

CARACTERIZAÇÃO METALOGRÁFICA DA ESTRUTURA BRUTA DE SOLIDIFICAÇÃO DE AÇOS ESPECIAIS PRODUZIDOS POR LINGOTAMENTO CONTÍNUO¹

*Bruno Vaz de Souza²
Natália Kosby dos Santos³
Wilson Fogazzi⁴
Carlos Alexandre dos Santos⁵
Jaime Alvares Spim Junior⁶*

Resumo

O objetivo deste trabalho foi caracterizar a macroestrutura de aços produzidos pelo sistema de lingotamento contínuo. Foi observada a disposição dos grãos nas zonas coquilhada, colunar e equiaxial. A aquisição das amostras ocorreu em planta de lingotamento contínuo de aços especiais. Foram retirados blocos de tarugos com seção de 150 por 150 mm. Retirou-se *bolachas* de aproximadamente 5mm de espessura para a análise, de diferentes tipos de aços. Estas amostras foram submetidas à retífica para a obtenção de uma superfície mais adequada ao início dos procedimentos analíticos. Realizou-se o procedimento metalográfico padrão incluindo lixamento da superfície a ser observada e posterior ataque com reagentes químicos adequados de acordo com a composição de cada aço. Como resultado obteve-se a revelação das macroestruturas com morfologias diferentes, observando defeitos como deslocamentos de zonas equiaxiais e colunares e detectando a presença em grande parte das peças, de porosidade central. Pode-se observar que o sistema de fundição por lingotamento contínuo não produz estruturas uniformes onde cada aço produzido costuma apresentar influencias diferentes do processo.

Palavras-chave: Lingotamento Contínuo, Macroestrutura de Aços, Estrutura bruta de Solidificação.

- (1) 6° ENEMET - Encontro Nacional de Estudantes de Engenharia Metalúrgica e de Materiais. De 24 a 28 de julho de 2006, Rio de Janeiro – RJ
- (2) Estudante de Engenharia Metalúrgica - UFRGS
- (3) Estudante de Engenharia Metalúrgica - UFRGS
- (4) Doutorando LAFUN / PPGEM / UFRGS
- (5) Prof. Dr. Adjunto PUCRS
- (6) Prof. Dr. Adjunto LAFUN / PPGEM / UFRGS

Introdução

O Sistema de Fundição por Lingotamento Contínuo do Aço tem por característica a produção contínua de semi-acabados, tarugos e placas, a partir de um Aço líquido vazado através de um molde. Nesse trabalho foi feito um breve estudo a respeito dos tarugos de seção quadrada. Os objetivos são avaliar se o sistema de Lingotamento contínuo produz lingotes com uniformidade de estrutura bruta de solidificação e quais tipos de defeitos podem ocorrer em relação a macroestrutura desses materiais.

Material e Métodos

Para a Análise, foram colhidos 14 blocos de lingotes de aço especiais, com composições químicas diferentes. Os blocos passaram por um processo de corte e retífica para adequar o tamanho e a superfície das amostras a serem analisadas.

Os blocos (figura 1) foram cortados e retificados nos locais indicados na figura 2. A seção de 10mm foi reservada para corte e análise micrográfica, e as seções de 5mm foram objeto de estudo deste trabalho.



Figura 1. Fotografia de um dos blocos

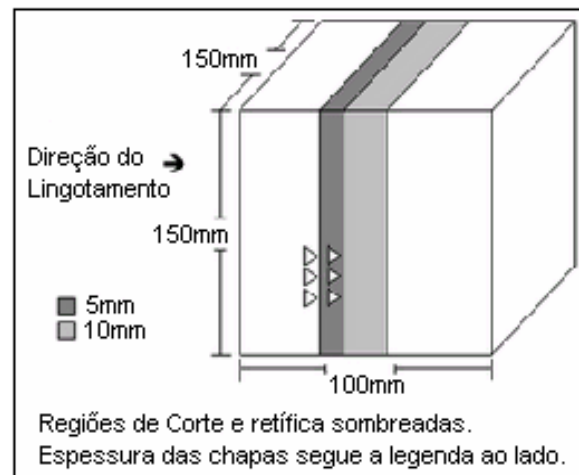


Figura 2. Esquema de corte e Retífica.

