

Seleção de ligas a base de terras raras para neutralização do efeito deletérios na morfologia da grafita esferoidal para fabricação de ferro fundido nodular para máquinas centrífugas

Anderson Bento¹, Ana Carolina Assis de Souza², Danilo Antonio Haussman da Silva², Marcelo Pereira de Souza², Ana Giulia Mirabet Cusatis²

¹Universidade Federal Fluminense, Departamento de Metalurgia; ²Saint Gobain Canalização.

Palavras-chave: *Terras raras (Misch Metal); Ferro Fundido Nodular; Metalografia; Simulação; Inoculação*

INTRODUÇÃO

A utilização da liga de ferro fundido nodular está vinculada a sua ductilidade e resistência mecânica, essas propriedades permitem a este ferro fundidos algumas aplicações em determinados segmentos, tais como produção de tubos nodulares, conexões e válvulas. A obtenção desta liga de ferro fundido nodular, consiste na técnica de imersão de sino. A técnica utilizada neste trabalho, baseou-se no uso de panelas, volume de metal, temperaturas e adição de magnésio controlados. No processo utiliza a adição de sucata de aço para correção da análise química, na qual pode conter elementos químicos residuais que são considerados nocivos¹ para grafita esferoidal (Ti, As, Sn, Sb, Pb, Bi e Al²). Por isso é importante a adição de ligas de terras raras para neutralizar estes elementos, que degeneram a grafita esferoidal na matriz metálica. A finalidade deste trabalho é classificar tipos de ligas de terras raras com diferentes concentrações químicas, visando descrever uma Especificação Técnica na aplicação de ligas de terras raras para produção de ferro nodular na norma ASTM A247³.

METODOLOGIA

A técnica utilizada neste trabalho baseou-se de panelas rotativas, que consiste introduzir metal de base no estado líquido, de análise química e temperatura pré-estabelecidas, com adição de ligas a base de terra raras⁴, com lantânio, cério, Neodímio, Praseodímio, em quatro grupos distintos nomeados do tipo A, B, C e D e posterior o tratamento de nodularização com adição de magnésio controlado, para obtenção da grafita nodular e atuante como desoxidante e dessulfurantes. As amostras estudadas neste trabalho, foram produzidas em tubos centrífugados, pastilhas de 4 mm e instrumentos laboratoriais, Leco, espectrômetro e microscópio.

Tabela 1 – Análise química e Física ligas a de terra raras

Tipo	Lantânio (%)	Cério (%)	Neodímio (%)	Praseodímio (%)
A	7,00	13,00	0,00	0,00
B	22,00	45,00	0,00	0,00
C	10,00	50,00	10,00	10,00
D	20,00	47,00	10,00	10,00

Fonte: Próprio autor.

Tabela 2 – Análise química de metal de base e detecção de elementos químicos que provocam reações deletérios.

Elementos deletérios				
Metal de Base	S (%)	Ti (%)	Pb (%)	As (%)
Análise	0,0089	0,0521	0,0026	0,0035
Limite	0,0080	0,0500	0,0020	0,0030

Fonte: Próprio autor.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 3, detalha todos os resultados metalográficos, conforme a norma ASTM A247, sendo que os tipos de Ligas A e B, se torna inviável utilizar, devido a formação de defeitos de grafita lamelar, explodida e vermicular, tendo como solução taxa 111,53 gramas/tonelada (g/t) de metal no tipo A e B, porém com elevado o custo financeiro para fabricação das peças. No caso das ligas C e D, se torna viável a utilização pelo consumo de taxas baixas (gramas/tonelada) de metal, além disso pela qualidade conforme os resultados pelos sem defeitos, de grafitas lamelar, vermicular, explodida e sem a formação de carbonetos pela liga do cério, que em teores superiores a 0,01%

