

INFORMAÇÕES GERAIS DO TRABALHO

Título do Trabalho: Estudo da queda de pressão em leitos fluidizados de altos-fornos a coque;

Autor (es): Guilherme Liziero Ruggio da Silva; David Hebert Vieira; Kennedy Faria de Oliveira; Tereza Cristina Belchior Reis; Gisele Gonçalves da Cruz; Larissa Cardoso Magalhães Arantes; Alfredo Carlos Bitarães Quintas

Palavras-chave: Alto-Forno; leito granulado; permeabilidade; Equação de Ergun;

Campus: Ouro Branco;

Área do Conhecimento (CNPq): 3.03.02.01-3 Aglomeração

RESUMO

Sob o ponto de vista metalúrgico pode-se afirmar que a produção de um Alto-Forno é limitada pela quantidade de gás capaz de atravessar a seção transversal média da cuba, satisfeitas as necessidades de combustível exigidas pelo processo. O comportamento das matérias primas no interior do forno, tem sido motivo de diversos estudos, no sentido de se obter determinadas propriedades metalúrgicas para o leito granulado, que mantenham a permeabilidade suficiente para uma boa distribuição de gás, assim como, uma menor perda de pressão no Alto-Forno. Os fatores que mais afetam a permeabilidade são: fração de vazios, granulometria e esfericidade das partículas. O objetivo desse trabalho é desenvolver um dispositivo para avaliar a queda de pressão em leitos compostos por sínter e coque, principais matérias-primas empregadas na produção do ferro-gusa, com diferentes distribuições granulométricas e esfericidades visando simular a carga carregada no Alto-Forno. As amostras foram classificadas por peneiramento, resultando em faixas de diâmetros distintas. Com esse dispositivo é possível criar um método para simular e quantificar a queda de pressão em um leito, desenvolvendo-se então uma metodologia capaz de melhorar o rendimento de um Alto-Forno de acordo com o seu carregamento. Esse dispositivo é composto de um tambor metálico de 200 l e um compressor de ar que fica localizado na parte inferior do mesmo, que é conectado ao tambor por meio de mangueiras de borracha. Ao longo do dispositivo, manômetros serão instalados para a medição das respectivas pressões. Após a construção do dispositivo será possível obter os resultados e compará-los com os valores teóricos obtidos através da Equação de Ergun, sendo possível fazer uma correlação efetiva sobre a influência de cada matéria prima na permeabilidade do Alto-Forno. De acordo com (LIZIERO 2018) espera-se obter os melhores resultados, ou seja, menor queda de pressão, em leitos com menor porcentagem de materiais muito finos pois este afeta negativamente a fração de vazios e, conseqüentemente, reduz a permeabilidade do leito.

INTRODUÇÃO:

As níveis de produtividade no Alto-Forno com baixo consumo de combustível só é possível com uma estabilidade operacional, que dependerá fundamentalmente das condições de permeabilidade reinante no interior do Alto-Forno. O índice de Permeabilidade do leito granulado de um Alto-Forno representa a maior ou menor facilidade que o gás tem em atravessar a seção média da cuba. Quanto menor a permeabilidade do leito maior será a dificuldade do gás em atravessá-lo, para uma mesma condição de sopro (HARTIG W,2000).

Uma boa permeabilidade da carga é obtida quase exclusivamente através de matérias-primas de qualidade adequada, sendo assim, pretende-se apresentar uma relação entre as principais matérias-primas, coque e sinter, e a operação do Alto-Forno.

Na zona seca do Alto-Forno, as características da carga que afetam a permeabilidade do gás são determinadas através de ensaios chamados de ensaio de permeabilidade de leitos granulados. Os leitos granulados são formados por sólidos granulados irregulares de diferentes formatos e diâmetros ou também por aglomerados de partículas finas. As principais características dos leitos que afetam a permeabilidade são a fração de vazios, a esfericidade e o tamanho médio das partículas, além das propriedades do gás injetado. Assim como previstas pela Equação de Ergun, que é a equação matemática utilizada para calcular a queda de pressão em um leito.

Com base em estudos de dissecação de Altos-Fornos realizados na década de 1970 no Japão, onde Altos-Fornos em operação foram congelados e três zonas internas principais nos Altos-Fornos foram definidas (CASTRO, 2002), as características principais de cada zona interna do Alto-Forno são descritas a seguir e mostradas esquematicamente na Figura 1. Cada zona possui um índice de permeabilidade diferente, através desse estudo também podemos identificar em qual zona ocorre a maior queda de pressão.



