

(289) フェライト系鉄基合金の疲労き裂伝播特性

東大工学部 堀部 進 石橋信文 佐川竜平 藤田利夫
 金材技研 荒木 透

1. 緒言

一般に金属材料の疲労き裂伝播速度は応力拡大係数との関係において $da/dN = C(\Delta K)^m$ の形で与えられることが知られており、また係数Cや指数mは材料や組織によって大きく異なること多くの研究者によって指摘されている。しかしながら、これらの値が材料のいかなる組織因子によって支配されているのかは明確でないのが現状のようである。そこで本報では若干のフェライト系鉄基合金の疲労き裂伝播特性を検討するとともに、き裂伝播抵抗として有効な金属組織因子を明らかにすることを試みた。

2. 実験方法

用いた試料は、フェライト単相材料として純鉄(細粒と粗粒)、Fe-1.6%Ni合金、Fe-3.0%Ni合金、第二相を含有する材料としてFe-1.4%Ni-0.7%Cu合金(過飽和固溶体状態、Cu-rich zone 存在状態、Cu 安定相析出状態)および0.13~0.41%C含有の炭素鋼(フェライト+パーライト組織-球状材A、過熱焼入材A'、微細なパーライトとセメンタイトの共存組織B、球状セメンタイト組織C)である。疲労試験はシエンク式疲労試験機を用い、面内曲げ応力と作用させるとして行った。なお最大応力は $\sigma_{max} = 12 \sim 22 \text{ kg/mm}^2$ 、応力比は $R = 0.03$ もしくは 0.06 とし、繰返し速度 $450 \sim 3000 \text{ rpm}$ で行った。また疲労破壊後の破面を走査電顕によって観察した。

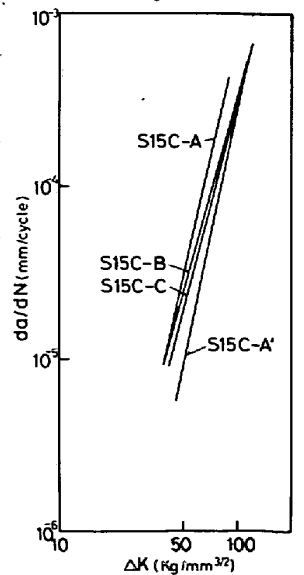
3. 結果と考察

純鉄、Fe-Ni合金およびFe-Ni-Cu合金のC値、m値および ΔK_{th} 値を表Iに掲げた。純鉄のき裂伝播速度は、高 ΔK レベルでは粒度の存在が認められるが、低 ΔK レベルでは粗粒試料の方が伝播速度が速く、 ΔK_{th} 値も高い。また1.6%のNi添加はき裂伝播速度を早めるが、さらにNi添加量が高くなると伝播速度は遅くなる。Fe-Ni-Cu合金の場合、第二相の存在形態によるき裂伝播特性の差異はあまり顕著ではないが、Cu-rich zone 存在状態が最も速いようである。なお以上の鋼種においては純鉄粗粒試料を除いて粒界破壊が主体であった。図Iは種々の組織を有する0.13%C鋼の da/dN と ΔK の関係を示したものである。BおよびCは高 ΔK レベルではAに比して伝播特性は良好であるが、その値 ($\Delta K = 40 \text{ kg/mm}^{3/2}$, $da/dN = 10^{-6} \text{ mm/cycle}$) で差が出る。一方フェライトマトリクスを強化したA'はAに比して広い ΔK の領域にわたって伝播速度は極めて低い。これらの炭素鋼の疲労破面は熱処理組織に依存せず、どの組織も類似した延性破面を呈していた。

これらの結果より、疲労き裂の粒内を伝播する場合、比較的広い ΔK レベル (10^{-5} mm/cycle 程度の伝播速度を与える ΔK) での疲労き裂伝播特性は、 10^{-4} mm 以上の間隔をきつ強化組織因子の影響を受けず、一般にマトリクスの性質(強度と韌性)にのみ支配されるものと考えられた。

表I

	grain size or structure	m	C	$K_{th} (\text{kg/mm}^{3/2})$
Fe	38.3 μ	2.54	1.79×10^{-9}	13.9
	305.0 μ	4.16	3.17×10^{-12}	15.9
Fe-1.6Ni	47.2 μ	4.39	5.53×10^{-12}	16.3
	43.5 μ	4.10	5.17×10^{-12}	16.5
Fe-1.4Ni-0.7Cu	solid solution	4.58	1.35×10^{-12}	19.0
	Cu-rich zone	4.50	1.31×10^{-12}	19.0
	Cu stable phase	3.90	1.52×10^{-11}	20.5



図I. da/dN vs ΔK