

PROPOSTA DE LANÇA SEM ADERÊNCIA DE ESCÓRIA (SLAGLESS)¹

Alénisio Alexandre Alves Nogueira²

José Geraldo Araújo Silva³

Marcelo Silva Duarte⁴

Wellington Morais de Andrade⁵

Resumo

A crescente demanda mundial de aços é submetida à elevada importância tecnológica da injeção de oxigênio durante o processo de refino do aço. Este processo provoca alta projeção de escória e aço nas lanças de injeção, formando o que é denominado “cascão”, reduzindo assim a vida útil do equipamento atualmente empregado, com conseqüente aumento do custo de manutenção. Sempre procurando soluções inovadoras, após diversas pesquisas e estudos, a Lumar Metalúrgica projetou e fabricou um modelo de lança que representa uma evolução: “a lança sem aderência de cascão”. Devido à sua flexibilidade operacional, possibilita também outras vantagens no processo de refino, através da otimização do consumo de oxigênio e cal, pela redução dos teores de silício do gusa, influenciando assim diretamente na produtividade. A experiência tem mostrado que o cobre apresenta uma excelente performance quando submetido às ações físico-químicas presentes na atmosfera de um forno siderúrgico. Neste novo conceito de lança, são apresentados resultados teórico-experimentais obtidos no processo de refino do aço em substituição ao sistema de lança convencional. Devido à estabilidade físico-química do cobre na atmosfera do forno, a lança permaneceu inerte, não ocorrendo a formação do “cascão” levando a um ganho de qualidade e produtividade. Ao final do trabalho é feita uma comparação entre a lança tradicionalmente utilizada e a evolução proposta.

Palavras-chave: Cascão; Slagless; Produtividade.

¹ Trabalho apresentado no XXXVII Seminário de Aciaria - Internacional, 21 a 24 de maio de 2006, Porto Alegre, RS

² Engenheiro Mecânico, Lumar Metalúrgica; Santana do Paraíso, MG;
alenisio@lumarmetalurgica.ind.br

³ Membro da ABM, Engenheiro Civil, M. Sc., Doutorando em Engenharia de Materiais REDEMAT/EMMOP/UFOP, Ouro Preto, MG; jgaraujo@lumarmetalurgica.ind.br

⁴ Técnico Mecânico, Lumar Metalúrgica; Santana do Paraíso, MG;
marcelo@lumarmetalurgica.ind.br

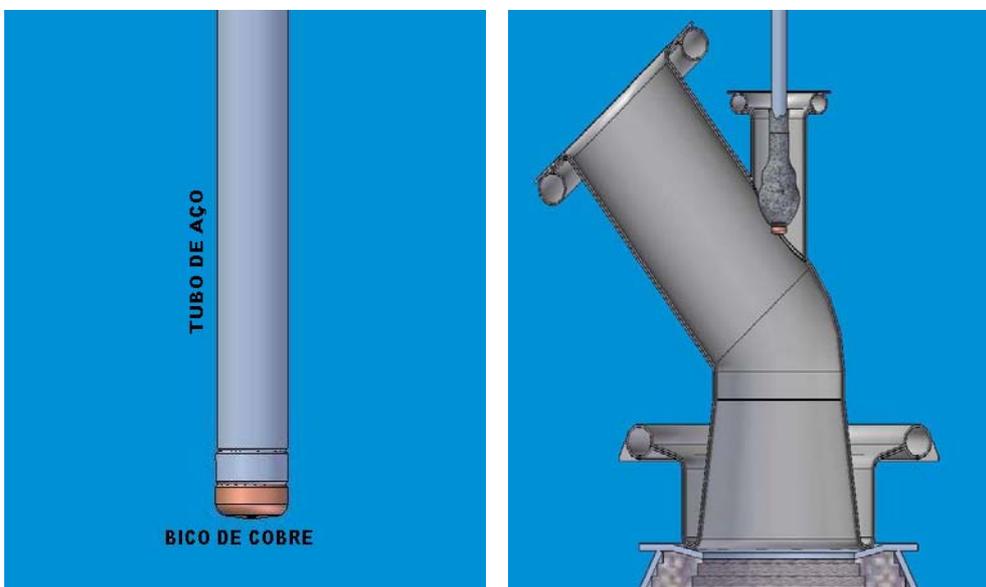
⁵ Engenheiro Mecânico, Lumar Metalúrgica; Santana do Paraíso, MG. wellington@lumarmetalurgica.ind.br

INTRODUÇÃO

Desde o início da operação dos fornos LD, há quase 60 anos, o “cascão” tem sido um grande problema para os metalurgistas.

