

ESTUDO DAS VARIÁVEIS DO FURO DE CORRIDA DE UM ALTO-FORNO*

Matheus Albuquerque Lelis¹
Vinícius de Paulo Assis Filho²
Kelly Cristina Ferreira³

Resumo

Em se tratando de alto-forno, a massa refratária utilizada para tamponar o furo de corrida pode ser um obstáculo em seu processo operacional. A massa de tamponamento é diretamente ligada a logística de produção de ferro-gusa, pois é a responsável pelo vazamento constante desta matéria prima e por ele se escoar toda produção da usina siderúrgica. Uma massa com problemas pode gerar um mau fechamento do furo, acarretando em problemas no cadinho, no material refratário, afetando a produção diária do gusa, o que pode gerar uma diminuição da produtividade e com isso teremos menos lucro para a indústria. Diante dos fatores expostos, este trabalho, tem como finalidade, destacar a importância do furo de corrida na produtividade do alto-forno, não só a massa, como também o tipo de broca e o diâmetro da mesma pode influenciar e muito este ciclo produtivo.

Palavras-chave: Alto-forno; Massa de tamponamento; Furo de corrida.

STUDY OF THE VARIABLES OF THE TAPHOLE OF A BLAST FURNACE

Abstract

In the case of a blastfurnace, therefractorymassusedto buffer the running holemaybeanobstacle in its operationalprocess. The tapholeclayisdirectlylinkedtopigironproductionlogistics, as it isresponsible for theconstantleakageofthisraw material and for it toflowallproductionofthesteelmill. A masswithproblemscangenerate a badholeclosing, causingproblems in thehearthandtherefractory material, affectingthedailyproductionofthepigiron, whichcangenerate a decreaseofproductivityandwiththatwewillhavelessprofit for theindustry. In viewoftheexposedfactors, thisworkaimstohighlighttheimportanceofthetaphole in theblastfurnaceproductivity, notonlythemass, butalsothetypeofdrillandthediameterofthedrillcangreatlyinfluencethisproductivecycle..

Keywords: Blastfurnace; Taphole Clay; Taphole.

¹ Graduando em Engenharia Metalúrgica, Faculdade de Engenharia, Universidade do Estado de Minas Gerais, João Monlevade, MG, Brasil.

² Graduando em Engenharia Metalúrgica, Faculdade de Engenharia, Universidade do Estado de Minas Gerais, João Monlevade, MG, Brasil.

³ Engenheira Metalurgista, Mestranda em Tecnologia Mineral, Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, Brasil.

⁴

1 INTRODUÇÃO

O alto-forno se trata de um reator térmico, onde através da redução de minérios de ferro com coque e fundentes, que são carregados no topo e durante a descida ocorre a transformação devido a ação dos gases que estão subindo, vindos da queima do carvão com o oxigênio soprado pelas ventaneiras, formando escória e ferro gusa, que são depositados no cadinho e os gases com as poeiras ficam no topo.

Temos no cadinho do alto-forno, o gusa e a escória que se separam por conta da diferença de densidade, ficando a escória na parte superior. O volume para acumulação destes materiais é limitado, pois ocupam os espaços entre os interstícios do coque contidos no cadinho, uma vez em excesso, podem causar problemas operacionais, como uma marcha irregular, pode também encostar no bico da ventaneira e danificá-la, como também pode esfriar o cadinho.

Para evitar o acúmulo de escória e gusa no cadinho, deve-se drenar os mesmos, realizando uma abertura por meio de uma haste perfuratriz no cadinho, esta haste pode ser hidráulica ou pneumática, utilizando em sua extremidade uma broca em que a mesma gira e em movimento horizontal com alta velocidade, perfura o cadinho até alcançar o gusa líquido, momento em que se rompe o cogumelo e dá se o início do processo de vazamento.

A operação de abertura do furo de corrida pode ser considerada como uma das mais importantes operações do alto-forno, é fundamental para a estabilidade operacional do mesmo, esta operação é realizada utilizando-se uma perfuratriz ou martelo (martetele) hidráulico ou pneumático, no qual é adaptada uma longa haste tubular em cuja extremidade é soldada ou rosqueada uma broca para perfurar a massa já sinterizada.

Após a abertura, deve-se injetar a massa no furo, ela então passa a ser exposta quase que instantaneamente a uma temperatura extremamente severa e a uma elevada pressão interna do forno, provocando um acúmulo de massa sinterizada no interior do forno, formando assim o “cogumelo”.