Figura 1: Esquema da região interna do Alto-Forno, mostrando as várias zonas (CASTRO, 2002).

Quanto maior a eficiência de redução da carga ferrosa na zona de preparação, menor será o consumo de carbono (kg/t gusa). Dentre os fatores que influenciam nessa eficiência estão: i) o contato gás-sólido na zona de preparação em função da granulometria dos materiais; ii) a qualidade da carga ferrosa, principalmente a redutibilidade); iii) a temperatura da zona de preparação e iv) o tempo de residência da carga ferrosa na zona de preparação (CASTRO, 2002).

Ergun unificou as expressões de Blake-Kozeny e Burke-Plummer, mostrando que a queda de pressão em leitos era composta de duas contribuições: uma associada aos atritos viscosos, que predomina no regime laminar, e outra, associada aos efeitos de inércia, que predomina no regime turbulento. Para o estudo de queda de pressão no Alto-Forno, desconsidera-se a primeira parte da expressão pois o regime predominante é turbulento.

$$\Delta P = \frac{150\mu_f v_0 L (1-\varepsilon)^2}{\Phi_p^2 D_p^2 \varepsilon^3} + \frac{1,75\rho_f v_0^2 L (1-\varepsilon)^2}{\Phi_p D_p \varepsilon^3} \quad (1)$$

Onde,

μ : densidade do fluido que atravessa o leito de partículas [kg/m³];

V_0 : velocidade do gás em vazios [m/s];

D : diâmetro médio das partículas do leito [m];

L : Comprimento do leito [m];

ρ : densidade do leito [kg/m³];

ε : fração de vazios;

Φ : esfericidade.

Resultados experimentais obtidos em leitos com partículas esféricas (JESCHAR et al., 1975) indicam que quando há mistura de partículas, qualquer que seja a mistura, a fração de vazios é reduzida. Conclui-se que para maximizar a fração de vazios, e conseqüentemente minimizar a queda de pressão, deve-se ter uma matéria-prima com uma distribuição granulométrica a mais estreita possível. Observou-se que, do ponto de vista da fração de vazios, o tamanho absoluto da matéria-prima não é importante, e sim a distribuição destes tamanhos.

Nos sistemas usuais de carregamento temos camadas de sinter, granulado, pelotas e coque de diferentes formas e tamanhos. Segundo SZEKELY e PROPSTER (1979), devido a essas diferenças, é formada uma interface e nesta região, partículas de minério de ferro, carregadas sobre o coque, penetram através dos vazios do leito do coque, reduzindo localmente a fração de vazios. Segundo os autores, esta queda de pressão é responsável por 20-35% da queda de pressão na cuba do Alto-Forno.

Com isso, a meta principal a ser alcançada é conseguir criar uma relação entre a composição do leito (tipo de material, granulometria, quantidade) com a queda de pressão determinada, visando utilizar esse equipamento como meio teste para verificar se a carga carregada no Alto-Forno terá um bom desempenho.

4. Metodologia

4.1 Caracterização físico-química das matérias primas do Alto-Forno

O coque e o sínter utilizados nesse estudo foram produzidos pela Gerdau - Ouro Branco. O coque utilizado apresenta as propriedades expostas na tabela 1 e o sínter é caracterizado pela tabela 2.

Tabela 1. Composição físico-química do coque

| Testes | Normas | Porcentagem |
|-----------|-------------|-----------------------|
| CRI | ASTM5341 | 19,20% |
| DI | JIS2151 | 85% |
| CSR | ASTM 5341 | 70% |
| Cinza | ASTM 3175 | 8,50% |
| Enxofre | ASTM-D-4239 | 0,70% |
| Densidade | ASTM-D-167 | 1176kg/m ³ |

Tabela 2. Composição físico química do sínter

| Testes | Normas | Porcentagem |
|-----------------------|------------|-------------|
| Teste de Tamboramento | JIS M 8711 | 73,90% |