Após a retirada das amostras de 5mm, foram realizados os seguintes procedimentos padrões de metalografia:

- **Lixamento plano:**

Realizado com lixadeira plana manual, utilizando uma seqüência de lixas de carbeto de silício com as seguintes granulometrias: #220, #320, #400 e #600.

- **Ataque Químico:**

Para realizar o ataque Químico, usou-se um dispositivo imantado na face traseira da peça pra promover suporte ao manuseio. Após, em capela química adequada, o ataque químico foi realizado por imersão total da superfície da amostra no reagente.

Usou-se Nital como reagente químico em todas as amostras tratadas nesse estudo. Esse reagente é indicado para realizar Macrografias de Aços e apresenta como indicativo principal a quantidade percentual de Ácido Nítrico em Álcool etílico ou Etanol. (1).

Variou-se então a proporção entre os componentes do reagente para ajuste da velocidade do ataque inicial, evitando excesso de ataque na superfície da amostra. Inicialmente usou-se uma concentração mais forte, mas para diminuir a probabilidade desses excessos de ataque foi adotada uma composição mais branda de forma a realizar ataques mais lentos e graduais.

As composições Químicas de cada aço, bem como as composições do ataque químico realizado estão relacionadas na tabela 1.

A evolução do ataque químico dependeu basicamente do comportamento de cada amostra em contato com o ácido. Após um certo tempo de cada imersão, formava-se uma camada de óxido na superfície, que promovia a estagnação do ataque. O sucesso da evolução dependeu da retirada sucessiva e eficiente dessas camadas de óxidos, com pedaços de algodão embebidos em álcool, e nova imersão da amostra até se atingir a melhor revelação das macroestruturas desejadas. Caso a retirada dessa camada fosse incompleta, provocariam manchas na próxima imersão.

Outro problema observado foi que a retirada da camada com algodão deve ser lenta e sem uso de força, pois caso contrário ocorre uma deterioração do contraste, portanto da visualização, devido ao fato de o algodão ficar embebido de uma solução de álcool mais óxido residual, o que ocasionava um leve desgaste na superfície evidenciando uma opacidade indesejada.

Os tempos de ataque não foram catalogados devido a este não ser um fator determinante no caso destas amostras. O Acompanhamento visual constante teve de ser feito para avaliar a situação de cada uma das amostras.

Finalizado o ataque, foi aplicado verniz específico para proteção de amostras metalográficas seguindo-se da aquisição de Imagens.

Tabela 1. Numeração das Amostras com as respectivas Composições Químicas

Amostra	C	Cr	Cu	Mn	Mo	Ni	Si	Ataque Nital
01	0,53	0,66	0,12	0,66	0,03	0,1	1,25	7%
02	0,53	0,66	0,13	0,67	0,04	0,11	1,3	7%
03	0,38	0,13	0,18	1,44	0,02	0,08	0,25	10%
04	0,16	1,03	0,14	1,13	0,05	0,14	0,24	10%
05	0,16	1,04	0,14	1,12	0,04	0,17	0,23	10%
06	0,38	0,13	0,16	1,54	0,04	0,12	0,15	10%
07	0,46	0,13	0,18	0,85	0,019	0,07	0,23	7%
08	0,16	1,1	0,16	0,65	0,21	0,09	0,22	10%
09	0,43	1,14	0,16	0,69	0,031	0,14	0,24	10%
10	0,21	0,47	0,17	0,77	0,16	0,45	0,23	10%
11	0,07	0,06	0,127	1,02	0,024	0,09	0,01	7%
12	0,09	0,06	0,13	1,15	0,02	0,08	0,01	7%
13	0,08	0,07	0,14	1,06	0,02	0,09	0,01	7%
14	0,59	0,75	0,16	0,82	0,03	0,13	0,22	7%

Resultados

Como resultado, foram reveladas as macroestruturas de todas as amostras cuja numeração e composições químicas estão relatadas na tabela 1. Em Seguida seguem as imagens obtidas das superfícies das amostras após a revelação das Macroestruturas.



