cbecimat26
26° Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais
22 a 26 de novembro de 2026
Costão do Santinho
Florianópolis-SC

Intensificação da cominuição de minério polimetálico por tratamento combinado de micro-ondas e ultrassom

Guilherme José Oliveira Cubi[1]; Gabriel Mateus Oliveira Cubi[1]; Ana Laura Santos Soares[1]; Fabiane Leocádia da Silva[2]; Vilson Carlesso dos Reis[1]; Melina Savioli Lopes[1]
1.Universidade Federal de Alfenas; 2. Universidade do Estado de Minas Gerais

Introdução

A cominuição apresenta elevada demanda energética no processamento mineral. O pré-tratamento por micro-ondas pode gerar tensões internas e microfissuras, enquanto o ultrassom pode atuar sobre defeitos existentes. A aplicação sequencial dessas técnicas apresenta potencial para melhorar a moabilidade de minérios polimetálicos.

Objetivos

Avaliar os efeitos dos pré-tratamentos por micro-ondas e ultrassom, aplicados isoladamente e de forma sequencial, sobre a moabilidade de um minério polimetálico, utilizando o índice de trabalho relativo (RWI) como indicador de desempenho.

Metodologia

Alíquotas de 100 g da fração −4,00 +3,35 mm foram avaliadas em quatro condições:

- Controle: sem pré-tratamento.
- Micro-ondas: 1100 e 1600 W por 2, 4, 6 e 8 min.
- Ultrassom: 40 kHz, polpas com 40% de sólidos, por 3, 6, 9 e 12 min.
- Sequencial: micro-ondas a 1100 W/6 min ou 1600 W/4 min, seguido de ultrassom nas condições descritas.

Após micro-ondas, as amostras foram resfriadas naturalmente; após ultrassom, secas a 80 °C. Todas foram moídas a seco por 1,5 min. O RWI foi determinado a partir dos tamanhos F_{80} e P_{80}, adotando o controle como referência de 100%.

$$RWI\ (\%) = \left[\frac{\left(\frac{10}{\sqrt{P_0}} - \frac{10}{\sqrt{F_0}}\right)}{\left(\frac{10}{\sqrt{P_i}} - \frac{10}{\sqrt{F_i}}\right)}\right] * 100$$

F e P: tamanhos correspondentes a 80% passante na alimentação e no produto; índices 0 e i: controle e amostra tratada, respectivamente.

Resultados e Discussão

O micro-ondas reduziu o RWI, enquanto o ultrassom isolado apresentou valores próximos ao controle (≈98–99,5%). Após micro-ondas a 1600 W por 4 min, a aplicação de 6 min de ultrassom reduziu o RWI de 58,88% para 47,83%, uma queda adicional de 11,05 pontos percentuais.

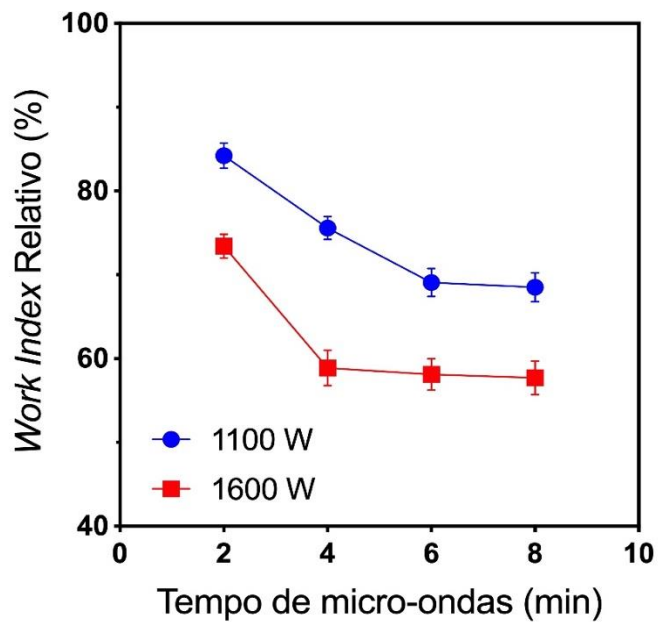


Figura 1. RWI após pré-tratamento por micro-ondas.

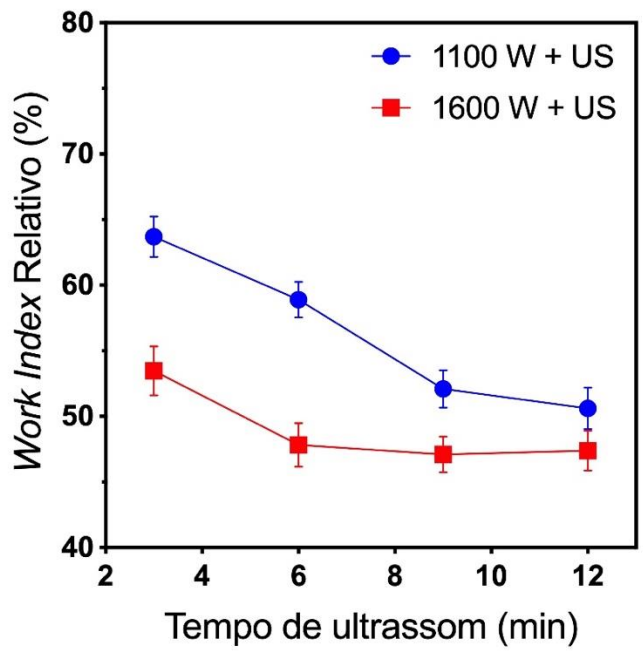


Figura 2. RWI após micro-ondas a 1100 W/6 min ou 1600 W/4 min, seguido de ultrassom.

Conclusões

O ultrassom isolado pouco alterou o RWI, enquanto sua aplicação após micro-ondas favoreceu a moabilidade do minério. A viabilidade energética da combinação depende da avaliação do consumo total da rota.

Referências e Agradecimentos

JESWIET, J.; SZEKERES, A. Energy consumption in mining comminution. Procedia CIRP, v. 48, p. 140–145, 2016.
SOMANI, A.; NANDI, T. K.; PAL, S. K.; MAJUMDER, A. K. Pre-treatment of rocks prior to comminution: a critical review of present practices. International Journal of Mining Science and Technology, v. 27, n. 2, p. 339–348, 2017.
BERRY, T. F.; BRUCE, R. W. A simple method of determining the grindability of ores. Canadian Mining Journal, v. 87, n. 7, p. 63–65, 1966.