

QUANTIFICAÇÃO DE CARBONETOS PRECIPITADOS NO AÇO ASTM A213 T22 OPERANDO POR LONGO TEMPO EM REGIME DE FLUÊNCIA¹

Clesianu Rodrigues de Lima²

André Luiz Pinto³

Luiz Henrique de Almeida⁴

Resumo

O aço ASTM A213 T22 é frequentemente usado na indústria petroquímica, refinarias e estações de geração de energia. Estes aços contêm Cr, Mo e V como elementos de liga significantes, eles são adicionados objetivando uma melhor resistência à fluência. O estudo da deformação por fluência do material é importante na determinação do tempo de vida remanescente do equipamento. Atualmente, considerável atenção tem sido dada pela indústria no estudo do tempo de vida remanescente de componentes que operam em longos tempos. A deformação em fluência varia com a temperatura, tensão e tempo de exposição necessário para precipitação, crescimento e distribuição de diferentes precipitados. O interesse em técnicas que determinem evolução de danos e expectativa de vida do material é crucial na determinação de riscos, falhas catastróficas e extensão do tempo de vida de componentes.

Palavras-chave: Aço ASTM A213 T22; Carbonetos; Fluência.

QUANTIFICATION OF CARBIDES PRECIPITATED IN THE ASTM A213 T22 STEEL OPERATING ON LONG TIME IN CREEP

Abstract

ASTM A213 T22 steel is frequently used in the petrochemical industry, as well as in oil refineries and power generation stations. This steel contains mainly Cr, Mo and V as significant alloy elements, which are added to them aiming at greater resistance to creep. The deformation through creep is important under such circumstances, in order to determine the life expectancy of the equipment. Considerable attention has been paid by the industry to the study of the estimate of the remaining lifetime of a component after an operation period. Creep deformation varies according to temperature, tension and time of exposure due to precipitation, size and distribution of the precipitates, as seen in tests accomplished in long lasting service periods. The interest in the techniques for the evaluation of the material damage and life expectancy is crucial for risk determination of catastrophic failure and for extension of the component's lifetime.

Key words: ASTM A213 T22 steel; Carbides; Creep.

¹ *Contribuição técnica ao 62º Congresso Anual da ABM – Internacional, 23 a 27 de julho de 2007, Vitória – ES, Brasil.*

² *Mestrando - Seção de Engenharia Mecânica e Materiais - Instituto Militar de Engenharia.*

³ *D.C. - Seção de Engenharia Mecânica e Materiais - Instituto Militar de Engenharia.*

⁴ *D.C. - Programa de Engenharia Metalúrgica e Materiais - COPPE/UFRJ.*

1 INTRODUÇÃO

O aço ASTM A213 T22 é um aço de alta resistência e baixa liga, com microestrutura ferrítica. Aços de baixo carbono e baixa liga são usados freqüentemente em indústrias e refinarias petroquímicas. Estes aços contêm principalmente Cromo, Molibdênio e Vanádio, como elementos significativos de liga, que são adicionados visando uma maior resistência à fluência.⁽¹⁾

Aços ferríticos são extensivamente usados na indústria em tubulações soldáveis, na construção de componentes de plantas de geração de energia que operam sob alta temperatura e pressão. Em tais circunstâncias a deformação por fluência é importante na determinação do tempo de vida do equipamento.⁽²⁾

Nos últimos anos, considerável atenção foi dada ao estudo da previsão do tempo remanescente de componentes em serviço. Durante o serviço a altas temperaturas ocorre a formação, crescimento e dissolução de carbonetos.⁽³⁾

A deformação por fluência até a ruptura de muitas ligas varia com a temperatura, tensão e tempo de exposição devido à precipitação, mudança de tamanho e distribuição de precipitados, vistos em testes realizados em tempo de serviço prolongados.⁽⁴⁾

Informações sobre o crescimento de precipitados de carbonetos podem ser usadas como um registro do estado do metal⁽⁵⁾. Assim, o interesse nas técnicas para a avaliação da degradação e do tempo de vida restante do material é primordial na avaliação do risco de falhas catastróficas e no alongamento da vida do componente.⁽⁶⁾

Este artigo tem como objetivo a determinação da fração de carbonetos precipitados em amostras retiradas de tubos em serviço, do aço ASTM A213 T22, por meio de análises de Microscopia Eletrônica de Transmissão com uso do EDS, técnica usada por Ganesan e Rodriguez.⁽⁷⁾

2 MATERIAIS E MÉTODOS

As amostras foram retiradas de tubos em serviço. As condições de operação são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Amostras do aço ASTM A213 T22 indicando a condição de operação.