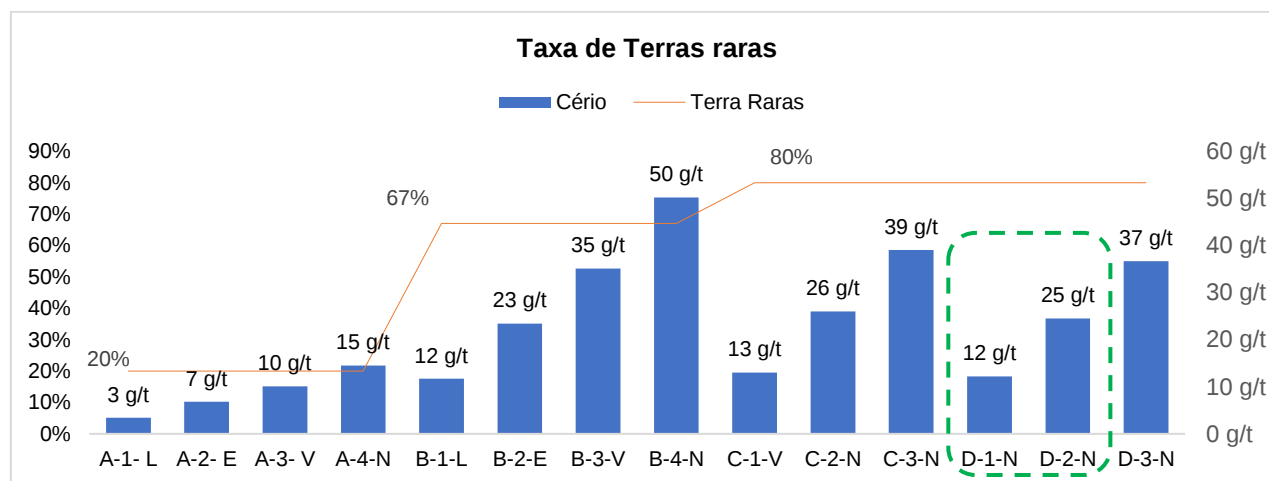
de Ce⁵, este deixa de ser um benefício e se torna um problema pois passa a estabilizar a formação de carbonetos, formação de grafitas primárias e do tipo “Chunky” que é justamente o que estamos combatendo.

Tabela 3 – Taxa das ligas

Tipo	g/t	Lantânio (g/t)	Cério (g/t)	Neodímio (g/t)	Praseodímio (g/t)	Terra Raras (%)	ASTM A247 Grafita	Grafita
A-1- L	26,02	2	3	0	0	20	Tipo VII	Lamelar
A-2- E	52,05	4	7	0	0	20	Tipo VI	Explodida
A-3- V	78,07	6	10	0	0	20	Tipo IV	Vermicular
A-4-N	111,53	8	15	0	0	20	Tipo I	Nodular
B-1-L	26,02	6	12	0	0	67	Tipo VII	Lamelar
B-2-E	52,02	12	23	0	0	67	Tipo VI	Explodida
B-3-V	78,07	17	35	0	0	67	Tipo IV	Vermicular
B-4-N	111,53	25	50	0	0	67	Tipo I	Nodular
C-1-V	26,02	3	13t	3	3	80	Tipo IV	Vermicular
C-2-N	52,02	5	26t	5	5	80	Tipo I	Nodular
C-3-N	78,07	8	39	8	8	80	Tipo I	Nodular
D-1-N	26,02	5	12	3	3	80	Tipo I	Nodular
D-2-N	52,02	10	25	5	5	80	Tipo I	Nodular
D-3-N	78,02	16	37	8	8	80	Tipo I	Nodular

Fonte: Próprio autor.

Figura 3 – Gráfico Taxa de Liga x Ce (%)



CONCLUSÕES

Em vista dos experimentos práticos e argumentos apresentados, percebe-se que o estudo e o conhecimento acerca dos tipos de ligas de terras raras, suas aplicações, seus elementos químicos, são de suma importância no desenvolvimento de especificação técnica para suporte e tomada de decisão de custos, benefício e desenvolvimento de fornecedores para fabricação do ferro nodular. Analisando os resultados metalográficos e os defeitos gerados apresentado pode chegar à conclusão de que a ligas a base de terra raras, seria a melhor do tipo C e D, porém tendo sempre como observação o custo em kg e os refugos gerados.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a UFF.

REFERÊNCIAS

- [1] REESMAN, R. W.; LOPER Jr., C. R. Heavy section ductile iron as affected by certain processing variables. **AFS Transactions**, v. 75, p. 1-9, 1967.
- [2] ASTM-A247. **Standard Test Method for Evaluating the Microstructure of Graphite in Iron Castings**. 2010.
- [3] DE SOUZA SANTOS, A. B.; SUGIYAMA, N.; OIESKE, A. Efeitos de algumas variáveis de processo na estrutura e propriedades de ferro fundido nodular. **Metalurgia ABM**, v. 30, n. 201, p. 567-77, 1974.
- [4] DE SOUZA SANTOS, A. B.; CASTELLO BRANCO, C. H. **Metalurgia dos Ferros Fundidos Cinzentos e Nodulares**. São Paulo, 3ª. Ed. 1989. 205 p.
- [5] DE SY, A. L. **Inoculacion et graphite dès fontes grises**. International Foundry Congress, Paris, 1948.