



Avaliação do Uso de Carbetos de Silício como Fonte Energética em um Forno Elétrico a Arco para Siderurgia

Paulo Vinícius Vieira Toledo¹; Celso Luiz Moraes Alves²; José Adilson de Castro³.

¹Universidade Federal Fluminense, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Metalúrgica; ²Universidade Federal Fluminense, Departamento de Engenharia Metalúrgica e Materiais; ³Universidade Federal Fluminense, Departamento de Engenharia Mecânica.

Palavras-chave: *Termodinâmica; Balanço de Massa; Balanço de Energia; Forno Elétrico a Arco; Modelamento.*

INTRODUÇÃO

No contexto energético e ecológico atual em que o mundo se encontra, a preocupação com a utilização de fontes limpas de energia vem aumentando. Neste cenário, o processo siderúrgico do Forno Elétrico a Arco (FEA) ganha protagonismo, uma vez que a principal fonte energética é a energia elétrica, que pode ser obtida através de meios sustentáveis¹. Além disso, o FEA apresenta a possibilidade da utilização de carga 100% sólida, proporcionando a possibilidade de reciclagem e diminuindo a emissão de CO₂ em relação ao uso de carga líquida, que comumente se trata de ferro gusa produzido em alto forno².

As fontes de energia no FEA são a energia elétrica, energia proveniente dos queimadores e a energia química. O bom aproveitamento da energia química fornecida pela oxidação dos elementos presentes no aço é essencial para a otimização energética do FEA, reduzindo o aporte de energia elétrica no processo, uma vez que estas reações de oxidação são exotérmicas³. Desta maneira, o uso de aditivos no processo do FEA torna-se uma opção para o aumento de energia química gerada no processo.

No presente trabalho buscou-se investigar o impacto da adição de Carbetos de Silício (SiC) no rendimento metálico e no perfil energético de um FEA através da realização de um balanço de massa e de energia em ocasiões em que não há adição de SiC comparado com diferentes adições, a fim de entender o impacto do SiC no processo.

METODOLOGIA

No presente modelamento, considerou-se o carregamento composto 100% de materiais sólidos comumente usados no processo siderúrgico semi-integrado, bem como sua composição química⁴. Considerou-se a uma escória com basicidade igual a 2 e concentração de FeO constante igual a 25%, como condições em que se observa minimização do consumo energético do FEA⁵.

A partir de uma composição química de vazamento predefinida, realizou-se o balanço de massa. O balanço de energia foi feito a partir dos resultados do balanço de massa. Considerou-se uma vazão de gás natural constante de 5 Nm³/t de aço produzido como energia proveniente dos queimadores.

Após o desenvolvimento do balanço de massa e de energia sem SiC, analisou-se o comportamento da adição do mesmo no FEA. Para a análise considerou-se uma adição de até 250 kg, utilizando intervalos de 50 kg para cada análise. Considerou-se que todo o SiC adicionado foi oxidado. O produto de oxidação considerado foi a sílica (SiO₂) para o silício e o monóxido de carbono (CO) para o carbono.

Para todos os estudos, adotou-se uma capacidade de carga do FEA de 120 toneladas. Todo o procedimento foi realizado no software Microsoft Excel 365.

