

CINÉTICA DE ABRASÃO DA HEMATITA (PARTE II)

OSCAR DELGADO*

K. RAJAGOPAL*

RESUMO

Experiências de abrasão foram realizadas, usando seixos de hematita de forma esférica, classificadas de acordo com o critério de ZINGG, com tamanhos compreendidos entre 130 e 230 μ m, em presença de f_1 nos menores que 200 malhas Tyler do mesmo material, com o uso de um equipamento de laboratório para estudos de moagem.

Verificou-se o efeito de amortecimento da intensidade dos impactos dos seixos, no processo de abrasão, que é de primeira ordem, sendo a taxa específica de abrasão de $3,32 \cdot 10^{-4} \text{ min}^{-1}$.

* Coordenação dos Programas de Pós-Graduação de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, C.P. 68502, Rio de Janeiro, RJ - CEP 21944.

ABSTRACT

Abrasion experiments in presence of fines were carried out in a well instrumented laboratory tumbling mill using spherical haematite pebbles, classified following Zingg criterion in the size range of 130 to 230 mm. The cushioning effect on the impact intensity of pebbles in presence of fines was observed to be significant in the abrasion process. The abrasion process continues to follow a first order law with a specific rate of abrasion of $3.32 \times 10^{-4} \text{ min}^{-1}$.

I. INTRODUÇÃO

A representação fenomenológica do processo de moagem autôgena, requer o conhecimento da taxa específica de abrasão e a distribuição de tamanho do produto resultante do processo de abrasão do meio moedor. Num trabalho prévio (1), os autores apresentaram a representação fenomenológica do processo de abrasão e a determinação das taxas específicas de abrasão de amostras de hematita com tamanhos compreendidos entre 130 e 230 mm, classificadas de acordo com as suas formas, segundo o critério de ZINGG (2), com o uso de um equipamento de laboratório para estudos de moagem.

Tendo em vista que o produto resultante do processo de moagem autôgena está constituída pela mistura das partículas provenientes do processo de abrasão do meio moedor e as resultantes do processo de quebra da amostra, e considerando a dificuldade experimental para determinar ambas as funções em separado, neste trabalho, propõe-se um procedimento que permite determinar aproximadamente a função de distribuição de tamanho proveniente do processo de abrasão do meio moedor. Este procedimento consiste em efetuar experiências de abrasão em intervalos de tempo arbitrários, por exemplo, de 5 minutos até completar 30 minutos, em presença de finos (-200 malhas Tyler) do mesmo material; a distribuição granulométrica maior que 200 malhas, resultante do processo e adotada como função aproximada da distribuição de tamanho do processo de abrasão do meio moedor.

II. FUNDAMENTOS

O processo de abrasão dos minérios consiste de duas etapas: 1) o desprendimento de lascas de superfície irregular das amostras que ocorre nos instantes iniciais do processo; 2) a produção de finos por atritida superfície regular das mesmas. Considerando que ambas as etapas acontecem paralelamente com cinéticas de primeira ordem, é possível estabelecer as seguintes relações:

$$W(t) = W_1(t) + W_2(t) \quad (1)$$

$$\frac{dW_1(t)}{dt} = -K_1 W_1(t) \quad (2)$$

$$\frac{dW_2(t)}{dt} = -K_2 W_2(t) \quad (3)$$

Com as seguintes condições:

$$W_1(0) = (1 - \beta) W(0)$$

$$W_2(0) = \beta W(0)$$

onde:

$W(0)$ = massa da amostra para $t = 0$, no início do processo

$W(t)$ = massa do meio moedor no tempo de abrasão t

$W_1(t)$ = massa do meio moedor que participa no desprendimento de lascas

$W_2(t)$ = massa do meio moedor que participa na abrasão

β = proporção de $W(t)$ correspondente à abrasão

K_1 = taxa específica de desprendimento de lascas

K_2 = taxa específica de abrasão

A fração de amostra em qualquer instante do processo de abrasão, pode ser representada pela equação:

$$\frac{W(t)}{W(0)} = (1 - \beta) e^{-K_1 t} + \beta e^{-K_2 t} \quad (4)$$

Como o processo de desprendimento de lascas ocorre nos primeiros instantes do processo, para tempos prolongados predomina o processo de abrasão, então na equação (4) teremos $B = 1$, nestas condições resulta:

