

GERAÇÃO DE DIAGRAMA TRC DE FORMAÇÃO DE CARBONETOS DE CROMO EM AÇO INOXIDÁVEL AUSTENÍTICO TIPO 316 USANDO O DICTRA®

Giovane Colen Lago¹, Rodrigo Magnabosco

Centro Universitário da FEI

giovane.lago@hotmail.com, rodrimagn@fei.edu.br

Resumo: O objetivo deste projeto é geração de um digrama TRC de formação do carboneto de cromo do tipo $M_{23}C_6$ em aço inoxidável austenítico conhecido como 316 (UNS S31600), através do Software DICTRA®. Devido a grande variedade de composições químicas possíveis, a composição dita média foi utilizada como referência. Utilizando como referência os dados obtidos no diagrama de equilíbrio para a composição em estudo, foram determinados os parâmetros de análise e formação do diagrama TRC. Pode-se concluir que as curvas levantadas apresentam o padrão esperado e valores coerentes, e a indicação de realização de ensaios físicos para validação das simulações é uma sugestão de trabalho futuro.

1. Introdução

Aços inoxidáveis são essenciais para a indústria atualmente, uma vez que oferecem boas propriedades mecânicas e possuem a desejável resistência a corrosão, o que dá mais segurança e vida maior a projetos em geral.

Aços inoxidáveis podem ser definidos como ligas de ferro que contém um mínimo de aproximadamente 11% de cromo em sua composição (SEDRIKS, 1996). O cromo impede a oxidação do aço formando uma fina camada protetora na superfície do material conhecida como película passiva.

Existem diversos tipos de aços inoxidáveis com variações de elementos e suas porcentagens na liga. Para o estudo que segue será utilizado o aço inoxidável austenítico conhecido como 316 (UNS S31600), usando suas variações de composição química aceitáveis na norma UNS como parâmetros para análise de comportamento do material.

Para determinadas faixas de temperatura ocorre, nesse tipo de material, a formação de carbonetos do tipo $M_{23}C_6$. Os aços austeníticos podem se tornar suscetíveis à corrosão intergranular, devido à precipitação em contorno de grão destes carbonetos ricos em cromo (PANOSIAN, 1993). A formação desses carbonetos forma zonas empobrecidas em cromo nos contornos de grão e, por conta disso, essas regiões se tornam suscetíveis a corrosão.

Os ensaios e testes para o estudo dos resultados obtidos pela variação de elementos e quantidades dos mesmos nas ligas dos aços tem custos e dificuldades elevadas, além de demandarem muito tempo, uma vez que é necessário refazer os testes diversas vezes para que o resultado seja aceito dentro das normas vigentes. Por esse motivo, é cada vez maior a demanda pelo uso de softwares capazes de simular esses testes de maneira satisfatória.

Atualmente um dos principais softwares com capacidade de atender essa demanda é chamado DICTRA®, que utilizando bases de dados termodinâmicos e de mobilidade consegue simular, através de difusão, a cinética de transformação de fase dos materiais (Thermo-Calc, 2019).

Fazendo uso deste software, esse estudo tem como objetivo criar um diagrama de transformação sob resfriamento contínuo (TRC) que demonstre a formação de carbonetos de cromo do tipo $M_{23}C_6$ dentro das faixas de composição aceitas para o aço em questão.

2. Metodologia

Para que as simulações da cinética de formação das fases sejam feitas é necessário determinar a composição ou as composições da liga que serão testadas, uma vez que existe uma faixa de composição aceitável para cada elemento. Uma maneira de determinar essas composições é simular os diagramas de equilíbrio de fase para diferentes composições e selecionar as mais interessantes para o estudo. Após a determinação dessas composições será possível iniciar as simulações em DICTRA®.

Para a obtenção dos diagramas de equilíbrio de fases para o aço UNS S31600, foi utilizado o Thermo-Calc versão 2019a, fazendo uso da base de dados TCFE8. Foram utilizadas diversas variações de composição química para a liga.

Para cada composição química simulada foram gerados dois diagramas de equilíbrio, sendo um deles da fração em volume de cada fase em relação ao volume total pela temperatura, e outro da composição química de cada uma das fases apresentadas no primeiro diagrama pela temperatura.

Após a obtenção dos diagramas de equilíbrio foram iniciadas as simulações de cinética de formação de fase em DICTRA®, utilizando as bases TCFE9 e MOBFE4 e a composição utilizada para as simulações contém Fe – 17%Cr – 12%Ni – 2,5%Mo – 2%Mn – 1%Si – 0,08%C.

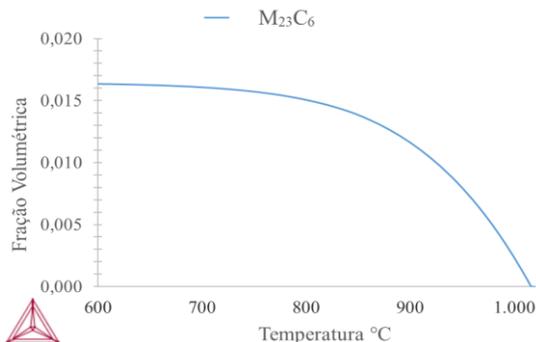
A máxima fração volumétrica obtida para essa composição é aproximadamente 0,016 e as curvas foram obtidas para 10%, 15% e 20% deste valor. Os valores obtidos nas simulações foram compilados em um diagrama único com as três curvas referentes as porcentagens citadas.