Amostra	Tempo de Serviço (h)	Temp. (°C)	Tensão (MPa)	Tamanho de Grão
A	114.638	515	30±0,2	6,29±0,1
B	145.000	515	25±0,2	6,77±0,1

Para obtenção de imagens por Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV), as amostras passaram pelo processo de lixamento, polimento e ataque químico com Nital 2%, para poder ser revelado a sua microestrutura. O MEV utilizado é um Jeol JSM 5800LV.

As amostras para Microscopia Eletrônica de Transmissão (MET), foram preparadas por réplica de extração, realizando-se as análises no MET Jeol JEM 2010. Durante a análise um campo de interesse era selecionado, fotografado e os precipitados identificados por um EDS Noran Instruments.

Após a digitalização, a imagem foi segmentada, objetivando a separação de precipitados, atribuído uma cor específica para cada fase, em seguida sendo realizado o cálculo de área de precipitados em relação à área total da imagem. O processo de tratamento da imagem e cálculo de área de precipitados foi realizado no Software Axio Vision.

3 RESULTADOS

As Figuras 1 e 2 são imagens obtidas em MEV mostrando a microestrutura do aço analisado.

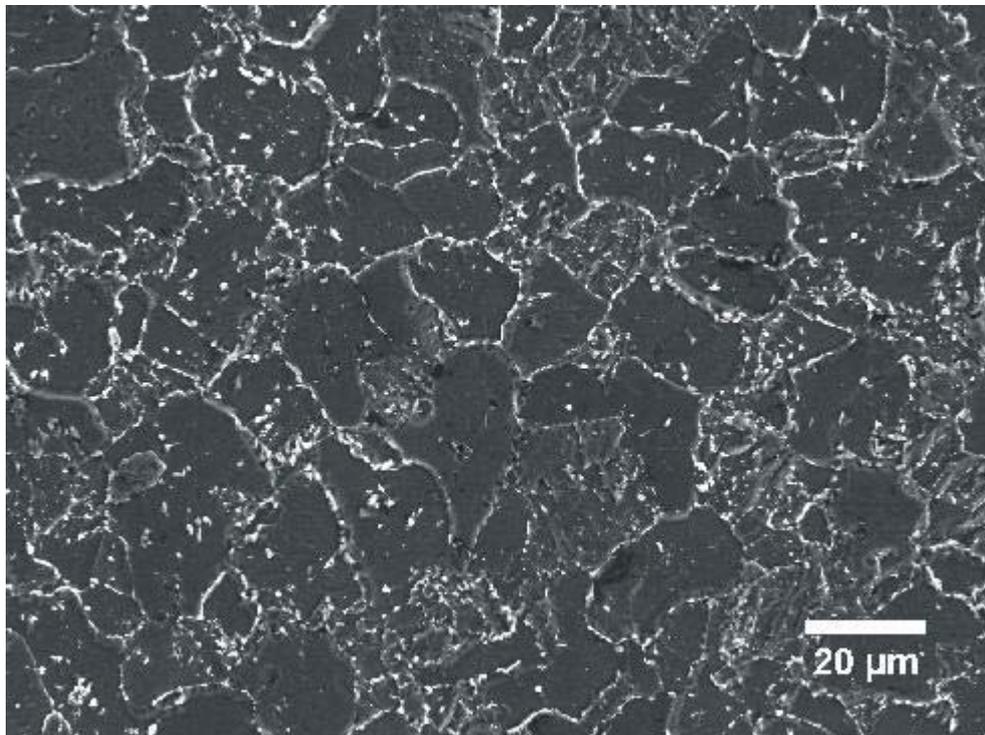


Figura 1. Imagem de MEV da amostra A.

