

ASPECTOS TÉCNICOS DA INJEÇÃO DE PÓ DE PNEU EM ALTOS-FORNOS¹

Gerson de Araújo Filho²
Paulo Santos Assis³

Resumo

Este trabalho mostra a utilização de pneu moído como combustível em altos-fornos. O pneu moído pode substituir os finos de carvão mineral e/ou os finos de carvão vegetal em altos-fornos. A injeção através das ventaneiras, contribui para geração de energia e também gerar um gás para redução dos óxidos de ferro carregados nos altos-fornos. O pneu moído, é injetado nos altos-fornos, contribuindo para diminuição dos pneus dispostos de forma incorreta na natureza. Uma das vantagens do uso deste material é que ele é um material de baixo valor que pode transformar em um produto de alto valor agregado. Resultados preliminares mostram uma boa combustibilidade do pneu moído, sendo obtidos através de um modelo de simulação que retrata condições semelhantes a que ocorre na região das ventaneiras dos altos-fornos.

Palavras-chave: Injeção de pneu; Alto-forno; Combustão

TECHNICAL CONSIDERATIONS OF THE INJECTION OF TYRE INTO BLAST FURNACES

Abstract

This paper shows the use of tyre as fuel to be employed into blast furnaces. This tyre can substitute coal or even charcoal in the blast furnaces tuyeres. The injection into tuyeres, other than contribute for energy generation, can produce gas for metallic oxide reduction, the former charged into the blast furnace throat, thus contribution for using other forms of wastes. The tyre, as powder to be injected into blast furnaces, contributes for an environmental employee of that waste, so as permit for obtaining a high value product. Then, one advantage of using such material is that it is waste and has lower cost for preparation. The results obtained have showed that the tyres has good combustibility, this was obtained in a model that simulate the same conditions occurring in the blast furnaces tuyeres; these results include tyres and mixtures of tyres with coal or even with charcoal.

Key words: Tyre injection; Blast furnace; Combustion.

¹ Contribuição técnica apresentada na 61º Congresso Anual da ABM, de 24 a 27 de julho de 2006, Rio de Janeiro – RJ

² Membro da ABM - Engenheiro Metalurgista, Mestrando em Engenharia de Materiais – REDEMAT - UFOP

³ Membro da ABM - MSc, Dr. Prof. Titular do Dep. de Engenharia Metalúrgica e de Materiais - Escola de Minas – UFOP

1 INTRODUÇÃO

A importância dos pneus é bastante visível, nos dias de hoje. Com a sua invenção houve a troca das antigas rodas de madeira e ferro. Com isso houve uma diminuição no impacto das rodas com as estradas, proporcionando assim, maior conforto, segurança e durabilidade.

O material que constitui o pneu foi descoberto pelo americano Charles Goodyear que produziu a borracha vulcanizada ao misturar a borracha com o enxofre e levar ao fogo. Segundo dados da ANIP (Associação Nacional da Indústria de Pneumáticos), no Brasil em 2004, foram produzidos 52 milhões de pneus e desse número estima-se que 30 milhões são descartados. Em todo o mundo esse número alcança quase 2 bilhões de unidades e sendo que somente 20% são reciclados.

Mas a medida que aumentou a importância dos pneus, agravou o problema com o meio ambiente, uma vez que os pneus após a sua vida útil não se decompõem facilmente e ao fazê-lo, liberam substâncias tóxicas agredindo o meio ambiente.

Com a resolução n.º 258, em vigor desde 1º de janeiro de 2002, o CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) exige que as fábricas e distribuidoras de pneus reciclem 25% de sua produção de 2002, 50% de 2003 e 100% em 2004. Já no ano de 2005 a reciclagem deverá exceder a produção.