3. Resultados e discussão

Os diagramas de equilíbrio formados a partir do Thermo-Calc, apresentaram padrões esperados como, por exemplo, a variação da faixa de temperatura que apresenta 100% da fase austenita em relação a variação do níquel, que é o principal estabilizador da austenita para esse aço.

A Figura 1 apresenta o diagrama de equilíbrio da fase $M_{23}C_6$, para a composição química estudada, que foi utilizada como referência para a geração do diagrama TRC.

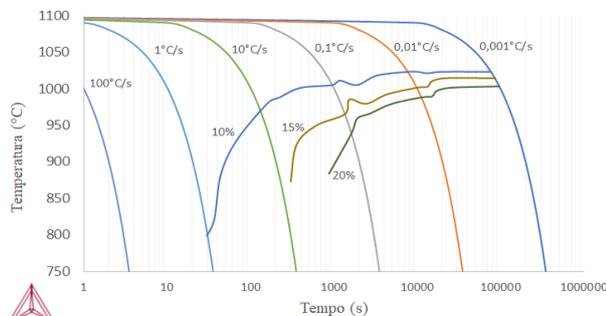
Figura 1 – Diagrama de equilíbrio da fase $M_{23}C_6$ em fração volumétrica em relação a temperatura para o aço inoxidável austenítico 316 (UNS S31600).



Fonte: Autor, 2019.

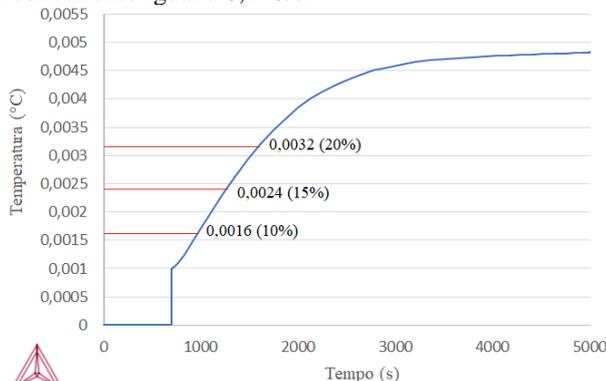
A Figura 2 apresenta o diagrama TRC gerado a partir das simulações de cinética de transformação de fase feitas no DICTRA®. As 3 curvas representam 10%, 15% e 20%, conforme Figura 3, do máximo valor para a fase $M_{23}C_6$ obtido no diagrama da Figura 1.

Figura 2 – Diagrama TRC (Transformação sob Resfriamento Contínuo) de formação de carboneto de cromo do tipo $M_{23}C_6$ em aço inoxidável austenítico 316 (UNS S31600).



Fonte: Autor, 2019.

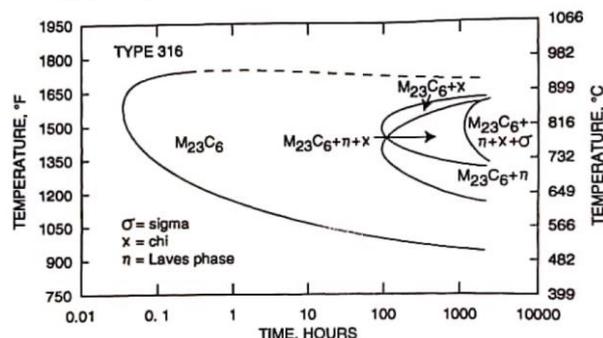
Figura 3 – Formação da fase $M_{23}C_6$ para taxa de resfriamento igual a $0,1^\circ\text{C/s}$.



Fonte: Autor, 2019.

As curvas apresentam um aspecto típico, porém não foram localizados na literatura existente diagramas do tipo TRC para o mesmo aço estudado, portanto uma comparação com um diagrama de transformação isotérmica (TTP) para o mesmo aço foi o método escolhido para validação do diagrama gerado por esse estudo. A Figura 4 apresenta um diagrama TTP (Tempo-Temperatura- Precipitação) para a formação da fase $M_{23}C_6$ em aço inoxidável austenítico 316 (UNS S31600).

Figura 4. Diagrama TTP para formação das fases $M_{23}C_6$, Sigma, Chi e Laves em um aço inoxidável austenítico 316.



Autor: (SEDRIKS, 1996)

Ao comparar as Figuras 2 e 4 é possível notar que há coerência nos valores de formação para as temperaturas encontradas, porém a falta de um experimento físico dificulta a validação do diagrama gerado por esse trabalho.

4. Conclusões

Conclui-se que ao comparar o diagrama TRC obtido com o diagrama TTP pode-se observar que as curvas apresentam o perfil esperado, porém para que o resultado seja validado com maior precisão faz-se necessário um experimento físico para comparação de resultados, todavia é possível utilizar os resultados obtidos para fins didáticos.

5. Referências

SEDRIKS, A. John., **Corrosion of stainless steels**. 2. ed. New York: Wiley-Interscience, 1996.

PANOSSIAN, Zehbour, **Corrosão e proteção contra corrosão em equipamentos e estruturas metálicas**. 1. ed. São Paulo: Graphium Publicidade e Editora Ltda, 1993.

Thermo-Calc Software 2019. Disponível em: <<https://www.thermocalc.com/>>. Acesso em: 04 de Mar. 2019.

Agradecimentos

Ao Centro Universitário FEI pela infraestrutura oferecida.
¹ Aluno de IC do Centro Universitário FEI. Projeto com vigência de 10/18 a 10/19.