

アルミニウム合金接着継手のモード I 疲労き裂進展挙動

知能材料学研究室

井上直紀

1. 緒言

接着結合は軽量化が可能であること、応力集中が少ないこと、異種材料同士の接合が可能であることなどの利点があり、近年注目されている。しかし、接着結合は接着条件によって強度にばらつきがあることから高い強度信頼性を確保することが困難であり、接着結合の強度設計法、強度評価法を確立させることが望まれている。

一方、接着部の強度特性は被着材の表面状態に大きく影響される。アルミニウム合金に対しては陽極酸化法が接着力向上に有効な表面処理法の一つとして知られている。本研究では表面処理を変え、アルミニウム合金接着継手におけるモード I 疲労き裂進展試験を行い、き裂進展挙動を破壊力学的に検討した。

2. 試験片および実験方法

2.1 接着継手試験片

疲労き裂進展試験は、油圧サーボ式材料試験機を用いて変位制御で行った。変位は荷重比が $P_{min}/P_{max}=0.1$ となるように設定し、2Hz の正弦波状繰返し荷重を負荷した。

図 1 に試験片の形状、寸法を示す。被着材にはアルミニウム合金 A2017 を使用し、接着剤にはエポキシ系一液加熱硬化型の接着剤 XA7416(3M 社製)を使用した。試験片は#500 のエメリー紙で長手方向に研磨したものと、リン酸陽極酸化法(PAA 法)を用いてリン酸水溶液 10wt% に定格電圧 15V、25 分間浸漬した 2 種類を用意した。試験片の接着層厚さはテフロンシートを用いて 0.2mm になるように制御し、120°C、40 分間加熱して硬化させた。はみ出した接着剤は小刀などで除去した。

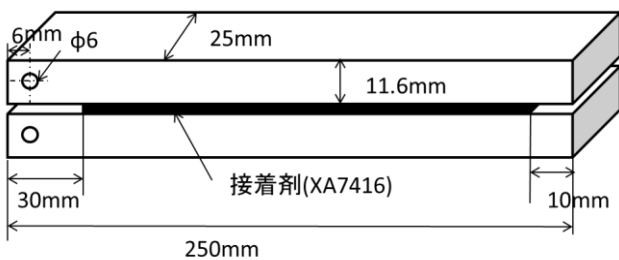


図 1 試験片寸法

2.2 き裂進展試験

き裂長さ測定にはコンプライアンス法を用いた。開口部における変位量 u と、荷重 P を測定しコンプライアンス C を求めた。コンプライアンスはき裂長さ a の関数であるため、これを試験中に測定することでき裂長さ a を知ることができる。コンプライアンスとき裂長さ a の関係を表す実験式を式(1)に示す。

$$C^{1/3}=0.1345a+0.0017 \quad (1)$$

またエネルギー解放率 G_I は式(2)を用いて計算した。

$$G_I=12P^2a^2/EB^2h^3 \quad (2)$$

ここで、 E は試験片のヤング率、 B は試験片板幅、 h は試験片板厚とする。

3. 実験結果および考察

図 2 にエネルギー解放率範囲 G_I とき裂進展速度 da/dN の関係を同一の ΔG_I で比較すると、化学処理を施した試験片の方がき裂進展速度が遅く、高いき裂進展抵抗を示すことが分かった。

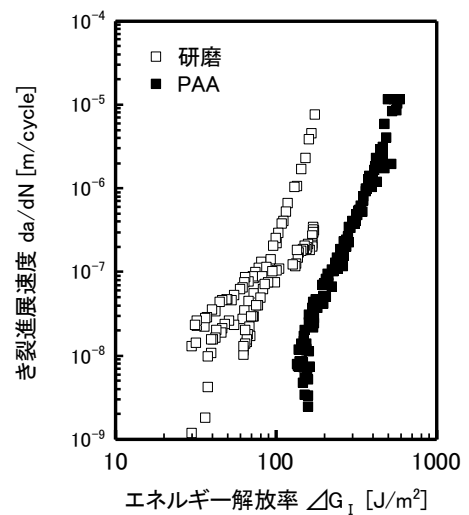


図 2 エネルギー解放率とき裂進展速度の関係

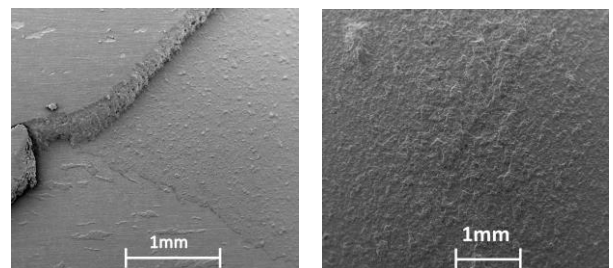


図 3(a) 研磨破面の SEM 画像 (b) 化学処理破面の SEM 画像

図 3 に走査型電子顕微鏡(SEM)を用いて破面を観察した結果を示す。研磨をした試験片は界面破壊または界面近傍での凝集破壊であったが、化学処理を施した試験片は破面全体で凝集破壊をしていることがわかった。化学処理を行うと接着表面に微細な凹凸の酸化被膜が形成されるため、その凹凸に接着剤が入り込み、アンカー効果により接着性が向上し凝集破壊をとらせたと考えられる。このような破壊メカニズムの違いにより、き裂進展挙動も差異が生じたものと考えられる。