δ (desvio-padrão)= **4,36MPa**
LRF=959 MPa ± 4 MPa

cbecimat26
26° Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais

22 a 26 de novembro de 2026
Costão do Santinho
Florianópolis-SC

Determinação do Limite de Resistência à Fadiga de uma Liga de Titânio Aeronáutico – Ti-6Al-4V

TAJIMA, Fernanda Mywa[1]; GUIMARÃES RIBEIRO, Sophia[1]; COSTA NOVA ALEXANDRE, Leonardo[1], NASCIMENTO, Marcelino Pereira do[1]
1. Faculdade de Engenharia e Ciência de Guaratinguetá – FEG / UNESP - Guaratinguetá/SP, Brasil

Introdução

A liga Ti-6Al-4V é amplamente utilizada na indústria aeroespacial, em componentes estruturais e peças de motores aeronáuticos, como fuselagens, trens de pouso, turbinas e lâminas de compressor devido à sua elevada resistência mecânica, baixa massa específica e boa resistência à corrosão. Durante operação, esses componentes são submetidos a carregamentos cíclicos, que podem levar à ocorrência de falhas por fadiga. Por isso, conhecer a resistência à fadiga da liga Ti-6AL-4V é fundamental para avaliar seu desempenho nessas aplicações. Ante a grande dispersão da resistência à fadiga do Ti, faz-se necessário bem definir a tensão correspondentente à vida infinita.

Objetivos

Determinar o limite de resistência à fadiga da liga Ti-6Al-4V Grau 5 para 10^6 ciclos, por meio de ensaios de fadiga axial e aplicação do Método Escada (*Staircase Method*).

Metodologia

A liga Ti-6Al-4V Gr 5 foi fornecida na forma de barras extrudadas de 15,8 mm de diâmetro, na condição recozida, contendo (%wt): 6,14Al-3,8V-0,02C-0,23Fe-0,0022H-0,14-0,03N - Ti (balanço), em conformidade com a norma ASTM B348 Gr5. Foram realizados ensaios de tração, conforme a ASTM E8/E8M. Os ensaios de fadiga axial foram realizados na máquina de ensaios INSTRON 8801, na temperatura ambiente (25 °C), R = 0,1, carregamento senoidal a 20 Hz. Conforme a ASTM E466. O limite de resistência à fadiga (LRF) adotado para 10^6 ciclos foi determinado pelo Método Escada. Também foram feitas medições dimensionais e de rugosidade dos corpos de prova. As superfícies de fratura foram analisadas por MEV.

Resultados e Discussão

O limite de resistência à tração/LRT foi de 1083 MPa, o limite de escoamento/LE foi de 1000 MPa e AL=18%. A Figura 1 e a Tabela 1 apresentam o tratamento dos resultados dos ensaios de fadiga aplicando-se o Método Escada, em que "X" representa os corpos de prova que fraturaram e "O" os corpos de prova que não fraturaram. A Tabela 1 apresenta o tratamento estatístico utilizado no Método Escada, conforme descrito em Souza (1982), *apud* Dixon & Wood (1948), e Müller (2017).

Tabela 1: LRF médio estatístico da liga Ti.

T	TENSÃO (MPa)	i	ni (s/rup)	ini	i^2ni
I	(HCF)				
T	1000				
Â	975				
N	960	1	2	2	2
I	950	0	3	0	0
O	TOTAL		N=5	A=2	B=2

Aplicando as equações (1) e (2), descritas em Souza (1982), tem-se:

$$LRF = So + d*((A/N) \pm ½) \quad (1)$$

$$\therefore LRF = 950 + 10*(2/5 + 1/2) = 950 + 10*(9/10)$$

$$\delta\ (DP) = 1{,}62*d*(((NB - A^2)/N^2) + 0{,}029) \quad (2)$$

LRF= 959MPa±4 MPa

A Fig. 1(esq.) apresenta a curva de fadiga com os ensaios concentrados no LRF. A Fig. 1(dir.) apresenta a distribuição dos ensaios no Método Escada.

