

27 (2012) 39-44

ESCOLHA ÓTICA APLICADA À PRÉ-CONCENTRAÇÃO DE MINÉRIO OXIDADO DE ZINCO

Lemyr Martins¹ ; Antônio Eduardo Clark Peres²; Roberto Galéry³; Carlos Alberto Pereira⁴

¹Votorantim Metais Zinco – Vazante;
E-mail: lemyr.martins@vmetais.com.br

²Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais - Universidade Federal de Minas Gerais;
E-mail: aecperes@demin.ufmg.br

³Departamento de Engenharia de Minas - Universidade Federal de Minas Gerais;
E-mail: rgallery@demin.ufmg.br

⁴Departamento de Engenharia de Minas - Universidade Federal de Ouro Preto;
E-mail: pereira@demin.ufop.br

RESUMO

No depósito de zinco de Vazante o minério é silicatado, sendo a willemita o mineral-minério principal e a dolomita o principal mineral de ganga. O minério é retirado da mina subterrânea e enviado ao concentrador onde é submetido às etapas de britagem, moagem, flotação de zinco, flotação de carbonatos, espessamento e filtragem. Buscando aumentos no teor e recuperação de zinco e redução de contaminantes (carbonatos e magnésio) no concentrado foi investigada a pré-concentração por escolha ótica. Os resultados, apresentados e discutidos neste trabalho, foram divergentes. Em algumas condições operacionais resultados muito bons foram obtidos, porém em outras condições o desempenho operacional foi pouco satisfatório.

Palavras Chave: escolha ótica, minério willemítico, pré-concentração

ABSTRACT

The ore from Vazante's deposit contains the zinc silicate willemite, dolomite being the major gangue mineral. The ore is sent from the underground mine to the concentrator for the stages of crushing, grinding, zinc flotation, carbonates flotation, thickening, and filtration. The pre-concentration via optical ore sorting was investigated aiming at increases in zinc grade and recovery and decrease in contaminants (carbonates and magnesium) content in the concentrate. The results, presented and discussed in this paper were divergent. Under some operation conditions very good results were achieved, nevertheless under other conditions the operation performance was unsatisfactory.

Keywords: optical ore sorting, willemite ore, pre-concentration

1. INTRODUÇÃO

A primeira grande aplicação industrial de seleção ótica foi na Grecian Magnesite Limited of Athens, que tratava 3.000.000 t/ano de minério de magnesita [1]. Ao longo da história a seleção ótica de minérios tem sido prática comum. A introdução de minério em máquinas automáticas de classificação ao longo dos últimos 30 anos conseguiu reduzir custos, melhorar a classificação e qualidade do produto no tratamento de minerais industriais.

A seleção manual é o método mais antigo de concentração. Através de uma inspeção visual, os minerais de interesse são manualmente resgatados do restante ou apenas os minerais contaminantes são separados para purificar o minério original. Devido ao crescente custo da mão de obra, ela vem sendo utilizada somente em casos especiais. Atualmente a seleção de minérios segue o mesmo princípio, porém de forma mecanizada e se utilizando de uma variedade de dispositivos automáticos de detecção, identificação e separação. As propriedades mais utilizadas são as óticas (refletância, transparência etc.), raios-X (fluorescência), condutividade elétrica, magnetismo e radioatividade.

O processo de concentração do minério silicatado de zinco através da tecnologia de separação ótica (ore sorter) foi concebido seguindo as etapas: detecção de cor de partículas, decisão sobre rejeição ou não de cada partícula e utilização de um jato de ar comprimido para rejeitar partículas indesejáveis. Em resumo, o separador ótico ore sorter tem como princípio de funcionamento a separação de materiais pelo reconhecimento das diversas cores e tonalidades do minério, através da filmagem com câmeras de alta resolução, onde um conjunto de luzes especiais garante uma filmagem precisa do fluxo do material. Uma classificação automática inclui um sensor e sistema informatizado de processamento, que reconhece que o material a ser classificado e quais serão refugados por um sistema mecânico de sopro para depois fisicamente classificá-lo em dois produtos.

Um pré-requisito para classificação eficiente é a preparação do minério para permitir um desempenho ótimo das funções de classificação. O material deve ser examinado para as frações de tamanho adequado para a máquina, e lavado para retirar “sujeiras”, que de outra forma podem mascarar a aparência das rochas e gerar falsos dados ópticos. Minérios e ou rochas molhados apresentam uma aparência mais consistente para o classificador ótico e a umidade aumenta a refletância do minério.

