

CONSIDERAÇÕES TÉCNICAS RELATIVAS A INSTALAÇÕES DE FORNOS ELÉTRICOS A ARCO DE ULTRA-ALTA POTÊNCIA (UHP), RELACIONADOS AO TIPO DE CARGA E À POTÊNCIA DE CURTO CIRCUITO¹

Lauro Chevrand²

Resumo

O entendimento da qualificação da energia elétrica para alimentar Fornos Elétricos a Arco (FEA) é muito importante quando se toma a decisão de construir uma nova Aciaria Elétrica ou repotenciar existentes. A corrente de curto-circuito da linha de alimentação em função das necessidades do FEA vai determinar necessidades ou não de sistemas controladores de flicker. O uso de gusa líquido no FEA significa trabalhar com potências de FEA substancialmente menores para a mesma produção. Este trabalho faz uma breve abordagem do assunto, apropriada para metalurgistas sem tecer detalhes elétricos mais aprofundados. O objetivo, portanto é dar ao metalurgista um melhor entendimento do assunto.

Palavras-chave: Forno elétrico a arco; Corrente de curto-circuito.

TECHNICAL CONSIDERATIONS REGARDING UHP EAF WITH METTALIC CHARGE AND SHORT CIRCUIT LINE POWER

Abstracts

The understanding of the electrical energy needs to feed Electric Arc Furnaces (EAF) is very important on the way to have a correct basic engineering for the correct operation. The short circuit current in the main electrical line means the needs to have flicker control or not. The use of hot metal as EAF metallic charge means the possibility to have the same production with less energy needs. This paper shows some considerations about this important theme, for an easy understand by metallurgists.

Key words: EAF; Hot metal.

¹ *Contribuição técnica ao XXXIX Seminário de Aciaria – Internacional, 12 a 16 de maio de 2008, Curitiba, PR, Brasil*

² *Membro da ABM – Eng.Metalurgista - Consultor e Representante*

1 CONSIDERAÇÕES

O desenvolvimento das Aciarias com base em Fornos Elétricos a Arco (FEA) está intimamente ligado à possibilidade de operação com fornos de capacidade da ordem de 100 t/corrida e com transformadores de Ultra Alta Potência de alto desempenho, que proporcionam corridas com tempo “Tap to Tap” (TTT), abaixo de 50 minutos considerando-se carga de sucatas ou sucatas + gusa e abaixo de 70 minutos/corrida considerando-se carga de ferro esponja (DRI = Direct Reduced Iron).

Os valores de TTT chegam facilmente a 40 minutos quando se dispõe de gusa líquido como componente de 30% da carga metálica do FEA.

Quando estamos falando DRI, significamos quantidades importantes da ordem de 70/80% da carga, sendo o restante constituído de sucatas.

2 COMPARAÇÃO ENTRE CARGAS METÁLICAS DOS FORNOS ELÉTRICOS.

De uma maneira concisa, podemos fazer uma comparação simplificada entre cargas constituídas de sucatas e de DRI, na Tabela 1

Tabela 1. Tabela comparativa entre sucatas e DRI para a obtenção de 1 t de aço líquido a 1520°C

via sucata a 1.520 °C = $(1480-70) \times 0,194 \times 1 + (1520-1480) \times 0,2333 \times 1 + 58 = 340$ kwh/t
via gusa 1.520 °C = 340 kwh/t
via sucata de gusa 1.520 °C = 340 kwh/t
via gusa líquido 1.520 °C = $(1520-1350) \times 0,2333 = 39,66$ kwh/t
via DRI = $1437 - G \times 9,43$ – DRI de processo MIDREX (G = grau de metalização) se G = 92%, a energia para fundir 1 t de DRI é de 569 kWh/t (minério de alta qualidade, com 67% de Fe)

A relação energética para a fusão do DRI é empírica enquanto que a relação para sucatas é calculada.

Esta tabela é parte de um conjunto de considerações sobre Balanço Térmico simplificado de FEAs e fatores como rendimento metálico e impurezas na carga, são tratados separadamente.

Pela análise da tabela, podemos verificar que a energia para fusão do DRI é de cerca de 1,7 vezes maior do que a fusão de sucatas. Podemos também dizer que a energia para fundir sucatas é cerca de 60% menor do que a para fundir a mesma quantidade de DRI.

