621 Al 合金(JIS A7N01)のフレッティング疲労強度に及ぼす固体潤滑被膜の影響 Effect of bonded solid lubricant on fretting fatigue strength of aluminum alloy (JIS A7N01)

○正 西田友久 (沼津高専) 正 水谷淳之介 (富山商船高専) 正 武藤睦治 (長岡技科大)
学 勝俣悠樹 (沼津高専専攻科) 正 川邑正広 (憐川邑研究所) 今岡 亮 (ヤマハ発動機㈱)

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

Junnosuke MIZUTANI, Toyama College of Maritime Tech. 1-2 Ebie Neriya, Imizu, 933-0293

Yoshiharu MUTOH, Nagaoka Univ., of Tech. 1603-1 kamitomioka, Nagaoka, 940-2188

Yuki KATSUMATA, Numazu College of Tech. 3600 Ooka, Numazu, 410-8501

Masahiro KAWAMURA, Kawamura Research Lab. 5-6, Meguro, Meguro-ku, Tokyo, 153-0063

Ryou IMAOKA, Yamaha Motor Co.,Ltd. 2500 Shingai, Iwata, 438-8501

Key Words : Fretting Fatigue, Fatigue, Bonded Solid Lubricant, Tangential Force.

1. 緒言

近年、省資源や地球環境の観点から機械構造物の軽量化、生産性の向上、低コスト化が要求され、アルミニウム合金の使用が拡大している。一方、構造部材としては通常疲労のみならずフレッティング疲労が重要な問題であることが知られている^{1) 2)}。アルミニウム合金 JIS A7N01 は高強度で溶接性に優れているためオートバイなどの構造部材として広く採用されているが、そのフレッティング疲労強度特性や防止策については検討されていないのが現状である。

そこで本研究においては、JIS A7N01 材のフレッティング疲労防止策として固体被膜潤滑剤を接触片にコーティングしてフレッティング疲労試験を行い、フレッティング疲労強度に及ぼす固体潤滑被膜の影響について検討した。

2. 実験方法

供試材として試験片には展伸用アルミニウム合金 (JIS A7N01 材) を、フレッティング疲労試験での接触片には自動車構造用熱間圧延鋼板 (SAPH440 鋼) を用いた。それらの化学成分および機械的性質をそれぞれ表 1 および 2 に示す。

固体被膜潤滑剤 (ポリアミドイミド樹脂、二硫化モリブデン、グラファイトと三酸化アンチモンを混合) は、接触片が試験片と接触する部分を脱脂、サンドブラスト、リン酸処理の後に噴霧状にして吹き付け、その後 200℃で焼き付けを施した (以後、固体潤滑材と呼ぶ)。

フレッティング疲労試験片および接触片の形状・寸法を図 1 に示す。フレッティング疲労試験は容量 100 kN の電気油

圧式サーボ疲労試験機を用い、完全両振り ($R=-1$) の正弦波を用い、繰返し周波数は 10~20Hz で行った。フレッティングは接触片一對をブルービングリングにより疲労試験片板状部に押しつけて起こさせ、接触面圧 50MPa および 100MPa 一定となるように調節した。また、接線力は接触片裏側に貼付したひずみゲージにより測定した。なお、フレッティング疲労試験は日本機械学会基準 JSME S 015 に準じている。

3. 実験結果および考察

3.1 フレッティング疲労強度

未処理材および固体潤滑材のフレッティング疲労試験結果より得られた S-N 曲線を図 2 に示す。未処理材のフレッティング疲労強度はその通常疲労強度に比べて 5 分の 1 程度に低下し、本供試材は他のアルミニウム合金^{2) 3)} に比べてフレッティング疲労の影響を受けやすいことがわかる。なお、同図には参考としてウエットブラスト処理を施した場合のフレッティング疲労試験結果も示しており、固体潤滑材のフレッティング疲労寿命は、未処理材やウエットブラスト処理を施した試験片に比べて著しく向上し、通常疲労強度に近い値となった。また、同図には固体潤滑材の接触面圧を 100MPa に増大した場合のフレッティング疲労寿命も記載してあり、そ

(a) Fretting fatigue specimen

(b) Contact pad

Fig.1 Fretting fatigue specimen and contact pad.

Table 1 Chemical composition of JIS 7N01 (mass%)

Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti	Zr
0.11	0.25	0.04	0.38	1.6	0.03	4.6	0.03	0.13

Table 2. Mechanical properties of JIS 7N01

Tensile strength σ_B (MPa)	Young's modulus E(GPa)	Elongation (%)	Hardness Hv(GPa)
428	74	14.5	1.25

の疲労寿命は固体潤滑材の接触面圧 50MPa に比べるとわずかに低下するものの未処理材に比べて著しく向上し、固体被膜潤滑剤は接触面圧が増加した場合も有効であることが明らかとなった。

図 3 に接線力係数と相対すべり振幅の関係を示す。測定数が少なく正確さに欠けるが、固体潤滑材の接線力係数はいずれの場合も未処理材のそれに比べて著しく低下した。固体潤滑材のフレッティング疲労寿命が未処理材のそれに比べて向上したのは固体潤滑被膜の存在により接線力係数が低下し、フレッティング疲労き裂の発生・進展を遅らせたものと推察される。

3.1 電子顕微鏡による表面観察

フレッティング表面の SEM 観察結果を図 4 に示す。図より、未処理材のフレッティング表面は損傷が激しかったのに対し、固体潤滑材のそれはほとんど損傷が認められなかった。

Fig.2 S-N curve (fretting fatigue).

Fig.3 Relationship between tangential force coefficient and relative slip amplitude.

また、図 5 にフレッティング疲労試験前後の接触片表面の SEM 観察結果を示す。試験前は二硫化モリブデン等の粒径が明確に観察されていたが、試験後はフレッティングの影響により粒状のものが押しつぶされるあるいは摩耗分として排出されるが、その後も表面に被膜は存在し続けるため、低い接線力係数になったものと考えられる。

謝辞 本研究の遂行にあたり、表面処理関連で多大なご協力を戴いた長泉パーカラライジング (株) 大貫社長および (株) 不二精機製作所牧野部長に感謝の意を表す。

(結言・参考文献省略)

Fig.4 SEM observations of specimen surface under fretting fatigue ($\sigma_a = 160\text{MPa}$).

Fig.5 SEM observations of contact surface.