

AVANÇO DE INCLUSÕES NÃO-METÁLICAS ATRAVÉS DO TRATAMENTO COM CÁLCIO

Autor: Bruna Iost Camacho

Prof. Dr-Ing. Antônio C. F. Vilela

Orientador: Prof. Dr. Wagner Viana Bielefeldt

Laboratório de Siderurgia-Centro de Tecnologia-UFRGS

Avenida Bento Gonçalves, 9500 Porto Alegre/RS

Fone (51) 3308 7073 / 9854 - www.ct.ufrgs.br/lasid

1. INTRODUÇÃO

Aços de superior usinabilidade são semi-acalmados e possuem teores elevados de enxofre; todavia seu teor final de oxigênio não satisfaz os requisitos de componentes de alto desempenho.

O alumínio é constantemente utilizado para reduzir o teor de oxigênio para níveis aceitáveis comercialmente, apesar de seu uso como desoxidante resultar na formação de inclusões não-metálicas sólidas que causam obstrução de válvulas no lingotamento contínuo.

O potencial do tratamento com cálcio em aços desoxidados ao alumínio é reconhecido e a modificação de inclusões com ligas à base de cálcio é uma ferramenta fortemente utilizada para a produção de aços mais limpos.

2. OBJETIVOS

Realizar o estudo experimental a respeito da modificação de inclusões não-metálicas através do tratamento com cálcio no aço SAE 1141.

Validar o uso do software comercial FactSage para o estudo termodinâmico do perfil inclusionário do aço em questão.

3. METODOLOGIA

3.1) Ensaios em laboratório:

Foram realizados 2 ensaios de composição semelhante em forno elétrico resistivo sob atmosfera de argônio (inerte).

3.1.1) Fusão da carga metálica:

A fusão foi realizada a uma taxa de aquecimento de 5°C/min até 1520°C em cadinhos de Alumina (Al₂O₃).

A carga de cada ensaio tem como massa total 1kg.

3.1.2) Adição de ligas e coleta de amostras:

Quando atingir T = 1520°C e:

Tempo = após 15 min injeção de 0,95g de CaSi

Tempo = após 17 min coleta de amostras a intervalos de 2 min. Total de 4.

3.2) Preparação e análise das amostras:

3.2.1) Pinos coletados no ensaio:

Corte dos pinos (aprox. 1,5 cm), vide figura 1 e embutimento para posterior preparação metalográfica convencional e análise química das inclusões via MEV/EDS.

3.2.2) Amostras para análise química:

Análise química do aço (6 pontos por amostra) via Espectrometria de Emissão Óptica e Determinador de Oxigênio Total (2 amostras), vide figura 2.

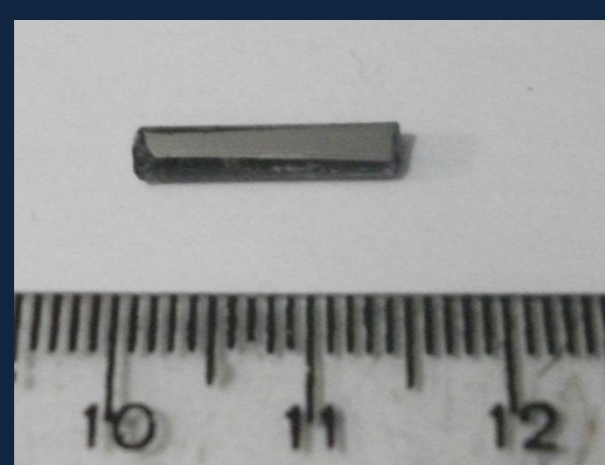


FIG.1 Pino pronto para análise via MEV/EDS.



FIG.2 Amostra de aço remanescente do cadinho.

3.3) Estudo termodinâmico:

Simulação termodinâmica computacional através do software comercial FactSage versão 6.3, utilizando banco de dados para o aço (FSstel-LIQU) e óxidos (FToxid-SLAGA).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1) Análise química do aço:

A análise realizada via Espectrometro de Emissão Óptica apontou que ambas amostras se mantiveram na faixa de composição indicada para o aço SAE 1141, vide tabela 1.

No entanto, pode se observar uma variação considerável para o cálcio, vide tabela 2, que é um importante elemento na modificação de inclusões.