A constante evolução dos processos de fabricação e refino de aço tem exigido uma melhora de qualidade das lanças de sopro, objetivando a redução do tempo do sopro e maximização do rendimento metálico. As alterações ao longo dos anos focaram nos modelos dos bicos/vazões, sendo que, até os dias de hoje, as lanças praticamente continuam com o mesmo design. É sabido que durante o processo de refino do aço ocorre formação de cascão no corpo da lança e no bico, com maior incidência quando se tem baixos teores de silício na carga líquida, o que pode levar à perda da lança ou até mesmo à paralisação do forno, ocorrendo assim um grande prejuízo econômico. Estas ocorrências são devidas à tipologia e ao material utilizados nas lanças do atual estado da arte.

A ineficiência da troca térmica do sistema pode provocar a fusão da parte externa da parede do tubo/bico, levando à aderência de escória/aço na lança, caracterizando o processo de formação do cascão, o que diminui a eficiência do sopro, elevando a temperatura do bico, deformando a saída do bocal e perturbando o jato de oxigênio, o que não é interessante para o processo metalúrgico. Além da formação do cascão, dependendo das condições de refrigeração da lança, podem também ocorrer furos e cortes no tubo e no bico, permitindo que a água de arrefecimento penetre no interior do forno causando acidentes. As Figuras 1 e 2 apresentam *croquis* de uma lança do atual estado da arte.



Figuras 1 e 2. Detalhe da lança do atual estado da arte (*croquis*). Os materiais utilizados para fabricação são tubo circular de aço e bico de cobre. No conjunto lança/forno vê-se o cascão aderido na parte inferior da lança.



Figura 3. Fotografia onde são apresentadas duas lanças, sendo a primeira com cascão e a segunda já limpa, pronta para reutilização.

O excesso de cascão pode impossibilitar a retirada da lança do interior da coifa, uma vez que ao atingir grandes dimensões, o diâmetro do cascão fica maior que o diâmetro da coifa, conforme Figura 2. Neste caso perde-se muito tempo para o corte do cascão ou até mesmo de parte da lança. Em outros casos quando se consegue retirar a lança, é necessário que se faça a remoção do cascão, quase sempre causando avarias à mesma.

Há muito se tem procurado uma tecnologia que seja capaz de resolver ou minimizar este problema, porém, os resultados obtidos até agora não foram satisfatórios. Após diversas pesquisas e testes, a Lumar Metalúrgica encontrou a solução deste problema, através da fabricação de um sistema isento da presença de cascão e que ainda garante um maior número de corridas sem a necessidade de troca da lança. Este sistema, denominado **Slagless**, no presente momento é a evolução da tecnologia das lanças de sopro, e este trabalho mostrará os resultados operacionais (qualitativos) obtidos com a sua utilização.

MATERIAIS E MÉTODOS

Materiais

O sistema lança/bico foi fabricado em cobre, através de um processo próprio, desenvolvido pela Lumar Metalúrgica para fabricação de tubos especiais. Para maximizar a ação da força gravitacional que age sobre a escória, o formato do tubo é cônico, tendo a base menor na parte inferior do sistema (próximo ao bico).

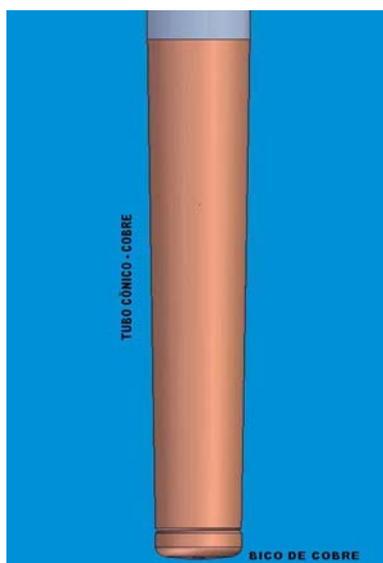


Figura 4. Conjunto bico e lança *Slagless* onde se vê o formato cônico em que a parte inferior do tubo (próximo ao bico) tem um diâmetro menor, o que facilita a queda da escória.

Métodos

A metodologia utilizada na proposta de fabricação de uma lança sobre a qual não houvesse aderência de escória e ou aço em sua superfície, norteou-se pelos princípios básicos da pesquisa científica: observação do fenômeno, proposta de solução (hipóteses) e verificação da validade (veracidade) das hipóteses. Observando que o cascão se formava principalmente a partir de uma região imediatamente acima do bico, intuiu-se a idéia de que havia um diferencial entre o bico e a lança.

A Figura 5 mostra como o fenômeno ocorre.

