

# INFLUÊNCIA DA BASICIDADE DA ESCÓRIA NA REDUÇÃO DO ÓXIDO DE CROMO PRESENTE EM POEIRAS GERADAS NA PRODUÇÃO DE AÇO INOXIDÁVEL<sup>1</sup>

Pedro José Nolasco Sobrinho<sup>2</sup>  
Jorge Alberto Soares Tenório<sup>3</sup>

## Resumo

Este trabalho apresenta o estudo da influência da basicidade da escória gerada no processo de redução silicotérmica do óxido de cromo presente em resíduos siderúrgicos do processo de fabricação de aço inoxidável. Foram testadas as basicidades 0,5; 1 e 1,5. Para a realização do estudo, dois diferentes resíduos siderúrgicos de indústrias brasileiras foram testados, uma poeira (PM) e uma lama (LV). Experimentos de introdução de briquetes de resíduos com alto teor de cromo em aço líquido (1020) foram realizados na temperatura de 1600°C. Periodicamente foram recolhidas amostras de aço do banho para a determinação do teor de cromo das amostras. Um aparato experimental, em escala de laboratório, composto por um forno elétrico foi utilizado para a fusão dos reagentes (aço e briquete). Em função do resultado da análise química foram calculadas as frações de redução do óxido de cromo dos briquetes testados. Os resultados mostraram que a redução do óxido de cromo é favorecida para valores de basicidade superiores à unidade e que o teor de alumina da escória não influenciou o processo de redução da cromita do resíduo.

**Palavras-chave:** resíduo siderúrgico, cromo, poeira, lama, aciaria.

---

<sup>1</sup> Trabalho a ser apresentado no XXXVI SEMINÁRIO DE FUSÃO, REFINO E SOLIDIFICAÇÃO DOS METAIS da ABM, a ser realizado nos dias 16, 17 e 18 de maio de 2005, em Vitória - ES.

<sup>2</sup> Membro da ABM. Doutor em Engenharia Metalúrgica e de Materiais pela Escola Politécnica da USP. Mestre em Engenharia de Materiais pela REDEMAT. Engenheiro Metalurgista pela UFOP. Pós-doutorando do Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais da Escola Politécnica da USP.

<sup>3</sup> Professor Associado. Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais da Escola Politécnica da USP.

## 1 INTRODUÇÃO

A basicidade é uma ferramenta largamente utilizada pelos aciaristas para se avaliar a extensão das reações químicas que ocorrem durante o processo de refino do aço. A escória no estado líquido pode ser considerada uma solução iônica. Baseado neste fato pode-se considerar que a basicidade de um óxido MO é determinada pela eletronegatividade do metal M, ou seja, a medida da facilidade na qual um elétron pode ser removido do átomo para formar um íon.<sup>(1)</sup>

A eletronegatividade de M é que determina a natureza da ligação entre o metal e o oxigênio no óxido. Sendo assim, ela é determinante de muitas propriedades físico-químicas da escória. Os óxidos básicos são aqueles formados a partir de elementos mais eletropositivos como o carbono e o enxofre.<sup>(1)</sup>

A formação dos óxidos básicos envolve a transferência de elétrons do metal para o oxigênio para formar cátions de metal e ânions oxigênio, os quais são ligados no óxido por forças eletrostáticas. As cargas positivas dos cátions são rodeadas pelas cargas negativas dos ânions, e vice-versa, formando uma estrutura de cristal simples.

As formas encontradas para se avaliar o fenômeno que envolve a basicidade de uma escória e seu processo de dissolução variaram em função da evolução do estudo de seu comportamento físico-químico. As mais simples em concepção, porém de alta praticidade, são as relações que envolvem o percentual em massa dos óxidos básicos pelos ácidos. Para o cálculo da basicidade binária ( $B_b$ ) de uma escória, usa-se a seguinte relação:<sup>(1)</sup>

$$B_b = \frac{\%CaO}{\%SiO_2}$$

A basicidade também pode ser definida como sendo:

$$B_t = \frac{\%(CaO + MgO)}{\%(SiO_2)}$$

Esta relação é conhecida como basicidade ternária ( $B_t$ ).

