
PROJETO DE PESQUISA

Programa de Iniciação Científica e Tecnológica – CBPF

Nome do Orientador e Coordenação (Pesquisador/Tecnologista):

Juciane Alves / COTEC

Título do Projeto:

Desenvolvimento de modelo computacional para simulação da transformação martensítica em aços TRIP sob subresfriamento e cargas cíclicas

Palavra-chave:

Modelo computacional, estabilidade da austenita, temperaturas criogênicas, cargas cíclicas, tensões residuais.

Áreas de conhecimento:

Física da matéria condensada, Ciência e Engenharia dos materiais.

Pré-requisitos desejáveis (se houver):

Ciclo básico de Física, Engenharia de Materiais ou áreas afins; Simulação computacional.

A execução dos projetos proporcionará:

- (x) Preparação do bolsista para a área científica/tecnológica.
- (x) Geração de produção científica com potencial para publicação.
- (x) Participação em eventos institucionais promovendo a divulgação dos resultados obtidos.

Possibilidade de orientação remota:

(x) Sim () Não

Desenvolvimento de modelo computacional para simulação da transformação martensítica em aços TRIP sob subresfriamento e cargas cíclicas

Os aços inoxidáveis austeníticos constituem um importante grupo de materiais de alta liga à base de ferro, possuindo matriz austenítica estável à temperatura ambiente. São classificados principalmente nas série 300 e série a 200. Nos aços da série 300, a estabilidade da austenita ocorre principalmente pela adição de níquel. Já os aços da série 200, há redução do teor de níquel e aumento do teor de manganês, frequentemente associado ao nitrogênio, mantendo a estabilidade da fase e proporcionando vantagens econômicas sem comprometer significativamente as propriedades mecânicas.

Apesar de estáveis à temperatura ambiente, muitos desses aços são metaestáveis, podendo sofrer transformação de fase austenita-martensita. A estabilidade da austenita depende fortemente da energia de falha de empilhamento e da composição química, especialmente dos teores de C, N, Si, Mn, Cr e Ni, que influenciam a temperatura de início da transformação martensítica (M_i). (Eq. 1), [1-3].

$$M_i (^{\circ}\text{C}) = 1305 - 1665(\%C + \%N) - 28(\%Si) - 33(\%Mn) - 42(\%Cr) - 61(\%Ni) \quad \text{Eq. (1)}$$

A transformação martensita pode ocorrer por deformação plástica (Efeito TRIP - *Transformation Induced Plasticity*), como por cargas cíclicas, ou apenas por redução da temperatura, caracterizando transformação de fase espontânea ou atérmica. Ou seja, a mudança de fase prossegue como resultado da mudança da temperatura, e a quantidade de martensita formada depende apenas da temperatura, sendo independente do tempo [4].

Um fator importante associado a essa transformação de fase é o surgimento de tensões residuais. Que são tensões que permanecem atuando na microestrutura mesmo na ausência de cargas externas e/ou gradientes térmicos. Essas tensões podem ser benéficas ou prejudiciais, dependendo de sua natureza, magnitude e distribuição. Tensões residuais trativas favorecem a nucleação e propagação de trincas por fadiga e aumentam a suscetibilidade à corrosão sob tensão, enquanto tensões compressivas tendem a retardar esses mecanismos de falha.

A caracterização das tensões residuais representam um dos aspectos mais importantes para garantir confiabilidade e segurança em trabalho de peças e componentes de aços inoxidáveis austeníticos, que são amplamente utilizados em aplicações industriais, científicas e tecnológicas.

Nesse contexto, o objetivo deste trabalho é desenvolver um modelo computacional para simular a transformação martensítica em aços inoxidáveis austeníticos metaestáveis submetidos a subresfriamento e carregamentos cíclicos. O modelo deverá permitir avaliar a influência da temperatura e das solicitações mecânicas na estabilidade da austenita, transformação de fase e evolução das tensões residuais, contribuindo para a previsão do comportamento desses materiais em condições de serviço.

Métodos ou Metodologia

1. Revisão bibliográfica

Realizar levantamento bibliográfico sobre a transformação martensítica em aços inoxidáveis austeníticos metaestáveis, abordando os efeitos do subresfriamento, do carregamento cíclico e das tensões residuais, bem como os principais modelos matemáticos descritos na literatura.

2. Desenvolvimento do modelo computacional

Com base na literatura, desenvolver um modelo computacional simplificado capaz de descrever a influência da temperatura e das cargas cíclicas na transformação martensítica em aços TRIP.

3. Simulações numéricas

Realizar simulações considerando diferentes temperaturas de subresfriamento, amplitudes de carregamento e número de ciclos de carregamento, permitindo avaliar a evolução da fração de martensítica e sua influência sobre o comportamento do material.

4. Análise dos resultados

Os resultados obtidos serão comparados com dados experimentais, buscando avaliar a capacidade do modelo em reproduzir o comportamento observado para diferentes aços inoxidáveis austeníticos metaestáveis. Ao final, serão analisadas as relações entre subresfriamento, carregamento cíclico, transformação martensítica e evolução das tensões residuais.

Referências

- [1] Cina, B.; J. Iron Steel Inst. (1954), pp.791.
- [2] Hedayati, A. *et al.*, Journal of Materials Processing Technology 210 (2010), pp.1017-1022.
- [3] Alves, J.M., Materials Research, v. 24, p. 1-8, 2021.
- [4] Dunne, D., Metals 2018, 8, 395.