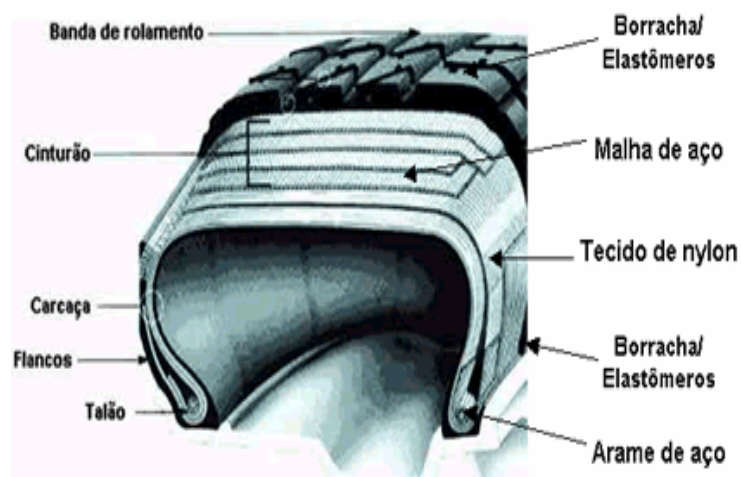
Objetivo

O objetivo da injeção de pó de pneu em altos-fornos e de substituir o carvão pulverizado que é injetado nos altos-fornos, diminuindo o custo do material utilizado.

Revisão Bibliográfica

Construção dos pneus

Um pneu é construído, basicamente, com uma mistura de borracha natural e de borrachas sintéticas. A adição de negro de fumo confere a borracha propriedades de resistência mecânica e a ação dos raios ultra-violeta, durabilidade e desempenho. A Figura 1 mostra os materiais que constituem um pneu radial de automóvel.



Fonte: (1)

Figura 1. Partes de um pneu de automóvel

O pneu é basicamente composto de banda de rodagem e aro de aço.⁽²⁾ A composição da banda de rodagem é mostrada na Tabela 1.

Tabela 1. Composição química média de um pneu

Carbono	83%
Hidrogênio	7%
Oxigênio	2,5%
Enxofre	0,3%
Cinzas	6%

Fonte: (2)

O Po de Pneu como Substituto do Carvão Pulverizado em Altos-Fornos

Injeção em altos fornos

A injeção de materiais sólidos, líquidos e gasosos em altos fornos não é uma técnica nova. Ela se desenvolveu em altos fornos, sobretudo a partir do século passado.

Os motivos que levaram determinada empresa a optar pela injeção são determinados por fatores ligados a um aumento de produção, aproveitamento de fontes energéticas naturais de baixo custo, aproveitamento de resíduos, melhoria na qualidade do gusa, controle do processo. Todos, no entanto devem induzir a redução do custo do produto.

Injeção de combustíveis gasosos

A injeção de combustíveis gasosos tem-se o gás de redução, gás natural e gás de coqueria, que são injetados ou nas ventaneiras ou em um determinado ponto situado acima das ventaneiras (gás de redução).

Os efeitos da injeção de gás redutor na cuba e outros gases nas ventaneiras são de reduzir o consumo de redutor carregado pelo topo e aumentar a produtividade.

Injeção de combustíveis líquidos

Com relação aos combustíveis líquidos, deve-se ressaltar a injeção de óleo combustível (petróleo). Secundariamente vem o alcatrão do carvão mineral, procedente da coqueria.

Injeção de combustíveis sólidos

A técnica de injeção de combustíveis sólidos em altos fornos remonta ao século XIX, quando Dawes registrou uma patente de injeção de materiais líquidos e sólidos. Alguns técnicos estudavam a possibilidade de injetar combustíveis no alto forno para aumentar a energia térmica. Em 1838, Barnett também na Inglaterra sugeria injeção de hidrocarbonetos e alcatrão e Bankes pensava em carvão vegetal, coque e pó de antracito.

A primeira injeção de carvão em pó na tubulação de vento data, de 1840, quando Corbin d'Arboissieres na França conseguiu atingir uma economia de 10% de carvão no topo do forno.