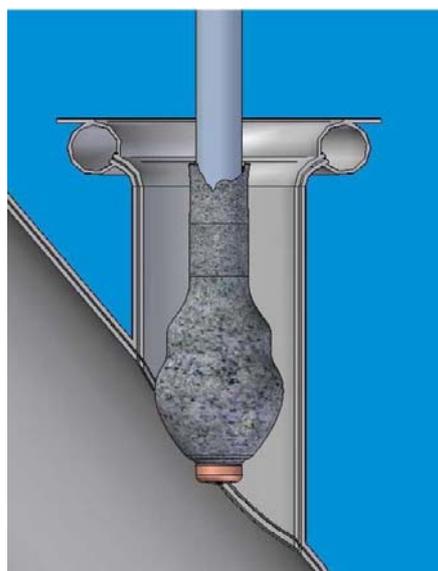


Figura 5. Detalhe do conjunto bico e lança (parte inferior), onde se vê a formação de cascão na parte imediatamente acima do bico de cobre (tubo de aço)

A pesquisa foi iniciada através da verificação necessidade de solução dos problemas gerados pela presença do cascão nas lanças. Os primeiros estudos foram realizados através da observação do fenômeno, caracterizando que o problema ocorria em diversas plantas metalúrgicas e que o princípio de formação do cascão era semelhante. A partir de então foram levantadas as premissas para concepção da nova lança. Após testes e observações a principal conclusão estava na diferença das propriedades térmicas dos materiais constituintes do bico e da lança. Devido ao alto coeficiente de condutividade térmica do cobre, o calor que incidia sobre o bico era rapidamente escoado. No caso da lança convencional que é constituída por tubo de aço, a velocidade de escoamento do calor é da ordem de 20% (um quinto) da velocidade obtida junto ao bico, que é construído em cobre.

Pela análise das informações obtidas, verificou-se que a solução do problema passaria pela troca do material constituinte da lança e também do seu formato. Propostas neste sentido foram realizadas, através de simulação numérica com o uso de *software* de análise de fluxo térmico com a utilização do método dos elementos finitos (MEF). Com os resultados obtidos através da análise matemática, foram fabricados modelos em escala experimental para verificação do comportamento da lança e análise dos resultados obtidos. Foram utilizados fornos de pequeno porte para testes laboratoriais validando os resultados matemáticos de eficiência na troca térmica.

Para que se obtivesse a resistência mecânica desejável em tubos de diâmetros maiores e uma perfeita refrigeração do sistema bico/lança, e como conseqüência não ocorresse a aderência de escória no corpo da lança, foi analisada a vazão ótima do fluido (água) de refrigeração. Neste estudo foi considerada a presença de aletas helicoidais no interior da lança, uma vez que elas proporcionam uma melhora na performance do sistema, através de:

- Aumento da resistência mecânica do tubo
- Possibilidade de redução da espessura da parede
- Aumento da área de transferência de calor
- Aumento da velocidade do fluido de refrigeração
- Criação do efeito *swirl*, que melhora a troca térmica pelo fluido de refrigeração.

RESULTADOS

A lança *Slagless* foi testada em convertedor de 30 toneladas, com condições propícias à formação de cascão devido ao baixo teor de Si na carga líquida, variando de 0,10% a 0,50%. A lança protótipo ficou em operação por 579 corridas. Durante os testes de campo foram utilizadas condições extremas, tais como inversão do circuito de refrigeração e medição da temperatura de saída da água de refrigeração, sendo que esta atingiu 50°C. Em condições normais a temperatura da água de refrigeração é em torno de 38°C. Após os testes de extremos, os parâmetros foram retornados aos valores usuais de operação, onde se avaliou o comportamento do sopro e os teores de óxido de ferro na escória e ambos ficaram dentro das faixas praticadas.

Imediatamente após a retirada da lança do forno, a mesma fora riscada com lápis térmico e rapidamente ficou demonstrado que a sua temperatura ficou menor que 50 graus centígrados.

Pôde-se comprovar que não ocorreu a fusão superficial do corpo da lança, e também não houve aderência de escória nas paredes da lança, a mesma apresentava uma superfície externa limpa e isenta de respingos de escória ou aço conforme apresentado nas Figuras 6 e 7.

A resistência mecânica da lança foi aumentada devido à presença das aletas internas. Este é comprovado pela baixa distorção radial e também pela pequena deformação longitudinal apresentada pela lança. A vida útil do bico de lança aumentou em 100% conforme índices anteriores.

Este resultado foi originado devido à melhor propagação/dissipação térmica em função do tubo de cobre. Na tipologia da lança anterior, apesar do bico ser de cobre, a área para dissipação térmica era muito pequena, sendo interrompida quando chegava à região da junção (solda) do cobre com o tubo de aço.



