

(679) 超強靱性を有する浸炭焼入用鋼の材料開発 —第4報 3.8Ni-1.6Cr-Mo-V鋼実体製品の破壊力学的検討—

(株)日本製鋼所 ○岩館忠雄 田中泰彦 兜森俊樹
(株)中村自工 金子靖夫 伊藤通浩 飯島一昭

1. 緒言 第3報では、浸炭層のき裂発生強度を検討し、表面硬度を $H_v < 700$ 以下にすることによって、き裂発生抵抗が著しく向上することを明らかにした。本報では、さらに浸炭層の残留応力の測定および母材の疲労き裂進展速度特性、破壊靱性特性の測定を行い、本研究で開発した3.8Ni-1.6Cr-Mo-V鋼実体製品の破壊靱性特性を確認するとともに、万一き裂が浸炭層に発生した場合の疲労によるき裂進展条件等を、破壊力学を用いて検討した。

2. 供試材および試験方法 供試材は第3報に示した3.8Ni-1.6Cr-Mo-V鋼、4Ni-0.5Cr-Mo-V鋼およびSNCM815鋼の3鋼種の実体製品である。それらの母材の機械的性質および浸炭層の表面硬度、有効硬化層深さ、表面残留応力等をTable 1に示した。ここで、浸炭層の残留応力はX線により測定した。

疲労き裂進展速度の測定は、ASTM E 647に規定される厚さ0.5インチの1T-CT試験片を用いて、コンプライアンス法によりK値上昇試験で行った。

破壊靱性の測定は、3.8Ni-1.6Cr-Mo-V鋼では1T-CT試験片を用い、他の2鋼種では10×20mmの曲げ試験片を用いて、Rカーブ法により J_{Ic} 試験を行った。ここで、試験片の採取方向はASTM E 399表示でL-R方向である。

Table 1 Properties of the materials tested

Materials	Base Metal				Carburized Case		
	$\sigma_{0.2}$ (MPa)	σ_B (MPa)	CVN-us (J)	FATT (°C)	Hv	X* (mm)	σ_R^{**} (MPa)
3.8Ni-1.6Cr-Mo-V	1035	1440	66	-65	620	1.8	-147
4Ni-0.5Cr-Mo-V	1171	1559	33	—	640	2.7	-135
SNCM815	832	1109	55	-75	635	2.2	-127

*Effective case depth **Residual stress at the surface

3. 試験結果 (1) J_{Ic} 試験により得られた室温でのRカーブをFig. 1に示す。 J_{Ic} 値から換算された $K_{Ic}(J)$ 値は、3.8Ni-1.6Cr-Mo-V鋼で138MPa \sqrt{m} 、4Ni-0.5Cr-Mo-V鋼で104MPa \sqrt{m} 、SNCM 815鋼で125MPa \sqrt{m} であり、3.8Ni-1.6Cr-Mo-V鋼が最も高い破壊靱性を有する。

(2) 指数則に従う領域の疲労き裂進展速度は、Fig. 2に示すごとく、3.8Ni-1.6Cr-Mo-V鋼が最も小さい。また3.8Ni-1.6Cr-Mo-V鋼の下限界応力拡大係数 ΔK_{th} は7.1MPa \sqrt{m} であり、同一強度レベルの多くの鉄鋼材料の $\Delta K_{th}^{(1)}$ のばらつきの上限に位置している。

(3) 浸炭層の残留応力分布は、硬度分布とほぼ同様の傾向を示す。表面近傍ではTable 1に示した圧縮残留応力を有するが、その後硬度の低下に伴い残留応力は減少し、浸炭層と母材との境界付近で引張残留応力に変る。

(4) 残留応力分布を直線近似し、3.8Ni-1.6Cr-Mo-V鋼の浸炭層の残留応力による K_I と一様応力場での作用応力による K_I の計算結果をFig. 3に示す。 K_I が ΔK_{th} を超え、浸炭層と母材との境界位置までの貫通き裂が、疲労によって進展拡大する変動応力をみると、約150MPa以上の応力である。

【参考文献】(1) 木本ら、機講論、No.800-8 (昭55-7)、105.

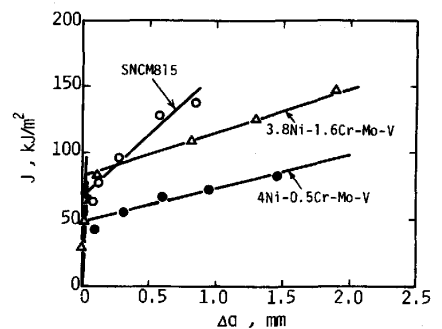


Fig. 1 J vs. Δa R-curves

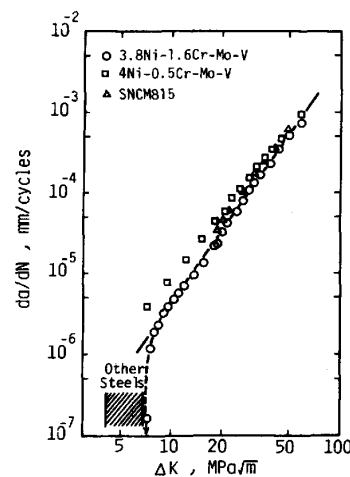


Fig. 2 $da/dN - \Delta K$ relationship

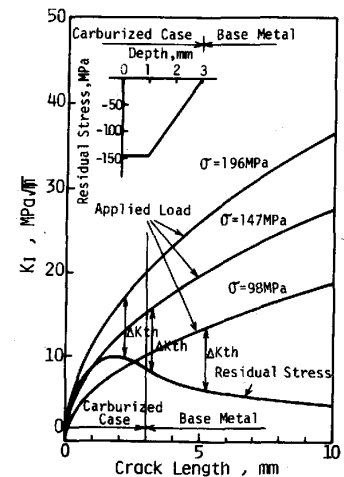


Fig. 3 Analysis of crack growth