Figura 3. Amostra 01

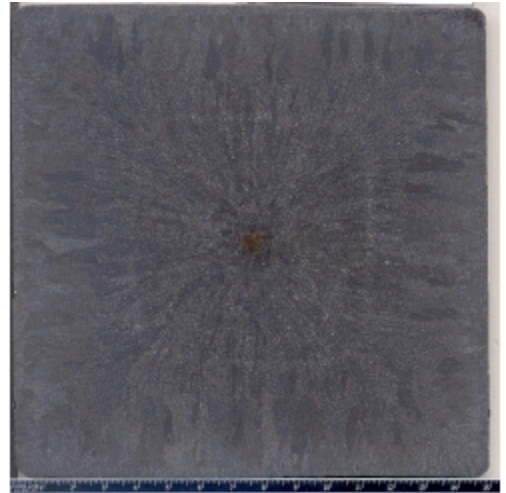


Figura 7. Amostra 05

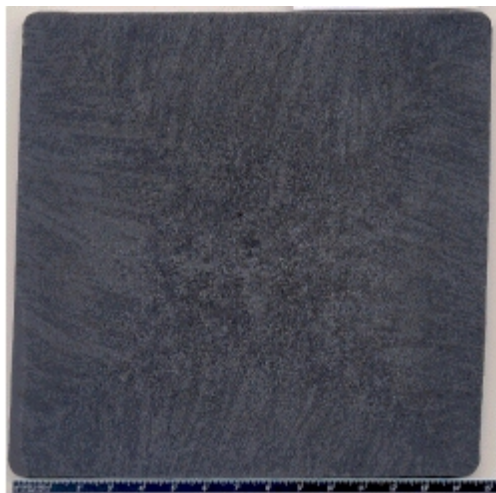


Figura 5. Amostra 03



Figura 4. Amostra 02



Figura 6. Amostra 04



Figura 11. Amostra 09



Figura 8. Amostra 06



Figura 13. Amostra 11



Figura 9. Amostra 07



Figura 10. Amostra 08



Figura 12. Amostra10



Figura 14. Amostra 12

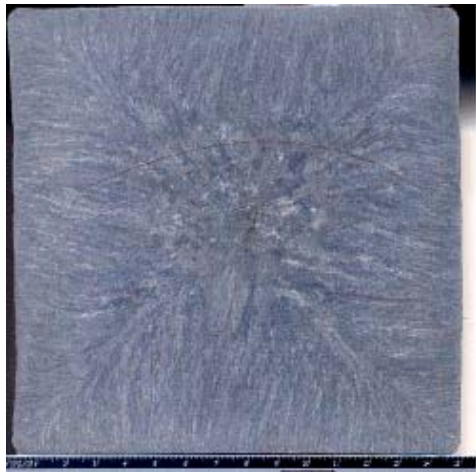


Figura 15. Amostra 13



Figura 16. Amostra 14

Discussão

Observa-se a não uniformidade das macroestruturas resultantes da solidificação. Entre as características observadas estão o deslocamento da zona equiaxial central, o desvio direcional da zona colunar, que pode apresentar tamanhos diferentes em relação ao comprimento e largura dos grãos. Defeitos como vazio central e microtrincas próximas à interface metal/molde também são observados em alguns casos. Um exemplo típico é a estrutura apresentada pela amostra 08, que apresenta microtrincas na região coquilhada, uma longa zona colunar que se divide em dois tamanhos de grãos (grossos e finos), e uma pequena zona equiaxial central bem refinada com a presença de um vazio central. O efeito do movimento do líquido remanescente por força eletromagnética (stirrer) é bem observado em todas as estruturas reveladas.

Na Tabela 2 estão relatadas as características mais destacadas observadas em cada amostra.

Tabela 2. Aspectos importantes da Macroestrutura de cada amostra.