Na evolução do cálculo da basicidade foi feita a introdução de dois importantes óxidos:

- o MgO (óxido básico), que é geralmente encontrado no revestimento do refratário, e;
- o  $Al_2O_3$ , que é um óxido de caráter anfótero, aqui considerado como ácido, podendo ser proveniente do refratário ou na forma de produto da desoxidação. Assim, a relação para o cálculo da chamada basicidade quaternária ( $B_q$ )<sup>(1,2)</sup> é:

$$B_q = \frac{\%(CaO + MgO)}{\%(SiO_2 + Al_2O_3)}$$

Porém, uma deficiência encontrada nestes tipos de relações é que elas envolvem decisões arbitrárias quanto à natureza ácida ou básica de um óxido. Para os casos em que ocorre a adição de fluorita na formação de escória, ou com a presença de óxidos de caráter anfótero, como o  $Al_2O_3$  e o  $TiO_2$ , as relações acima não exprimem a realidade.

Buscando suprir estes problemas surgiu o conceito de basicidade ótica. Neste caso, a basicidade é enfocada em termos da capacidade de doação de elétrons. A palavra ótica deriva da possibilidade de se medir a basicidade da escória espectroscopicamente.<sup>(1,2)</sup>

Após uma série de ensaios foi determinado que a basicidade ótica de um óxido ( $\Lambda$ ) é função da eletronegatividade de Pauling ( $X$ ):<sup>(1,2)</sup>

$$\frac{1}{\Lambda} = 1,36 \cdot (X - 0,26)$$

Durante a produção de aço inoxidável, o elemento silício é utilizado, geralmente na forma de liga FeSi, para se reduzir as escórias com alto teor de óxido de cromo por causa da compatibilidade do silício com o aço inoxidável.

Outros metais como o alumínio e titânio também poderiam ser utilizados como redutores, mas poderiam formar inclusões no aço.<sup>(3)</sup> Considerando-se que o cromo presente na escória esteja na forma  $Cr_3O_{4(l)}$ , a sua redução através do silício pode ser representada como sendo<sup>(3,4,5)</sup>:



Os valores da energia livre padrão,  $\Delta G^o$ , e da constante de equilíbrio para a reação {1}, são, respectivamente:

$$\Delta G^o = -113.302 - 28,2 T \quad \text{J/Mol}$$

$$K = \frac{h_{Cr}^3 \cdot a_{SiO_2}^2}{a_{Cr_3O_4} \cdot h_{Si}^2}$$

A reação de redução do cromo pelo silício pode ser aproximada para:



$$\Delta G^o = -192.984 + 35,3T \quad \text{J/mol}$$

Pode-se expressar a constante de equilíbrio desta equação como sendo:

$$K = \frac{h_{Cr}^2 \cdot a_{SiO_2}^{1,5}}{h_{Si}^{1,5} \cdot a_{Cr_2O_3}}$$

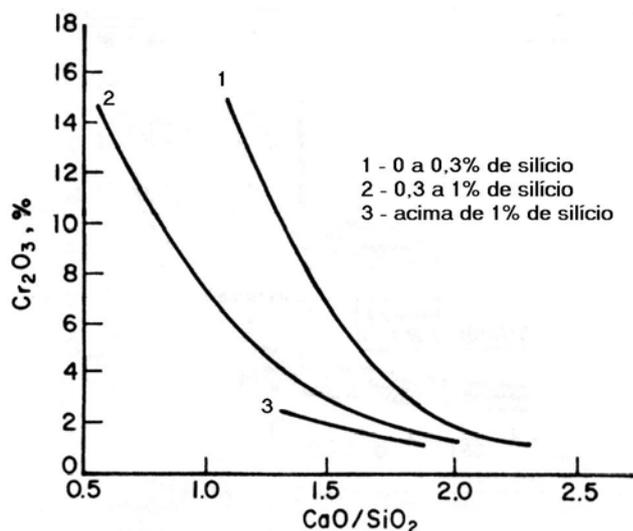
As reações {1} e {2} podem ser consideradas como reações que consistem de duas etapas simultâneas onde, numa delas, o potencial de oxigênio do banho é diminuído pela adição do silício e na outra etapa o cromo é transferido da escória para o metal para que haja o restabelecimento do equilíbrio da reação no novo potencial de oxigênio.