A massa de tamponamento do furo de corrida, é geralmente composta por alcatrão, ligantes e outros aditivos minerais. Ela deve ter propriedades como boa plasticidade, rápido endurecimento e não formação de trincas sob rápido aquecimento. Para manter estas propriedades, medidas devem ser tomadas na utilização e manuseio da massa, como estocagem em locais apropriados e cuidados no manuseio.

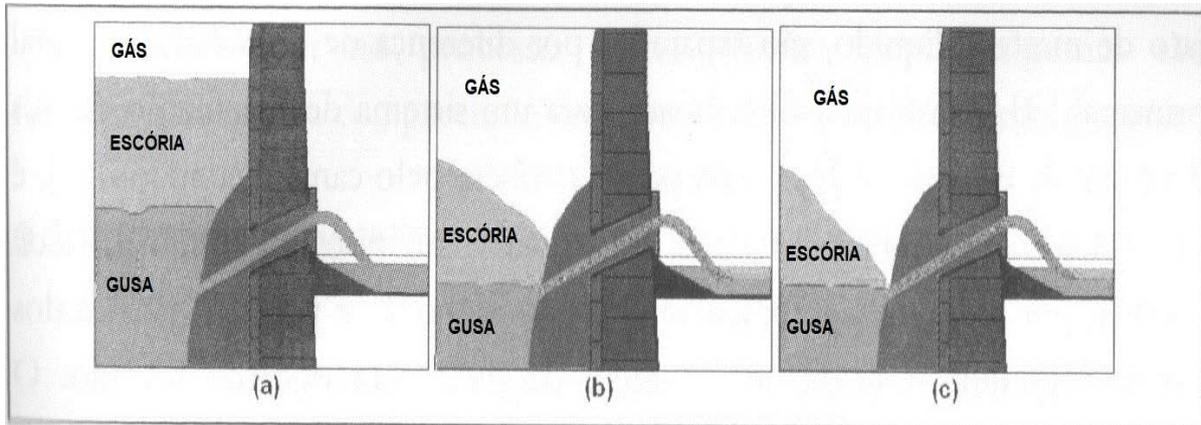
2 DESENVOLVIMENTO

2.1 O funcionamento do alto-forno

O funcionamento do alto-forno acontece da seguinte maneira: Após a dosagem das matérias primas como minério de ferro granulados, sinter, pelota, fundentes e coque, o alto-forno é carregado pela correia transportadora que conduz essas matérias primas até as tremonhas do equipamento. Pelo sistema de carregamento, coque e matérias primas ferrosas são distribuídos de maneira alternada no interior do forno. Enquanto ocorre esse carregamento, o ar aquecido é soprado pelas ventaneiras na parte inferior do forno. Na zona de combustão o carvão pulverizado e o coque entram em contato com o ar aquecido gerando gases a elevadas temperaturas. Esses gases que sobem e ficam em contato com a carga metálica que desce, reagem reduzindo e fundindo a carga metálica originando o ferro-gusa e a escória,

que são vazados por furos localizados na base do forno (cadinho). O ferro-gusa vazado é conduzido por meio dos canais refratários na região da casa de corrida até os carros torpedo. A escória é separada do gusa por diferença de densidade e conduzida também através de outro canal refratário até os granuladores de escória.

Figura 1: Sequência de eventos durante uma corrida do alto-forno



Fonte: COMPANHIA SIDERÚRGICA PAULISTA, 2001.

Temos (a) como início da corrida e vazamento do gusa, (b) como o momento em que a escória começa a ser vazada também por questões de densidade e (c) onde ambos já vazaram, o forno esvaziou e inicia-se o processo de vazamento de gás interno, criando faíscas do lado de fora do furo, momento esse em que a corrida se encerra e o furo deve ser imediatamente tamponado.

2.2 Cenário econômico na indústria siderúrgica

Com o atual cenário econômico, desde a crise de 2008, as usinas siderúrgicas vêm tentando se readaptar aos novos moldes da economia, bem como corte de gastos excessivos, mas também no corte de seus funcionários, porém sempre prezando o máximo rendimento possível pelo menor custo e em um menor tempo.