Refletância é uma propriedade física de um material que descreve como a luz é refletida. A aparência de vários materiais é determinada em grande extensão por suas propriedades da refletância. A maioria dos modelos da refletância pode ser classificada em duas categorias: difuso e especular. A refletância especular é a predominante nas superfícies espelhadas. Em todas as outras superfícies opacas, é a refletância difusa que predomina. Uma superfície com reflexão difusa tem como característica refletir a luz em todas as direções. Este tipo de reflexão ocorre geralmente em superfícies rugosas. Para aquelas superfícies rugosas que possuem mesma intensidade de reflexão em todas as direções a reflexão difusa é então chamada de ideal. A refletância especular ocorre na grande maioria das superfícies que constituem a fronteira entre fases. A natureza da radiação refletida depende da natureza do feixe incidente, bem como das propriedades ópticas dos meios em questão. Assim, podem-se utilizar dados de refletância para se determinar as propriedades ópticas das substâncias de interesse do espectroscopista, se as características do processo de reflexão são bem entendidas. Tal comportamento é descrito pela lei da reflexão, que indica que o sentido da luz entrante (o raio incidente), e o sentido de luz que parte refletida (o raio refletido) são similares, assim o ângulo de incidência iguala o ângulo de reflexão; isto é indicado geralmente como $\theta_i = \theta_r$ [2].

Os átomos que compõem as moléculas também apresentam comportamento vibracional. A depender da massa e das ligações químicas em torno de um átomo, têm-se efeitos vibracionais distintos na molécula. Devido a este caráter vibracional,

as moléculas, quando submetidas à ação de radiações, estão sujeitas ao desenvolvimento de uma série de efeitos inerentes às ondas eletromagnéticas, tais como absorção, refração, reflexão e espalhamento. Tais efeitos são específicos dos átomos presentes na molécula, bem como da região do espectro envolvida, permitindo a identificação de compostos [3].

2. METODOLOGIA

A figura 1 ilustra esquematicamente a operação de uma máquina de ore sorter.

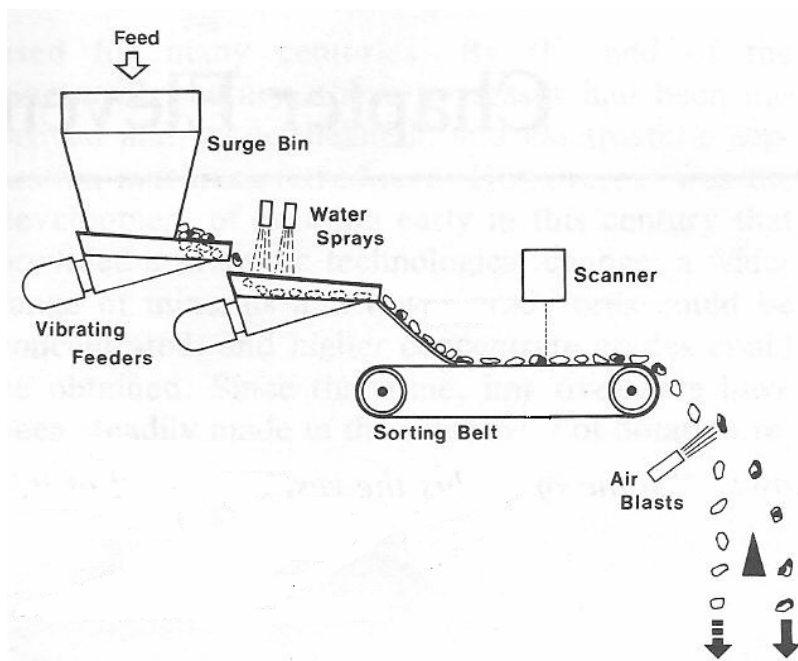


Figura 1. Esquema de operação de uma máquina de ore sorter.

As amostras utilizadas foram coletadas no concentrador de Vazante, consistindo de produtos de em duas faixas de tamanho: produto da britagem secundária e produto da britagem primária.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A tabela I mostra resultados da separação entre willemita e dolomita, por ore sorter, das diferentes faixas granulométricas que alimentam a etapa de moagem na planta de concentração de Vazante.