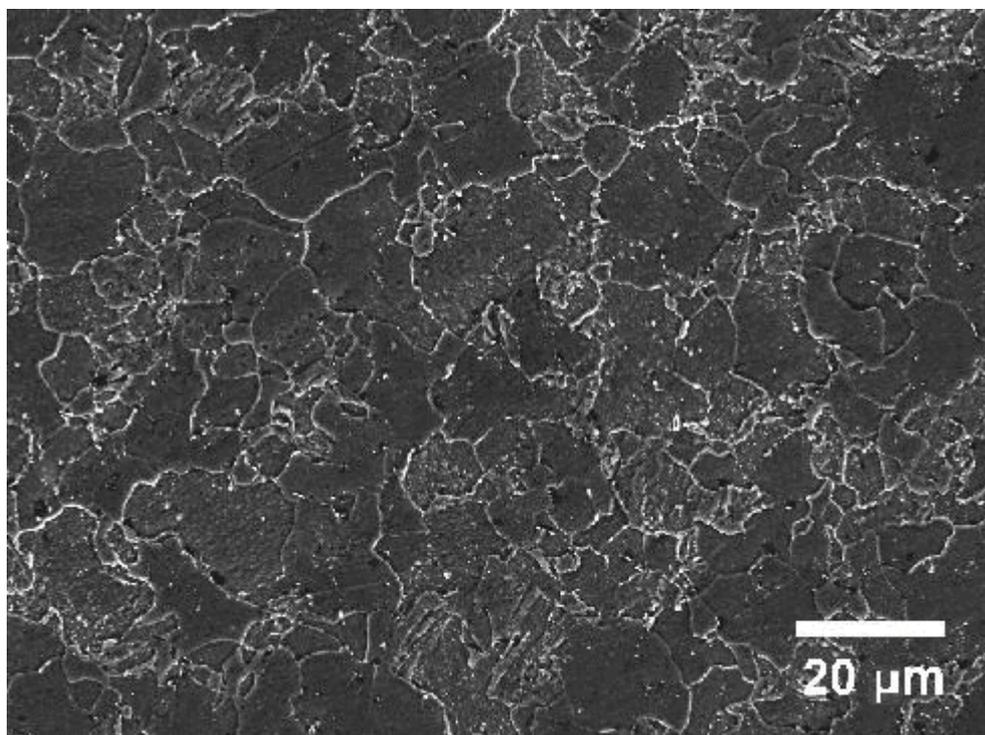


Figura 2. Imagem de MEV da amostra B.

As Figuras 3 e 4 apresentam imagens obtidas em MET com o aumento nominal de 25.000X (campo de análise) para a amostra A e B, respectivamente.



Figura 3. Carbonetos observados na amostra A.

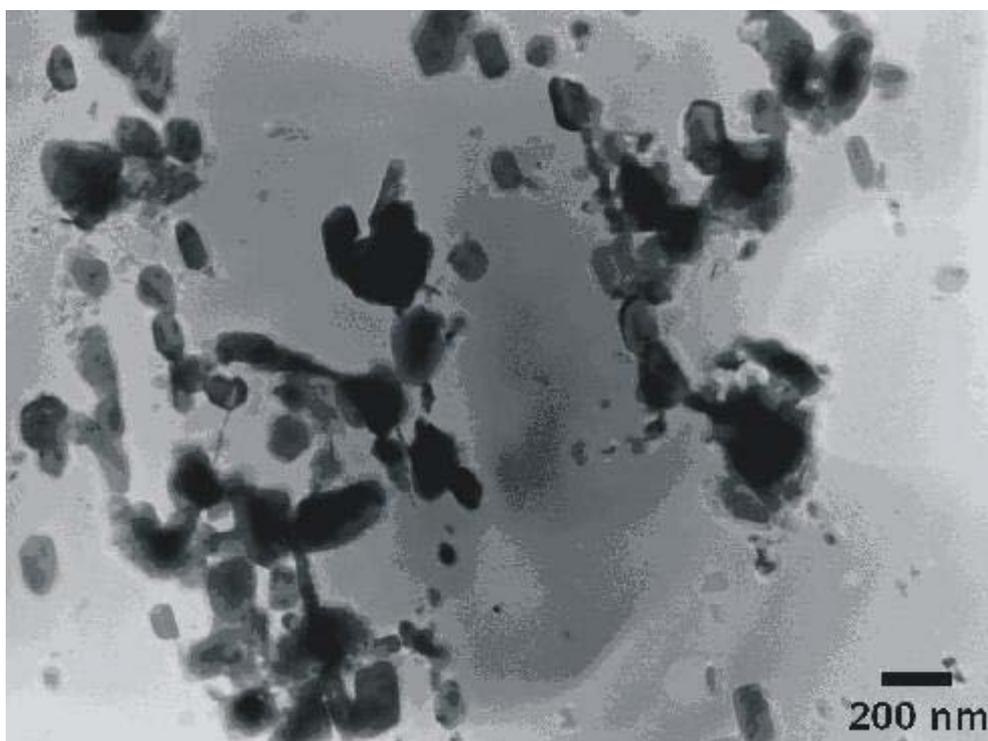


Figura 4. Carbonetos observados na amostra B.