Amostra	Zona Coquilhada	Zona Colunar	Zona Equiaxial
01	- Refinada	- Fina e Pequena. - Grãos não perpendiculares a parede do molde	- Zona Equiaxial Central deslocada. - Presença de Vazio Central.
02	- Refinada	- Fina e Pequena. - Grãos não perpendiculares à parede do molde	- Zona Equiaxial Central deslocada. - Presença de Vazio Central.
03	- Refinada	- Fina e Pequena. - Grãos não perpendiculares à parede do molde	- Zona Equiaxial Central deslocada
04	- Refinada	- Grosseira - Uniforme quanto ao comprimento	- Equiaxial Central refinada
05	- Refinada	- Grossa: Curta - Fina: Comprida	- Equiaxial Central pequena e refinada - Presença de vazio central
06	- Relativamente grande	- Pequena, refinada e não perpendicular em relação à interface.	- Equiaxial Central grande e grosseira.
07	- Refinada	- Comprida e refinada.	- Equiaxial Central pequena e deslocada. - Ausência de Vazio Central.
08	- Refinada - Microtrincas próximas a interface.	- Grossa: Curta - Fina: Comprida - Uniformes e perpendiculares	- Equiaxial Central refinada.
09	- Refinada	- Fina, longa e não uniforme.	- Equiaxial Central deslocada.
10	- Refinada	- Grosseira	- Grosseira - Ausência de vazio central
11	- Refinada	- Altamente refinada e não uniforme	- Altamente refinada.
12	- Refinada	- Altamente refinada e não uniforme	- Altamente refinada
13	- Refinada	- Altamente refinada e não uniforme	- Altamente refinada
14	- Refinada	- Grosseira e não uniforme.	- Grosseira e deslocada - Equiaxial central refinada

O reagente analítico utilizado precisou de alterações nas concentrações dos componentes para que se obtivesse um melhor controle na evolução dos ataques. Não foi notada correlação direta entre as composições químicas dos Aços e a concentração do reagente. Apenas a variação da velocidade do ataque o que permitiu um melhor acompanhamento visual já que desse modo aumenta-se o número de etapas intermediárias de imersão das amostras no reagente até se chegar ao resultado desejado.

Conclusão

Os aços analisados apresentam uma não uniformidade macroestrutural. A zona colunar e equiaxial central mostram características distintas em relação ao refinamento, disposição dos grãos.

Observa-se claramente o efeito do equipamento indutor de fluxo eletromagnético (Stirrer) nas macroestruturas apresentadas.

As amostras apresentam defeitos típicos como vazios centrais, deslocamento de núcleo e trincas sub-superficiais.

O Reagente Químico Utilizado mostrou-se adequado para a revelação macroestrutural de todas as amostras, com ajustes na concentração para melhor o controle de ataque.

Agradecimentos

Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Laboratório de Fundição, CNPq, Gerdau Aços Especiais Piratini, Prof. Dr. Jaime Álvares Spim Junior, MSc. Eng. Wilson Fogazzi.

Referências Bibliográficas

(1) ASM Handbook Volume 9, Ninth Edition - Metallography and Microstructures

METALLOGRAPHY CHARACTERIZATION OF CAST STRUCTURE OF SPECIAL STEEL PRODUCED BY CONTINUOUS CASTING⁽¹⁾

Bruno Vaz de Souza²
Natália Kosby dos Santos³
Wilson Fogazzi⁴
Carlos Alexandre dos Santos⁵
Jaime Alvares Spim Junior⁶

Abstract

The objective of this work was to characterize the steel macrostructure produced for the system of continuous casting. It was observed the disposal of the grains in the chill, columnar and equiaxed zones. The acquisition of the samples occurred in plant of continuous casting of special steels. Blocks of bars with section of 150 for 150mm had been removed. Approximately Left plates of 5mm of thickness for the analysis of different types of steel. These plates had been submitted to specific process for the attainment of an more adjusted surface to the beginning of the analytical procedures. The procedure was become fulfilled metallographic standard that consist of grinding of the surface to be observed etching with adjusted chemical reagents. As result got it revelation of the macrostructures with different morphologies, observing defects as displacements of equiaxed zones and columnars and detecting the presence to a large extent of the parts, of central porosity. It can be observed that the continuous casting does not produce ingots with structures uniforms where each produced steel tends to disclose different influences of the process.

Key-words: Continous Casting, Macrostrucute of Cast Steels.

(1) 6° ENEMET - Encontro Nacional de Estudantes de Engenharia Metalúrgica e de Materiais. De 24 a 28 de julho de 2006, Rio de Janeiro – RJ

(2) Student of Metallurgic Engineering - UFRGS

(3) Student of Metallurgic Engineering - UFRGS

(4) Master Mechanical Engineer - LAFUN / PPGEM / UFRGS

(5) PhD Professor - PUCRS

(6) PhD Professor - LAFUN / PPGEM / UFRGS