Para aumentar a eficiência nesta etapa do processo e proteger os refratários do forno, uma vez que as reações {1} e {2} são exotérmicas, pode-se diminuir a temperatura do banho antes da adição da liga FeSi no banho.

Além da utilização do silício durante a recuperação de óxido de cromo contido na escória, é necessário atuar na basicidade da escória para que se tenha um

favorecimento na recuperação do cromo contido na escória. A recuperação do cromo é favorecida pela alta basicidade e um alto teor de silício no aço.

A Figura 1 mostra o efeito destas duas variáveis na recuperação do cromo.



**Figura 1.** Efeito da basicidade binária e do teor de silício na redução do Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.<sup>(4)</sup>

A razão da influência da basicidade pode ser entendida avaliando a constante de equilíbrio da equação {2}.<sup>(5)</sup>

Quando a escória está saturada com o óxido de cromo a relação  $\frac{h_{Cr}}{h_{Si}}$  é inversamente proporcional à atividade da sílica na escória. Assim, para um dado valor de  $h_{Si}$  a recuperação do cromo aumenta quando a basicidade da escória aumenta.

Do ponto de vista termodinâmico, foi verificado que a recuperação do cromo oxidado na escória é favorecida por:<sup>(6)</sup>

- baixas temperaturas;
- baixos teores de cromo no banho;
- altos teores de silício no banho;
- altas basicidades de escória.

Visando contribuir para o entendimento da influência da basicidade no processo de redução do óxido de cromo presente em resíduos siderúrgicos foi realizado este estudo, onde se fez a introdução e fusão de briquetes de resíduos em aço líquido na temperatura de 1600°C em um aparato em escala de laboratório composto de um forno vertical, coletando-se periodicamente amostras de aço do banho para análise do teor de cromo.

## 2 METODOLOGIA

Neste estudo foram utilizados dois diferentes tipos de resíduos siderúrgicos contendo óxido de cromo na sua composição e gerados na produção de aço inoxidável em aciarias brasileiras. Os resíduos, chamados PM e LV foram, inicialmente, caracterizados utilizando-se das técnicas de análise química, análise granulométrica,

picnometria, difração de raios-X, microscopia eletrônica de varredura(MEV) e análise de micro-regiões com EDS.

Depois, separadamente, os resíduos foram aglomerados na forma de briquetes, juntamente com redutor, liga FeSi75 e cal para o ajuste da basicidade. O cálculo da quantidade necessária de redutor para a redução dos óxidos dos resíduos foi feito com base na análise química dos mesmos. A quantidade de cal utilizada em cada briquete para o ajuste da basicidade foi calculada considerando-se a quantidade de sílica formada durante a reação de redução dos óxidos do resíduo. Foram fabricados seis briquetes para os experimentos de fusão dos briquetes no aparato experimental constituído de um forno vertical. Foram consideradas as basicidades 0,5;1 e 1,5 na elaboração da composição dos briquetes.

Então, seis experimentos com fusão de briquete em aço líquido foram realizados no aparato experimental, sendo três com cada tipo de resíduo. Periodicamente, foram retiradas do banho amostras para a análise do teor de cromo.