	C	Si	Mn	S	O
Ensaio B1	Média 0,38	0,18	1,52	0,106	27,5
	Desvio 0,002	0,002	0,013	0,007	7,8
Ensaio B2	Média 0,37	0,21	1,39	0,094	33,5
	desvio 0,004	0,002	0,078	0,006	2,1

TAB.1 Composição química final dos aços ensaiados, % em massa (O em ppm)

Ponto	Ensaio B1		Ensaio B2	
	Al	Ca	Al	Ca
1	20,0	7,0	40,0	12,0
2	20,0	8,0	40,0	16,0
3	20,0	14,0	40,0	15,0
4	20,0	12,0	40,0	12,0
5	20,0	9,0	40,0	13,0
6	20,0	10,0	50,0	15,0

TAB.2 Teor de Al e Ca dos aços ensaiados em ppm.

4.2) Análise química das inclusões:

Observou-se uma grande dispersão nas inclusões no diagrama ternário Al₂O₃-CaO-SiO₂, ou seja, a composição química das inclusões foi significativamente heterogênea, vide figuras 3 e 4.

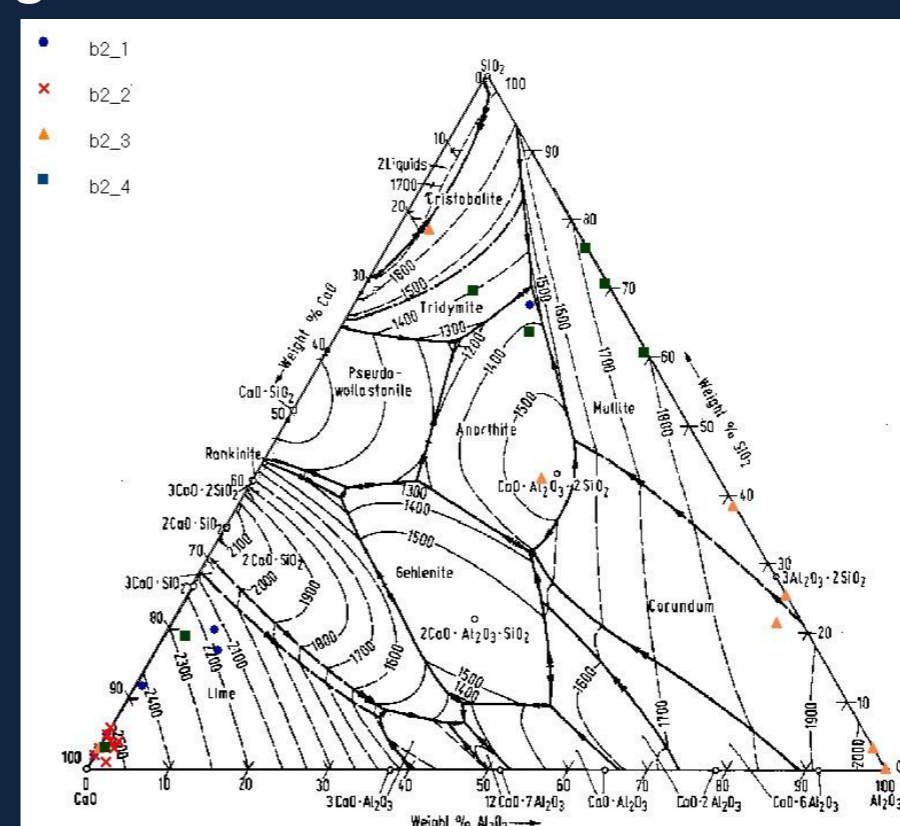


FIG.3 Diagrama ternário de inclusões do ensaio B1.

