTICAS

C. A. M. Baltar[1]; A. C. Oliveira[2]

Uma nova técnica envolvendo agregação seletiva, de espécies minerais hidrofobizadas, a esferas plásticas pré-tratadas com surfatantes, é apresentada. O processo consiste em colocar esferas plásticas, produzidas de material hidrofóbico, com densidade menor que a da água, em contato com uma polpa contendo os finos, durante contato prolongado sob intensa agitação. O trabalho foi realizado com amostras de hematita, quartzo, mistura de ambos, e minério (itabirito), provenientes do Rio Grande do Norte. Observou-se que o novo processo é bastante seletivo, e mais eficiente, que a flotação convencional, para o beneficiamento de ultrafinos; obteve-se concentrado com 47,3% Fe e 57,5% de recuperação.

SELECTIVE AGREGATION ON PLASTIC SPHERES FOR HEMATITE CONCENTRATION

A new process based on the selective attachment of hydrophobized mineral particles to the surface of plastic spheres, treated with surfactant, is reported. Hidrophobic plastic spheres with densities less than water are put on contact with the pulp, containing fine mineral particles, under strong stirring, for several minutes. The research was developed with hematite, quartz, and itabirite samples from Rio Grande do Norte State. The new process appears to be highly selective and more efficient, than conventional flotation, for ultrafine beneficiation; a 47,3% Fe concentrate with 57,5% of iron recovery was obtained.

[1] Departamento de Engenharia de Minas/Universidade Federal de Pernambuco, Rua Acadêmico Hélio Ramos, s/nº, Cidade Universitária, Recife-PE, Brasil; CEP 50741.
[2] Departamento de Engenharia de Minas, UFPE.

INTRODUÇÃO

Variadas técnicas, de concentração de minérios, baseadas na agregação entre partículas têm sido desenvolvidas:

homocoagulação (1, 2, 3), baseada na adição de sais inorgânicos que reduzem o potencial superficial, das partículas, anulando a repulsão eletrostática e promovendo a agregação:

floculação seletiva (3, 4, 5), processo que faz uso de polímeros, com alto peso molecular, cujas moléculas interagem de forma seletiva, com determinadas espécies minerais, formando flóculos que são posteriormente separados da fase dispersa.

"shear-flocculation" ou agregação hidrofóbica (6, 7, 8, 9, 10, 11), que difere das formas de agregação, anteriormente citadas, em três aspectos principais: consistência dos flóculos,que resistem a uma posterior agitação ao passo que aqueles formados por eletrólitos, ou polímeros, são facilmente destruídos; necessidade de um sistema hidrodinâmico caracterizado por uma intensa agitação, a "shear-flocculation" só ocorre a partir de uma determinada velocidade de agitação necessária para superar a barreira energética existente em condições de elevado potencial zeta; e necessidade de hidrofobização das partículas minerais, a formação do agregado é favorecida pela "energia da associação hidrofóbica", que surge no momento da colisão entre partículas hidrofobizadas, e pela menor resistência à remoção da película de líquido existente entre as partículas.

"carrier flotation" ou ultraflotação (12, 12, 14), processo que promove o recobrimento de ultrafinos sobre partículas grosseiras, formando agregados que flotam em conjunto. A técnica utiliza reagentes coletores para promover a hidrofobização das partículas transportadas e transportadoras.

No presente trabalho usou-se esferas poliméricas (pré-tratadas com um agente surfatante) às quais se agregam, seletivamente, partículas minerais hidrofobizadas; as esferas, pelo fato de possuirem densidade menor que a da água, servem como agente transportador das espécies minerais hidrofobizadas até a superfície. A nova técnica, estudada inicialmente por RUBIO(15, 16),

foi testada visando verificar a possibilidade de concentrar finos de itabirito provenientes do Rio Grande do Norte. Em trabalho anterior, com esse minério (17), conseguiu-se com a flotação convencional, excelentes resultados para a faixa granulométrica entre 0,210 e 0,037 mm. No entanto, para os finos, abaixo desta granulometria, os resultados foram bastante negativos. A utilização da nova técnica, de agregação hidrofóbica em esferas plásticas, para os ultrafinos, possibilitou a obtenção de concentrados com teores mais elevados e um considerável aumento na recuperação.

PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Amostra

Os testes iniciais foram feitos com amostras, puras, de hematita e quartzo, nas faixas granulométricas 74 x 37 e abaixo de 37 microns. A seguir, utilizou-se uma amostra de minério (itabirito proveniente do Rio Grande do Norte) com teor de 31,2% Fe.

Esferas Plásticas

Utilizou-se esferas de polipropileno, com diâmetro de cêrca de 4 mm, obtidas da PPH - Companhia Industrial de Polipropileno.

Reagentes

Os seguintes reagentes foram utilizados durante o condicionamento das esferas: querosene (desaromatizado através de sucessivos contatos com ácido sulfúrico, hidróxido de sódio, e passagem em carvão ativado); ácido oleico (grau analítico, fabricado pela REAGEN, em solução aquosa, a 3% p/p, obtida com auxílio de um "mix" WALLITA); e oleato de sódio (obtido a partir do ácido oleico).

Metodologia

O pré-tratamento das esferas, com o reagente surfatante , foi feito em agitador mecânico, FANEM, modelo 256. Usou-se bequer de 250 ml, e 5 minutos de agitação.

Os testes de agregação foram realizados em bequer, de 2000 ml dotado de dois defletores; usando-se um agitador mecânico , MARCONI, modelo TE 259, digital, com capacidade para 2000 rpm.

Parâmetros Estudados

Foram estudados os seguintes parâmetros: tipo de surfatante, tempo de agitação, faixa granulométrica da amostra, tamanho e rugosidade das esferas plásticas, e pH da polpa.

As seguintes condições foram fixadas: tempo de condicionamento das esferas (5 minutos), velocidade de rotação (1600 rpm), tipo de impulsor (circular), quantidade de esferas (25 g) e quantidade de amostra (10 g).

RESULTADOS

Hematita

Inicialmente, foram testados diferentes surfatantes; os resultados são apresentados, na Tabela 1, a seguir.

Tabela 1- Influência do tempo de agitação das esferas na solução de surfatante, na agregação da hematita (-0,037 mm), com diferentes surfatantes, em pH natural.

Tempo de Agitação (minutos)	Partículas Agregadas (% peso)		
	ácido oleico	oleato de sódio	querosene
5	78,2	95,8	8,2
10	84,2	96,5	6,0
15	86,2	-	-
20	86,2	95,8	7,0
30	85,5	96,4	6,3

A fim de se verificar a influência do tamanho das esferas plásticas, foram feitos testes com esferas cortadas ao meio. Os resultados estão nas Tabelas 2 e 3.

Tabela 2- Resultados obtidos, com oleato de sódio, para diferentes relações de tamanho entre as esferas plásticas e as partículas de hematita, em, pH natural, com 5 minutos de agitação.

Faixa Granulométrica (mm)	Tamanho das Esferas (mm)	Partículas Agregadas (% peso)
0,074 x 0,037	4	44,7
0,074 x 0,037	2	52,7
-0,037	4	85,3
-0,037	2	92,6

Tabela 3- Partículas agregadas, (% peso), em função do tamanho das esferas de plástico em diferentes níveis de pH. Granulometria abaixo de 0,037 mm.

Concentração Hidrogênica (pH)	Tamanho Médio das Esferas 2 (mm)	4 (mm)
6	63,0	59,4
natural	92,6	84,9
8	56,0	49,2
10	15,2	11,9

O efeito da rugosidade, das esferas, foi observado comparando-se testes realizados; com as esferas-padrão (lisas), e, com esferas arranhadas por meio de atrição com pedregulhos de quartzo. Os resultados são apresentados nas Tabelas 4 e 5.

