

(205) 予加工純鉄材の疲労微視的組織と亀裂伝播速度との関係

早稲田大学 中井 弘
東京電機大学 浅岡照夫 O 池津福次郎

(1) 緒言

市販純鉄の温間、常温での引張加工材および焼なまし材の主として疲労第2期での疲労亀裂先端の塑性域の大きさ、転位密度などの微視的組織を観察し、疲労亀裂の伝播に及ぼす影響を考察した。

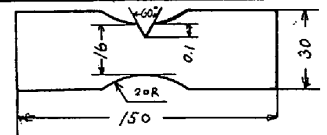
(2) 実験方法

表1の組成の純鉄(0.8mm厚)を引張試験にて常温(C.W材)、あるいは300℃×20分(W.W材)加熱で2~6%の一定歪量を与えたものを試験片とした。その形状を図1に示す。

表1: 試料の化学成分(%)

C	Si	Mn	P	S	N
0.044	tr	0.37	0.021	0.008	0.24

疲労試験は10, 12, 13.5, 15, 17 kg/mm²の各繰返し応力で一定数の繰返し後電解研磨し亀裂先端にて次の測定を行った。光学顕微鏡ですべり線の数から塑性域の大きさ、サブ結晶粒径と転位密度その他はエッチピット数細束X線回折写真から求めた。



測定1K, 3K

図1: 試験片の形状

(3) 実験結果

3.1) S-N曲線: 図2に示す様に疲労限は変わらないが時間疲労強度がC.W材よりW.W材が約26%高い。

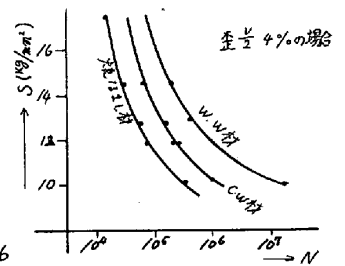


図2: S-N曲線

3.2) 疲労亀裂の伝播: 亀裂長さ(l)と繰返し数(N)の関係は、lが急速に長くなる。Nは繰返し応力10 kg/mm²では大差ないが応力が高くなると焼なまし材 > C.W材 > W.W材の順で高くなる。lと亀裂伝播速度(dl/dN)の関係は、W.W材のdl/dNが最も遅く、0.5×(疲労寿命)の点でW.W材のdl/dNはC.W材のほぼ1/2である(繰返し応力: 13.5 kg/mm²) (予歪量: 4%)。Parisの式 dl/dN = C(KI)^m の繰返し応力13.5 kg/mm²の場合のmの値は、C.W材で6.6、W.W材で5.1である。又予歪(%)が大きい程mの値も大である。

3.3) 塑性域の大きさ(ξ)と亀裂長さ(l)および亀裂伝播速度(dl/dN)の関係: ξとlの関係は、C.W材、W.W材とも直線関係から入る。繰返し応力、lが大きい程ξは大きい。同一応力ではC.W材とW.W材はほぼ平行しており、後者が前者より約0.05mmξが大きい。ξとdl/dNの関係は図3に示す様に直線関係があり、約25%ほどC.W材のdl/dNはW.W材より速い。又Dugdaleの式 ξ/l = sec(πσ₀/σ_y) - 1 (σ₀: 繰返し応力, σ_y: 降伏応力)と比較するとlと繰返し応力が大きい程式の解よりξは低い。これは亀裂先端の応力集中効果の相違と見られる。

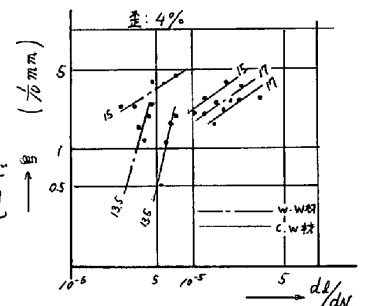


図3: dl/dNとξの関係

3.4) 亀裂先端の微視的組織

A) サブ結晶: スオリエンテーションおよび格子歪: 結晶粒径は光学顕微鏡、細束X線回折法によりそれぞれ疲労の進行とともに急速に減少し、ある一定値に近づいて破断する。スオリエンテーション、格子歪とも繰返し数、応力の増加とともに増加率が大きくなる。

B) 転位密度(D_n): エッチピット数細束X線回折によってもオーダーは異なるが同一傾向にあり、Nの増加、σの上昇とともに増し、そのサイクル当りの増加率は、W.W材がC.W材より約10%高い。lを約0.05mm, 0.075mm, 0.1mm一定とした場合、その先端のD_nは予歪応力が大きい程増加率は大きい。C.W材、W.W材は大差なく焼なまし材の約1.8倍である。D_nとdl/dNの関係は同一転位密度(2×10⁹cm⁻²)に対し、予歪4%、σ = 15 kg/mm²の実験では焼なまし材:C.W材:W.W材 = 1:0.5:0.2の割合で遅くなる。この原因は、可動転位密度の減少、時効による析出物の転位運動の妨害などが考えられる。