A composição típica de um Ferro Esponja, é mostrada na Tabela 2.

Tabela 2. Composição típica do DRI

Teor total de Fe	87/94
Fe metálico	76/89
Metalização	86/93
C	0,2/2,0
S	0,01/0,03
P	0,007/0,050
SiO ₂	2,0/4,0
Al ₂ O ₃	0,6/2,7
CaO + MgO	0,2/0,3

3 CONSIDERAÇÕES SOBRE FONTES DE ENERGIA

As fontes de energia para a alimentação dos FEAs são basicamente:

- Energia elétrica – fonte principal
- Oxigênio injetado por lanças manuais ou automatizado
- Oxigênio via processos de jato coerente
- Gás Natural (GN) + Oxigênio
- E porque não dizer, GUSA LÍQUIDO

A consideração de Gusa Líquido como energético é válida, porque dados práticos mostram que para um uso da ordem de 30% de Gusa Líquido na carga do FEA, para cada 1 % de gusa líquido, temos uma redução no consumo de energia de 2,1 kWh/t.

Em todos os casos de injeção de oxigênio, o processo está associado ao uso de carbono para a formação de escória espumante.

De uma maneira muito prática, os processos que utilizam sucatas admitem o uso de todas as fontes de energia acima ditas. De outro lado, os processos baseados em DRI, não permitem o uso de quantidades significativas de GN como coadjuvante do processo energético.

Assim, os processos baseados em DRI exigem quantidades muito maiores de energia elétrica do que os baseados em sucatas.

A Tabela 3 mostra um modelo do dito acima.

Tabela 3. Necessidades de energia para fea com sucata e com DRI

SUCATAS		DRI	
	kWh/t		kWh/t
Energia Elétrica	365	Energia Elétrica	560
Oxigênio por Lança	35	Oxigênio por Lança	35
Oxigênio por Jato Coerente	125	Oxigênio por Jato Coerente	125
Gás Natural	75	Gás Natural	-----
TOTAL DAS ENERGIAS	600	TOTAL DAS ENERGIAS	720

Portanto, sistemas de produção de aço via Forno Elétrico a Arco com DRI são muito mais **eletro-intensivo** do que os baseados em sucatas.

4 CONSIDERAÇÕES SOBRE A POTÊNCIA INSTALADA PARA ACIARIAS COM BASE EM SUCATAS E DRI

Fazendo uma comparação com FEAs existentes, vamos ver que a questão da potência de curto circuito x sistema de compensação de flicker, está ligado à situação geográfica da usina em relação à linha de transmissão de energia e a qualidade desta energia

As Tabelas 4, 5 e 6, comparam diferentes FEAs com relação à potência do transformador, carga, produção sob condições semelhantes e compensador de flicker.

Note que a colocação de compensador de flicker é também regional. Uma localidade como Piracicaba exigirá certamente compensador de flicker, mesmo com potência de curto circuito elevada.

Tabela 4. Dados de FEAs

CARACTERÍSTICA	UNIDADE	FEA I	FEA II
Capacidade	t/corrída	100	110
Produção	t/ano	1.000.000	1.000.000
Transformador do FEA	MVA	100	100/120
Potência de Curto Circuito	MVA	3.050	3.100
Compensador de flicker	-----	Não	Sim
Carga metálica	-----	Sucata + Gusa Sólido	Sucata + Gusa Sólido

Tabela 5. Dados de FEAs

CARACTERÍSTICA	UNIDADE	FEA III	FEA IV
Capacidade	t/corrída	110	100/120
Produção	t/ano	1.000.000	1.000.000
Transformador do FEA	MVA	52/56	100
Potência de Curto Circuito	MVA	1.100	10.000
Compensador de flicker	-----	Sim	Sim
Carga metálica	-----	Sucata + Gusa Líquido	Sucata + Gusa Sólido

Tabela 6. Dados de FEAs

CARACTERÍSTICA	UNIDADE	FEA V
Capacidade	t/corrída	100 T
Produção	t/ano	700.000
Transformador do FEA	MVA	100 MVA
Potência de Curto Circuito	MVA	10.0000
Compensador de flicker	-----	Sim
Carga metálica	-----	80% DRI

5 CONCLUSÕES

5.1- A produção de aço em FEA via sucata permite uma grande margem de utilização de energia fóssil, fazendo com que as necessidades de energia elétrica para o processo sejam reduzidas. Nestes fornos as energias fósseis adicionadas ao sistema são muito significativas e elásticas.