Tabela 4- Efeito da rugosidade superficial, das esferas, em diferentes faixas granulométricas da hematita. Testes realizados com oleato de sódio, em pH natural, com tempo de agitação de 5 minutos.

Faixa Granulométrica (mm)	Tipo de Superfície	Partículas Agregadas (% peso)
0,074 x 0,037	lisa	45,1
0,074 x 0,037	rugosa	44,5
-0,037	lisa	84,9
-0,037	rugosa	88,0

Tabela 5- Partículas agregadas (% peso), uma função da rugosidade superficial das esferas, em diferentes faixas de pH. Granulometria abaixo de 0,037 mm, e tempo de agitação de 5 minutos.

Concentração Hidrogênica (pH)	Tipo de Superfície lisa	rugosa
6	59,4	47,3
natural	84,9	88,0
8	49,2	33,7
10	11,9	12,0

Tabela 6- Partículas agregadas (% peso), em função do pH da polpa, em testes com oleato de sódio. Esferas de 4 mm, lisas; faixa granulométrica das partículas (0,148 x 0,105 mm). Os testes foram feitos separadamente para quartzo e hematita.

Concentração Hidrogênica (pH)	Hematita	Quartzo
4	32,6	14,5
6	29,4	15,5
8	82,1	55,6
10	80,8	59,5

Itabirito

A seguir foram realizados testes com uma mistura binária composta, aproximadamente, por 50% de hematita e 50% de quartzo. Os resultados são apresentados na Tabela 7.

Tabela 7- Influência do pH da polpa na agregação, em esferas plásticas, de uma mistura binária quartzo/hematita (0,148 x 0,105 mm - 33,9% Fe).

Concentração Hidrogênea (pH)	Agregação (% em peso)	Teor (% Fe)	Recuperação (%)
4	23,8	44,5	31,4
6	26,0	46,2	35,5
natural	47,0	52,6	79,1
8	46,1	54,5	74,6
10	72,4	42,8	91,5

Finalmente, foi realizado um teste com uma amostra de itabirito natural, proveniente do Rio Grande do Norte, em granulometria 100% abaixo de 0,037 mm, e com um teor aproximado de 31,2% Fe. Usou-se oleato de sódio, pH natural, esferas de 4 mm (lisas), e 1600 rpm de agitação (bequer com defletores) durante um período de 10 minutos. O concentrado obtido apresentou um teor de 47,3% com 57,5% de recuperação; resultado bastante superior ao obtido, anteriormente por flotação, para a mesma faixa granulométrica (17) - 42,1% Fe de teor, com uma recuperação insignificante.

AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS

Dentre os surfatantes testados o oleato de sódio promoveu a maior intensidade de agregação hematita/esfera plástica.

Em pH natural, observou-se uma intensidade de agregação da hematita, inversamente proporcional à granulometria; ao contrário do que ocorreu na faixa de pH mais favorável à adsorção do

oleato de sódio (entre 8 e 10).

As esferas pequenas (2 mm), talvez por apresentarem maior superfície específica, foram mais eficientes que as esferas-padrão (4 mm).

A variação do tempo de agitação, dentro da faixa estudada (5-30 minutos), não alterou significativamente os resultados.

O efeito da rugosidade superficial, das esferas poliméricas, parece de importância secundária.

No sistema estudado, a hematita se agrega, às esferas de plástico, de forma muito mais intensa do que o quartzo.

CONCLUSÃO

O novo processo é bastante seletivo. No sistema oleato de sódio X itabirito ocorre uma agregação preferencial da hematita. Conseguiu-se, em um único estágio, concentrado ultrafino com 47,3% Fe.

O LTM-UFPE prossegue nesta linha de pesquisa; é esperado, para os próximos testes, um avanço ainda maior na qualidade do concentrado.

