

溶湯鍛造アルミニウム合金鋳物の腐食疲労き裂伝ば特性 に及ぼす繰返し速度の影響*

塩沢和章^{*1}, 水谷淳之介^{*2}, 西野精一^{*1}
江幡節男^{*3}, 横井信安^{*4}, 春山義夫^{*4}

Influence of Frequency on Corrosion Fatigue Crack Propagation in Squeeze-Cast Al-Si Aluminum Alloy

Kazuaki SHIOZAWA, Junnosuke MIZUTANI, Seiichi NISHINO,
Setsuo EBATA, Nobuyasu YOKOI and Yoshio HARUYAMA

Corrosion fatigue crack propagation tests of squeeze-cast Al-Si aluminum alloy, AC 8 A-T 6, were performed under the conditions of the stress ratio of 0.1, triangular waveform and testing frequency, f , of 0.1, 1 and 5 Hz in 3.0% saline solution using compact tension specimens with side grooves. The experimental results obtained in this investigation were compared with those reported previously under the tests of $f=10$ Hz. Corrosion fatigue crack propagation behavior under $f=0.1$ and 1 Hz was also affected by the initial stress intensity factor range, ΔK_i , as the test was started, the same as that under $f=10$ Hz. It was observed that the retardation and complete arrest of crack propagation occur within a short period in low ΔK , due to the wedge effect induced by the corrosion products. This behavior was explained uniquely by the contributory stress intensity factor range, ΔK_{cont} , considering the viscoelasticity of the corrosion products formed within a crack. The enhancement in da/dN occurred immediately after starting the test because the preferential dissolution around the eutectic spheroidal silicon was not dependent on ΔK , or f . Corrosion fatigue cracks were apt to propagate along eutectic spheroidal silicon, as compared with that in air, and this behavior was independent of f .

Key Words: Corrosion Fatigue, Crack Propagation, Squeeze-Cast Aluminum Alloy, Frequency, Crack Path, Microstructure, Contributory Stress Intensity Factor Range

1. 緒 言

溶湯鍛造法によるアルミニウム合金鋳物は従来の重力鍛造法やダイキャスト法に比べ溶湯を高圧下で凝固させるため、組織が微細化され内部欠陥が少なくなることから強度特性、信頼性、生産性において優れており、強度部材への適用が期待されている⁽¹⁾⁽²⁾。しかし、溶湯鍛造法によるアルミニウム合金鋳物の腐食疲労を含む疲労強度特性に関する研究は少なく^{(3)~(5)}、それらが十分明らかにされていない。

前報⁽⁶⁾において著者らは溶湯鍛造アルミニウム合金鋳物 AC 8 A-T 6 材の大気中および腐食性環境中の疲労試験を繰返し速度 $f=10$ Hz で行い、き裂伝ば挙動について検討した。その結果、本供試材はデンドライト組織と共晶 Si 粒子からなる複合組織を有することから、展伸用アルミニウム合金とは異なった特異な疲労き裂伝ば特性を生ずることが明らかとなった。

とりわけ、腐食疲労き裂伝ば挙動は実験を開始する応力拡大係数幅および浸漬条件の影響によって異なり、共晶 Si 粒子周辺の優先的な腐食、き裂伝ば経路の組織依存性、二次き裂の発生などが認められた。疲労き裂伝ばに及ぼす腐食環境の影響については、機械的(力学的)要因に電気化学的要因が重畳することにより相乗作用を生じ、き裂伝ばを加速させる効果⁽⁷⁾、逆に腐食生成物のくさび作用、腐食溶解によるき裂先端の鈍化などのき裂伝ばを減速させる効果⁽⁸⁾があり、特に低 ΔK 領域のき裂伝ば特性におけるこれら両者の関わりは材料の微視組織の影響を受けることから複雑であり、十分に解明されていない。

本研究では、本供試材の疲労き裂伝ば挙動に及ぼす腐食環境の影響を明らかにする研究の一環として、繰返し速度を変えた腐食疲労き裂伝ば試験を行い、前報の $f=10$ Hz の結果と比較、検討することを通じて、腐食疲労き裂伝ば挙動に及ぼす繰返し速度の影響について検討した。