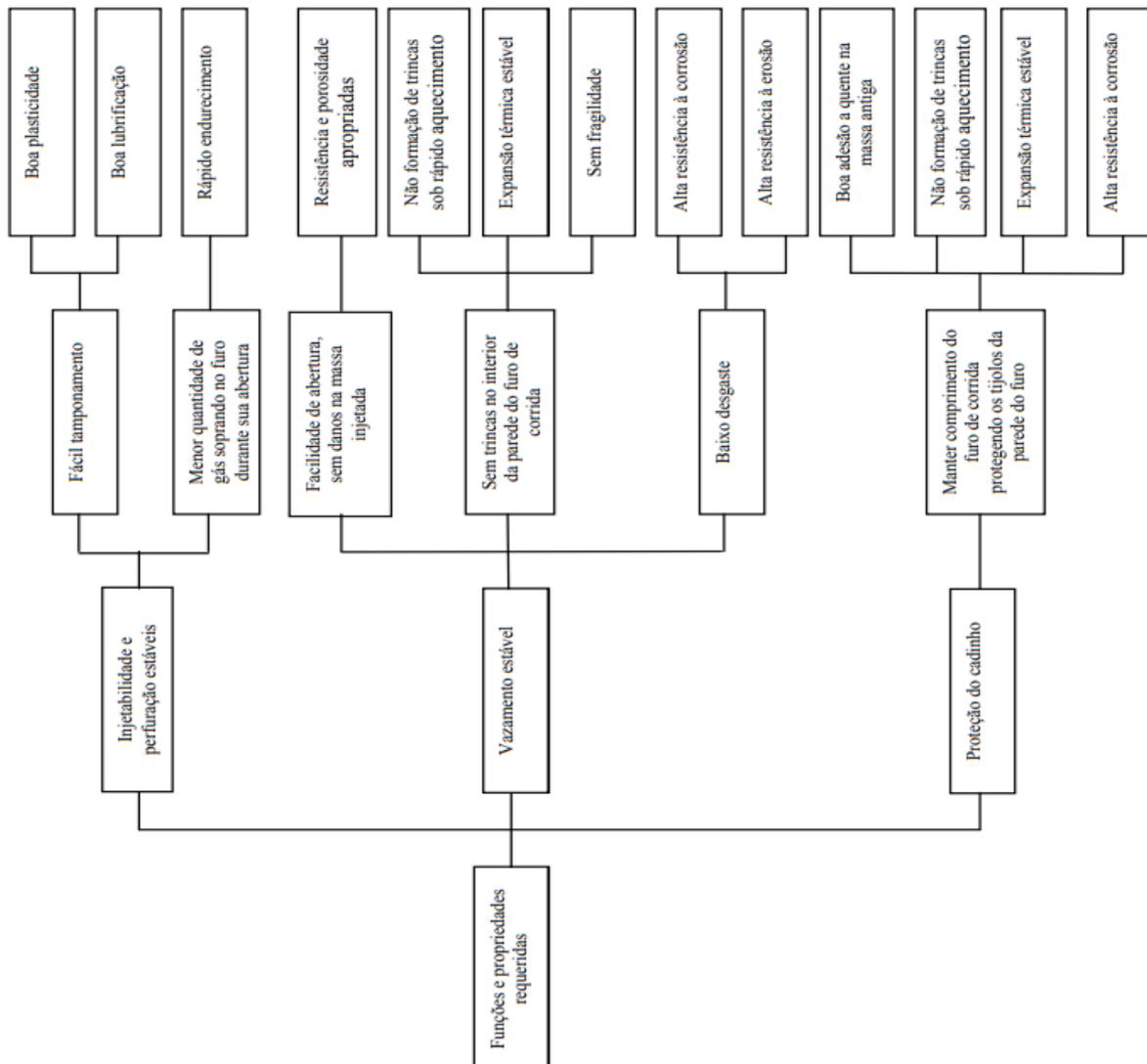
Como consequência, temos a grande importância que são as operações confiáveis de processo de fabricação do gusa. Com o pouco efetivo que restou nas siderúrgicas, os que continuam devem focar na produtividade, priorizando o menor gasto para tal, melhorando se possível, o desempenho dos equipamentos. Novas tecnologias devem ser estudadas pelos engenheiros e aplicadas quando se vê oportunidade de elevar produção sem elevar seu gasto.

