

Q

高サイクル疲労における疲労限度と低サイクル疲労寿命に相関関係はあるのでしょうか。

参照 Q No. : FA-5, FA-16

A

引張強さを介して、高サイクル疲労における疲労限度と低サイクル疲労寿命に相関関係はある。引張強さの上昇に伴い、疲労限度は上昇する。一方、引張強さの上昇に伴い、低サイクル疲労寿命は低下する。

疲労限度は、材料の引張強さまたは硬さと比例関係があることがよく知られており、以下に示す経験的な式がある⁽¹⁾。

$$\sigma_{w0} \cong 0.5\sigma_u$$

$$\sigma_{w0} \cong 1.6HV$$

ここで、 σ_{w0} は両振りの疲労限度、 σ_u は材料の引張強さ、HV は材料のビッカース硬さである。

一方、低サイクル疲労の場合には、弾性変形に比べて塑性変形の占める割合が大きく、その疲労寿命は材料の破断延性(絞り)に依存する。一般に、材料の引張強さの上昇に伴い、破断延性(絞り)は低下する。

そのため、引張強さの上昇に伴い、疲労限度は上昇し、低サイクル疲労寿命は低下する。

(一社)日本溶接協会 DFC 小委員会の最適疲労寿命曲線の検討結果を以下に示す^(2, 3)。

炭素鋼, 低合金鋼(温度 $\leq 200^\circ\text{C}$) :

$$S_a = (1.2 \times 10^5 - 28\sigma_u) \cdot N_f^{-0.58} + 0.45\sigma_u + 36$$

オーステナイト系ステンレス鋼(温度 $\leq 200^\circ\text{C}$) :

$$S_a = 5.09 \times 10^4 \cdot N_f^{-0.485} + 0.488\sigma_u$$

ここで、 S_a は疲労強度の応力振幅(MPa)、 σ_u は材料の引張強さ(MPa)、 N_f は疲労寿命(破断繰返し数)である。

炭素鋼, 低合金鋼の引張強さ(350~1150 MPa)に依存する最適疲労寿命曲線を図 1 に示す。引張強さの上昇に伴い、高サイクル疲労強度(疲労限度)は上昇し、低サイクル疲労寿命は低下していることがわかる。

なお、オーステナイト系ステンレス鋼の場合には、図 2 に示すように、引張強さの上昇に伴い、高サイクル疲労強度は上昇するが、低サイクル疲労寿命の低下はない。

[参考文献]

(1) (公社)日本材料学会 疲労部門委員会, 初心者のための疲労設計法。

(2) (一社)日本溶接協会原子力研究委員会 FQA2 小委員会ナレッジプラットフォーム公開資料

(2017年):DFC小委員会「設計疲労線図の策定に係る調査(2012年度報告書)」

- (3) Kanasaki, H., Higuchi, M., Asada, S., Yasuda, M. and Sera, T., Proposal of Fatigue Life Equations for Carbon & Low-Alloy Steels and Austenitic Stainless Steels as a Function of Tensile Strength, Proceedings of the ASME 2013 Pressure Vessels and Piping Conference, PVP2013-97770, (2013).

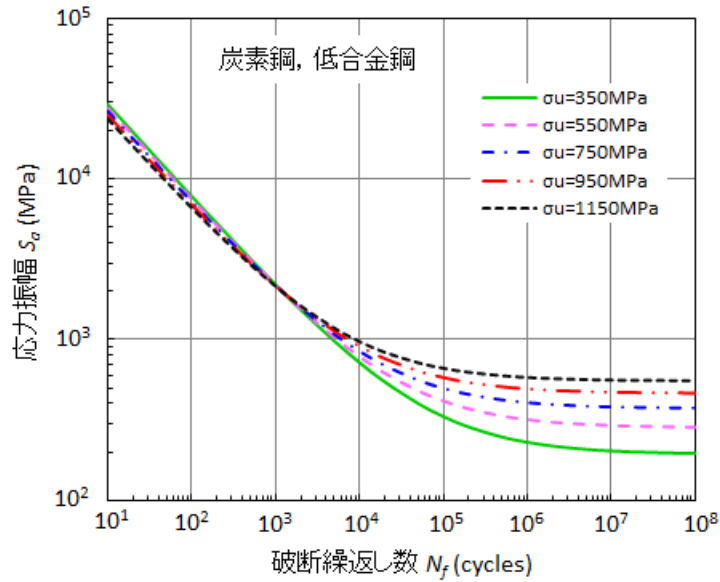


図1 炭素鋼, 低合金鋼の引張強さに依存する最適疲労寿命曲線

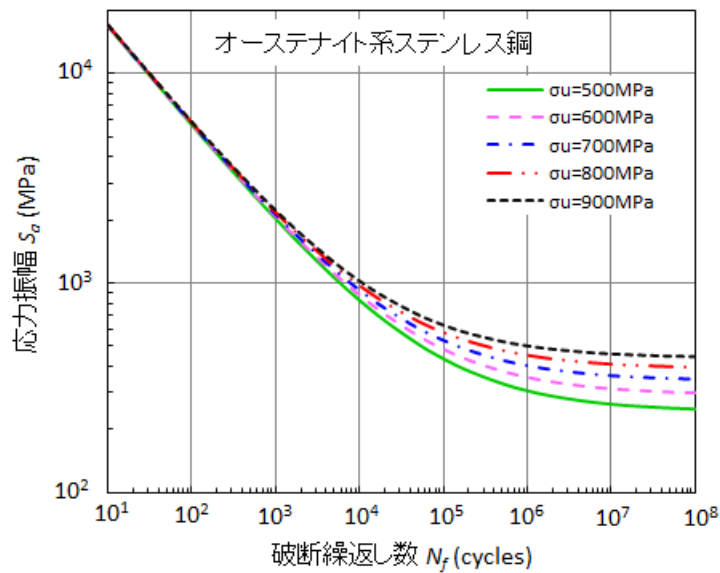


図2 オーステナイト系ステンレス鋼の引張強さに依存する最適疲労寿命曲線