cbecimat26
26° Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais
22 a 26 de novembro de 2026
Costão do Santinho
Florianópolis-SC

Fadiga multiaxial não proporcional da liga de alumínio 6063-T5

Matheus Rodrigues Jacques Dias[1]; Renato Barbieri[1]; Athos Henrique Plaine[1]
1.Universidade do Estado de Santa Catarina – Centro de Ciências Tecnológicas

Introdução

Ensaios de fadiga multiaxial não proporcional (NP) são mais complexos devido à rotação das direções principais de tensão e deformação ao longo do ciclo. Sua realização exige sistemas de ensaio capazes de controlar diferentes componentes de carregamento. Nesse contexto, o desenvolvimento de um equipamento simples e de baixo custo pode ampliar o acesso à caracterização experimental da fadiga multiaxial.

Objetivos

- Desenvolver um equipamento para ensaios de fadiga em torção e flexão reversa (R=−1), além de combinações multiaxiais desses esforços, incluindo carregamentos não proporcionais com defasagem de 90°. Os esforços no corpo de prova são gerados pelo desbalanceamento rotativo de massas.
- Caracterizar mecanicamente a liga de alumínio 6063-T5 e realizar ensaios de fadiga em torção pura e em carregamento multiaxial não proporcional, visando a obtenção das curvas de fadiga e a validação do protótipo.
- Aplicar o método dos elementos finitos para obter os tensores de tensão e deformação e calcular o parâmetro de dano.

Metodologia

Foram realizados ensaios de fadiga em torção pura e carregamento multiaxial não proporcional com defasagem de 90º da liga de alumínio 6063-T5. Células de carga medem os esforços de torção e flexão transmitidos ao corpo de prova. Esses carregamentos são aplicados a um modelo de elementos finitos para obtenção dos tensores de tensão e deformação. A partir desses tensores, calcula-se o parâmetro de dano de Fatemi–Socie (D_{FS}), definido pelo valor máximo do parâmetro entre os planos analisados, considerando $k = 0{,}5$.

$$D_{FS} = \max\left[\frac{\Delta\gamma}{2}\left(1 + k\,\frac{\sigma_{n,max}}{\sigma_y}\right)\right]$$

Resultados e Discussão

Em todos os ensaios NP obteve-se fator de não proporcionalidade (f_{NP}) > 0,8. Os resultados de fadiga em torção (T) ficaram dentro da banda de dispersão 2×, enquanto os resultados NP dispersaram mais, com mais da metade dos pontos na banda de 2× e outros próximo à banda 6×. Observou-se tendência de aumento do ângulo das trincas com o número de ciclos até a falha em ambas as condições de carregamento. O equipamento apresentou boa estabilidade para frequências de até 10 Hz.

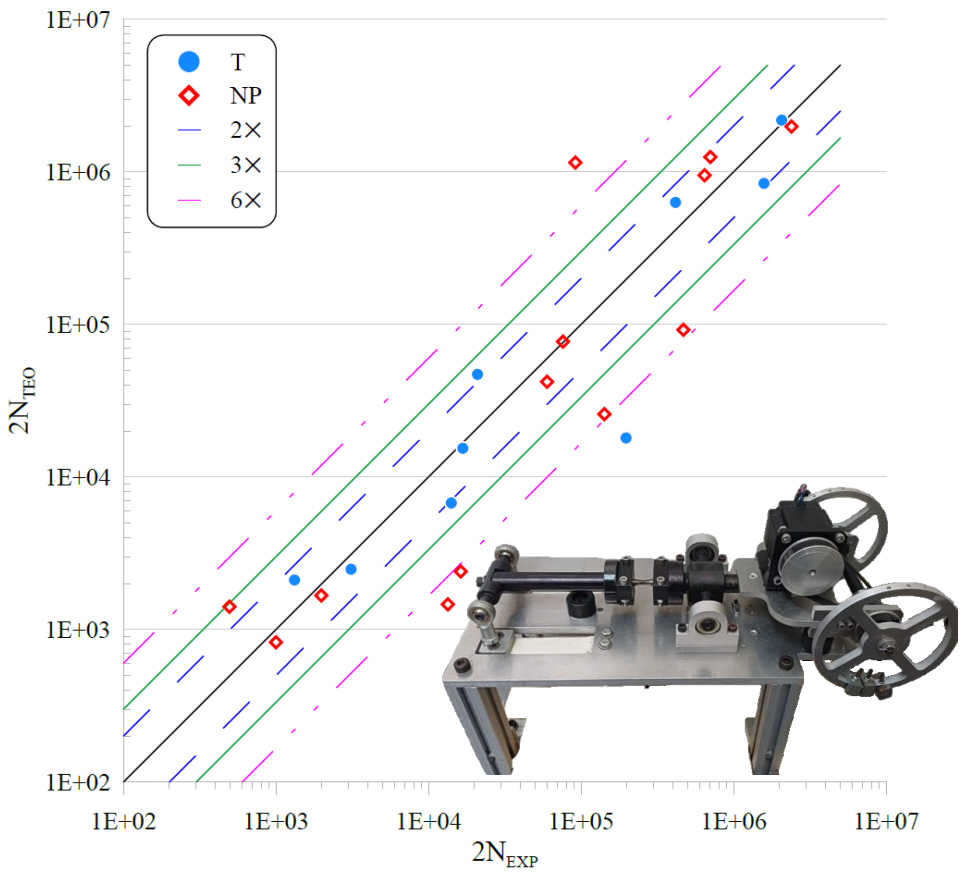

Figura 1. Resultados dos ensaios de fadiga torcional (T), não proporcional (NP) e equipamento de fadiga desenvolvido

Conclusões

O equipamento desenvolvido demonstrou boa capacidade de realizar ensaios de fadiga em torção, mas requer aprimoramentos em ensaios não proporcionais para atingir $f_{NP} = 1$.
Os ensaios de torção apresentaram menor dispersão que os não proporcionais, indicando maior dificuldade de ajuste pelo modelo destes carregamentos. São necessários ensaios adicionais para consolidar os resultados.
O aumento do ângulo das trincas com a vida em fadiga sugere uma possível dependência do parâmetro de sensibilidade à tensão normal em relação à vida ($k = f(N_f)$).

Referências e Agradecimentos

KRAFT, Jan et al. Multiaxial fatigue behavior and crack orientation prediction for steel and cast iron. **International Journal of Fatigue**, v. 183, art. 108259, jun. 2024. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ijfatigue.2024.108259

SEYDA, Jan et al. Study on the behavior of small cracks in PA38-T6 (6060-T6) aluminum alloy under multiaxial fatigue loadings. **International Journal of Fatigue**, v. 184, art. 108282, jul. 2024. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ijfatigue.2024.108282

MOLAEI, Reza; FATEMI, Ali. On the transition from shear to tensile failure mode in multiaxial fatigue. **International Journal of Fatigue**, v. 180, art. 108076, mar. 2024. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ijfatigue.2023.108076