4.2 Dispositivo- Tambor

O protótipo para analisar a queda de pressão em um leito fluidizado será em pequena escala, tratando-se de um tambor com a capacidade de 200 litros. Um compressor de ar, da marca V8 Brasil modelo V8-10/100, será instalado na parte inferior do tambor, cuja a finalidade é injetar ar no seu interior, carregado com matérias primas, através de mangueiras de borracha. A pressão na qual o ar é injetado é determinado através de um manômetro instalado também na parte inferior do tambor, e para determinar a queda de pressão que ocorre durante a passagem do ar pelo leito, é colocado outro manômetro na parte superior do tambor. Afim de realizar uma medição mais precisa outro manômetro diferenciador de pressão digital será instalado na lateral do protótipo, o mesmo será interligado do topo ao fundo do tambor por mangueiras. Como mostrado na figura 4.

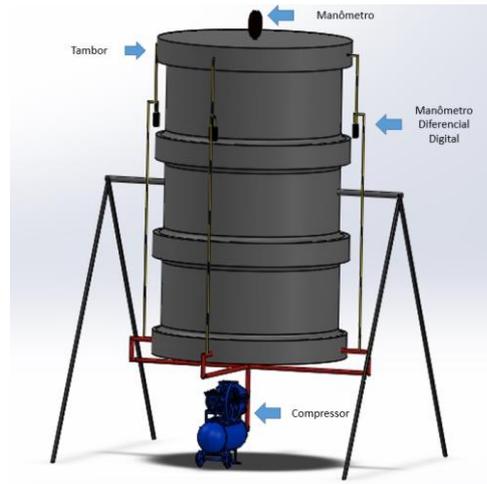


Figura 4: Representação 3D do tambor

4.3 Ensaio Fluidodinâmicos

Após as amostras de sínter e coque serem separadas em relação a sua granulometria, as análises a serem feitas vão considerar os resultados obtidos pelos manômetros instalados no protótipo, que indicarão a perda de pressão no leito carregado, de forma instantânea. Com isso, diferentes baterias de ensaios com granulometrias distintas dos materiais serão realizadas, Será utilizado nos testes um leito sem partículas grosseiras, um segundo ensaio com somente materiais intermediários, um terceiro com a retirada de material fino e um último com a homogeneização de partículas de todos os tamanhos.

4.4 Modelo Experimental x Modelo Teórico

A comparação entre a queda de pressão medida empiricamente com a pressão calculada de forma teórica pela equação de Ergun será feita por meio de dados estatísticos podendo conter gráficos e tabelas. Essa análise permite fazer uma correlação efetiva sobre a influência de cada matéria prima na permeabilidade do Alto-Forno. Quanto maior a fração de vazios no leito, menor é a queda de pressão, favorecendo na permeabilidade da carga, pois está será reduzida em maior proporção, otimizando o processo metalúrgico.

RESULTADOS E DISCUSSÕES:

Como o trabalho ainda está em andamento e o protótipo em fase de construção a análise dos resultados não foi terminada.

CONCLUSÕES:

Não foi possível obter nenhuma conclusão até o presente momento devido ao fato do trabalho estar em desenvolvimento. Contudo, vale ressaltar que o estudo da queda de pressão do Alto-Forno com o intuito de obter uma melhor permeabilidade do leito é de grande importância tanto para a academia quanto para as empresas, uma vez que a produção metalúrgica é potencializada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

1. GEERDES, M. Modern Blast Furnace Ironmaking - an introduction. 2a edition, 2009, p.19-36.
2. Colocar referência do nosso artigo.
3. Hartig W. Langner K, Bodo H, Kurt L, Stricker P. Measures for Increasing the Productivity of Blast Furnace. 2000, Ironmaking Conference Proceedings.
4. Kurosawa H, et al. DEM-CF Model Considering Softening Behavior of Ore Particles in Cohesive Zone and Gas Flow Analysis at Low Coke Rate in Blast Furnace. 2012. ISIJ International, Vol. 52, No. 6, pp. 1010–1017.
5. ERGUN, S. Fluid Flow through Packed Columns, Chemical Engineering Progress, vol. 48, American Institute of Chemical Engineers, 1952, pp. 89-94.
6. Ka Wing Ng, et al. Coke Size and Shape Characterisation for Bed Permeability Estimation. AISTech Proceedings, p. 343-353, 2013.

Participação em Congressos, publicações e/ou pedidos de proteção intelectual:

O projeto não foi apresentado ou publicado pois ainda não foi finalizado.