2. 試験片および実験方法

2.1 試験片 本研究で用いた試験片材料および試験片形状は前報⁽⁶⁾と同様である。試験片材料の溶湯鍛造アルミニウム合金鋳物 AC 8 A は溶湯圧力 49

* 原稿受付 平成 3 年 9 月 18 日。

^{*1} 正員, 富山大学工学部(☎930 富山市五福 3190)。

^{*2} 正員, 富山商船高等専門学校(☎933-02 新湊市海老江練合 1-2)。

^{*3} 准員, 富山大学大学院 [現: 石川島播磨重工業(株)]。

^{*4} 正員, 富山県立大学工学部(☎939-03 富山県射水郡小杉町黒河 5180)。

表 1 AC8A の化学成分

											(wt%)	
Cu	Si	Mg	Zn	Fe	Mn	Ni	Ti	Pb	Sn	Cr	Al	
1.1	12.0	1.1	0.037	0.22	0.02	1.3	0.13	0.004	0.003	0.014	BAL.	

表 2 AC8A-T6材の機械的性質

Young's modulus	Proof stress	Tensile strength	Elongation
E (GPa)	$\sigma_{0.2}$ (MPa)	σ_u (MPa)	δ (%)
76.3	277	330	0.82

MPa, 湯温 1033 K および金型温度 633 K の条件で幅 65 mm, 長さ 65 mm, 厚さ 13 mm の板に鋳造したあと, 783 K にて 8 h 保持後水冷, 433 K で 8 h 保持の人工時効処理(T6 処理)を施した。試験片材料の化学組成を表 1 に, また熱処理後の機械的性質を表 2 に示す。試験片は板厚 10 mm, サイドグループ底部の最小板厚が 8 mm のコンパクト・テンション(CT)試験片であり, 切欠先端部は放電加工によって成形された。供試材は初晶と共晶部分からなる典型的なデンドライト組織を呈しており, 試験片の板厚, 板幅および長手方向における組織の違いは認められなかった⁽⁶⁾。

2.2 実験方法 容量 49 kN の電気・油圧式サーボ疲労試験機を用い, 荷重制御の三角波で応力比 $R=0.1$ のもとで実験を行った。繰返し速度 f は 0.1 Hz, 1 Hz, 5 Hz とし, 室温の大気中と水道水を溶媒とする 3% NaCl 溶液中の環境で実験を行った。腐食液は液温を 298 ± 2 K 一定に保ち, 小形定量ポンプにて 30 mL/min で腐食槽とタンクの間を循環させた。

腐食疲労実験は大気中で疲労予き裂を切欠先端より約 7 mm 導入した後, 腐食液中に 1 h 無負荷状態で浸漬し, その後腐食疲労実験を開始した。き裂長さの測定は, 読取り顕微鏡(測定精度 1/100 mm)と試験片背面に貼付したひずみゲージによる除荷弾性コンプライアンス法を併用して行い, 併せてき裂開閉口挙動の測定も行った。

3. 実験結果および考察

3.1 腐食疲労き裂伝ば挙動 繰返し速度 $f=0.1$, 1 および 5 Hz の腐食疲労実験より得られたき裂伝ば速度 da/dN と応力拡大係数幅 ΔK の関係を図 1 に示す。前報に述べたと同様に, 本供試材の腐食疲労き裂伝ば挙動は実験を開始する応力拡大係数幅 ΔK_i の影響を顕著に受けるため, この ΔK_i をパラメータとして表示した。なお, 前報に述べた空中の疲労実験結果 ($f=10$ Hz) を実線で, また $f=10$ Hz の腐食疲労実験結果の代表例を一点鎖線で図中に併記した。各繰返し

速度で実験した腐食疲労き裂伝ば挙動の特徴をまとめると以下のとおりである。

(1) $f=0.1$ Hz の場合: (i) $\Delta K_i=9.7$ および $10.4 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ で実験を開始したとき, da/dN は実験開始直後空中のそれに比較して加速し, その後減速しき裂伝ばを停止した。(ii) その後 ΔK を $0.5 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ (5~6%) ずつ段階的に増加させたが, き裂伝ばは全く観察されなかった。(iii) $\Delta K_i=11.8 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ の場合には実験開始直後 da/dN は空中のそれよりも加速しいったん減速するが, その後 $\Delta K=12 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ 付近より単調に加速伝ばした。この挙動は $f=10$ Hz の低 ΔK_i のき裂伝ば挙動と見かけ上同様である。

