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 um Aço Microligado API 5CT N80Q

GUIMARÃES RIBEIRO, Sophia[1]; TAJIMA, Fernanda Mywa[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

Tubos utilizados na indústria de petróleo e gás estão sujeitos a carregamentos cíclicos que podem causar a nucleação e a propagação de trincas por fadiga, comprometendo sua integridade estrutural. Embora a resistência à fadiga seja geralmente avaliada até 10^7 ciclos, materiais metálicos podem falhar em regimes superiores. Ensaios ultrassônicos permitem investigar esse comportamento em vidas mais longas e em menor tempo experimental. Este estudo visa determinar o limite de resistência à fadiga do aço API 5CT N80Q devido à sua importância frente a ocorrência de Vibrações Induzidas por Vórtices em instalações offshore.

Objetivos

Determinar o limite de resistência à fadiga (LRF) do aço API 5CT N80Q em 10^6 ciclos aplicando o Método Escada (*Staircase Method*).

Metodologia

Foram confeccionados cdp's de tração (ASTM E 8M) e fadiga axial (ASTM E466) a partir de um tubo de aço microligado API 5CT N80Q e ensaiados em uma máquina servo-hidráulica INSTRON 8801. O limite de resistência à fadiga (LRF) adotado para 10^6 ciclos foi determinado pelo Método Escada, utilizando-se carregamento senoidal R=0,1, 20 Hz, amplitude constante e temperatura ambiente. Após lixamento e polimento, amostras do tubo foram atacadas com Nital 2% durante 45s. As imagens foram capturadas no microscópio óptico modelo NIKON EPIPHOT 200. Também foram feitas medições dimensionais e de rugosidade dos corpos de prova. As superfícies de fratura foram analisadas no MEV. modelo Zeiss EVO L515.

Resultados e Discussão

O aço API N80Q apresentou: 0,30C-1,37Mn-0,25Si-0,03Al-0,08Cu-0,018Cr-0,028P-0,003S-0,023Ni-0,0025Mo-0,006V-0,017Ti e 0,075Nb. As prop. mecânicas foram: L.E. = 493MPa (baixo); L.R=851MPa; AL=21% e microdureza HV=255,6±5,4. A Tab. 1 apresenta o tratamento estatístico utilizado no Método Escada, conforme descrito em Souza (1982), *apud* Dixon & Wood (1948), e Müller (2017). A Fig. 1 apresenta a curva SN do aço API N80Q e 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.

Tabela 1: LRF médio estatístico da liga Ti.

AÇO	TENSÃO	i	ni (s/rup)	ini	i^2ni
A					
P	600				
I	590				
5	575				
L	550	2	2	4	8
X	510	1	2	2	2
7	500	0	2	0	0
0	TOTAL		N=6	A=6	B=10

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

$$LRF=So+d*((A/N) \pm ½)) \quad (1)$$

$$\therefore LRF= 500+25*(6/6 +1/2) = 500+25*(1,5)$$

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

LRF=538 MPa ± 28 MPa

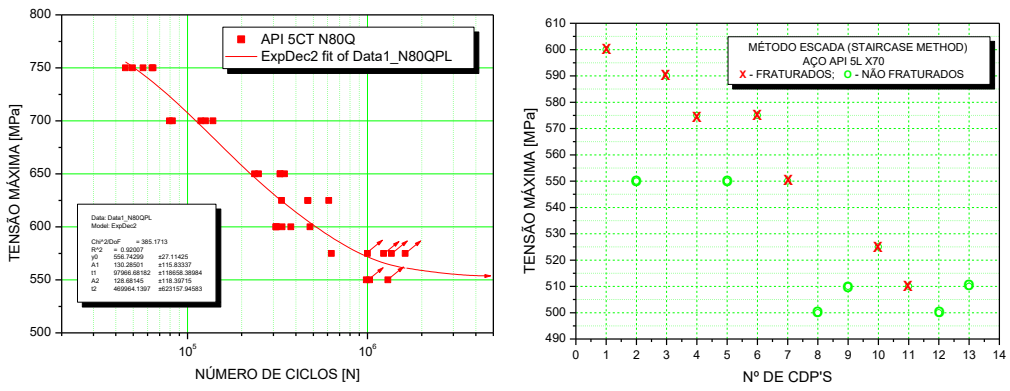


Figura 1: Curva SN e LRF estatístico do aço API 5CT N80Q.

Constata-se na Fig. 1 o excelente comportamento em fadiga do aço API N80Q, acima do Limite de Escoamento (550MPa), o que indica sua alta capacidade de encruar/endurecer com os ciclos de carregamento e corrobora o LRF determinado pelo Método Escada.

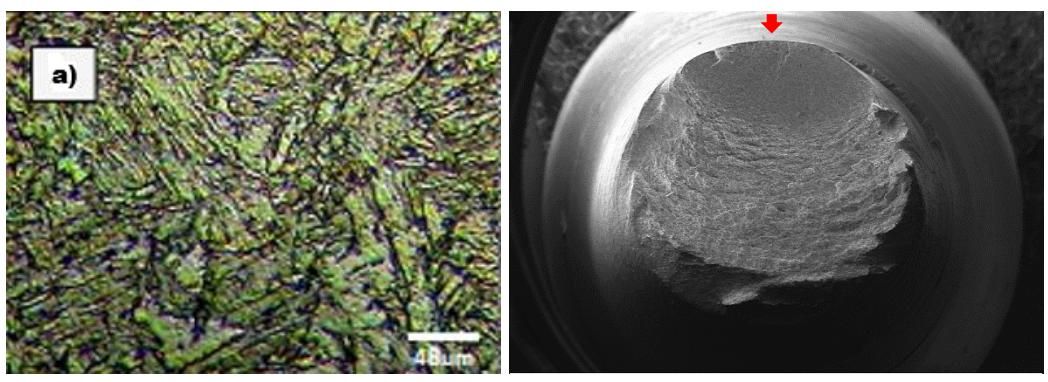


Figura 2: LRF médio estatístico da liga Ti.

A Figura 2(a) apresenta microestrutura martensítica revenida. A Figura 2(b) 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).

Conclusões

O Método Escada é o mais popular hoje para determinar o LRF. Neste estudo, com limitada quantidade de cdp's, obteve-se o altíssimo LRF=538 MPa±28 MPa (98%LE). Apesar da incerteza de 5%, é possível reduzi-la dando continuidade aos ensaios.

Referências

1. BALENA, R. (2010) Estudo analítico-numérico das vibrações induzidas por vórtices em trecho vertical de *riser* rígido, sujeito à variação de tração, e sua influência na fadiga. Tese (Doutorado em Engenharia Naval e Oceânica) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Universidade de São Paulo, São Paulo. 162f.
2. 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.
3. SCHIJVE, J. (2009). *Fatigue of Structures and Materials*. 2. ed. New York: Springer.
4. SOUZA, S. A. (1982). Ensaios Mecânicos de Materiais Metálicos–Fundamentos Teóricos e Práticos. Editora Edgar Blücher.