$$\frac{W(t)}{W(0)} = e^{-K_2 t} \quad (5)$$

III. AMOSTRAS, EQUIPAMENTO E CONDIÇÕES EXPERIMENTAIS

As experiências de abrasão foram efetuadas usando amostras de hematita de forma esférica, proveniente do Quadrilátero Ferrífero de Minas Gerais, com um teor aproximado de ferro de 68% e tamanhos compreendidos entre 130 e 230 μ m, classificadas de acordo com as suas formas segundo o critério de ZINGG (2). Cada amostra foi marcada com perforações de vários diâmetros, para facilitar sua identificação durante a execução do trabalho experimental. Todas as experiências de abrasão foram efetuadas num equipamento de laboratório para estudos de moagem (3), com o uso da carcaça de 235 x 580 mm.

Para fixar as condições de operação do moinho e determinar o efeito dos finos (-200 malhas) na cinética de abrasão do meio moedor, foi observada a variação do torque em função da velocidade de rotação do moinho, para uma carga constituída por 55 Kg de seixos, com tamanhos compreendidos entre 120 e 230 μ m. Foram realizadas duas séries de experiências com respectivamente 0 e 20% do volume dos interstícios dos seixos, ocupado por hematita moída, menor que 200 malhas; estes resultados que são vistos na Figura 1, permitem fixar a velocidade de rotação do moinho em 45 R.P.M.. Nestas condições de operação, após colocar dentro do moinho a carga de seixos e os finos menores que 200 malhas nas quantidades fixadas para cada teste, o moinho é acionado por 10 minutos e após esse tempo é parado e os seixos, separados do material fino, são pesados; por outro lado, com uma parte representativa dos finos (-200 malhas) e efetuado análise granulométrica com o uso de uma série de peneiras Tyler $\sqrt{2}$. Repete-se o mesmo procedimento até completar 30 minutos.

IV. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das experiências de abrasão dos seixos de hematita em presença de finos menores que 200 malhas, conduzidas nas condições de operação anteriormente descritas são mostradas na Figura 2; e as distribuições granulométricas obtidas após 15 e 30 minutos do processo de abrasão, encontram-se representadas na Figura 3.

Conforme pode ser visto na Figura 1, o processo de abrasão em presença de finos (-200 malhas), ocupando 20% do volume dos interstícios dos seixos, produz um efeito de amortecimento da intensidade dos impactos quando comparado com as experiências efetuadas sem a presença dos finos; constatou-se uma queda da taxa específica de abrasão de $11,50 \cdot 10^{-4} \text{ min}^{-1}$ para $3,32 \cdot 10^{-4} \text{ min}^{-1}$ como mostra a Figura 2. Por outro lado, observa-se que o processo cinético continua sendo de primeira ordem.

A distribuição de tamanho das partículas no processo de abrasão dos seixos em presença de finos (-200 malhas), no intervalo compreendido entre 0 e 30 minutos, apresentam a forma mostrada na Figura 3, tendo em vista a semelhança destas distribuições, a média das distribuições granulométricas obtidas para 15 e 30 minutos do processo de abrasão, pode ser adotado para representar a distribuição de tamanho das partículas provenientes do processo de abrasão dos seixos de hematita.

V. CONCLUSÕES

- As condições ótimas de operação do equipamento de moagem, para o processo de abrasão de seixos de hematita de forma esférica, em pre

sença de finos (-200 malhas), usando-se a carcaça de 235 mm de comprimento e 580 mm de diâmetro são: aproximadamente 55 Kg de amstras de forma esférica, com tamanhos compreendidos entre 130 e 230 mm, para uma velocidade de rotação do moinho de 45 R.P.M..

- b) Verificou-se que a cinética de abrasão dos seixos de hematita de forma esférica, em presença de finos (-200 malhas) é de primeira ordem.
- c) Observou-se um efeito significativo de amortecimento da intensidade dos impactos, no processo de abrasão dos seixos de hematita de forma esférica, em presença de finos (-200 malhas), ocupando 20% do volume dos interstícios dos seixos.
- d) A função de distribuição de tamanho das partículas no processo de abrasão dos seixos de hematita de forma esférica, pode-se representar pela distribuição de tamanho obtida nas experiências de abrasão dos seixos em presença de finos menores que 200 malhas [0,0; 0,0174; 0,1476; 0,1626; 0,2751; 0,4141; 0,8376; 1,5016; 1,5837; 0,0878; 1,6522; 3,7555]..

