

1. 緒言

近年、接着剤を用いた接着接合は様々な分で注目され、使用されている。しかし、接着面は力学的に複雑な異材界面となっており、接着継手強度特性、特に疲労挙動などは単一材料のそれよりも複雑なものとなる。そのため、接着接合の応用分野のさらなる拡大のためには、強度データの十分な蓄積と耐疲労設計法の確立が不可欠である。

本研究では、表面処理として陽極酸化処理をアルミニウム合金に施した接着継手と研磨処理のみを施して接着した継手に対して、モードII疲労荷重下によるき裂進展挙動について破壊力学の観点から検討した。

2. 材料及び実験方法

2.1 試験片

本研究では端面切欠き曲げ(ENF)試験片を用いた。試験片寸法を図1に示す。被着材にはアルミニウム合金 A2017 を用いた。接着面は機械的研磨を施したもの(研磨材)と、陽極酸化処理を施したもの(酸化材)の2種類とした。研磨材はエメリー紙#500を用いて長手方向に研磨し、表面をアセトンにより十分脱脂した。酸化処理材は表面を#1000までのエメリー紙を用いて研磨し、10 wt%リン酸水溶液中でステンレス板を対極として25 min 間 15 V の電位を与える陽極酸化を行った。

接着剤には一液加熱硬化型エポキシ樹脂接着剤(XA7416, 住友 3M 社製)を用いた。接着剤を塗布する以前に、20 min 間真空中において脱泡し、気泡の混入を抑えた。また接着層厚さを0.2 mm に制御するため、テフロンシートを被着材の両端にはさみ、接着剤を塗布した。接着剤塗布後、治具により固定し、乾燥炉中にて120 °C で40 min 間加熱し硬化させた。硬化後、はみ出た接着剤は小刀等で丁寧に除去した。

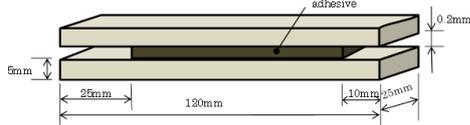


図1 試験片の寸法

2.2 実験方法及び考察

き裂進展試験では油圧サーボ式疲労試験機を用いて、3点曲げの変位制御で2 Hz の繰返し荷重(荷重比≒0.1)を負荷した。支点間距離は100 mm とした。予備試験として、試験機からの荷重及び変位信号出力と読取顕微鏡で測定したき裂長さの値を用いて、コンプライアンス C と a の関係式(1)を求めた。実験中のき裂長さ a の測定はコンプライアンス法を用いた。

$$C = 0.183 + 1.65 \times 10^{-6} \times a^3 \quad \dots (1)$$

エネルギー解放率範囲 ΔG_{II} は式(2)を用いて算出した⁽²⁾。

$$\Delta G_{II} = \frac{P_{max}^2 - P_{min}^2}{2B} \times 3 \times 1.65 \times 10^{-6} \times a^2 \quad \dots (2)$$

ここで P_{max} 及び P_{min} はそれぞれ最大、最小荷重、B は被着材幅を示す。き裂が荷重負荷点(a=50mm)に到達するまで試験を行った。

き裂進展試験終了後、試験片を強制的に破断させて、その破面を走査型電子顕微鏡(SEM)を用いて観察した。

3. 実験結果

3.1 き裂進展挙動

機械研磨材6本、酸化処理材3本について得られたき裂進展速度 da/dN と ΔG_{II} の関係を図2示す。各処理材とも両者の間に指数則が成り立つことが分かった。同じ ΔG_{II} で比較すると研磨材の da/dN が酸化処理材に比べ10倍ほど大きく、酸化処理によりき裂進展抵抗が向上したことがわかる。

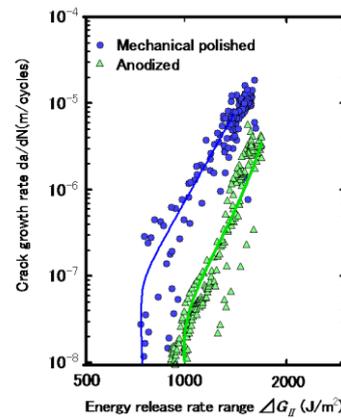


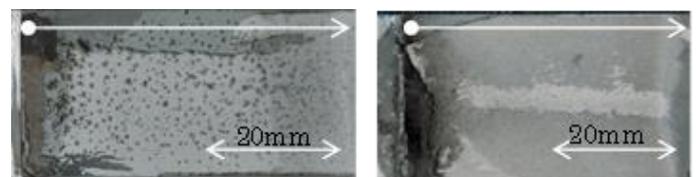
図2 da/dN と ΔG_{II} の関係

3.2 破面観察

各試験片の破面を観察した結果、破面の様相は大きく2種類に分類することができた。すなわち、接着剤と被着材の界面からおよそ5 μm 内部のき裂が進展した界面近傍凝集破壊と、接着層内をき裂が進展した完全凝集破壊領域である。

研磨材の破面を図3(a)、酸化材の破面を図3(b)にそれぞれ示す。研磨材は界面近傍凝集破壊、酸化材は完全凝集破壊が支配的となった。

酸化材が完全凝集破壊となったのは酸化処理をすることで接着面に多孔質の層が形成されアンカー効果が働き、また酸化皮膜の形成により接着性が向上したためと考えられる。



(a) Mechanical polished (b) Anodized

図3 各処理材の破面

4. 結言

- (1) モードIIにおける da/dN と ΔG_{II} の間には指数法則が成り立った。
- (2) 研磨材と酸化材を比較すると酸化処理によってき裂進展抵抗が向上することが分かった。
- (3) 破面様相は研磨処理では界面近傍凝集破壊、酸化処理では完全凝集破壊が支配的であった。

参考文献 省略