Figura 6. Foto mostrando a superfície externa da lança após a utilização em mais de 500 corridas. Nota-se que houve apenas pequenas variações superficiais na lança, porém, não ocorreu a fusão do metal.



Figura 7. Foto do bico, onde se vê que a superfície do mesmo não apresenta variações dimensionais (deformações) e/ou avarias na superfície.

CONCLUSÃO

Os resultados operacionais mostraram que a mudança proposta está satisfatória, pois durante os testes não ocorreu a aderência de escória e ou aço no corpo da lança e nem no bico, além de permanecer com a mesma característica dimensional de projeto. O aumento da resistência mecânica permite que a lança tenha uma vida útil maior, pois a mesma não será afetada pelas tensões térmicas.

Com a utilização da lança *Slagless* diversos ganhos - não só na não aderência de cascão-, mas também no processo siderúrgico poderão ser obtidos.

A relação custo benefício desta lança será característica própria de cada caso específico. Dependerá dentre outras coisas, essencialmente das características das matérias primas disponíveis, do tipo de aço que se fabrica e da maior ou menor necessidade de produtividade. Porém, qualquer que seja a situação, com certeza haverá ganhos capazes de cobrir o custo com esta tecnologia. Como por exemplo:

Produtividade

- Redução nas paradas para retirada de lança com cascão e troca de lança;
- Possibilidade de aumento da vazão de oxigênio sem aumento de incidência na formação de cascão;
- Diminuição do tempo de corrida (*tap-to-tap*), devido ao melhor acerto no fim de sopro em consequência de maior estabilidade operacional dada a maior constância nas características dimensionais do bico.

Qualidade

- Maior controle da oxidação com a melhor estabilidade operacional;
- Menor oxidação da escória com a redução de resopro e a possibilidade operacional de se obter sopro mais duro.

Custo

- Aumento na vida útil do bico, aumentando a quantidade de aço produzida por bico;
- Redução da mão de obra para manutenção e limpeza das lanças;

- Melhoria no rendimento de ferro;
- Maior teor de manganês no fim de sopro;
- Redução no consumo de ferro-liga e desoxidantes.

Por todas as vantagens apresentadas, conclui-se que a aplicação desta nova tecnologia é amplamente favorável em relação à lança atualmente utilizada, não só pelo seu aspecto prático, mas principalmente pelo aspecto econômico.

Agradecimentos

Agradecemos à Gerdau, que através da sua unidade de Barão de Cocais nos prestou todo apoio necessário à realização dos testes de campo e também nos forneceu informações acerca do processo siderúrgico.

REFERÊNCIAS

- 1 ABM – **Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais**. Apostila: Combustão Industrial. São Paulo, outubro de 2003.
- 2 ASME/JSME – **American Society of Mechanical Engineers**. Elevated temperature: design and analysis, nonlinear analysis, and plastic components, in Pressure Vessels and Piping Conference, New York, 2.004.
- 3 Chiaverini, Vicente. **Tratamentos Térmicos das Ligas Metálicas**. Primeira Edição, São Paulo, ABM – Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais, 2003
- 4 Cottrell, Alan H.. **Introdução à Metalurgia**. Terceira Edição, Lisboa, Fundação Calouste Goubenkian, 1993.
- 5 Geiger, G. H.. & Poirier, D. R.. **Transport Phenomena in Metallurgy**. Second printing, Cambridge, Massachusetts, Addison-Wesley Publishing Company, 1980.
- 6 Incropera, Frank P. & DeWitt, David P.. **Fundamentos de Transferência de Calor e de Massa**. Quinta Edição, Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos Editora, 2003.
- 7 Callister Jr, William D. **Ciência e Engenharia de Materiais: uma introdução**. Quinta Edição, Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos Editora, 2000.
- 8 Kern, Donald Q. **Process Heat Transfer**. Ninth Reprint, New Dehli, India, Tata McGraw-Hill Edition, 2003.
- 9 Salmoni, Renato. **Transmissão de Calor**. Primeira Edição, Editora da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1966.
- 10 Smith, William F. **Princípios de Ciência e Engenharia dos Materiais**. Terceira Edição, Lisboa, McGraw-Hill, 1996.
- 11 Telles, Pedro C. Silva. **Materiais para Equipamentos de Processo**. Sexta Edição, Rio de Janeiro, Editora Interciência, 2003.
- 12 Telles, Pedro C. Silva. **Tubulações Industriais: Cálculo**. Nona Edição, Rio de Janeiro, LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 1996.
- 13 Van Vlack, Lawrence H. **Princípios de Ciência e Tecnologia dos Materiais**. Quarta Edição, atualizada e ampliada, Rio de Janeiro, Elsevier Editora Ltda, 2003.