

7. MOAGEM AUTÓGENA

Por

HEDDA FIGUEIRA

Apresentado no I ENCONTRO NACIONAL DE TRATAMENTO DE MINÉRIOS
COPPE/UFRJ - 24 e 25 de maio de 1973 - ILHA DO FUNDÃO

MOAGEM AUTÓGENA

Hedda Figueira

I - INTRODUÇÃO

Embora a moagem com seixos já venha sendo usada por mais de 60 anos (1), a verdadeira revolução nas instalações de fragmentação se deu com a introdução da moagem autógena ou fragmentação em que o meio moedor é constituído pelo próprio minério a ser moído.

Este método trouxe inúmeras vantagens às instalações de fragmentação e a Suécia, a Finlândia, a Alemanha, o Canadá, a Austrália, e EE.UU. já adotam em muitas de suas instalações uma das formas de moagem autógena.

II - TIPOS DE MOAGEM AUTÓGENA

Devemos distinguir tres métodos distintos de moagem dentro da chamada moagem autógena.

1. Completamente autógena ou de uma etapa
2. Parcialmente autógena ou secundária
3. Modificada

II.1 - COMPLETAMENTE AUTÓGENA OU EM UMA ETAPA

Este método realiza o processo de fragmentação numa única etapa: o minério que vem da mina sem nenhuma ou com pequena -

britagem é alimentado num moinho cilíndrico e aí reduzido ao tamanho de partícula desejado sendo o meio moedor o próprio minério. Como toda a energia necessária para a fragmentação é transmitida pela carcaça do moinho esta deve ser suficientemente grande, usualmente o moinho tem uma relação D/L maior que 2, uma proporção que dá o mais baixo custo de instalação e determina um pequeno tempo de retenção do material dentro do moinho. Os problemas mecânicos de manufatura destes moinhos tem sido resolvidos e moinhos com até 32ft e 6000 hp foram instalados (2).

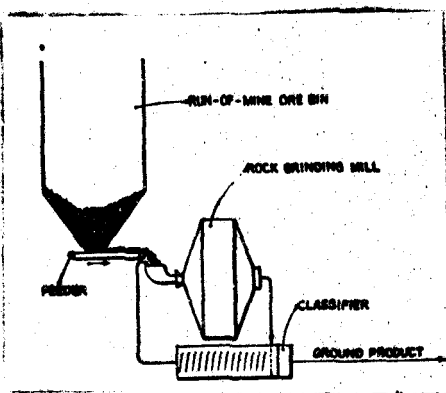


Fig. 1 - Moagem autôgena em um estágio

1. Britador primário
2. Peneiração
3. Britador secundário
4. 5. 10. Silo para minério britado
6. Alimentador
7. Moinho autôgeno primário
8. Bomba
9. 12. Classificador
11. Moinho autôgeno secundário

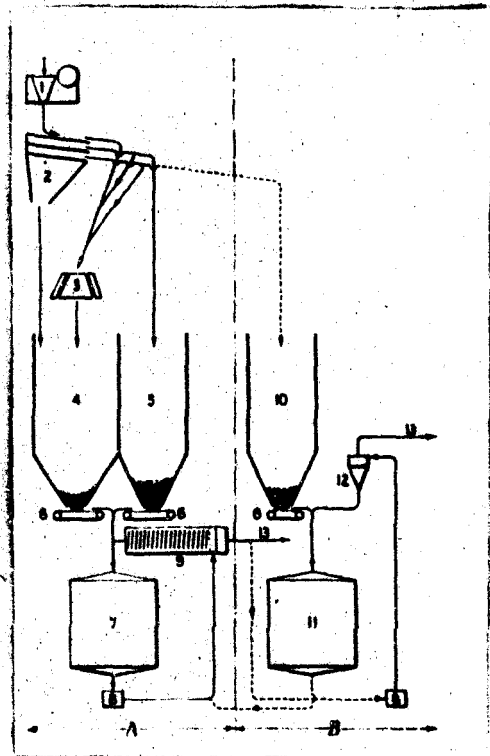


Fig. 2 - Moagem autôgena em dois estágios

II.2 - PARCIALMENTE AUTÓGENA OU SECUNDÁRIA

Neste tipo de moagem sã o moinho de bola é substituído por um moinho autógeno e é muitas vezes denominado "pebblemill" ou "pebble mill". Como o custo de moagem é geralmente o mais elevado numa fragmentação e como as instalações antigas são facilmente adaptáveis a este tipo de moagem ela está sendo bastante usada presentemente. O minério é primeiramente britado a um tamanho adequado para alimentar um moinho de barras. Durante ou antes da britagem uma peneiração separa parte do minério com tamanho adequado para servir de meio moedor. O minério moído no moinho de barras é alimentado, juntamente com os pedaços maiores do minério previamente separados, no moinho autógeno onde se dá a moagem final.