Cada experimento de fusão do briquete em aço líquido envolveu os seguintes passos:

- 1º) carregamento do cadinho de alumina contendo aço no aparato experimental;
- 2º) aquecimento do forno e do controlador para a realização do experimento a uma taxa de aquecimento de 10°C por minuto até a temperatura de ensaio e manutenção do equipamento nesta temperatura por 1,5h;
- 3º) abertura do sistema de entrada de gás argônio, no aparato experimental, a uma vazão de 5L/minuto, controlado por um rotâmetro, para inertizar a câmara interna do aparato experimental, onde o aço era fundido. O gás era injetado pela parte inferior do dispositivo, através de canais de aço inoxidável que conduziam o gás para o interior do dispositivo;
- 4º) retirada de uma amostra de aço líquido, na temperatura do experimento;
- 5º) adição do briquete de resíduos no aço líquido;
- 6º) retirada periódica de amostras do banho;
- 7º) resfriamento do banho à mesma velocidade utilizada para o aquecimento;
- 8º) fechamento do sistema de injeção de gases inertes, após a solidificação do aço e da escória formada durante o experimento;
- 9º) retirada do cadinho do equipamento, retirada de uma amostra de escória; e
- 10º) desligamento do forno e do controlador.

Termopar tipo B monitorava a temperatura do experimento. Durante os experimentos não se notou nenhuma alteração brusca da temperatura.

As amostras de aço eram coletadas introduzindo-se um amostrador de quartzo à vácuo a cerca de 25mm de profundidade em relação à superfície do banho e o retirando após o preenchimento do mesmo com a amostra do banho. O amostrador era cilíndrico e possuía, em média, 132mm de comprimento e 4mm de diâmetro. A massa do amostrador era de 6,07 g em média.

Cada experimento no aparato experimental a 1600°C durou:

- 2,5h para atingir 1500°C;
- 1,5h para atingir 1600°C;
- 1,5h para a estabilização da temperatura do sistema a 1600°C;
- 1,0h para adição do briquete de resíduos no aço líquido, retirada de amostras do banho e preparo das amostras para envio à análise química; e
- 1,5h para abaixamento da temperatura do banho até a sua solidificação, totalizando 8h. Durante o aquecimento ou resfriamento do cadinho era necessário total monitoramento do aparato para evitar a perda do experimento e/ou danificação dos equipamentos.

A Tabela 1 apresenta as condições experimentais deste estudo. As amostras foram retiradas do banho em intervalos de três em três minutos e foram coletadas seis amostras em cada experimento, totalizando 36 amostras que tiveram analisados os seus teores de cromo.

**Tabela 1.** Condições experimentais.

<b>Experimento</b>	<b>Composição do briquete (% em massa)</b>			<b>Massa de aço(g) 1020</b>	<b>Massa de briquete(g)</b>
	<b>Resíduo</b>	<b>FeSi75</b>	<b>CaI</b>		
PM1600b0.5	75,6	24,4	-	406,24	30,20
PM1600b1.0	74,6	24,1	1,3	405,47	30,39
PM1600b1.5	73,7	23,8	2,5	406,66	29,91
LV1600b0.5	78,1	21,5	0,4	408,27	30,11
LV1600b1.0	77,5	21,3	1,2	408,07	29,81
LV1600b1.5	77,1	21,2	1,7	405,37	29,72

Com relação à primeira coluna da Tabela 1, as duas primeiras letras identificam o tipo de resíduo utilizado. Os quatro números seguintes representam a temperatura do ensaio e a letra minúscula seguida de um número identifica a basicidade da escória que seria formada na introdução do briquete no aço líquido.

A técnica de difração de raios-X foi utilizada para a identificação das fases mais prováveis presentes em duas amostras de escórias retiradas após a solidificação do aço em dois experimentos realizados (PM1600b0.5 e PM1600b1.0). Foi utilizado o software *X-Pert* da Phillips na identificação das fases presentes.

