209 真空中における Al 合金のフレッティング疲労強度

Fretting Fatigue Strength of Al Alloy in Vacuum

○正 西田 友久 (沼津高専)

正 武藤 睦治 (長岡技科大)

学 渡辺 陽介 (沼津高専専攻科) 正 水谷 淳之介 (富山商船高専)

Tomohisa NISHIDA, Numazu College of Tech. 3600 Ooka, Numazu, 410-8501

Yoshiharu MUTOH, Nagaoka Univ. of Tech. 1603 Kamitomioka, Nagaoka, 940-2188

Yousuke WATANABE, Numazu College of Tech. 3600 Ooka, Numazu, 410-8501

Junnosuke MIZUTANI, Toyama College of Maritime Tech. 1-2 Ebineriya, Shinminato, 993-0293

Fretting fatigue tests of Al alloy in vacuum were carried out using a fatigue testing machine with SEM for in-situ observation of wear behavior. The plain fatigue life in vacuum was longer than that in air. The fretting fatigue life in vacuum is little longer than that in air. The reduction of the fretting fatigue life in vacuum is mainly because the tangential force coefficient increased in vacuum.

Key Words : Fretting Fatigue, Fatigue, Vacuum, Contact Pressure, In-situ Observation

1. 緒言

国際宇宙ステーションの建設に伴い、アルミニウム合金をはじめとする各種材料について真空中での通常疲労試験が行われ、真空中の疲労強度は大気中のそれに比べて著しく向上していることが報告されている¹⁾²⁾。宇宙材料として使用されるロボットアームやアンテナは締結部を有し、繰返し荷重も作用することから通常疲労のみならずフレッティング疲労強度についての検討が必要となるが、そのような研究は行われていないのが現状である。

そこで本研究では、走査電子顕微鏡付き疲労試験機 (SEM Servo) と小型フレッティング発生装置を用いてアルミニウム合金の大気中および真空中での通常疲労試験を行った。さらに、真空中および大気中における摩耗状況や接線力の相違についても調査した。

2. 実験方法

供試材として、試験片および接触片には展伸用アルミニウム合金 JIS 6063-T5 を用いた。その化学成分および機械的性質を表 I および II に示す。

図 1 (a) にフレッティング疲労試験片形状、(b) に接触片形状を示す。フレッティングは (同図 (b)) に示す接触片一対をブルーピングリングにより疲労試験片板状部 (同図 (a)) に押付けて起こさせ、接触面圧は 50MPa 一定となるように調節した。試験は容量 5 kN の SEM Servo を用い、引張圧縮 ($R=-1$) の正弦波、繰返し周波数 10Hz の条件で大気中および真空中にて行った。ただし、接線力は接触片側面に貼付したひずみゲージにより測定した。

Table I Chemical composition (wt%).

	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti
6063-T5	0.44	0.20	0.03	0.02	0.53	0.01	0.01	0.02

Table II Mechanical properties.

	Tensile strength σ_B (MPa)	Elongation ϕ (%)	Young's modulus E (GPa)	Hardness (MPa)
6063-T5	230	21	65	770

3. 実験結果

3.1 通常疲労寿命

大気中および真空中における通常疲労の S-N 曲線を図 2 に示す。図より真空中での通常疲労寿命は大気中でのそれに比べ長く、特に低応力レベルではその傾向が著しくなった。このことはこれまでの他の結果¹⁾²⁾と同様で

(a) Fretting fatigue specimen

(b) Contact pad

Fig.1 Fretting fatigue specimen and contact pad.

Fig. 2 S-N curves.

あり、真空中でのき裂伝ば速度が大気中でのそれに比べ遅延したためと考えられる。

3.2 フレッシング疲労寿命

図2には大気中および真空中におけるフレッシング疲労のS-N曲線も示してある。真空中でのフレッシング疲労寿命は大気中でのそれに比べて長くなっているが、通常疲労の場合に比べてその割合は小さくなった。また、フレッシング疲労き裂の発生位置はいずれの場合も接触片外端近傍であった。

3.3 接線力係数

図3に接線力係数と応力振幅の関係を示す。真空中の接線力係数は大気中のそれに比べて増大する傾向を示し、この増大がフレッシング疲労き裂の発生・進展を促進したものと考えられる。

3.4 顕微鏡観察

図4にフレッシング疲労試験中の摩耗状況を調べるために電子顕微鏡を用いてその場観察を行った一例を示す。真空中でのフレッシング疲労試験の摩耗粉発生時期は大気中のそれに比べわずかに遅いようであったが、顕著な相違は認められなかった。また、フレッシング疲労試験後、フレッシング面の顕微鏡観察を行った結果を図5に示す。図よりフレッシング面は真空中の方が大気中に比べて粗く、凝着を起こしているように見受けられた。大気中でのフレッシング疲労は金属同士の間に空気分子が存在することによって金属同士の直接接触面積が減少するため、凝着が起こりにくく接線力が低下したものと考えられる。

4. 結言

電子顕微鏡付き疲労試験機を用いて大気中および真空中で通常疲労およびフレッシング疲労試験を行い、フレッシング疲労特性に及ぼす真空中の影響について検討した。その結果、以下のことが明らかとなった。

- 1) 真空中での通常疲労寿命は大気中でのそれに比べ長く、特に低応力レベルではその傾向が著しくなった。
- 2) 真空中でのフレッシング疲労寿命は大気中での

Fig. 3 Relationship between tangential force coefficient and stress amplitude.

それに比べて長寿命ではあったが、通常疲労の場合に比べてその割合は小さくなった。

- 3) 真空中の接線力係数は大気中のそれに比べて増大する傾向を示した。
- 4) フレッシング面は真空中の方が大気中に比べて粗く、凝着を起こしているように見受けられた。

参考文献省略

Fig. 4 Observation of fretting wear powder in real time with SEM (in air, $\sigma_a=140\text{MPa}$, $p=50\text{MPa}$, $N=200$).

(a) Fretting surface in air

(b) Fretting surface in vacuum

Fig. 5 SEM observations of fretting surface

($\sigma_a=140\text{MPa}$, $p=50\text{MPa}$).