(2) $f=1$ Hz の場合: (i) $\Delta K_i=7.4$ および $8.4 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ の低 ΔK_i で開始した実験では前述の(1)-(i)と同様な傾向を示した。(ii) その後 ΔK を $0.5 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ ずつ段階的に増加させると, その直後わずかにき裂は伝ばするが再び停留し, これを繰返した後 $\Delta K=14.3 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ より急速に伝ばし破断に至った。(iii) $\Delta K_i=9.6$ および $10.1 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ では大気中の da/dN の約 2 倍の速度で単調に伝ばし破断した。(iv), (ii)において, いったんき裂が停留した後の荷重増加率がき裂伝ばに影響することが予想されたため, $\Delta K_i=8.6 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ の実験において, き裂が停留した $\Delta K=9.1 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ より $\Delta K=12.7 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ まで約 40% 荷重を増加させたところき裂は単調に伝ばした。

(3) $f=5$ Hz の場合: $\Delta K_i=9.0 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ で実験を開始すると, き裂は単調に加速伝ばし破断した。

前報の $f=10$ Hz の実験では, $\Delta K_i < 9.0 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ で開始した腐食疲労き裂の伝ば挙動はいったん加速し減速するものの, その後単調に伝ばしたのに対して, 本実験から得られた $f=0.1$ および 1 Hz ではき裂の減速が顕著となり停留を生ずることがあり, 繰返し速度依存性が明確に現れる。なお, これらの挙動は低 ΔK_i で実験を開始した低 ΔK 領域で生ずるが, 単調にき裂が伝ばする高 ΔK 領域の da/dN には繰返し速度依存性は認められなかった。

3.2 き裂開閉口挙動 $f=1$ Hz の腐食疲労実験より得られたき裂開閉口比 $U(=\Delta K_{\text{eff}}/\Delta K)$ と ΔK の関係を図 2 に示す。なお, 図中には大気中疲労実験結果を実線で, また $f=10$ Hz の腐食疲労実験結果の代表