As Figuras 5, 6 e 7 apresentam os espectros característicos obtidos por EDS para cada estequiometria de precipitados presentes nas amostras.

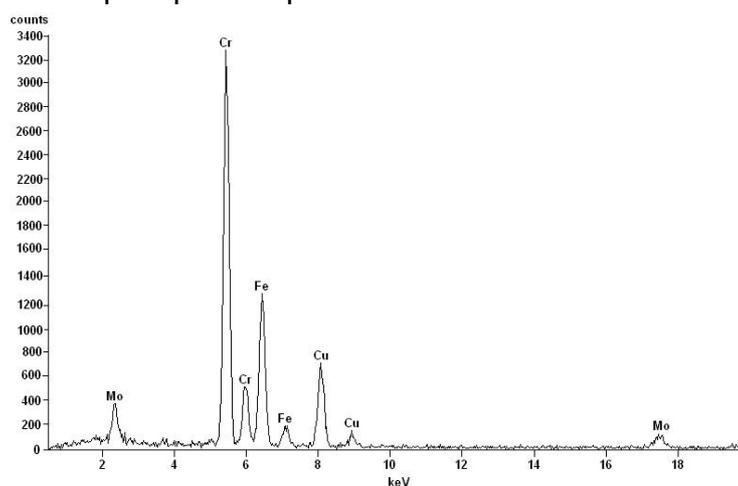


Figura 5. EDS característico do M_7C_3 .

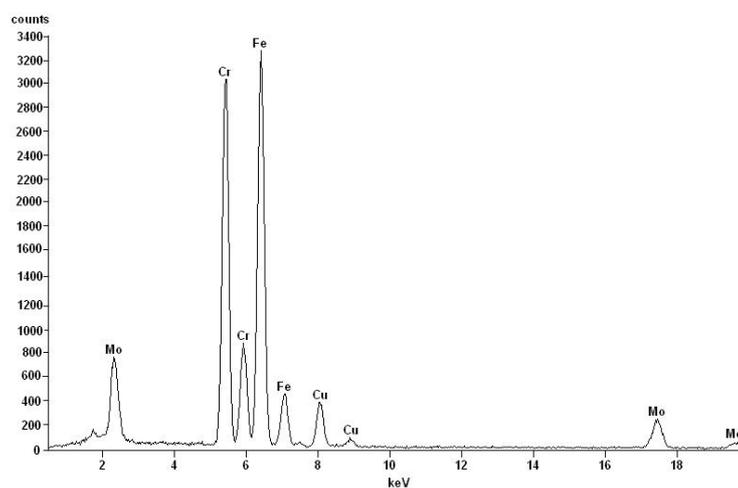


Figura 6. EDS característico do $M_{23}C_6$.

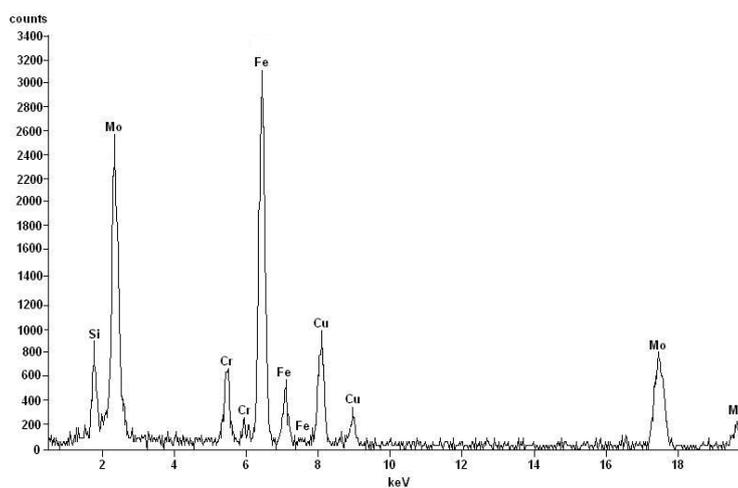


Figura 7. EDS característico do M_6C .