2.3 Análise da massa de tamponamento

Uma das variabilidades que se pode melhorar, é a massa de tamponamento, que é um produto fabricado por inúmeras matérias-primas (material composto), cada qual com sua função específica. É um produto que após fabricação, requer cuidados com relação a estocagem e transporte, pois é um produto que vem a sofrer constantes transformações, o que modifica as suas propriedades, tendo a principal, sendo a sua plasticidade. No momento de sua aplicação, a massa é removida do bag (local onde

é armazenada) e exposta à temperatura e condições ambientes, logo em seguida, ela é adicionada no canhão de lama, que é posicionado na boca do furo de corrida (o qual se encontra a uma temperatura elevada), o produto então passa a ser exposto a uma solicitação de extremo calor (alto-forno em processo) e da pressão interna do mesmo. Sendo assim, o material responsável pela sua plasticidade, ou seja, o ligante, é eliminado na medida em que se tem a solicitação mecânica do operador do canhão e conseqüentemente o furo é preenchido, ocorrendo a sinterização dessa massa. Inúmeras reações químicas começam a ser desencadeadas, no momento em que a massa passa a preencher todo o comprimento do furo de corrida, aderindo à massa remanescente na parte mais inferior do forno (cadinho), formado assim também o que chamamos de cogumelo. A possível estabilidade da massa de tamponar, o alto-forno irá operar em condições melhores de trabalho, evitando assim, menos interrupções para troca de lotes com massa que contenham uma qualidade diferente da trabalhada, reduziria bastante as manutenções por corridas em trincas por exemplo, uma vez que sua massa iria sinterizar de uma maneira adequada, a economia gerada devido a essa menor manutenção, seria devido a uma menor frequência de reparos ao furo de corrida, menostempo de inatividade e menor consumo de consumíveis, vindo como um benefício adicional com todo o cuidado a sua massa de tamponamento.

Tabela 1: Funções e propriedades requeridas das massas de tamponamento



Fonte: New tapholemud for blastfurnace, 1999.

2.4 Propriedades de uma massa de tamponar

A boa plasticidade e injetabilidade da massa no furo de corrida está relacionada a grafita, que é uma fonte de carbono aumentando a resistência à corrosão proveniente do ataque de gusa e escória no material. O envelhecimento da massa também é importante para uma boa plasticidade, pois quando a massa é fabricada ela ainda não apresenta boa uniformidade (RIBEIRO, 2010).

É necessário que a massa fique estocada entre 5 a 10 dias a fim de melhorar sua molhabilidade/encharcamento por parte dos ligantes em todos os grãos que compõem o material, atingindo assim o ponto ideal de plasticidade e uniformidade para sua injeção no furo de corrida.

Para avaliar o grau de plasticidade e a capacidade de o material ser injetado no forno é feito o teste de extrusão. Esse teste é realizado através de um canhão e o índice de extrusão é adequado para cada cliente. O valor do índice pode ser obtido

após a fabricação da massa ou acompanhado alguns dias depois da fabricação do produto no seu período de envelhecimento (RIBEIRO, 2010).

A formação de trincas na massa de tamponar é um dos problemas que o fabricante quer evitar em seu material e para melhorar esse parâmetro, a viscosidade do piche está diretamente ligada a massa. Esse tipo de trinca irá ocorrer quando a pressão do gás exceder a resistência mecânica do material (BASTOS, 2017).

A massa de tamponar deve ter em sua composição elevador teor de negro de fumo, permitindo que as trincas dos furos de corrida sejam devidamente vedadas. Ainda não são conhecidos os mecanismos físicos e químicos que podem atuar durante as condições de operação da massa para que o negro de fumo forneça essa propriedade ao material.

O negro de fumo é uma fonte de carbono impuro utilizada em diversos produtos e possui propriedades específicas que são relacionadas ao tamanho da partícula, características e estrutura da partícula. A propriedade importante no negro de fumo é seu grau de aglomeração. Também são responsáveis pelo consumo de ligantes. Quanto maior aglomeração do negro de fumo maior será a absorção de ligantes pela massa (BASTOS, 2017).

