

ESTUDO DA FORMAÇÃO DE INCLUSÕES NÃO-METÁLICAS EM AÇO RESSULFURADO ACALMADO AO ALUMÍNIO

Autores: Júlia Beltrami, Dr. Eng. Wagner V. Bielefeldt, Júlio César Bonin Kirichenko.
Orientador: Prof. Dr-Ing. Antônio C. F. Vilela

Laboratório de Siderurgia - Centro de Tecnologia – UFRGS
Avenida Bento Gonçalves, 9500 Porto Alegre/RS
Fone (51) 3308 9854 - www.ct.ufrgs.br/lasid

1. INTRODUÇÃO

Em aços para indústria automotiva, o teor final de oxigênio deve ser extremamente baixo, visando produtos de alta qualidade.

O alumínio é largamente utilizado como desoxidante, mas o seu uso produz inclusões não-metálicas sólidas de alumina (Al_2O_3) que podem causar, entre outros problemas, entupimento nas válvulas do distribuidor de lingotamento contínuo.

A alternativa empregada com sucesso em aços desoxidados com Al é a modificação das inclusões através de tratamento com cálcio. O objetivo final é a obtenção de inclusões mais favoráveis aos processos de aciaria e conformação mecânica.

2. OBJETIVOS

Investigar a influência da composição química do aço na transformação de inclusões não-metálicas através de testes laboratoriais.

Comparar os dados experimentais com os dados obtidos através de simulação termodinâmica, a fim de consolidar uma ferramenta capaz de prever o perfil inclusionário do aço em questão.

3. METODOLOGIA

3.1) Ensaios em laboratório

Os ensaios foram realizados em Forno Elétrico Resistivo a 1540°C e sob atmosfera inerte (Argônio). A fusão da carga metálica foi realizada em cadinhos de alumina (Al_2O_3).

3.1.1 – Preparação e fusão da carga

- Composição final dos ensaios na tabela 2, aço 15SMN13.
- Pesagem da carga - Ensaio J6: 1kg / Ensaio J7: 2kg.
- Introdução da carga no forno. Purga de 1h com argônio;
- Fusão da carga. Taxa de aquecimento de 5°C/min até 1540°C.



Fig.1 - Forno Elétrico Resistivo e sistema de controle (LaSid-UFRGS).



Fig.2 - Microscópio Eletrônico de Varredura com EDS acoplado (CME-UFRGS).

3.1.2 – Injeção de ligas e amostragem

Quando T = 1540°C:

- Tempo = 15min → Injeção de Al;
- Tempo = 18min → Injeção de CaSi;
- Tempo = 19min → Início da retirada de amostras, em um total de 6.

Tab. 1 – Massa de Al e Ca adicionada aos ensaios.

	J6 (g/kg aço)	J7 (g/kg aço)
Al	0,6	0,3
CaSi	0,7	0,4

3.2) Preparação das amostras

- Corte de pinos (1,5cm) e embutimento;
- Processo metalográfico convencional em lixas de granas 100, 220, 320, 400, 600, 1000 e 1200. Polimento com pasta de diamante de 4µm e 1µm.

3.3) Análise do aço e inclusões

- Análise química do aço via Espectrometria de Emissão Óptica e Determinador de oxigênio total;
- Análise química das inclusões via MEV/EDS, realizado no CME/UFRGS.



Fig.3 - Amostra de pino já lixada e polida para análise de MEV/EDS.



Fig.4 - Injetores de ligas.

3.4) Simulação Termodinâmica

- Simulação termodinâmica computacional (FactSage), bancos de dados para aço (FACTFeLQ) e inclusões (FToxid). Os dados de entrada são oriundos da análise química do aço.

4. RESULTADOS

4.1) Análise química do aço

A análise química do aço via Espectrometria de Emissão Óptica apontou diferenças significativas no teor de Al e Ca para os dois ensaios realizados. O ensaio J6 apresentou teores mais altos de ambos os elementos, devido provavelmente a maior adição de Al e Ca. Os outros elementos não apresentaram grandes desvios, como era esperado.

Tab. 2 - Composição química final dos aços ensaiados, % em massa (Ototal em ppm).

		C	Si	Mn	S	Al	Ca	Ototal
Ensaio J6	Média	0,10	0,15	1,03	0,14	0,0448	0,001500	28
	Desvio Padrão	0,01	0,00	0,007	0,003	0,0015	0,000141	7,1
		C	Si	Mn	S	Al	Ca	Ototal
Ensaio J7	Média	0,14	0,17	0,96	0,145	0,0068	0,000367	40
	Desvio Padrão	0,01	0,00	0,02	0,008	0,0012	0,000082	0

4.2) Análise química das inclusões

Analisando a posição de cada inclusão no diagrama ternário Al_2O_3 -CaO- SiO_2 , observou-se que o ensaio J7 teve menor dispersão do que o J6, ou seja, a composição química das inclusões foi mais homogênea.