As Figuras 8 e 9 mostram as figuras segmentadas, separadas em camadas e transformadas em escala de cinza para cada tipo de precipitado.



Figura 8. Separação de precipitados da amostra A. $M_{23}C_6$ (a), M_6C (b) e M_7C_3 (c).



Figura 9. Separação de precipitados da amostra B. $M_{23}C_6$ (a), M_6C (b) e M_7C_3 (c).

A Tabela 2 apresenta a fração volumétrica relativa de cada fase precipitada para as amostras.

Tabela 2. Fração relativa em área dos precipitados.

Amostra	Fração relativa em área (%)		
	$M_{23}C_6$	M_6C	M_7C_3
A	14.0	32.6	53.4
B	8.23	10.5	81.2

4 DISCUSSÕES

As imagens obtidas por MEV para a amostra A (Figura 1), indica que a microestrutura do aço é predominantemente ferrítica, com aglomerados de perlita menos grosseiros. Já na amostra B (Figura 2), pode-se observar que a quantidade e tamanho dos aglomerados de perlita são maiores que a amostra A.

As análises de MET foram realizadas em aumento nominal de 25.000X para ambas as amostras. Pode-se observar nas Figuras 3 e 4 a disposição dos precipitados em um campo de análise da amostra A e B, respectivamente.

Por meio de análises de EDS determinou-se que apenas três tipos de carbonetos estavam presentes nesses campos de análise, que são esses: M_7C_3 , $M_{23}C_6$ e M_6C . As imagens segmentadas e divididas em camadas, apresentando os precipitados identificados por EDS separadamente pode ser visto nas Figuras 8 e 9.

Os dados de fração relativa de precipitados, leva em consideração apenas a área de precipitados, sendo descartado a área referente a matriz. A Tabela 2 mostra um comportamento parecido para as amostras, tendo como fração predominante o M_7C_3 , com uma quantidade intermediária de M_6C e uma fração menor de $M_{23}C_6$.

5 CONCLUSÕES

A microestrutura do aço em ambas as amostras tem características ferrítico-perlítica. Os precipitados determinados nas amostras foram: M_7C_3 , M_6C e $M_{23}C_6$. As frações obtidas para os precipitados para as amostras apresentaram um comportamento parecido, com uma grande fração de precipitados do tipo M_7C_3 , mostrando-se que nesse estágio de evolução de precipitados ele é a fase predominante.

REFERÊNCIAS

- 1 FURTADO, H.C., ALMEIDA, L. H., LE MAY, I. A. TEM study of precipitates in ferritic 9Cr-1Mo steel submitted to creep testing. *Acta Microscopica*, v. 12, s. C, p. 249-250, 2003.
- 2 MUSTATA, R., HAYHURST, D. R. Creep constitutive equations for a 0.5Cr-0.5 Mo-0.25V ferritic steel in the temperature range 565 C-675 C. *Intern. Journal of Pressure Vessels and Piping*, v. 82, p. 363-372, 2005.
- 3 DAS, S. K., JOARDER, A., MITRA, A. Magnetic Barkhausen emissions and microstructural degradation study in 1.25 Cr-0.50 Mo steel during high temperature exposure. *NDT&E International*, v. 37, p. 243-248, 2004.
- 4 DEMIRKOL, M. On the Creep Strength-Rupture Ductility Behaviour of 1.25Cr-0.5Mo Low Alloy Steel. *Journal of Engineering and Environmental Science*, v. 23, p. 389-401, 1999.
- 5 JAYAN, V., KHAN, M. Y., HUSAIN, M. Coarsening of nano sized carbide particles in 2.25Cr-1Mo power plant steel after extended service. *Materials Letters*, v. 58, p. 2569-2573, 2004.
- 6 KWON, I. H., BAEK, S. S., YU, H. The use of electrochemical and mechanical property correlations to monitor the degradation of Cr-Mo-V turbine casing steel *Intern. Journal of Pressure Vessels and Piping*, v. 80, p. 157-165, 2003.
- 7 GANESAN, V., RODRIGUEZ, P. TEM study of formation of Epsilon phase in chromium-molybdenum steel. *Microscopia and Analysis*, v. 74, p. 17-19, 2005.