

ANÁLISE TERMODINÂMICA-COMPUTACIONAL NO DESENVOLVIMENTO DE PÓS FLUXANTES SEM FLÚOR PARA O LINGOTAMENTO CONTÍNUO DE AÇOS

Autores: Rodrigo Afonso Hatwig
Prof. Nestor Cezar Heck

Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS
Núcleo de Termodinâmica Computacional para a Metalurgia - NTCm

Centro de Tecnologia - UFRGS
Porto Alegre - RS
<http://www6.ufrgs.br/ct/ntcm>

Introdução

Pós fluxantes são escórias sintéticas utilizadas no processo de lingotamento contínuo de aços. Suas funções mais importantes são: (i) promoção do isolamento térmico e químico do aço, (ii) absorção das inclusões não-metálicas provenientes do aço, (iii) promoção da lubrificação do molde e (iv) controle da transferência de calor entre o aço e o molde.

O uso da fluorita (CaF_2) nos pós fluxantes apresenta vantagens relacionadas a um processo estável de lingotamento contínuo e à produção de aços limpos; entretanto, o flúor - proveniente da CaF_2 - é indesejável sob o ponto de vista ambiental e de segurança no trabalho e está sendo substituído pela elevação do teor de Na_2O .

A análise termodinâmica - computacional apresenta-se como uma importante ferramenta no estudo das principais variáveis que influenciam o comportamento dos pós fluxantes e, por isso, teve um papel fundamental no desenvolvimento do projeto. Dois tópicos importantes abordados no trabalho são: (i) o comportamento do pó fluxante desde o estado líquido até a completa solidificação e (ii) sua viscosidade.

No desenvolvimento deste estudo foi utilizado o pó fluxante *Accutherm ST-SP/512SV-DS* (produzido pela empresa *Stollberg*), representado de maneira simplificada pelo *ternário* ($\text{Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2\text{-CaO}$), *quaternário* ($\text{Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2\text{-CaO-MgO}$) e, *quinário* ($\text{Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2\text{-CaO-MgO-Na}_2\text{O}$). O software de simulação termodinâmica *FactSage 5.5* propiciou a simulação dos processos de solidificação do pó fluxante sob equilíbrio (*regra da alavanca*) e a viscosidade do pó fluxante - importante característica físico-química - foi estudada com o auxílio do modelo *IRSID*.

Metodologia

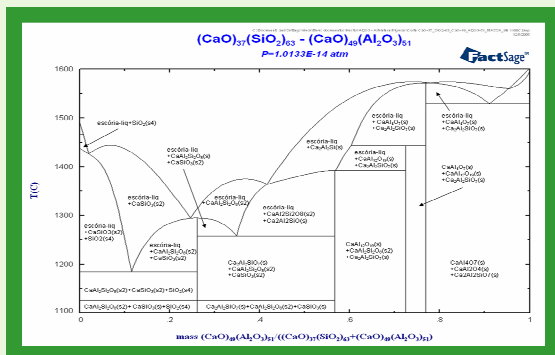
A solidificação foi analisada sob a *regra da balança*, em que o cálculo determina a composição do sólido inicial - normalmente com teor de solutos diferente da composição nominal. Como a *difusão* é assumida ocorrendo sem empecilhos por todas as fases, o sólido modifica a sua composição - tendendo à original - e o cálculo pode ser continuado na próxima temperatura até a completa solidificação para se determinar as fases sólidas. O resultado da determinação fornece a composição das fases e suas frações em função da temperatura.

Os cálculos da viscosidade para os sistemas estudados visam analisar o efeito do *pick-up* de alumina sobre a viscosidade da escória e foram realizados através do modelo matemático *IRSID* - amplamente utilizado na indústria - e, aplicável a um amplo intervalo de temperaturas. Para composições de silicatos, o melhor ajuste para as curvas de viscosidade é obtido através da relação de Frenkel: $\eta = A \cdot T \cdot \exp(B/T)$, onde "A" e "B" são constantes que dependem da composição do pó fluxante.