Tabela I. Separação de willemita e dolomita por fração granulométrica

Testes	Produtos	Peso		Teor (%)			Recuperação (%)		
		kg	%	Zn	MgO	CaO	Zn	MgO	CaO
1 5-18 mm	Willemita	5,823	78,98	19,45	11,67	16,65	91,61	73,07	72,74
	Dolomita	1,550	21,02	6,70	16,15	23,44	8,39	26,93	27,26
	Calculado	7,373	100,00	16,77	12,61	18,08	100,00	100,00	100,00
2 5-18 mm	Willemita	6,151	77,36	19,35	10,58	15,18	92,11	68,23	68,25
	Dolomita	1,800	22,64	5,67	16,83	24,14	7,89	31,77	31,75
	Calculado	7,951	100,00	16,25	11,99	17,21	100,00	100,00	100,00
3 3-5 mm	Willemita	2,446	75,45	16,85	11,17	15,60	85,69	69,53	69,34
	Dolomita	0,796	24,55	8,65	15,04	21,20	14,31	30,47	30,66
	Calculado	3,242	100,00	14,84	12,12	16,98	100,00	100,00	100,00

A tabela II mostra resultados da separação para tamanhos do produto da britagem entre willemita e dolomita, por ore sorter, secundária.

Tabela II. Separação de willemita – produto da britagem secundária

Tamanho	Total			Concentrado			Rejeito		
	% por peso	% Zinco		% por peso	% Zinco		% por peso	% Zinco	
		teor	distribuição		teor	distribuição		teor	distribuição
19-40 mm	40,11	16,36	52,48	21,42	26,30	38,96	18,69	4,96	6,41
8-19 mm	24,27	14,29	30,64	14,09	22,20	21,63	10,18	3,35	2,36
3-8 mm	18,14	13,15	4,59	12,71	17,40	15,30	5,43	3,20	1,20
-3 mm	17,48	11,70	12,29	17,48	11,70	14,14	0,00	0,00	0,00
Total	100,00	14,46	100,00	65,71	19,81	90,03	34,29	4,20	9,97

A tabela III mostra resultados da separação para tamanhos do produto da britagem entre willemita e dolomita, por ore sorter, primária.

Tabela III. Separação de willemita – produto da britagem primária

Tamanho	Total			Concentrado			Rejeito		
	% por peso	% Zinco		% por peso	% Zinco		% por peso	% Zinco	
		teor	distribuição		teor	distribuição		teor	distribuição
50-150 mm	42,86	18,21	52,48	42,86	18,21	50,23			
15-50 mm	33,13	14,21	30,64	26,74	17,40	29,94	6,39	0,87	0,36
6-15 mm	8,48	14,11	4,59	6,89	17,00	7,53	1,60	1,68	0,17
-6 mm	15,52	11,78	12,29	15,52	11,78	11,76	0,00		0,00
Total	100,00	15,54	100,00	92,01	16,80	99,47	7,99	1,03	0,53

A figura 3 mostra a recuperação de willemita em função da taxa de alimentação do ore sorter, para a faixa de tamanhos entre 5mm e 20mm. Percebe-se que a pureza do minério de interesse não é praticamente alterada, no entanto é bastante afetada quando se aproxima de sua capacidade nominal. Para

variações de alimentação em escala industrial o fato deve ser considerado como empecilho. Para o teste com menor taxa de alimentação a recuperação de willemita atingiu 98,26% com 98,76% de pureza. É um resultado excepcional considerando a qualidade do produto e resíduo gerados.

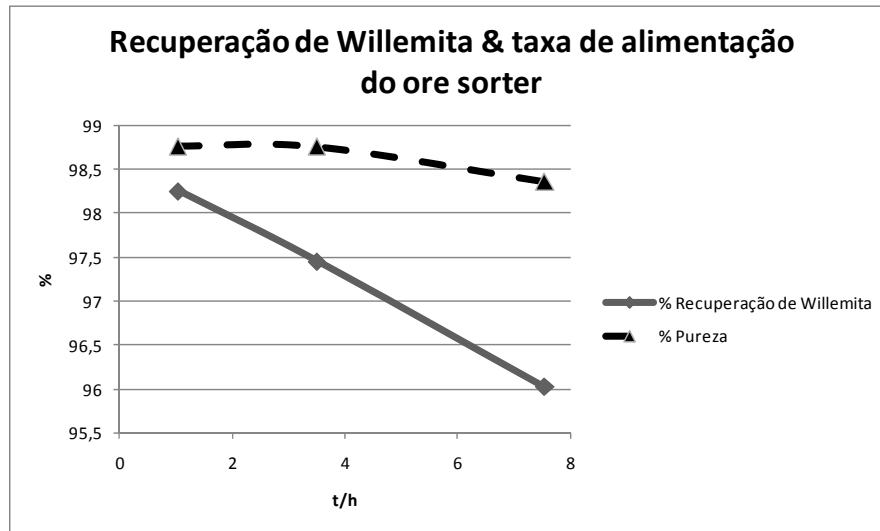


Figura 3. Recuperação de willemita em função da taxa de alimentação do ore sorter-tamanho de 5mm a 20mm.