5.2 – Da mesma forma, a energia adicional por meio do uso de oxigênio por lanças pela porta do FEA ou por sistemas de jato coerente, é muito significativa.

5.3 – Na operação com sucatas, a necessidade de energia é menor do que na operação com DRI, e a energia elétrica é cerca de 60% das necessidades totais.

5.4 – No caso de FEAs operados com carga de DRI, a necessidade de energia elétrica é muito grande, e esta participa com 80% das necessidades totais.

5.5 – A localização de FEAs para a produção de aço via DRI, deve se dar somente em locais abundantes de energia elétrica e com alta potência de curto circuito.

5.6 – Carregamento de gusa líquido tem sido comum em FEAs e para **cada** 1% de gusa líquido na carga, a redução do consumo de energia é de cerca de 2,2 kWh. Assim se carregamos 30% de gusa líquido no FEA, estamos reduzindo o consumo de energia em 66 kWh/t.

5.7 – Carregamento de gusa líquido em percentagens da ordem de 50%, associadas com DRI da ordem de 50%, tem demonstrado ser altamente competitivo com produtividades importantes, devido aos benéficos efeitos de uma grande quantidade de carbono sob forma de Fe_3C contido no gusa líquido.

5.8 – O Eng. Jaccard, considerado um dos mais especializados no mercado, observa que o forno com DRI precisa de potencia de curto menor que o de sucata e tem menos problemas com flicker porque opera com arco estável a maior parte do tempo (carga contínua, escória espumante). Ele também observa que alguns cálculos baseados em parâmetros de fornecedoras de energia chegam a valores demasiado elevados da potência de curto-circuito necessária.

5.9 – O apêndice apresentado no **final** deste trabalho mostra cálculos detalhados destes sistemas.



forconst

FORCONSULT

COMÉRCIO E PRESTAÇÃO DE SERVIÇOS INDUSTRIAIS LTDA

R.ADOLFO LUTZ 137 – VILA SUISSA - CEP 08810-380 - MOGI DAS CRUZES - S.P.
TELEFONE TEL. (011) 4761.7911 / FAX (011) 4761-7079 e-mail:

APÊNDICE

VALORES DE FLICKER NO PONTO DE ACOPLAMENTO COMUM:

A Forconsult consultou várias literaturas sobre o assunto e a mais clara e simples é a

“Arc Furnace Flicker Assessment e Mitigation”.

A fórmula utilizada é a seguinte:

$$P_{st99\%} = K_{st} \times \frac{S_{ccf}(P_{ac})}{S_{ccn}} \times Chv/lv$$

onde:	Pst	Flicker Severity factor short term
	Kst	Coeficiente dependente da regulação do forno e características operacionais (“Characteristic emission coefficient for Pst”). Varia de 45 a 85, sendo o valor considerado = 55.
	Sccf Pac	Potência de curto circuito no ponto de acoplamento comum, com os três eletrodos em curto.
	Sccn	Potência de curto circuito da rede no ponto de acoplamento comum.
	Chv/lv	Fator de acoplamento entre alta e baixa tensão. Esse fator varia de 0,6 a 0,8. Estamos considerando valor de 0,8.

Limite imposto pela CPFL $P_{st95\%} \leq 0,8 / Chv/lv = 1,0$

Conforme literaturas existentes (CIGRE, ABB, etc) temos a seguinte relação:

$$P_{st95\%} = \frac{P_{st99\%}}{1,25}$$

Considerando 100 MVA nominal e curto circuito trifásico nos eletrodos de 180 MVA (estimado), teremos para um forno potência de curto circuito necessária no ponto de acoplamento comum de 8640 MVA, mínimo. Com dois fornos a potência necessária é em torno de 1,7 vezes maior.

O compensador de flicker reduz o flicker em torno de 50%, ou seja, a potência mínima com compensador estático seria em torno de 4500 MVA.

Eng. Adalto Venâncio de Moraes

Forconsult Comércio e Prestação de Serviços Ind. Ltda
Telefone (011) 4761-7911
forconsult@terra.com.brz