Em 1877, Alberts, na Alemanha, patenteou um sistema que era baseado em um leque de rolos. Uma tampa entre a tubulação e o alto forno permitia a equalização da pressão. Em 1899, Robinson, patenteou uma instalação de injeção de carbonosos ou pó do coletor do alto forno, onde o material era transportado até o anel de vento, usando-se um soprador. Somente em 1916, Bassett iniciou na França a injeção de carvão como um fator de controle do alto forno. Através da alteração das quantidades

de injeção de diferentes materiais (colocados em dois silos), um de fácil e outro de difícil combustão, podia controlar o processo no alto forno.⁽³⁾

Em 1948, pesquisas foram feitas na Rússia, no alto forno de Dzerzhinki, o que possibilitou economias substanciais de coque, na fabricação de ferro silício, através de carbono fino.

Alias, o aspecto econômico foi o motivo do primeiro impulso nos sistemas de injeção desenvolvidos no mundo. Em 1973, o custo do barril de petróleo quadruplicou (de 3 para 12 U\$), fazendo com que algumas usinas repensassem o modelo até então adotado. Foi preciso, no entanto, uma nova elevação nos preços do barril de petróleo, ocorrido em 1979, quando os preços triplicaram (de 12 para 36 U\$/barril), para que houvesse uma corrida no desenvolvimento de tecnologias, no mundo inteiro, para substituição do óleo combustível por carvão mineral/carvão vegetal.⁽³⁾

Aspectos ligados ao processo

O processo de injeção de carvão pulverizado deve atender aos requisitos básicos: garantir uma quantidade injetada, sua distribuição adequada nas ventaneiras, a não deposição de cinzas nos algaravizes (para evitar o bloqueio do ar soprado), funcionamento contínuo da unidade e inexistência de desgaste acentuado nas tubulações. A elevação da taxa de injeção leva normalmente a menores índices de combustão, tanto para o carvão mineral quanto para o carvão vegetal. Observa-se que a taxa de combustão obtida pelo carvão vegetal é sempre superior obtida pelo coque, sendo que o efeito da granulometria é mais pronunciado para o coque do que para o carvão vegetal. Os fatores determinantes desta variação são: qualidade do redutor e o nível de oxidação da zona de combustão. Além da qualidade do carvão injetado, outra variável importante é sua distribuição por ventaneira. Ou seja, a instalação deve dispor, em princípio, de uma maneira de se regular a taxa de injeção de carvão por ventaneira, de tal forma que se possa maximizar a taxa de injeção no alto forno. Pensava-se que a distribuição do carvão pulverizado deveria ser igualmente repartida pelas ventaneiras. No entanto, após medidas realizadas em altos fornos demonstra-se que a vazão de ar não é igualmente dividida ao longo da periferia, ou seja, deve-se ter, portanto em contra partida quantidades diferentes de carvão injetado, tal que não haja desequilíbrio muito elevado no nível térmico na região das ventaneiras. Assim, algumas empresas já adotam o seu sistema com meios de medir e controlar o fluxo de pó por linha.⁽³⁾

O problema de deposição das cinzas do carvão no algaraviz pode se tornar sério e chegar ao ponto de bloquear as ventaneiras. Este fenômeno está relacionado ao posicionamento correto da lança de injeção, a temperatura de fusão das cinzas e a temperatura do ambiente onde o material é injetado. O posicionamento da lança de injeção no porta vento é fundamental, pois caso ela seja colocada muito próxima da zona de combustão haverá risco de má combustão das partículas.

O problema do desgaste de tubulações da unidade de injeção está fundamentalmente ligado à velocidade de transporte pneumático. Maiores velocidades de transporte induzem, portanto a maiores desgastes das tubulações, além de necessitar maiores quantidades de fluido, o que implica em maiores perdas térmicas para o alto forno, devido à injeção de um gás frio na zona de combustão.

Injeção de outros materiais pulverizados

Com o objetivo de reduzir custos e aumentar a produtividade da aciaria, diversos processos de pré tratamento de gusa foram desenvolvidos no últimos anos.

