

(552) ばね鋼の疲労強度の破壊力学的検討

○ 増田千利、田中義久、西島 敏 (金材技研)

1. まえがき

ばね鋼は機器の高性能化に伴い、高強度化の傾向にある。本報ではばね鋼¹⁾の疲労特性に対する破壊起点の欠陥寸法や破壊機構などを調べ、破壊力学的立場から解析する。

2. 実験方法

供試材はJIS SWOSC-Vに相当するSAE9254弁ばね鋼3チャージ(以下サンプルA,B,Cと呼び分ける)で、JIS清浄度はdT<0.005でサンプルA,C,Bの順になっていた。試験材は線径4.0mmで表面にショットピーニングが施されている。機械的性質はチャージ間で差は小さく、硬さ約HV600、引張り強度約1950N/mm²であった。また残留応力 σ_r 分布もほぼ同じで、表面で約-500N/mm²、深さ0.07mmで最大約-640N/mm²であり深さ約0.2mmで0となっていた。疲労試験は小野式回転曲げ試験機を用いて室温大気中で行った。

3. 結論

1) サンプルB,Cの回転曲げ疲労特性はFig.1に示すように短寿命側で表面破壊、長寿命側で内部破壊となりS-N曲線に2段の折れ曲がりが見られ、 $N_f=10^8$ まで明瞭な疲労限は現れない。サンプルAの材料では全て表面破壊のみで明瞭な疲労限が認められた。

2) Photo.1(a)は内部破壊の破面で、○に白く見えるのが介在物で破壊の起点となっていた。(b)は表面のショットピーニングによる微小割れから成長した疲れき裂(F)である。これは長寿命側で内部破壊をしていない部分にも見られた。

3) Fig.2は試験片内部の作用応力分布(点線)、作用応力拡大係数の分布(実線)、及び応力拡大係数の下限領域(斜線部)を模式的に示したものである。 ΔK としては、破壊起点となる介在物寸法 $2a$ (=10,30,60 μ m)及び表面き裂 $2b$ (=15,50 μ m)を基にを式(1)により計算した。 ΔK_{th} としては残留応力を応力比 R として考慮し式(2)から計算した。例えば $2b=50\mu$ mの表面き裂があっても図示のように斜線の領域内にあるため伝ばは起こらないが、このとき $2a=30\mu$ mの介在物が内部にあれば、それを起点とした疲労破壊が生じることがある。しかし σ_a がもっと高い場合には表面き裂の伝ばが優先的に起こる。これから表面及び内部破壊の限界応力を推定すると本実験の場合約900N/mmとなる。

$$\Delta K = 2/\pi (M \Delta \sigma (\pi a)^{1/2}) \quad (1)$$

$$\Delta K_{th} = \beta (1-R)^{0.7}, \beta = 3.68 \text{ MN/m}^{3/2} \quad (2)$$

式(1)の M は補正係数で内部破壊で $M=1.0$ 表面破壊で $M=1.12$ である。

本研究はばね技術研究会の非金属介在物評価法に係わる共同研究に関連して行ったものである。 4.文献 1)ばね論文集、Vol32(1987)52。

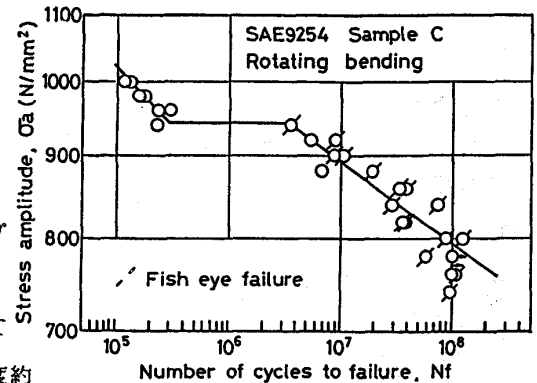


Fig.1 S-N diagram (sample C)

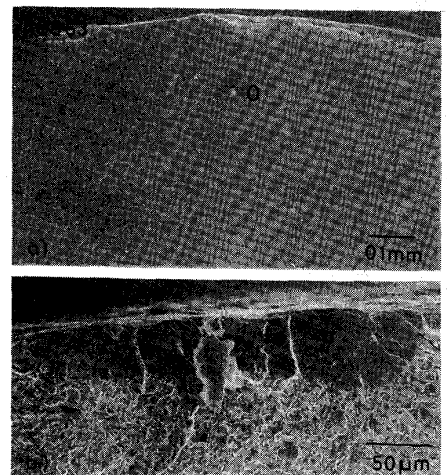


Photo.1 Fractographs (a) fish eye failure, (b) surface crack

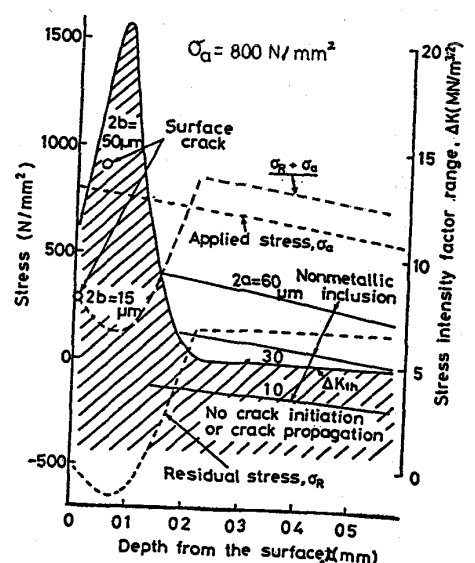


Fig.2 Relation between ΔK and t .