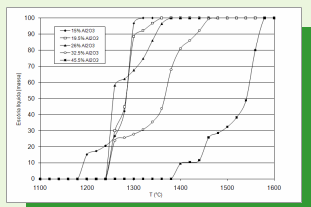
Resultados

• Solidificação das escórias:

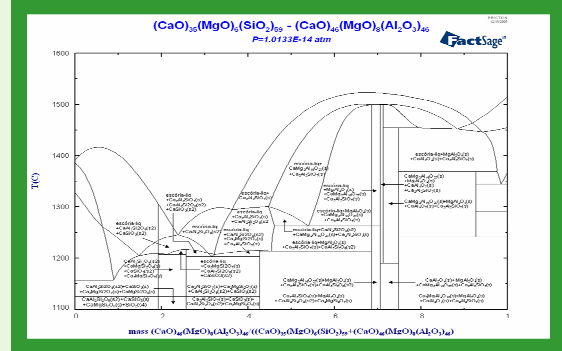
- Diagrama pseudobinário $(\text{CaO})_{37}(\text{SiO}_2)_{63} - (\text{CaO})_{49}(\text{Al}_2\text{O}_3)_{51}$ para o sistema *ternário*:



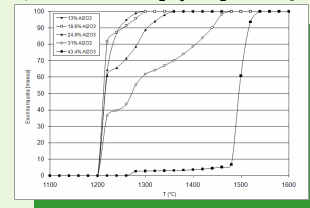
- Curvas de resfriamento para o sistema $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2\text{-CaO}$:



- Diagrama pseudobinário $(\text{CaO})_{35}(\text{MgO})_6(\text{SiO}_2)_{59} - (\text{CaO})_{46}(\text{MgO})_6(\text{Al}_2\text{O}_3)_{46}$ para o sistema *quaternário*:

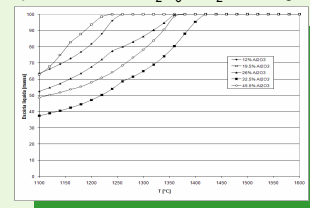


- Curvas de resfriamento para o sistema $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2\text{-CaO-MgO}$:



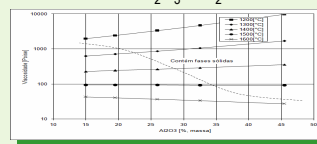
- Devido à limitações apresentadas pelo aplicativo *FactSage 5.5*, não foi possível produzir o diagrama pseudobinário para o sistema *quinário*: $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2\text{-CaO-MgO-Na}_2\text{O}$.

- Curvas de resfriamento para o sistema $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2\text{-CaO-MgO-Na}_2\text{O}$:

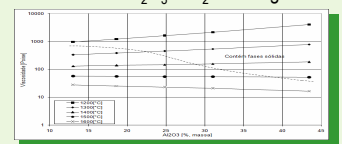


• Viscosidade das escórias:

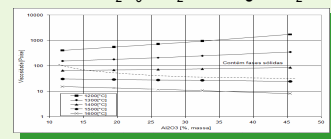
- Sistema $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2\text{-CaO}$:



- Sistema $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2\text{-CaO-MgO}$:



- Sistema $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2\text{-CaO-MgO-Na}_2\text{O}$:



Conclusões

A solidificação do pó fluxante - para os três sistemas estudados - sofre forte influência da composição química e a temperatura onde os primeiros sólidos aparecem varia conforme a composição da escória. Uma forte inclinação das curvas, associada a uma baixa temperatura inicial de solidificação é prenúncio de uma cristalização vítrea.

Por outro lado, dependendo da temperatura, o teor de alumina (Al_2O_3) influencia diretamente a viscosidade do pó fluxante. Para temperaturas menores, a viscosidade cresce com o aumento do teor (o inverso é verdadeiro para temperaturas elevadas). Isso ressalta a necessidade de se quantificar o *pick-up* de alumina da escória, uma vez que essas alterações podem provocar defeitos no aço e *sticker breakout* (interrupção do lingotamento contínuo).

Referências

- MILLS, K.C., *Mould Fluxes - How They Work and How To Use Them?*, in 41st. *Steelmaking Seminar - International*. 2010, ABM: Resende - RJ.
- NAKANO, T., KISHI, T., KOYAMA, K., KOMAI, T., NAITOH, S., *Mould Powder Technology for Continuous Casting of Aluminum-killed Steel*. *Transactions ISIJ*, 1984. 24: p. 950-956.
- RIBOUD, P.V., ROUX Y., LUCAS, L.D., GAYE H., *Improvement of Continuous Casting Powders*, in *PCM - RE.821*. 1981, IRSID - Institut de Recherches de La Sidérurgie Française.