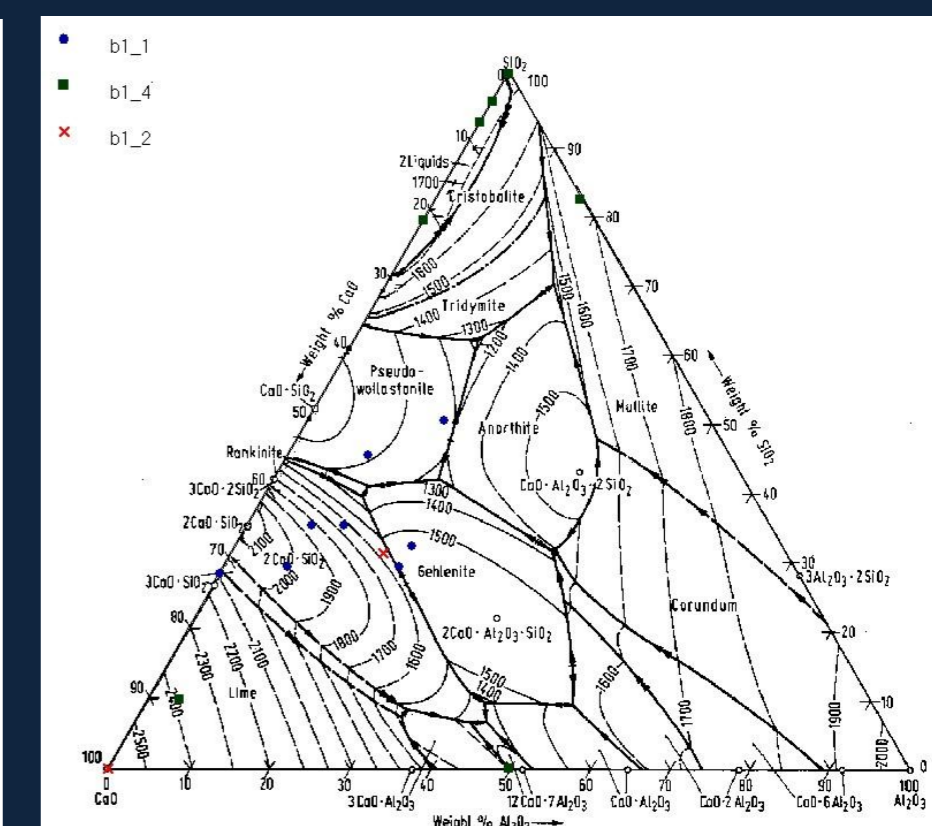
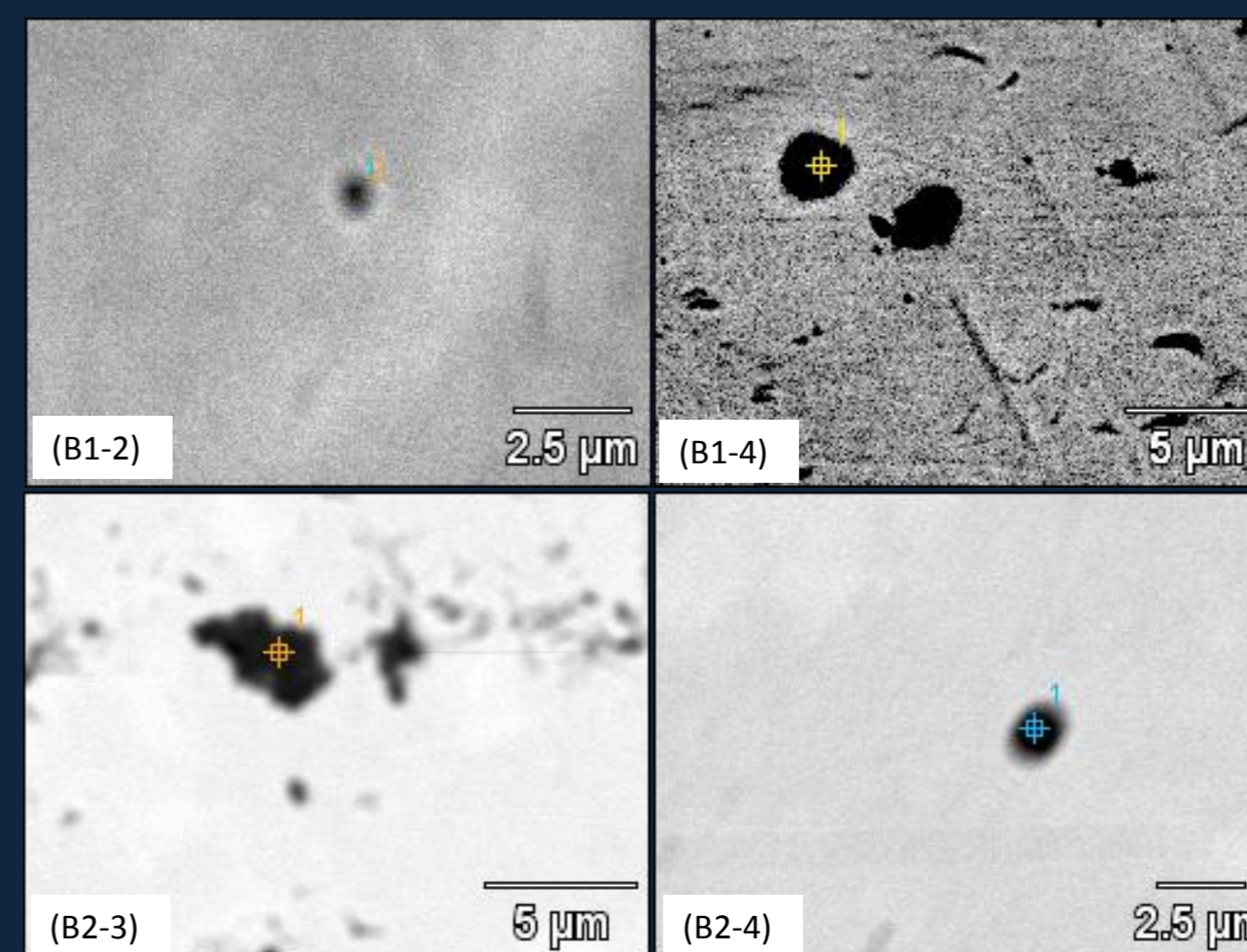