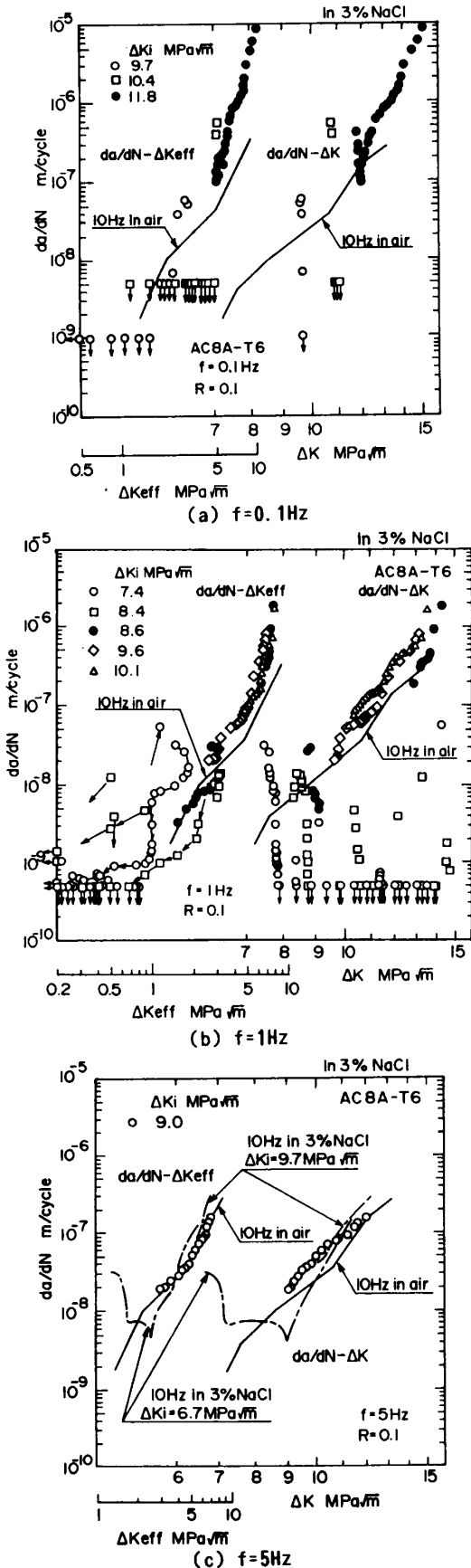


図 1 き裂伝ば速度 da/dN と ΔK および ΔK_{eff} の関係

例を一点鎖線で示した。図より、 $\Delta K_i=7.4, 8.4$ および $8.6 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ の実験において U 値は実験開始直後大気中のそれよりも一時的に上昇するが、き裂開口荷重の上昇により急激に低下し、前二者では零となる。一方、 da/dN が減速せず、実験開始直後より単調にき裂伝ばした $\Delta K_i=9.6$ および $10.1 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ の U 値は大気中とほぼ同様の挙動を示した。図は省略するが $f=0.1 \text{ Hz}$ の実験においても同様に da/dN が停留した ΔK_i の条件では U 値は実験開始直後より減少し零となるが、 $\Delta K_i=11.8 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ では da/dN が減速した $\Delta K=12 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ 付近で U 値は低下し、その後 da/dN の加速に対応して U 値も増加することが認められた。 $f=10 \text{ Hz}$ の低 ΔK_i で開始した腐食疲労実験において、 U 値は $\Delta K < 9 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ の領域で極大および極小を生じ、 da/dN の加速と減速は U 値の変化挙動と対応しなかった⁽⁶⁾ のに対して、本実験の繰返し速度域において da/dN の変化挙動と U 値のそれは対応する。これは $f=10 \text{ Hz}$ における da/dN の減速がこの領域における二次き裂の発生によるき裂先端の鈍化に起因することを報告したのに対して、 $f=0.1$ および 1 Hz では腐食生成物のくさび効果によるものであることが推察される。事実、腐食疲労実験後の破面観察の結果、 $f=10 \text{ Hz}$ の試験片に比べて $f=1 \text{ Hz}$ のそれには大量の腐食生成物が破面全面に固着していることが認められた。

腐食生成物の破面への付着状態の繰返し速度による相違はき裂内の腐食生成物の蓄積および排出に影響されるものと考えられる。すなわち、繰返し速度が速い場合には腐食作用によって生成した腐食生成物は活発なポンピング作用によってき裂内から排出されてき裂壁面に堆積され難いものに対して、繰返し速度の遅い場合には逆にポンピング作用が小さいため腐食生成物がき

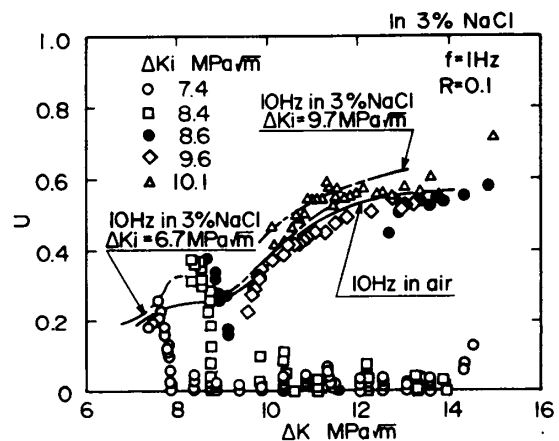


図 2 き裂開口比 U と ΔK の関係 ($f=1 \text{ Hz}$)

裂壁面に堆積する。この挙動はき裂開口量の少ない低 ΔK 領域で顕著に生ずる。

前節で述べたき裂伝ば挙動において、き裂の伝ばが停留した後段階的に荷重を増加させてもき裂の伝ばが認められなかったことは、腐食生成物のくさび効果が顕著に生じていること、および荷重の増加直後に急速な腐食生成物の堆積が生じていることによると考えられる。 $f=0.1$ Hzの腐食疲労実験で da/dN の停留した試験片を超音波洗浄し乾燥させた後、同一の荷重条件のもとで大気中 $f=10$ Hzで実験を継続したが 5×10^6 回までき裂の伝ばは観察されなかった。

3.3 ΔK_{eff} および ΔK_{cont} による整理 き裂開口比 U をもとに求めた ΔK_{eff} を用いて da/dN を再整理した結果を図1に併記した。高 ΔK_{eff} 領域においては ΔK_i に関係なく、 ΔK_{eff} と da/dN は一義的に対応するが、 da/dN の加速および減速または停留を示す低 ΔK_{eff} 領域においては統一したき裂伝ば曲線が得られず ΔK_{eff} では十分説明できない。