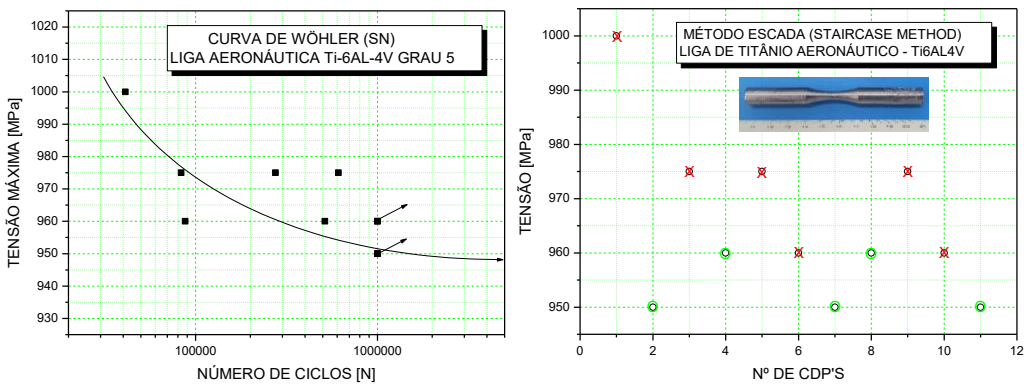


Figura 1: LRF médio estatístico da liga Ti.

A Figura 2 apresenta as superfícies de fratura de um corpo de prova testado no Método Escada.

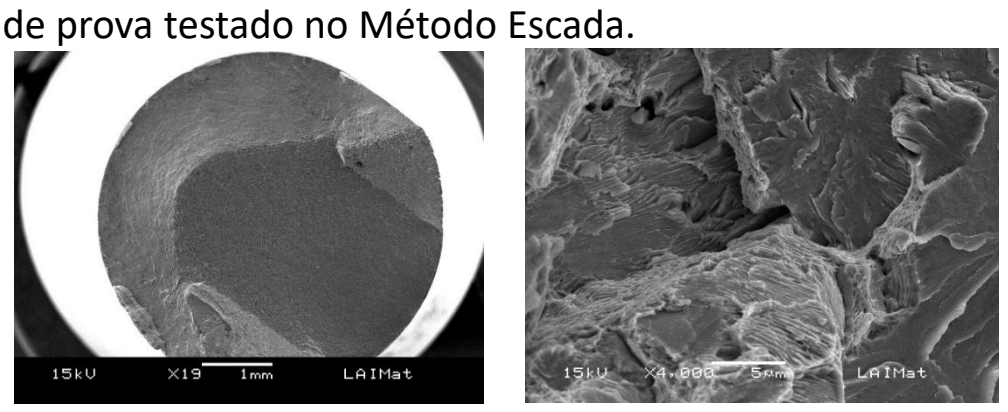


Figura 2: LRF médio estatístico da liga Ti.

A Figura 2 (esq.) apresenta os mecanismos típicos da fadiga: origem da trinca (Estágio I), sua propagação estável e plana (Estágio II) e a fratura final por sobrecarga em tensão plana (Estágio III). A Figura 2 (dir.) apresenta o típico aspecto quase-clivagem da fratura e a presença de estrias de fadiga.

Conclusões

De aplicação crescente no Setor Aeronáutico, a liga Ti-6AL-4V Gr5, apresenta excelente comportamento em fadiga, porém excessiva dispersão de resultados, o que impõe a necessidade de usá-lo abaixo do LRF. O Método Escada é o mais popular hoje para determinar o LRF. Neste estudo, com limitada quantidade, obteve-se o altíssimo LRF= 959 MPa±4 MPa (95%LE).

Referências

CUI, C. et al. Titanium alloy production technology, market prospects and industry development. *Materials and Design*, v. 32, n. 3, p. 1684–1691, 2011.

MÜLLER, C., WÄCHTER, M., MASENDORF, R., ESDERTS, A. (2017) Accuracy of Fatigue Limits Estimated by the Staircase Method Using Different Evaluation Techniques. *International Journal of Fatigue*, v.100, pp. 296-307.

SCHIJVE, J. (2009). *Fatigue of Structures and Materials*. 2. ed. New York: Springer.

SOUZA, S. A. (1982). Ensaios Mecânicos de Materiais Metálicos–Fundamentos Teóricos e Práticos. Editora Edgar Blücher.