A figura 4 mostra visualmente a eficiência de separação do ore sorter.



Figura 4. Refugo de rejeito dolomítico à esquerda e willemita pura à direita.

Para ensaios para faixas de tamanho de 2mm a 5mm os resultados foram piores, o que indica que o equipamento utilizado não é adequado para frações menores que 5 mm. A

figura 5 mostra a perda de rendimento e pureza do minério de willemita para frações menores, inclusive com taxas de alimentação menores.

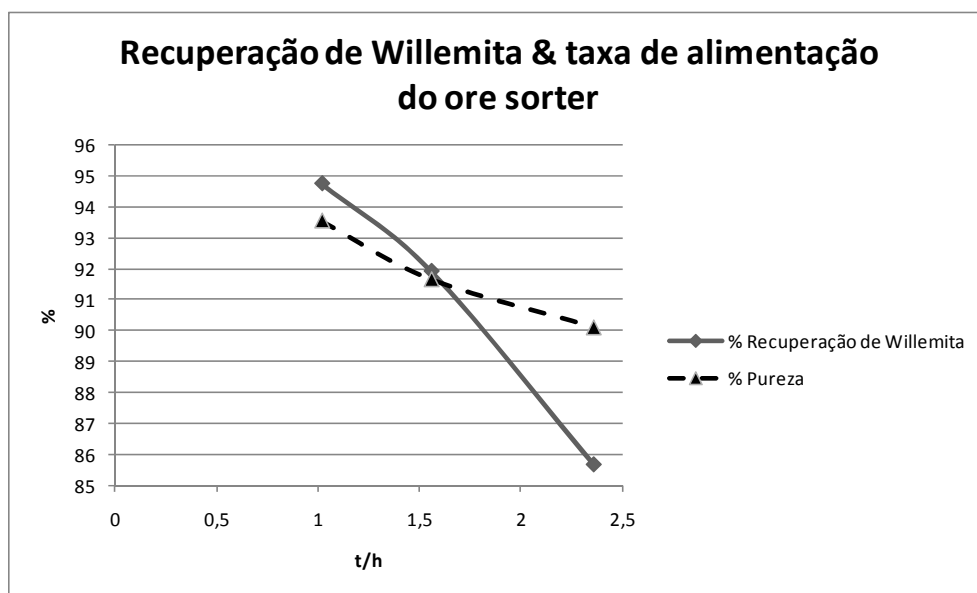


Figura 5. Recuperação de willemita em função da taxa de alimentação do ore sorter - tamanho de 2mm a 5mm.

4. CONCLUSÕES

A separação por seleção ótica apresenta alguns resultados muito bons porém a operação não se mostrou estável para variações de taxas de alimentação. Os testes foram feitos em condições ideais de alimentação, considerando o minério willemítico como matéria-prima.

O aparelho precisa “conhecer” o minério para poder detectar e refugar partículas com características específicas, ou seja, requer calibrações. Como existem vários tipos de minério de willemita na mina de Vazante, seria necessário acompanhar intensamente a operação, realizar muitas calibrações e testes e desenvolver estratégias de operação. Seria necessária uma equipe mais qualificada do que a que pode atender, por exemplo, a uma planta de operação menos sofisticada, como a concentração em meio denso.

Para se ter uma boa eficiência de separação por ore sorter é necessário classificar a alimentação em faixas estreitas de tamanho

(relação tamanho máximo / tamanho mínimo em torno de 3,0).

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Agnello, V.N. (2003). Magnesite. In South Africa's Mineral Industry. Pretoria, South Africa: Department of Minerals and Energy, p. 142 – 145.
- [2] Nayar, S.K.; OREN, M. (1995). Generalização do modelo e das implicações de Lambertian para a visão da máquina. Jornal internacional na visão de computador, Vol.14, No., p. 227-251.
- [3] Torrance, K.E.; Pardal, E.M. (1967). Teoria para a reflexão fora-specular das superfícies tornadas ásperas. J. Opt. Soc. Am. 57, 9, p. 1105-1114.