Com o desenvolvimento e aperfeiçoamento de sistemas de injeção de finos de carvão através das ventaneiras do alto forno, vislumbrou-se uma alternativa mais racional para

adequar a qualidade do gusa às necessidades da aciaria. Devido a flexibilidade dos processos de injeção em relação aos materiais utilizados, tem-se utilizado outras matérias primas associadas aos finos de carvão com o objetivo de se obter um gusa de melhor qualidade.

Processo com injeção de minério de ferro

Com objetivo de se produzir gusa com baixo teor de silício, diversas empresas tem investido em sistemas de injeção de carvão associado a finos de minério de ferro.

Processo com injeção de fundentes

Com o crescente uso de gaseificadores de carvão na indústria química, o uso de catalisadores para acelerar a combustão de carbono nestes equipamentos foi extensivamente estudado. Estas pesquisas mostram que compostos como Na_2CO_3 e CaCO_3 podem ser usados como aceleradores da combustão de finos de carvão durante a injeção no alto forno.

Aspectos Tecnicos da Injecao de Po de Pneu em Altos-Fornos

O processo de injeção de pneu moído em altos-fornos, consiste em injetar o pneu após a moagem a sua transformação em pó. A injeção deste pó, tem o objetivo de substituir parte do carvão carregado no topo do alto-forno.

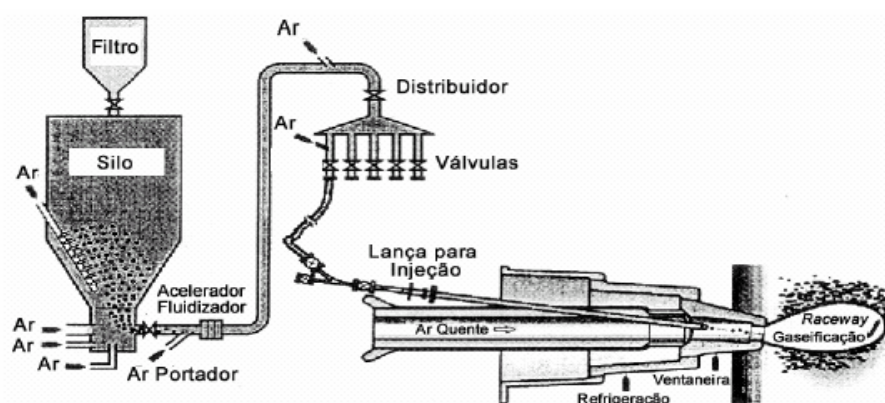
As etapas de preparação e injeção do pó de pneu são mostradas a seguir.

Após o recebimento do pneu, este é triturado de forma a reduzir a sua granulometria, e separação dos fios metálicos;

A separação entre os fios metálicos e a borracha, é feita utilizando-se de um separador magnético (eletroimã);

Após a separação dos fios metálicos, é feita a moagem da borracha, até uma granulometria de 0,5 mm.

4- O pó do pneu será armazenado num silo, sendo dele retirados na forma de uma mistura fluida com ar que permite seu transporte pneumático até o alto forno. A mistura de ar mais pó de pneu é introduzida numa ventaneira do alto-forno, usando uma lança, fazendo com que pó de pneu seja introduzido na região mais aquecida, do alto-forno, sob temperaturas acima de 2000°C . A esta temperatura é proporcionada a gaseificação imediata da borracha, cujas macromoléculas se dissociam no átomos básicos que a constituem: carbono e hidrogênio. A Figura 2 mostra um esquema de um sistema de injeção em altos-fornos.



Fonte:(4)

Figura 2. Sistema de injeção de materiais

Moagem Criogênica

Consiste em moer resistentes materiais termoplásticos à temperatura criogênica. À temperatura criogênica a borracha que compõe o pneu torna-se frágil a ponto de ser reduzido a tamanho de partículas muito pequenas. A Tabela 2 mostra a temperatura de transição vítrea de alguns materiais.