Os pedaços maiores ou seixos, separados para uso na moagem autógena devem estar entre 25 e 75mm e são escolhidos de forma a terem o mesmo peso que as bolas que eles devem substituir. Como a densidade do minério é mais baixa que a das bolas, estes moinhos necessitam ter maiores volumes ou maiores velocidades do que os de bolas correspondentes.

Muitas modalidades de circuitos são usados neste tipo de moagem: algumas separam os seixos durante a britagem e as estocam em silos de onde são alimentados como meio moedor; outros separam os seixos por peneiração após a britagem e os encaminham continuamente para o moinho autógeno. Os excedentes voltam para o moinho de barras.

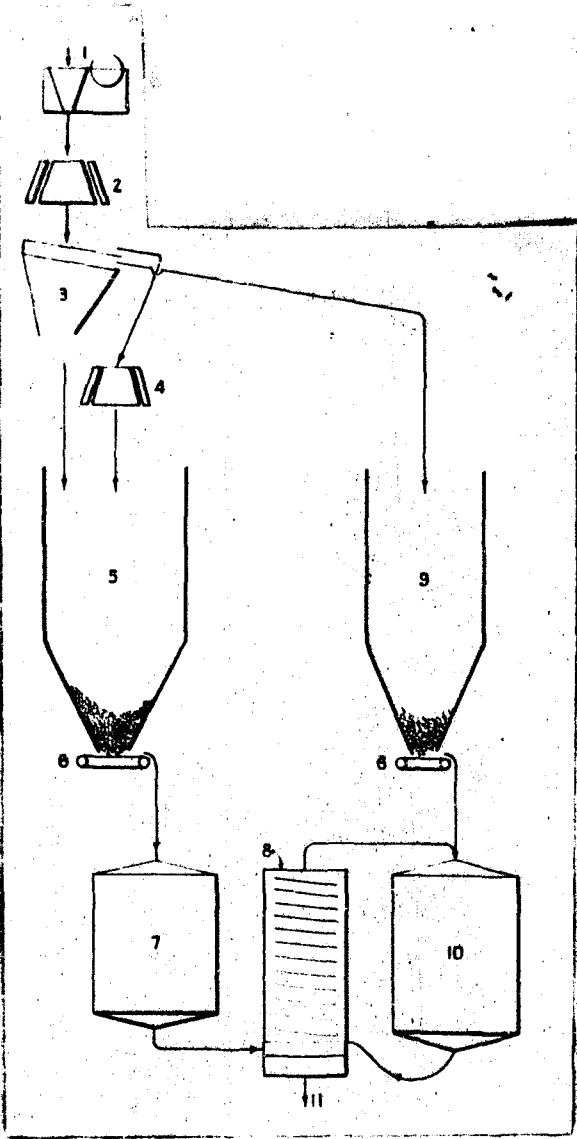


Fig. 3 - Moagem parcialmente autôgena nº 7
Moinho de barras usado no Canadá e Finlândia