### **3 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

#### **3.1 Caracterização dos Resíduos**

Através da caracterização, constatou-se que os resíduos PM e LV são constituídos predominantemente de partículas esféricas, com diâmetro médio de 1,7 e 4,0 $\mu$ m, respectivamente. O resíduo PM apresentou densidade real igual a 3,5g/cm<sup>3</sup> e o resíduo LV, 4,9g/cm<sup>3</sup>.

A principal fase encontrada nos resíduos foi a fase FeO.Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

A composição química dos resíduos é a apresentada na Tabela 2.

**Tabela 2.** Composição química dos resíduos.

Elemento	Resíduo	
	PM	LV
	Ca	1,20
Cr	7,00	13,40
Fe <sub>total</sub>	53,50	51,30
Fe <sub>metálico</sub>	0,30	0,10
K	3,20	2,66
Na	1,90	2,05
Ni	2,56	2,93
P	0,82	0,03
Pb	0,03	0,15
Mg	0,04	0,05
Si	1,68	0,93
Zn	0,05	0,31

Um resultado mais detalhado referente à caracterização dos resíduos deste estudo pode ser encontrado na literatura em trabalhos já publicados.<sup>(7,8,9)</sup>

### 3.2 Experimentos de Fusão dos Briquetes de Resíduo Siderúrgico

A Tabela 3 e a Figura 2 apresentam os resultados obtidos para a fração de redução do óxido de cromo dos resíduos PM e LV nos experimentos realizados com diferentes basicidades. A fração de redução do óxido de cromo foi calculada com base nos resultados da análise química realizada nas amostras retiradas do banho e na composição química dos componentes, através da seguinte relação:

$$f_r = \frac{M_i - M_t}{M_i}, \text{ onde:}$$

$M_i$  representa a massa inicial do óxido do metal no briquete;

$M_t$  representa a massa do óxido do metal no briquete em um instante t após o início do experimento.

**Tabela 3.** Influência da basicidade na redução do óxido de cromo dos resíduos.

Tempo de retirada da amostra do banho	Frações de redução do óxido de cromo					
	$B_b = 0.5$		$B_b = 1.0$		$B_b = 1.5$	
	PM	LV	PM	LV	PM	LV
3	0,75	0,80	0,82	0,86	0,80	0,86
6	0,82	0,87	0,85	0,90	0,96	0,92
9	0,89	0,93	0,94	0,96	0,97	0,97
12	0,93	0,94	0,95	0,96	0,97	0,98
15	0,95	0,96	0,97	0,97	0,98	0,98
18	0,95	0,96	0,98	0,97	0,98	0,98

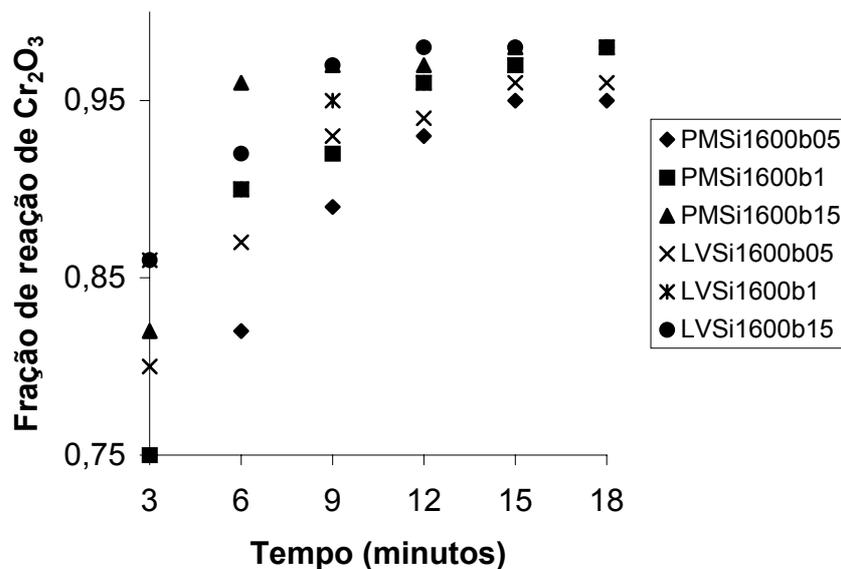


Figura 2. Redução do óxido de cromo dos briquetes de resíduos siderúrgicos.