VI. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem os auxílios concedidos a este trabalho pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e pela Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP).

VII. BIBLIOGRAFIA

- (1) DELGADO, O. & RAJAGOPAL, K., "Cinética de Abrasão da Hematita", X Encontro Nacional de Tratamento de Minérios e Hidrometalurgia, Belo Horizonte, Brasil, (1984), 408-413.
- (2) PETTIJOHN, F. J., Rocas Sedimentárias, Editorial Universitária de Buenos Aires, Argentina, (1970), 58-61.
- (3) DELGADO, O. & RAJAGOPAL, K., "Equipamento de Laboratório para Estudos de Moagem", Anais do XI Encontro Sobre Escoamento em Meios Porosos, Rio de Janeiro, Brasil, (1983), 84-93.



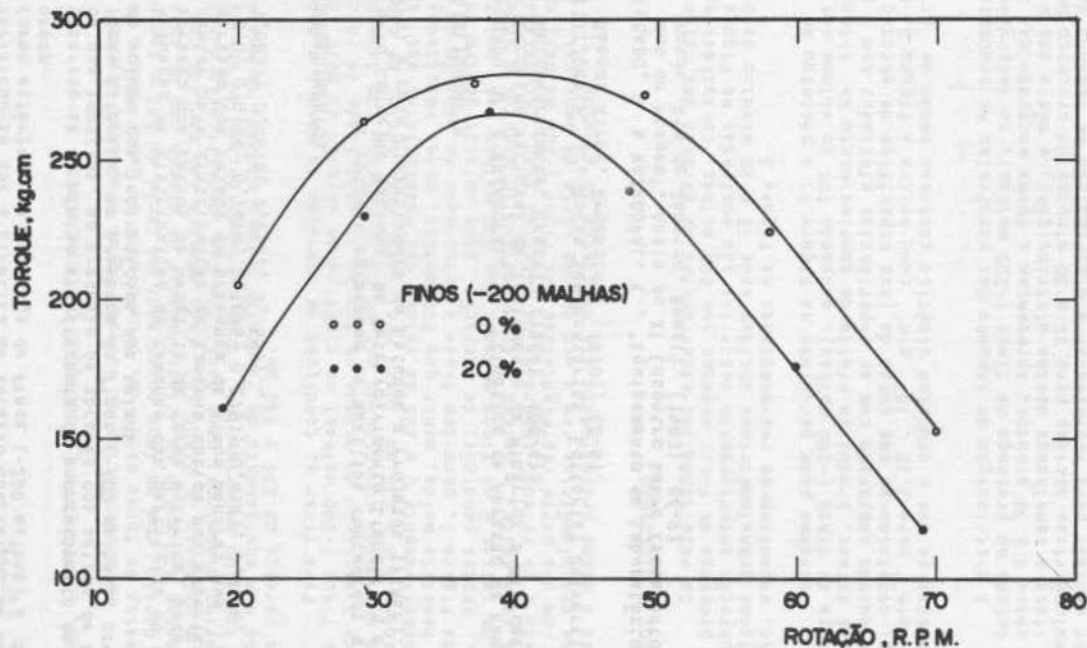


FIGURA I. VARIÇÃO DO TORQUE EM FUNÇÃO DA VELOCIDADE DE ROTAÇÃO DO MOINHO PARA 55 kg DE SEIXOS DE HEMATITA, COM TAMAÑHOS ENTRE 130 E 230 mm, EM PRESENCIA DE FINOS (-200 MALHAS).