FIG.4 Diagrama ternário de inclusões do ensaio B2.

A figura 5 e a tabela 3 mostram exemplos de inclusões analisadas no MEV/EDS:

(B1-2) formação de CaS; (B1-4) inclusão rica em CaO;

(B2-3) inclusão rica em Al₂O₃; (B2-4) inclusão de óxido com composição homogênea.



Amostra	Mg	Al	Si	S	Ca	Mn	Fe
B1-2	0,17	0,84	4,06	16,59	68,86	0	9,48
B1-4	0,3	0	0,14	0,21	52,3	1,99	45,05
B2-3	1,94	11,46	0,4	0,15	0	0,87	77,17
B2-4	0	0,69	1,42	0,04	1,53	1,75	94,57

FIG. 5 e TAB. 3: Exemplos de Inclusões analisadas no MEV/EDS em % em massa.

4.3) Simulação termodinâmica x Resultados experimentais:

Nas duas amostras, a simulação apresentou valores de composição de inclusões bem diferentes dos observados no laboratório, indicando heterogeneidade nas amostras, vide tabelas 4 e 5.

	Al2O3	CaO	SiO2
Média	10,73	49,60	39,70
Desvio	12,70	33,80	34,00
Simulação	32,33	28,17	30,78

TAB. 4 Percentual em massa das inclusões para o ensaio B1 e resultados da simulação termodinâmica.

	Al2O3	CaO	SiO2
Média	19,10	59,60	21,20
Desvio	29,20	42,70	25,80
Simulação	45,95	20,83	29,72

TAB. 5 Percentual em massa das inclusões para o ensaio B2 e resultados da simulação termodinâmica.

5. CONCLUSÕES PARCIAIS

- Os pinos retirados durante o ensaio apresentaram teor de CaO superior ao esperado, bem como um alto desvio padrão na composição das inclusões. Tal comportamento demonstra a necessidade de se garantir que a composição química do aço seja o mais homogênea possível.
- Possivelmente a liga CaSi adicionada não foi totalmente homogeneizada, permanecendo em suma no centro da bolacha de aço.
- As discrepâncias nos resultados atingidos nos ensaios em relação aos obtidos na simulação termodinâmica, mostram a necessidade de revisão do procedimento laboratorial para experimentos com adição de alto teor de CaSi e repetição dos ensaios, em temperatura mais elevadas, afim de atingir a homogeneidade das amostras.

6. REFERÊNCIAS

BIELEFELDT, Wagner Viana. **Tratamento de inclusões não-metálicas com cálcio nos aços SAE 1141 e SAE 8620**. Porto Alegre: UFRGS, 2009. Tese (Doutorado).

7. AGRADECIMENTOS