Pela Figura 2 pode-se observar que a basicidade da escória influenciou a redução do cromo, principalmente nos primeiros minutos do experimento. Nota-se que os menores valores de incorporação de cromo foram obtidos na basicidade de 0,5. Quando se aumentou a basicidade da escória para 1 e 1,5 houve um aumento na redução do óxido de cromo. Uma maior fração de redução significa uma maior incorporação de cromo na liga. Observa-se que até os três primeiros minutos pelo menos 75% do óxido de cromo presente nos resíduos havia sido reduzido. Isto mostra que o processo de redução ocorre muito rapidamente, concentrando-se nos primeiros minutos de contato entre o resíduo e o aço líquido.

A redução do óxido de cromo dos resíduos siderúrgicos prossegue e, no tempo de 15 minutos, o sistema encontrava-se num estado próximo ao equilíbrio, onde a redução do óxido de cromo havia atingido pelo menos 95% ( $B_b = 0,5$ ). Para as basicidade de 1 e 1,5 a redução do óxido de cromo é praticamente total.

Görnerup e Lahiri<sup>(10)</sup> verificaram que na basicidade de 1,5 ocorreram os valores máximos de redução de óxido de ferro e cromo.

Os resultados obtidos indicam que quando se aumenta a basicidade da escória a fração de redução de cromo aumenta e assim uma maior quantidade de óxido de cromo é reduzido, estando disponível para incorporação no aço. Tsomondo Simbi e Navara<sup>(11)</sup> verificaram a influência da basicidade da escória sobre a redução do óxido de cromo. Foi verificado no referido estudo que a redução do óxido de cromo é afetada com as mudanças da basicidade e que, independente da basicidade, até os vinte minutos a redução se processa mais rapidamente.

Nakasuga e colaboradores,<sup>(12)</sup> que estudaram a redução carbotérmica de  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  pulverizado e do  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  presente em escória do sistema  $\text{CaO-SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-CaF}_2$ , na faixa de 1300 a 1600 °C, verificaram a 1600 °C que o banho com escória de basicidade igual a 1,1 promoveu maior redução do óxido de cromo presente na escória.

Kundrat e colaboradores verificaram em seus estudos de redução carbotérmica da cromita<sup>(13)</sup> que para se obter um maior êxito na redução da cromita a basicidade ternária da escória deve ser ao menos igual a um, sendo desejável valores de basicidade de 1,5 e até 2,5. A alumina presente na escória, preferencialmente, deve

situar-se entre 15 e 25% e o teor de MgO da escória esteja compreendido entre 10 e 20 % em massa. Um outro importante dado fornecido por Kundrat é que a relação  $\frac{MgO}{Al_2O_3}$  esteja na faixa de 0.3 a 0.8.

No presente estudo foi verificado que o a basicidade influencia a redução silicotérmica da cromita e que a redução ocorre mais rapidamente para o valor de basicidade igual a 1,5. Nolasco Sobrinho<sup>(14)</sup> verificou que a redução silicotérmica da cromita presente em resíduos siderúrgicos ocorreu satisfatoriamente nas basicidades de 1 e 1,5, a 1600 e 1635°C, para um valor extremamente baixo (menor que 0,01) para a relação  $\frac{MgO}{Al_2O_3}$ .

### 3.3 Caracterização das Escórias Resultantes de Quatro Diferentes Experimentos, Através da Difração e Fluorescência de Raios-X

Para o experimento PM1600b0.5 as fases mais prováveis identificadas foram:  $Fe_2SiO_4$  (silicato de ferro),  $FeCr_2O_4$  (cromita),  $Ca_{0.54}Fe_{1.46}SiO_4$  (silicato de cálcio e ferro),  $MnAl_2O_4$  (galaxita) e  $FeO$  (wustita).