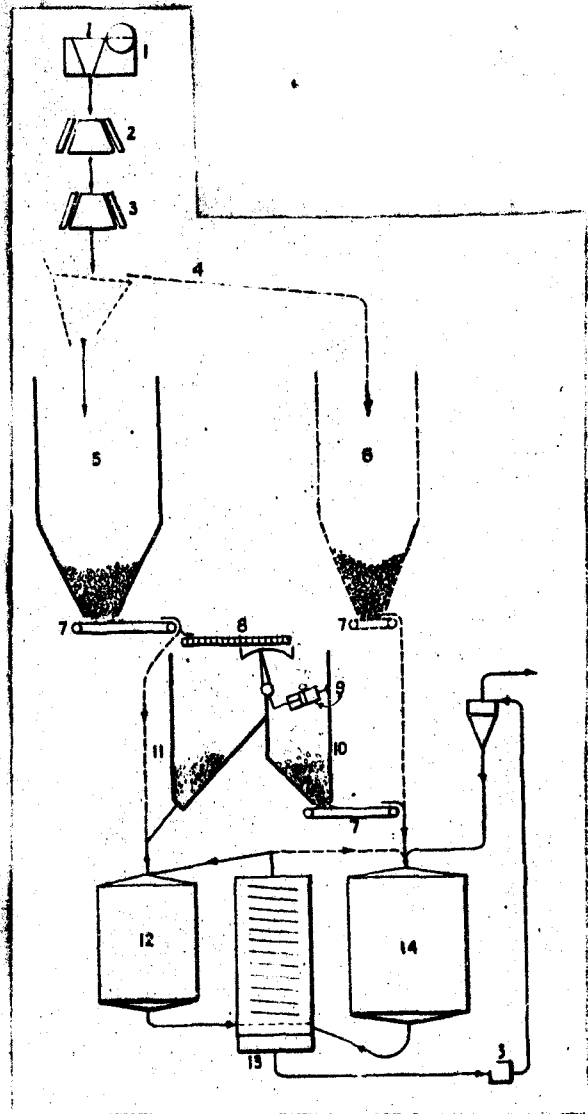


Fig. 4 - Sistema Boliden para moagens parcialmente autôgenas

II.3 - MODIFICADA

Alguns autores (3) consideram neste tipo, as moagens autôgenas em que são empregados métodos auxiliares tais como o uso de algumas bolas para facilitar a fragmentação de uma fração mais dura ou então a remoção das partículas de "tamanho crítico" para serem fragmentadas por algum outro método; Crocker (4) menciona - instalações na África e na Tasmânia que utilizam algumas bolas como auxílio da moagem autôgena.

III - MOAGEM AUTÔGENA COMPARADA COM A MOAGEM CONVENCIONAL

Na última década a moagem autôgena vem sendo usada cada vez mais em todos os países com tecnologias desenvolvidas e portanto deve apresentar vantagens, e, claro, alguns problemas.

Algumas destas vantagens são:

1. Flexibilidade
2. Facilidade de controle automático
3. Não contaminação pelo meio moedor
4. Distribuição de tamanho do produto
5. Custo de operação

III.1 - FLEXIBILIDADE

É um dos principais atributos da moagem autôgena. No circuito de moagem convencional são necessários (4) seis a oito semanas para variar completamente o tamanho das bolas no moinho, sem falar no suprimento de bolas para os próximos seis meses que geralmente já está estocado junto à usina. Estes fatores desenco

rajam qualquer operador a fazer modificações que embora necessárias à melhoria do produto não sejam absolutamente indispensáveis. Na moagem autógena (primária ou secundária) o operador pode aumentar ou diminuir o tamanho dos seixos pela simples troca da tela de uma peneira e o meio moedor contido no moinho varia completamente em dois a quatro dias corrigindo-se rapidamente - qualquer desvio no tamanho do produto.

III.2 - FACILIDADE DE CONTROLE AUTOMÁTICO

O moinho autógeno é muito mais adequado ao controle automático do que o moinho convencional (5). O gasto de energia - num moinho de bola ou de barras é praticamente independente da velocidade da alimentação e o controle automático só pode ser feito através de parâmetros secundários como a quantidade de carga circulante. O moinho autógeno opera mais eficientemente perto do pico de gasto de energia. A quantidade de alimentação do moinho pode ser ajustada automaticamente de modo a manter o gasto de energia no ponto desejado. Como o gasto de energia num moinho autógeno depende diretamente da carga no moinho e esta depende da velocidade de alimentação, o controle automático da alimentação é facilmente instalado.

III.3 - NÃO CONTAMINAÇÃO PELO MEIO MOEDOR

Outra grande vantagem da moagem autógena é a não contaminação com ferro do material fragmentado (6). Esta é a principal razão do uso deste tipo de moagem nas minas de ouro da África do Sul, pois os sais de ferro que se formariam na moagem com bolas,

iriam interferir na cianetação do ouro. O mesmo se aplica no caso da lixiviação dos minérios de urânio. Devido a esta falta de contaminação, o condicionamento da polpa para flotação deve ser modificado e não será mais da mesma forma e com as mesmas características de quando se usa a moagem com bolas.

III.4 - DISTRIBUIÇÃO DE TAMANHO DO PRODUTO

A distribuição de tamanho das partículas na moagem autôgena é bastante diferente da obtida na moagem com bolas ou barras. A fragmentação das partículas no moinho autôgeno tende a seguir as fronteiras dos grãos, e o meio moedor mais leve produz muito menos partículas ultra finas, do que as bolas de aço. Isto resulta numa rápida fragmentação até ao tamanho do grão natural e pouca fragmentação se dá além deste tamanho (5). Isto é geralmente uma vantagem em minérios que estão sendo moídos para posterior concentração já que a liberação do grão de uma espécie mineralógica e a pouca produção de partículas ultrafinas são as condições ideais para qualquer método de concentração.

III.5 - CUSTO DE OPERAÇÃO

A maior economia feita no uso de moagem autôgena é o preço das bolas e bastões de aço. Nas minas de chumbo de Vassbo na Suécia (7) economizaram 1,5 Kg de aço por ton de minério moído e nas instalações da mina de Hardy da Falconbridge Nickel Group no Canadá (8) 0,9 Kg de aço por ton de minério foi economizado com o uso de moagem autôgena secundária. Outra economia grande feita no custo da operação é a com a automação que diminui os gastos com a mão de obra.