き裂内の腐食生成物による粘弾性効果によってき裂開閉口曲線が大気中のそれと異なり、き裂開閉口レベルの見積もりを修正する必要があることが駒井ら⁽⁹⁾によって指摘され、修正き裂開口比 U_{cont} および修正応力拡大係数幅 ΔK_{cont} が提案された。本研究においてもき裂が完全閉口する荷重レベルを用いたき裂開口比 U による評価では不十分であることが上述の議論より明らかとなった。図3は一例として $f=1$ Hzの実験から得られた U_{cont} と ΔK の関係を示した。図2と比較すると、 $U=0$ となってき裂伝ばが停留した場合も U_{cont} は零とならず、わずかではあるがき裂の開口が認められる。また、段階的に荷重を増加させた場合には ΔK の増加に伴って U_{cont} は徐々に増加していることがわかる。

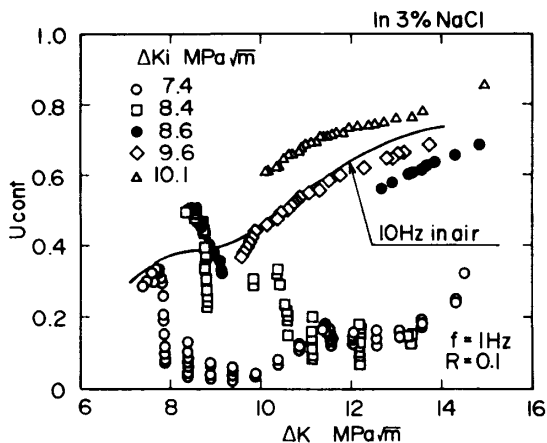
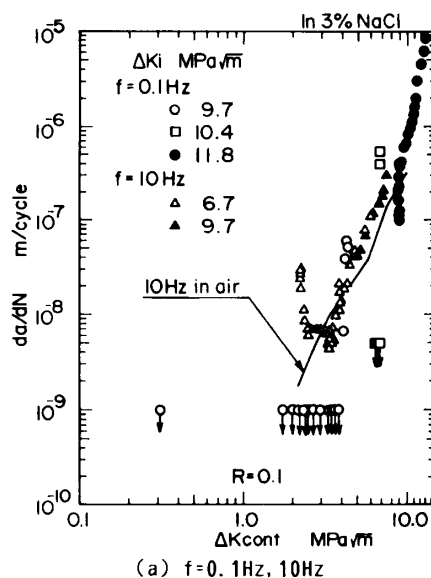


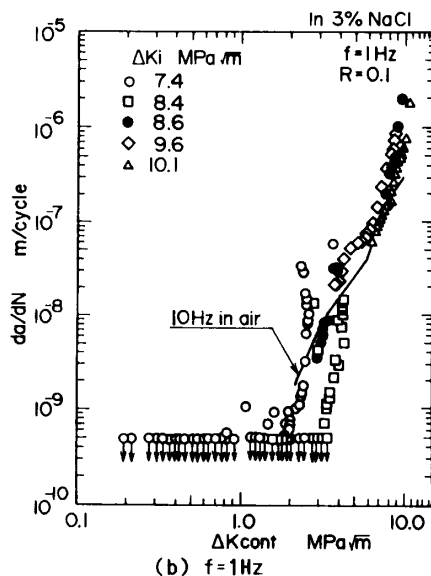
図3 修正き裂開口比 U_{cont} と ΔK の関係 ($f=1$ Hz)

U_{cont} を用いて求めた修正応力拡大係数幅 ΔK_{cont} を用いて da/dN を整理した結果を図4に示す。図より $\Delta K_{cont}-da/dN$ 関係は前述の $\Delta K_{eff}-da/dN$ 関係に比較して統一したき裂伝ば曲線が得られ、き裂伝ばの減速および停留の挙動が ΔK_i に無関係に説明できる。

3.4 き裂伝ばに及ぼす腐食溶解の影響 図1に示した腐食疲労き裂伝ば曲線において、実験開始直後の da/dN に加速が観察された。そこでこの加速についてさらに検討するために、実験開始直後に生じた最大き裂伝ば速度を $da/dN|_{acc}$ とし、それに対応する ΔK との関係を一義的に整理した結果を図5に示す。なお、実験開始直後加速および減速の挙動を示さず単調に伝ばしたのものについては実験開始直後の da/dN を *印を付けて図中に示した。