Para o experimento PM1600b1 a fase mais provável identificada foi a fase  $CaAl_2Si_2O_8$  (anortita).

A explicação para o surgimento das fases contendo alumina está no fato da utilização de cadinhos de alumina nos experimentos, já que na composição dos componentes não se tinha uma quantidade considerável de alumina. Na temperatura dos experimentos, 1600°C, houve a transferência da alumina do cadinho para a escória, na linha da escória, implicando em consumo do cadinho até a saturação da escória em alumina, devido à composição química da escória.

Nota-se que a escória do experimento PM1600b0.5 apresenta a fase cromita na sua composição mostrando que nesta composição de briquete a redução do óxido de cromo do resíduo não ocorreu completamente. Este fato também ocorreu para o óxido de ferro presente no resíduo.

Uma explicação para a presença de cromita na escória do experimento PM1600b0.5 é que, devido à presença de uma maior quantidade de sílica na escória, tornando-a mais viscosa ( $B_b=0.5$ ), houve a dificuldade para a movimentação e incorporação do cromo reduzido no aço, permanecendo parte deste cromo reduzido na escória. Posteriormente este cromo reoxidou-se na forma de cromita.

No experimento PM1600b1.0 não foi identificada na escória nenhuma fase contendo cromo ou ferro. Foi identificada a fase anortita (óxidos de cálcio, silício e alumínio). Isto mostra que todo o óxido de cromo e ferro presente no resíduo antes do experimento foi reduzido, sendo que os metais cromo e ferro foram completamente incorporados ao aço. Este fato mostra a influência benéfica do aumento da basicidade na redução e incorporação de óxido de cromo presente em resíduos siderúrgicos.

As escórias produzidas nos experimentos em que se obteve valores da fração de redução de cromo próximos à unidade, não possuíam ou possuíam em quantidades insignificantes, óxidos do elemento cromo na sua constituição, confirmando que em basicidades iguais ou superiores à unidade a redução do óxido de cromo ocorre mais facilmente.

## 4 CONCLUSÕES

- 1) A basicidade da escória formada no processo durante a redução silicotérmica do óxido de cromo presente em resíduos siderúrgicos influencia a redução, sendo que os valores de basicidade iguais ou superiores à unidade favorecem a redução do óxido de cromo presente na escória e a incorporação do cromo à liga.
- 2) A técnica de difração de raios X, utilizada na identificação das fases predominante da escória final dos experimentos, confirmou que a redução de óxido de cromo presente em resíduo siderúrgico e a incorporação do cromo no aço ocorrem mais facilmente em basicidade igual ou superior à unidade.
- 3) A alumina proveniente do cadinho, que foi incorporada à escória durante o experimento, não influenciou o valor da fração de redução do óxido de cromo a 1600°C.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 BARRIOS, S.R.; COSTA, E.A Interação físico-química de escórias sintéticas com o refratário de painéis de aço. In: SEMINÁRIO DE ACIARIA, REFRATÁRIOS, FORNOS ELÉTRICOS, FERRO-LIGAS E FUNDIÇÃO, 25., 1993, Porto Alegre. **Anais...** São Paulo: ABM, 1993. p. 253-272.
- 2 BARRIOS, S.R.; COSTA, E. A.; FERREIRA, M. A. C.; AZEVEDO, F. R. S. Considerações metalúrgicas a respeito da utilização de escórias sintéticas em forno painel. In: SEMINÁRIO DE FUSÃO, REFINO E SOLIDIFICAÇÃO DOS AÇOS, 26. 1994, Salvador. **Anais...** São Paulo: ABM, 1994. p. 287-304.
- 3 ENGH, T.A. Stainless steelmaking in converter. In:\_\_\_\_\_. **Principles of metal refining**. New York: Oxford University Press, 1992. p. 281-301.
- 4 TAYLOR, C.R. **Electric furnace steelmaking**. Warrendale: Iron and Steel Society, 1985. 395 p.
- 5 BODSWORTH, C.; BELL, H.B. **Physical chemistry of iron and steel manufacture**. 2.ed. London: Longman, 1972. p. 193-484.
- 6 RASSBACH, T.; SAUDERES, E.R. Reducing period in stainless steel melting. **Journal of Metals**, v.8, p.1009-1015, 1953.
- 7 NOLASCO SOBRINHO, P.J.; ESPINOSA, D.C.R.; TENÓRIO, J.A.S. Characterisation of dusts and sludges generated during stainless steel production in Brazilian industries. **Ironmaking and Steelmaking**, v.30, n.1, p.11-17, 2003.
- 8 NOLASCO SOBRINHO, P.J.; ESPINOSA, D.C.R.; TENÓRIO, J.A.S. Estudo morfológico da poeira gerada na fabricação de aço inoxidável. In: SEMINÁRIO DE FUSÃO, REFINO E SOLIDIFICAÇÃO DE METAIS, 31., 2000, Vitória. **Anais...** São Paulo: ABM, 2000. v.1, p.473-479.