AGRADECIMENTO

Os autores agredecem ao Prof. JORGE RÔBIO, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, pela contribuição dada a este trabalho.

REFERÊNCIAS

1. Sivomohan, R., The Problem of Recovery Very Fine Particles in Mineral Processing - a Review, International Journal of Mineral Processing, Vol. 28, 1990, pp. 247-288.

2. Pugh, R. J., and Kitchener, J. A., Theory of Selective Coagulation in Mixed Colloidal Suspensions, Journal Colloid Interface Sci., Vol. 35, 1971, pp. 656-664.
3. Kitchener, J. A., Flocculation in Mineral Processing. In: Ives, K.J. (eds.), The Cientific Basis of Flocculation , Sijthoff & Noordhoff, The Netherlands, 1978, pp. 283-328.
4. Rubio, J., The Flocculation Properties of Poly (ethylene oxide), Colloids and Surfaces, Vol. 3, 1981, pp. 79-95.
5. Rubio, J. and Kitchener, J. A., New Basis for Selective Flocculation of Mineral Slimes, Transactions of the Institute of Mining and Metallurgy, C. Vol. 86, 1977, pp. 97-100.
6. Warren, L. J., Shear-Flocculation of Ultrafine Scheelite in Sodium Oleato Solution, Journal of Colloidal and Interface Science, Vol. 50, 1975, pp. 307-318.
7. Warren, L. J., Slime Coating and Shear-flocculation in the Scheelite-Sodium Oleate System, Trans. Inst. Min. Metall., C. Vol. 84, 1975, pp. 99-104.
8. Jarret, R. G. and Warren, L. J., Shear-Flocculation in Mixtures of Scheelite and Garnet, Proc. Australasian Inst. Min. Metall., 1997, pp. 57-65.
9. Koh, P.T.L. and Warren, L.J., Flotation of an Ultrafine Scheelite Ore and the Effect of Shear-Flocculation, Proc. Int. Min. Processing Congress, 13th, Warsaw, 1979, pp. 263-293.
10. Koh, P.T.L., Andrews, J.R.G. and Uhlherr, P.H.T., Floc-Size Distribution of Scheelite Treated by Shear-Flocculation , International Journal of Mining Processing, Vol. 17, 1986 , pp. 45-65.
11. Lins, F.A.F., Separação Seletiva de Finos por Agregação Hidrofóbica, Dissertação para Exame de Qualificação para Candidatura ao Doutorado, PEMM/COPPE/UFRJ, 1991.
12. Greene, E.W. and Duke, J.B., Selective Froth Flotation of Ultrafine Minerals of Slimes, Mining Engineering, Octubre , 1962, pp. 51-55.
13. Grounds, A., Fine-Particle Treatment by Ultraflotation, Mine & Quarry Engineering, 1964.

14. Dianzuo, W., Guanzhou, Q. and Weibai, H. The Effect of Carrier Promothing Aggregation of Coarse Particle in Fine Particle Flotation. In: Plumpton (Ed.), Production and Processing of Fine Particles, Canadian Institute of Mining and Metallurgy, 1988, pp. 309-316.

15. Rubio, J. and Hoberg, H., The Process of Hydrophobic Carrier Separation of Fine Minerals with Polymeric Particles (a ser publicado).

16. Rubio, J. and Baltar, C.A.M., New Technology for the Processing of Fines Minerals by Hydrophobic Carrier Separation with Polimeric Particles, 7th International Conference on Surface and Colloid Science, Compiegne, France, 1991.

17. Baltar, C.A.M. Barros, M.L.S.C., and Carageorgos, T., Estudo de um Processo de Beneficiamento para o Itabirito de Cruzeta-RN. In: Anais do XIII Encontro Nacional de Tratamento de Minérios e Hidrometalurgia, V. 1, São Paulo, 1988, pp. 1047-1060.