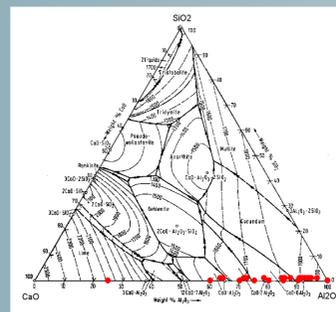


Fig. 5 - Diagrama ternário Al_2O_3 -CaO- SiO_2 . Inclusões do ensaio J6.

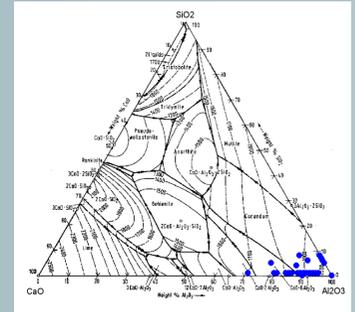


Fig. 6 - Diagrama ternário Al_2O_3 -CaO- SiO_2 . Inclusões do ensaio J7.

4.3) Ensaio Laboratorial x Simulação Termodinâmica

A análise por MEV/EDS do ensaio J6 apresentou um desvio-padrão mais alto entre as medidas. Isso se deve ao fato de que a composição final do aço ensaiado não foi homogênea, e, conseqüentemente, as inclusões também não. O ensaio J7 não apresentou esse problema.

Para o ensaio J6, a simulação apresentou valores de composição de inclusões bem diferentes da obtida em laboratório. Isso devido ao fato já relatado sobre a composição do aço. Por outro lado, a simulação do ensaio J7 apresentou grande concordância com a composição experimental.

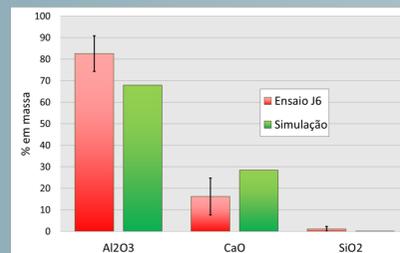


Fig.7 e Tab. 3 - Percentual em massa das inclusões para o ensaio J6 e resultados da simulação termodinâmica.

	Al_2O_3	CaO	SiO_2
Média	82,6	16,2	1,2
Desvio Padrão	8,3	8,6	1,2
Simulação	67,96	28,44	0,10

Nº inclusões analisadas: 38

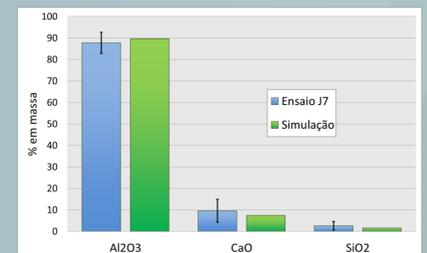


Fig.8 e Tab. 4 - Percentual em massa das inclusões para o ensaio J7 e resultados da simulação termodinâmica.

	Al_2O_3	CaO	SiO_2
Média	87,7	9,6	2,6
Desvio Padrão	4,9	5,4	2,0
Simulação	89,73	7,50	1,54

Nº inclusões analisadas: 53

O ensaio J6, apesar de apresentar um teor muito maior de Al do que o J7, apresentou um teor menor de Al_2O_3 nas inclusões. Ele possui também maior teor de Ca, que reagiu modificando as inclusões de alumina em cálcio-aluminatos. Comparando J6 e J7, é possível perceber a forte influência da adição de um teor maior de Ca na composição final das inclusões.

5. CONCLUSÕES

- A reprodução do aço 15SMN13, em âmbito laboratorial, mostrou-se eficaz para o estudo de inclusões;
- Observou-se uma maior formação de Al_2O_3 no ensaio com menor teor de Al no aço. Já no ensaio com maior teor de Al no aço, a forte modificação pelo Ca fez com que o teor de CaO aumentasse proporcionalmente à diminuição de Al_2O_3 ;
- A simulação termodinâmica mostrou-se eficaz para as condições do ensaio J7, no qual o aço ensaiado foi homogêneo.
- As discrepâncias nos resultados do ensaio J6 mostra a necessidade de se garantir que a composição química final do aço seja o mais homogênea possível.

6. REFERÊNCIAS

- BIELEFELDT, W. V. Tratamento de inclusões-não metálicas com cálcio nos aço SAE 1141 e SAE 8620. Tese de Doutorado – PPGEM – UFRGS, 2009.