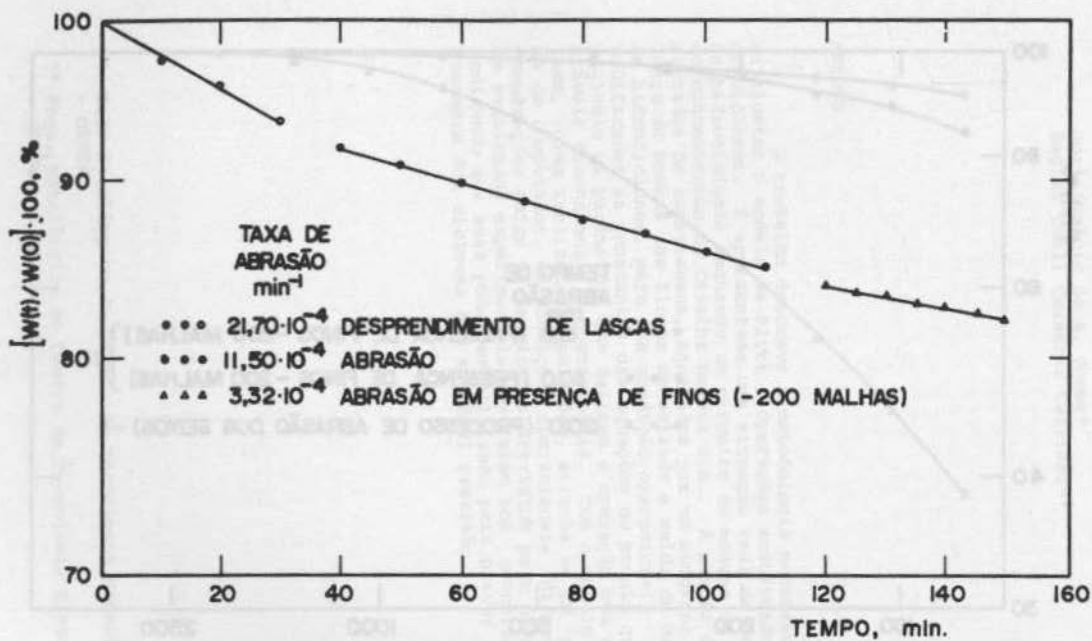


FIGURA 2. CINÉTICA DE ABRASÃO DE 55 kg DE SEIXOS DE HEMATITA DE FORMA ESFÉRICA, COM TAMANHOS ENTRE 150 E 250 mm, EM PRESENÇA DE FINOS (-200 MALHAS).

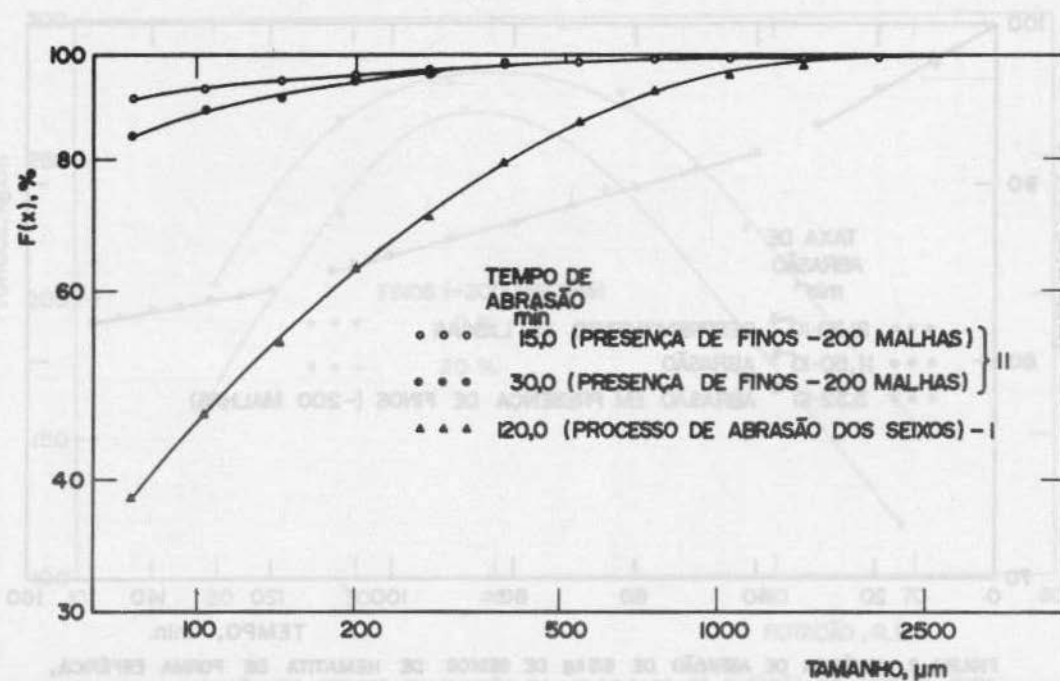


FIGURA 3. DISTRIBUIÇÃO DE TAMANHO DAS PARTÍCULAS NOS PROCESSOS DE ABRASÃO I E II, COM O USO DE 55 kg DE SEIXOS DE HEMATITA DE FORMA ESFÉRICA, COM TAMANHOS ENTRE 130 E 230 mm.