Tabela 2. Temperaturas de transição vítrea de alguns materiais

Material		T_g °C
Termoplástico	Polietileno (baixa densidade)	-90
	Polipropileno	-27
	Poli(cloreto de vinila)	+80
	Poliestireno	+100
Termofixo	Fenol-formaldeído	Decompõe
	Uréia-formaldeído	Decompõe
Elastômero	Borracha natural	-78
	Borracha de butadieno-estireno	-58
	Poliuretano	-48

Fonte: (5)

2 MATERIAIS E MÉTODOS DE UTILIZADOS

Materiais e equipamentos utilizados

Moinho criogênico

Marca: Micro-Bantam

Modelo: CF

Especificações: faixa de temperatura entre -100 °C e temperatura ambiente.
faixa granulométrica moída até 200 mesh.

Simulador de injeção de materiais em altos fornos

O equipamento é dividido em duas regiões: uma de alta pressão e uma de baixa pressão, sendo constituído de por um forno de pré aquecimento, que simula um regenerador; um forno de temperatura elevada, que simula a região de combustão do alto forno; e de uma entrada para a amostra a ser ensaiada, que simula a lança de injeção. O gás a alta pressão é usado para transportar a amostra através do forno de temperatura elevada imediatamente após o acionamento das válvulas eletromagnéticas. O gás coletado é analisado posteriormente para calcular o índice de combustão da amostra.

Metodologia da simulação de injeção

O pneu após ser moído a granulometria desejada, pega-se uma amostra deste material e leva ao simulador de injeção, onde acontece a combustão da amostra e esta por sua vez é medida, a partir dos gases que são coletados na saída do equipamento de simulação.

3 RESULTADOS

A partir da simulação da injeção é possível calcular a taxa de combustão de diferentes materiais.

A Tabela 3 mostra dados da taxa de combustão, quando se injetou duas massas distintas.

Pneu moído

Análise granulométrica – 100% < 150# , 60%<200#

Tabela 3. Taxa de injeção versus índice de combustão

Quantidade injetada(kg/tgusa)	40	120
Índice de combustão	92	78

Carvão Mineral

Análise granulométrica – 76,2 % < 150#

Tabela 4. Taxa de injeção versus índice de combustão

Quantidade injetada(kg/tgusa)	160
Índice de combustão	0,87

4 CONCLUSÕES

Os resultados mostraram que o pó de pneu pode ser usado como combustível em substituição a parte do carvão, através da injeção em altos-fornos.

A substituição do carvão pelo pó de pneu, além de contribuir para economia do carvão, aproveita um resíduo que oferece riscos quando disposto sem os cuidados necessários.

Das rotas de aproveitamento energético e a mais interessante, pois além da geração de energia térmica, contribui também para redução dos óxidos metálicos no alto-forno.

REFERÊNCIAS

- 1 CEMPRE. Ficha técnica 8'. Compromisso empresarial para reciclagem.
- 2 LUND, Herbert.F. The Mc Graw Hill Recycling Handbook, 1993, McGraw Hill, chapter 18.
- 3 BRAGA, R.N.B e outros. Aspectos Tecnológicos Relativos à Preparação de Cargas e Operação de Alto Forno. Divisão Técnica de Redução e Matérias Primas Siderúrgicas. ABM. Edição 1994.
- 4 GORNI, A. A. Aproveitamento de Plástico Pós Consumo na Forma de Combustíveis para Altos-Fornos e Coqueiras: Trabalho Apresentado no Plastshow 2004.São Paulo, abril 2004, p 1-16.
- 5 CALISTER, W.D. Ciência e Engenharia de Materiais, Uma Introdução, 1999, 5ª edição.
- 6 ASASUMA, M. e outros. Desenvolvimento de Waste Plastic Injection Process in Blast Furnace. ISIJ International, March 2000, p 244-251.
- 7 ARAÚJO, L.A . Manual de Siderurgia. São Paulo: Editora Arte & Ciência, 1997. V.1, p196.