- 
- 9 NOLASCO-SOBRINHO, P.J.; ESPINOSA, D.C.R.; TENÓRIO, J.A.S. Caracterização de poeira gerada na aciaria durante a fabricação de aço inoxidável. In: SEMINÁRIO DE FUSÃO, REFINO E SOLIDIFICAÇÃO DE METAIS, 31., 2000, Vitória. **Anais...** São Paulo: ABM, 2000. v. 1, p.465-472.
  - 10 GÖRNERUP, M.; LAHIRI, K . Reduction of electric arc furnace slags in stainless steelmaking. Part 2: Mechanism of CrOx reduction. **ISIJ International**, v. 25, n.5, p. 382-386, 1998.
  - 11 TSOMONDO, M.B.C; SIMBI, D.J.; NAVARA, E. Isothermal reduction of chromite fines by carbon saturated chromium melt. **Ironmaking and Steelmaking**, v.24, n.5, p. 386-391, 1997.
  - 12 NAKASUGA, T.; SUN, H.P.; NAKASHIMA, K.; MORI, K. Reduction rate of Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> a solid powder state and in CaO-SiO<sub>2</sub>-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-CaF<sub>2</sub> slags by Fe-C-Si melts. **ISIJ International**, v. 41, n. 9, p. 937-944, 2001.
  - 13 KUNDRAT, D.M.; SMILLIE; A.M.; SUSSMAN; R.C. Method for direct use of chromite ore in the production of stainless steel. US Patent 5.702.502. 1997.
  - 14 NOLASCO SOBRINHO, P.J. **Reciclagem de poeiras e lamas provenientes da fabricação de aço inoxidável**. 2004. 144p. Tese (Doutorado em Engenharia Metalúrgica e de Materiais) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2004.

---

# INFLUENCE OF THE SLAG BASICITY ON THE CHROMIUM OXIDE REDUCTION FROM STAINLESS STEELMAKING DUSTS

*Pedro José Nolasco Sobrinho  
Jorge Alberto Soares Tenório*

## **Abstract**

In this study two different wastes generated during Brazilian stainless steelmaking were tested. They were agglomerated in the briquette form mixed with FeSi75 and CaO. The CaO was added to adjust the final basicity respectively to 0.5; 1 and 1.5. Then six kinds of briquettes were performed and used. Tests were carried out in a laboratory piece of equipment where 1020 steel was melted at 1600°C under inert atmosphere. In each test one briquette of waste was introduced in liquid steel and steel samples were withdrawn periodically. The results shown that the chromium oxide reduction occurs at basicity equal or greater than one despite of the alumina content in the slag.

**Key-words:** wastes, chromium, dust, sludge, steel plant.