IV - DESVANTAGENS DA MOAGEM AUTÓGENA

Hã alguns pontos na moagem autógena que não se pode apontar como impecilhos à implantação do método mas constituem obstáculos e devem ser estudados cuidadosamente antes de qualquer decisão.

Alguns destes pontos são:

1. Custo do investimento
2. Tamanho crítico
3. Necessidade de estudo em planta piloto grande
4. Gasto de energia

IV.1 - CUSTO DE INVESTIMENTO

Difícil fazer estimativas neste campo quando os dados que se obtem são de instalações diversas: umas com moagem autógenas, outras com fragmentação convencional mas nenhuma tratando minérios exatamente iguais. Entretanto alguns autores (8) acham que o investimento na instalação autógena é mais alto (2%) devido a necessidade de grandes moinhos mas como estes moinhos gigantes atualmente estão ocupando a preferência das indústrias (2) parece que esta diferença de preço dos grandes moinhos desa parece frente às vantagens.

IV.2 - TAMANHO CRÍTICO

A formação de partículas de tamanho crítico, isto é, partículas incapazes de servir de meio moedor devido ao tamanho mas muito grosseiras para serem fragmentadas, constitui um sério problema pois o material começa a se acumular no moinho com os piores resultados para fragmentação. Muitas vezes a variação de

velocidade do moinho e do tamanho da alimentação resolve o problema, mas muitos operadores preferem adicionar algumas bolas de aço de diâmetro conveniente ou recorrer para o processo modificado - que remove a fração de tamanho crítico fragmentando-a num outro moinho.

IV.3 - NECESSIDADE DE ESTUDO EM INSTALAÇÕES PILOTO GRANDE

Esta necessidade de estudo muito detalhado numa instalação grande, afastou algumas vezes a possibilidade de instalação de moagem autôgena (9) pois o preço elevado destes estudos desestimula o investidor. Crocker (8) afirma que ensaios com 30 a 50 ton são absolutamente necessários e ele estima em US\$ 15,000.00 os gastos. Entretanto Kerl em trabalho mais recente (10) descreve experiências feitas em laboratórios usando moinhos cilíndricos - mas só a moagem secundária pode ser testada, pois os seixos são preparados em outra operação do moinho. Bons resultados foram obtidos e o baixo preço, destas experiências em laboratório, estimula o seu uso.

IV.4 - GASTO DE ENERGIA

Os dados da literatura não são muito concordantes mas todos afirmam que se não há uma grande economia de energia na moagem autôgena, pelo menos o consumo não excede de muito o da moagem tradicional. Crocker (11) diz que em ensaios feitos com minério de ferro a moagem autôgena primária gastou 5-15% mais energia do que a moagem secundária ou a moagem de barras e bola.

V - CONCLUSÃO

A moagem é um processo de conversão de energia no qual a densidade e a dureza do meio moedor não é significativa mas sim a relação de tamanho entre o meio moedor e o material a ser moído; portanto a moagem autôgena é a teoricamente sempre possível, dependendo somente se as condições operacionais são realizáveis e convenientes.

Já bastante utilizada em outros países, a moagem autôgena mostrou ser um método bastante aplicável. Resta-nos iniciar estudos de sua aplicabilidade nos minérios brasileiros tão pouco conhecidos e estudados.

BIBLIOGRAFIA

1. Jackson O/A/E. - Pebble Milling Practice at the South African Gold Mines. Mining Engineering, November 1959.
2. Meisel G. M. - Why Milling Men Prefer Giants. Mining Engineering, September 1970.
3. Hardinge H. - Autogenous Grinding. Mining Congress Journal, October 1958.
4. Crocker B. S. - Recent Developments in Pebble Milling. Mining Engineering, May 1954.
5. Bond C. F. - Rock on Rock Grinding: A Growing Technology. Engineer and Mining Journal, Vol. 163, No. 4, 1962.

6. Fahlstrom S. - Comminution by Tumbling Autogenous Charges. Mine and Quarry Engineering, June 1961.
7. Fahlstrom S. - Autogenous Grinding. Mining World, Sept. - Oct. 1962.
8. Crocker B. S. - Recent Trends in Autogenous Grinding. The Canadian Mining and Metallurgical Bulletin, Oct. 1963.
9. Fagerberg B., Fahlstrom P. H. - Crushing and Grinding Practice in Sweden. Mining Engineering, October 1969.
10. Karl J. F. - Autogenous Grinding in Laboratory Tumbling Mill. Transaction AIME, September 1971.
11. Crocker B. S. - Autogenous Grinding Around the World. Mining Engineering, September 1970.