(a) $f=0.1$ Hz, 10 Hz



(b) $f=1$ Hz

図4 da/dN と修正応力拡大係数幅 ΔK_{cont} の関係

図より明らかなように、 $\Delta K < 9 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ の領域において $da/dN|_{\text{acc}}$ は $2\sim 3 \times 10^{-8} \text{ m/cycle}$ 一定であり、これは繰返し速度依存性を示さない。これらの加速は大気中で導入された予き裂底部に実験開始直後はじめて腐食液が侵入し、活発な腐食作用によるき裂伝ばが生ずることに起因すると考えられる。すなわち、き裂先端に腐食作用による二次き裂やくさび効果の要因となる腐食生成物の生成していない状態でのき裂伝ば挙動を示すもので、定常的な腐食疲労き裂伝ばと挙動が異なるものであると推察される。前報において大気中で予き裂を導入後腐食液への浸漬条件を変えた実験を行った結果、き裂壁面に十分な腐食生成物が付着した条件ではき裂伝ばの一時的な加速は生じずに da/dN の減速と停留が認められたことから、前述の推察が裏付けられる。しかし、これら $da/dN|_{\text{acc}}$ の挙動は ΔK_i 依存性を示し、高 ΔK_i 域での実験には一時的な加速を生じないことから材料の微視組織に依存したものであることが予想され次節で検討する。

3.5 き裂伝ば経路 デンドライトと共晶 Si 粒子との複合組織を有する本供試材の疲労き裂伝ば経路は材料の微視組織依存性を示すことを前報で指摘した。このき裂伝ばに及ぼす組織依存性と繰返し速度の関係を本節でさらに検討した。き裂はデンドライト組織内と共晶 Si 粒子部の伝ばに分けられることから、前報と同様にき裂伝ば経路に占める共晶 Si 粒子部を伝ばするき裂長さの割合 S_r を定義した。すなわち、共晶 Si 粒子部を伝ばしたき裂のき裂伝ば方向への投影長さの和を測定範囲のき裂長さで除した値の百分率である。

図 6 は大気中 ($f=10 \text{ Hz}$) 疲労⁽⁶⁾ および各繰返し速度で行った腐食疲労実験から得た試験片の板厚中央部付近の破断側面を観察して求めた S_r と ΔK の関係を

示したものである。図中には別に実施した SCC 実験から得られた結果を併記した。き裂が直線的に伝ばしたと仮定した場合には、組織であるデンドライト部と共晶 Si 粒子部との割合であり $S_r=49.5\%$ となり、図中に破線で示した。図から明らかなように、腐食疲労実験における S_r と ΔK の関係は繰返し速度の依存性を示さず、き裂伝ば経路は ΔK のみによって一義的に定まることがわかる。また、腐食疲労の S_r は大気中のそれに比較して大きく、共晶 Si 粒子部分を伝ばしやすくなる。これは共晶 Si 粒子周辺の母相部の腐食溶解⁽¹⁰⁾ によって優先的なき裂伝ば経路となるためである。

ΔK が $9 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ 以下の領域において大気中の疲労および腐食疲労ともに S_r は一定値を示し、前者ではほぼ直線的にき裂伝ばする。これに対して後者では腐食溶解が活発で共晶 Si 粒子部分を優先的に伝ばすることから、 $9 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ 以下の ΔK_i で実験を開始したときき裂伝ばの急激な加速を生ずる。一方、高 ΔK_i 域で実験を開始した場合には力学的要因によって伝ばするき裂(大気中)も共晶 Si 粒子部を伝ばするようになり、き裂伝ばの腐食溶解による加速要因を見かけ上相殺する結果として実験開始直後の一時的なき裂伝ばの加速が見られなくなるものと考えられる。

3.6 下限界応力拡大係数幅 一般に下限界応力拡大係数幅 ΔK_{th} は定常的なき裂の伝ばを生ずる下限の ΔK として定義されるものであり、荷重漸減法または荷重漸増法によって求められる。本実験の場合、3.1 節で述べたように実験開始直後 da/dN は加速後減速し停留を示すことが観察され、これは ΔK_i に依存する。したがって、腐食疲労の ΔK_{th} はき裂が停留せず伝ばした実験の ΔK_i の最小値とき裂が停留した実験の ΔK_i の最大値との間の ΔK として定義できる。この方法[方法(1)]で求まる ΔK_{th} を $\Delta K_{\text{th}}(\text{low})$ と呼ぶこ