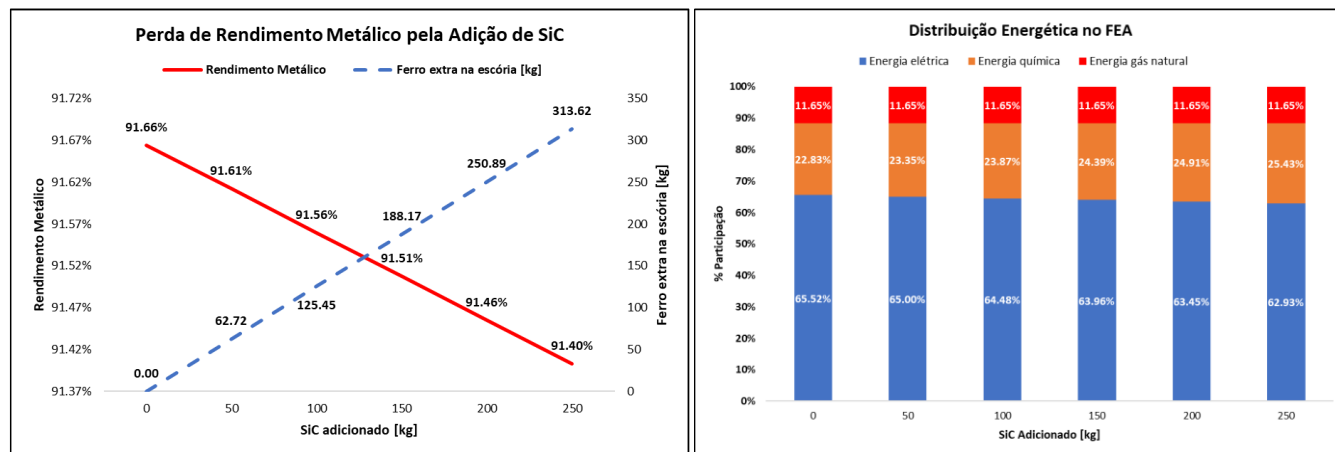
RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 apresenta os resultados dos impactos da adição de carbeto de silício no rendimento metálico e no perfil energético do forno. A queda do rendimento metálico se dá devido ao aumento em massa de ferro perdido para a escória. Uma vez que todo o material adicionado pelo SiC está sendo oxidado, a geração de escória aumenta. Como a concentração de FeO é fixa em 25%, um aumento em massa da escória gerada, acarreta também em um aumento em massa de ferro perdido através desse óxido. O aumento de geração de escória é ainda mais pronunciado com a correção de basicidade que deve ser feita. Uma vez que o produto da oxidação do silício é a sílica (SiO₂), faz-se necessário a adição de CaO para que a basicidade seja mantida no valor predefinido, aumentando a quantidade de escória gerada.

A respeito do perfil energético, observa-se uma redução da participação da energia elétrica, tal redução foi proporcionada pela energia química proveniente da formação dos produtos de oxidação do carbono e do silício presentes no SiC. A energia proveniente dos queimadores permanece constante, pois sua vazão é contínua e dependente da massa de aço produzida.

A adição de fundentes necessários para corrigir a basicidade desbalanceada por conta da formação de SiO_2 consome parte da energia química gerada, já que esses insumos são adicionados no forno à temperatura ambiente. No entanto, mesmo com o consumo energético dos fundentes, o ganho energético ainda existe. É válido observar que o FeO extra que se forma com o aumento da escória gerada através da adição do SiC , que é o responsável pela perda de rendimento metálico do processo, contribui positivamente para o balanço de energia química no forno, por também se tratar de uma reação de oxidação exotérmica.

Figura 1 – Efeito das adições de carbeto de silício no rendimento metálico e perfil energético do forno elétrico a arco



Fonte: Próprio autor.

CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos, observou-se que a adição de carbeto de silício traz vantagens e desvantagens para o processo. Obteve-se uma redução de energia elétrica de até 2,59%, que foi substituída pela energia química proveniente de oxidação. No entanto, observou-se também uma redução de até 0,26% no rendimento metálico do processo devido ao aumento na geração de escória. Neste caso, para avaliar a viabilidade da utilização de SiC no processo é necessário considerar os custos de energia elétrica e de matéria-prima metálica. Se o custo da energia elétrica for muito superior ao custo da matéria-prima, a economia de energia elétrica obtida será maior que o prejuízo resultante da perda de ferro para a escória. Caso contrário, a perda de rendimento metálico inviabilizaria o uso do SiC para o ganho de energia química.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal Fluminense pelo constante apoio à pesquisa, à ArcelorMittal Resende por proporcionar a experiência prática essencial para o desenvolvimento deste trabalho.

REFERÊNCIAS

- [1] ROSSI, D. **Influência da proporção entre as vazões de oxigênio e gás natural do sistema de injeção na eficiência energética de um forno elétrico a arco**. Dissertação de Mestrado. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2014.
- [2] TOULOUEVSKI, Y. N.; ZINUROV, I. Y. Energy Efficiency Criteria of EAFs. Em: TOULOUEVSKI, Y. N.; ZINUROV, I. Y. (Eds.). **Innovation in Electric Arc Furnaces**. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2013. p. 85–97.
- [3] PFEIFER, H.; KIRSCHEN, M. **Thermodynamic analysis of EAF electrical energy demand**. 8th European Electric Steelmaking Conference. **Anais...** maio 2002.
- [4] CHEVRAND, L. J. de S. **Aciação Elétrica**. Programa de Educação Continuada; Cursos, ABM – Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais, Belo Horizonte, 2007.
- [5] VIEIRA, D. *et al.* Slag Evaluation to Reduce Energy Consumption and EAF Electrical Instability. **Materials Research**, v. 19, n. 5, p. 1127-1131, 1 set. 2016.