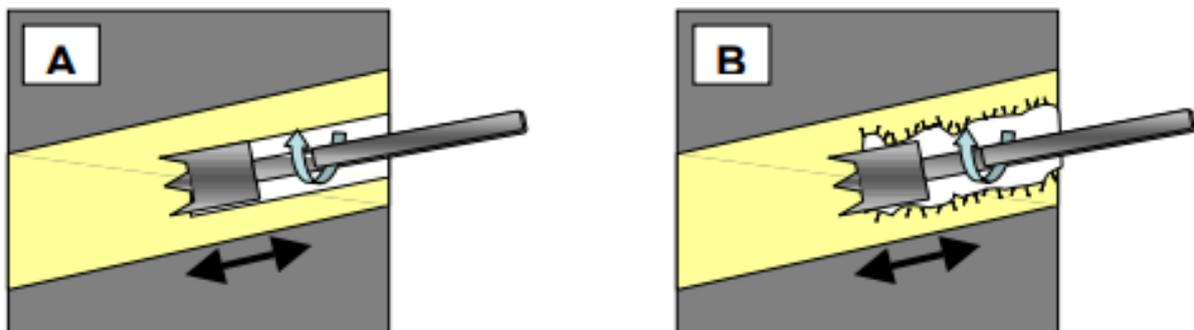
2.5 Importância da broca

Para se obter uma eficiência na operação de abertura do furo de corrida, é muito importante a combinação de algumas variáveis no momento da perfuração como o tipo de broca, refrigeração usada, já que a alta rotatividade e o contato direto com o forno gerará um atrito e um calor excessivo no equipamento e na peça, a velocidade da broca assim como a sua força de giro, a força de avanço, a frequência e amplitude do martelo de impacto.

Usinas têm procurado desenvolver processos alternativos de perfuração, tentando assim driblar a crise econômica, elevando sua produtividade por um menor gasto com consumíveis que possam gerar uma maior produtividade e possuir uma maior vida útil. Um destes processos, consiste na utilização de barras redondas em aço de baixo carbono (comercial) as quais substituem o conjunto haste, a broca.

Uma vez que a baixa performance apresentada pelas brocas existentes atualmente no mercado, as usinas siderúrgicas vêm procurando desenvolver processos alternativos de perfuração.

Figura 2: Situações de trabalho das brocas no momento de abertura do furo



Fonte: Andrade, et al.

Na figura (a), temos as condições ideais para a perfuração do furo de corrida, bem como tipo da broca, velocidade da perfuração e rotatividade. Já na sequência, figura

(b), temos uma abertura sendo realizada de uma maneira incorreta, ocasionando trincas na massa refratária do canal, podendo ocorrer vazamentos por trincas do gusa, sendo necessário a correção do canal no momento de tamponamento, por meio de injeção de mais massa de tamponar, ou até mesmo a substituição do mesmo, por não apresentar mais as mesmas condições de trabalho que antes.

3 CONCLUSÃO

Normalmente, a condição do cadinho vai ditar o fim de uma campanha do alto-forno, ao passo que proteger o mesmo e o furo de corrida é de suma importância para obter corridas longas no alto-forno. As economias geradas devido à baixa manutenção, diminuição na frequência de reparos no furo de corrida, menor tempo de inatividade e pouco gasto com consumíveis, são um benefício adicional no seu processo operacional.

Agradecimentos

Agradeço a ABM, a oportunidade de submeter o nosso trabalho.

REFERÊNCIAS

- 1 ANDRADE, Leonardo da Cunha et al. **IMPLANTAÇÃO DE PERFURATRIZ HIDRÁULICA NO ALTO FORNO 2 DA CST-ARCELOR BRASIL**. Disponível em: <<http://www.abraman.org.br/arquivos/112/112.pdf>>. Acesso em: 9 jun. 2018.
- 2 BASTOS, Sávia Cristina Lacerda Poubel. **Caracterização estrutural do nitreto de ferro silício e avaliação de sua aplicação como matéria-prima para massa de tamponamento**. 2017. Disponível em: <http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/bitstream/handle/1843/MAPO-7RCJHX/savia_bastos.pdf?sequence=1>. Acesso em: 4 maio 2018.
- 3 ERNANDES MARCOS DA SILVEIRA RIZZO. **Introdução aos processos siderúrgicos**. São Paulo, 2005. 150 p.
- 4 MARCELO BREDA MOURÃO (São Paulo) (Org.). **Introdução à Siderurgia**. São Paulo: Abm, 2011. 428 p.
- 5 OLIVEIRA, Luiz C. A.; FABRIS, José D.; PEREIRA, Márcio C.. **ÓXIDOS DE FERRO E SUAS APLICAÇÕES EM PROCESSOS CATALÍTICOS: UMA REVISÃO**. 2013. Disponível em: <http://quimicanova.sbgq.org.br/imagebank/pdf/Vol36No1_123_21-RV12151.pdf>. Acesso em: 9 maio 2018.
- 6 RIBEIRO, Aloísio. **Técnicas de caracterização para o desenvolvimento de massas de tamponamento para altos-fornos**. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ce/v59n349/a06v59n349.pdf>>. Acesso em: 15 set. 2017.