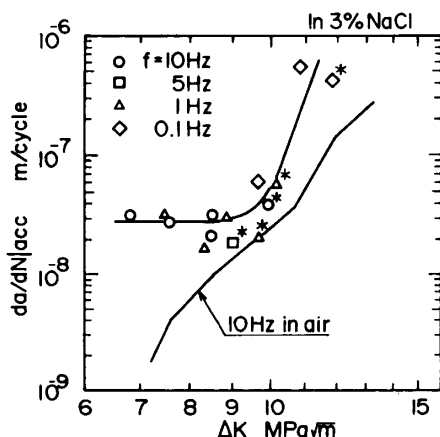


図 5 最大き裂伝ば速度 $da/dN|_{\text{acc}}$ と ΔK の関係

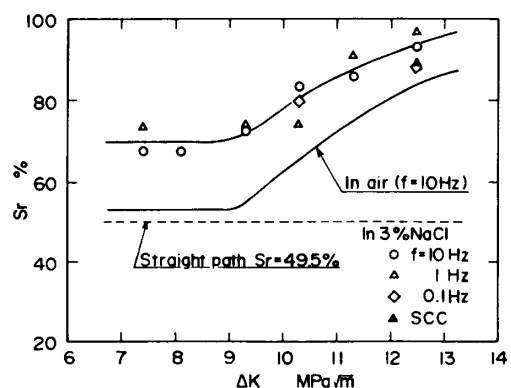


図 6 き裂伝ば経路 S_r と ΔK の関係

とにする。一方、き裂伝ばを停止した後、段階的な負荷荷重の増加によって再びき裂伝ばを開始する最小の ΔK によって ΔK_{th} を定義[方法(2)]することもでき、これを $\Delta K_{th}(\text{high})$ とする。

図1の実験結果を基に上記の2種類の方法で求めた ΔK_{th} と繰返し速度 f の関係を図7(a)に示した。なお、図中にはSCC実験から求めた K_{ISCC} の値(=13.1 MPa \cdot m^{1/2})を ΔK に換算した $(1-R)K_{ISCC}$ として示し、また、 $f=10$ Hzの $\Delta K_{th}(\text{high})$ は前報において実験開始の条件を検討した際に求めた結果を示した。図より両方法で求めた ΔK_{th} は f の低下に伴って増加し、また $\Delta K_{th}(\text{low})$ と $\Delta K_{th}(\text{high})$ では大きな差異があり、後者は前者に比べておよそ5 MPa \cdot m^{1/2}大きくなり、一義的な ΔK_{th} が求まらないことがわかる。これら両者の差異はき裂壁面に形成される腐食生成物の影響によるものであると考えられる。

先の3・4節でき裂伝ばの減速および停留は ΔK_{cont} によって説明できることを述べた。そこで、 ΔK_{cont} による下限値 $\Delta K_{cont,th}$ を求め f との関係で整理した

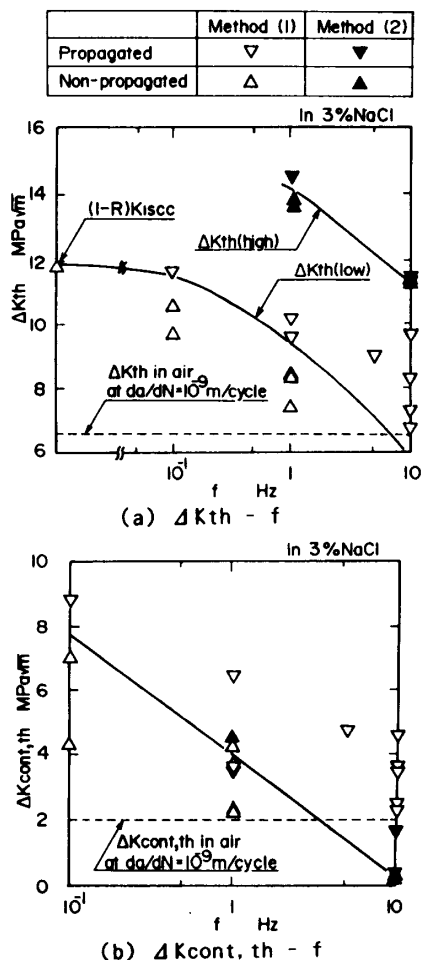


図7 下限応力拡大係数幅と繰返し速度 f の関係

結果を図7(b)に示した。2種類の方法によって求められる $\Delta K_{cont,th}$ はほぼ一致し、き裂内の腐食生成物の付着状態に関係なく本供試材の下限応力拡大係数幅を統一的に取扱うことができる。

腐食疲労におけるき裂伝ば挙動および下限応力拡大係数幅はこれまでに述べてきたように腐食生成物によるき裂開閉口挙動が複雑に関与することから、これらの影響を適切に評価する方法の検討が今後必要である。松岡ら⁽¹¹⁾は最大荷重一定試験法を提案し、これによってき裂閉口挙動を含まないき裂伝ば曲線を求めて実際の設計や余寿命予測を行うほうが信頼性が高くなることを指摘しているが、この場合過度に安全側の設計応力の設定や寿命予測を行うことにもなり、この点についても今後の検討課題である。

4. 結 言

溶湯鍛造アルミニウム合金AC8A-T6の腐食疲労き裂伝ば試験を繰返し速度 $f=0.1, 1$ および5 Hzで行い、前報の $f=10$ Hzの結果と比較することによって、き裂伝ば挙動に及ぼす繰返し速度の影響について検討した結果、以下の結論を得た。

(1) 本供試材の腐食疲労き裂伝ば挙動は実験を開始する応力拡大係数幅 ΔK_i の影響を受けて複雑に変化する。

(2) $f=0.1$ および1 Hzの腐食疲労き裂伝ば挙動は低 ΔK_i において実験開始直後 da/dN が加速、減速して停留した。この主因は $f=10$ Hzの場合と異なり、腐食生成物のくさび作用によるものである。

(3) き裂壁面に形成される腐食生成物の量は繰返し速度の影響を受け、き裂開閉口によるポンピング作用の少ない低繰返し速度において腐食生成物の排出が困難となってくさび作用が顕著となる。

(4) 腐食疲労き裂伝ばの減速および停留挙動は腐食生成物の粘弾性効果を考慮に入れた修正応力拡大係数幅 ΔK_{cont} によって統一的に説明できる。

(5) (2)の実験開始直後の da/dN の一時的な加速は ΔK_i および f に依存せず、 $\Delta K < 9$ MPa \cdot m^{1/2}の領域で一定である。この加速は共晶Si粒子周辺が優先的に腐食溶解されてき裂伝ば経路となるためである。

(6) 腐食疲労き裂伝ば経路は f に依存せず ΔK のみによってきまる。腐食環境下のき裂伝ば経路は大気中のそれに比較して全 ΔK 域にわたって共晶Si粒子部分を優先的に伝ばしやすくなる。

(7) 腐食疲労き裂伝ばの下限応力拡大係数幅 ΔK_{th} はその求め方によって大きく異なるが、修正応力拡大係数幅を用いた下限値 $\Delta K_{cont,th}$ によって一

義的に求まる。

終わりに、本研究の遂行ならびに討論に多大のご協力、ご援助をいただいた富山住友電工(株)社長、松村昭氏および製造部長兼電子材料工場長、橋本義和氏に謝意を表す。また、実験に協力を得た富山大学工学部技官、友坂敏信氏、また卒業研究の一環として協力を得た当時富山大学学生、森田浩幸氏に謝意を表す。

- (2) 石丸・ほか2名, 軽金属, 31-11(1981), 712.
- (3) 江頭・ほか3名, 軽金属, 39-12(1989), 886.
- (4) 皮籠石・ほか2名, 機論, 55-516, A(1989), 1733.
- (5) 皮籠石・ほか2名, 機論, 56-521, A(1990), 10.
- (6) 塩沢・ほか5名, 機論, 57-538, A(1991), 1279.
- (7) 小林・ほか2名, 機論, 52-480, A(1986), 1778.
- (8) 駒井・ほか2名, 機論, 52-476, A(1986), 867.
- (9) 駒井・ほか2名, 機論, 50-456, A(1984), 1453.
- (10) 世利・ほか1名, 軽金属, 37-3(1987), 185.
- (11) 松岡・ほか4名, 鉄と鋼, 72-1(1986), 55.

文 献

- (1) 藤井・ほか3名, 鋳物, 56-7(1984), 387.
-