マグネシウム合金 AZ31 の大気中並びに 腐食環境下の疲労強度に及ぼすメッキ処理の影響

Effect of plating on fatigue strength of magnesium alloy AZ31
in laboratory air and corrosive environment

○ 学 在塚 剛志 (富山大) 正 石原 外美 (富山大)
正 能登谷 久公 (株) 高松メッキ 正 五嶋 孝仁 (富山大)

Tsuyoshi ARITSUKA, University of Toyama, 3190 Gofuku, Toyama 930-8555, Japan
Sotomi ISHIHARA University of Toyama, 3190 Gofuku, Toyama-shi, Toyama 930-8555, Japan
Hisakimi NOTOYA TAKAMATSU PLATING Co. Ltd. 2-10 Yasuuchi, Yatsuo, Toyama, 939-2366, Japan
Takahito GOSHIMA University of Toyama, 3190 Gofuku, Toyama 930-8555, Japan

Key Words : fatigue strength, magnesium alloy, porosity, abrasion, corrosion pit.

1. 緒言

マグネシウムは、実用金属中で最も軽量の金属であり、寸法安定性、切削性、比強度、電磁波シールド性に優れるなど多くの長所を有している。また、リサイクルエネルギーが生産エネルギーの約 4～5 % 程度であり、大きな省エネルギー効果が期待できる。このように、優れた性質を持つマグネシウム金属なのだが、最大の欠点として耐食性に乏しいという問題点がある。マグネシウムは一般的に腐食性の高い金属であるといわれており、湿気や塩素、酸などの存在する雰囲気においての耐食性は非常に悪く、腐食疲労について十分に考慮しなければならない。本研究では、無電解 Ni メッキを施したマグネシウム合金 AZ31 の腐食疲労挙動について調査した。また、腐食環境下の実験結果は、本材料の大気中における実験結果と比較検討をおこない、Ni メッキ処理及びブラスト処理を施した材料との比較検討をおこなうことを目的とする。

2. 試験片及び実験方法

2-1 試験片

本実験で用いた試験片形状を Fig 1 に示す。試験片は押出し加工された AZ31 マグネシウム合金を図のように機械加工を行い、その表面に鏡面加工、Ni メッキ処理、ブラスト処理を施したものである。

2-2 実験方法

本実験で用いた試験機は片持ち回転曲げ疲労試験機である。実験は応力比-1、応力繰返し速度 30Hz のもとで行った。腐食疲労実験は、ポンプにより腐食液 (3% NaCl 水溶液) を試験片に滴下させながら行った。腐食液はイオン交換水 (純水) を溶媒とする 3 % NaCl 水溶液である。き裂の連続観察を行うために所定の応力繰返し数で試験機を止め、そのつどレプリカを採取した。採取したレプリカを光学顕微鏡を用いて観察した。

Fig. 1 Shape and dimensions of the specimen.

Fig 2 S-N curves in laboratory air.

Fig 3 S-N curves in corrosive environment.

Fig 4 Comparison of S-N curves between laboratory air and salt water.

3. 実験結果

3-1 大気中及び腐食環境下の疲労寿命に及ぼす表面処理方法の影響

Fig 2 に大気中における S-N 曲線を示す。図中には無電解 Ni メッキ材、ブラスト材、並びに研摩材の結果が示されている。図よりわかるように、大気中疲労では、疲労寿命は試験片の表面処理方法に依存せずほぼ単一の曲線で表される。一般にメッキ処理によって試験片表面に残留応力が導入され、またブラスト処理によって試験片の表面粗化が生じる。大気中疲労において、疲労寿命が表面処理方法に依らず一定であるという実験事実は、上記の残留応力並びに表面粗化が疲労寿命に影響を与えるほど大きくないことを示している。

Fig 3 は腐食環境下における S-N 曲線を示したものである。図中には無電解 Ni メッキ材、ブラスト材、並びに研摩材の結果が示されている。図よりわかるように、研摩材とブラスト処理材の腐食疲労寿命はほぼ等しい。このような特性は大気中疲労と同様である。一方、無電解 Ni メッキ材の腐食疲労寿命は、研摩材とブラスト処理材の腐食疲労寿命よりも明らかに低下する。

3-2 疲労寿命に及ぼす腐食環境の影響

Fig 4 は研摩材並びにブラスト処理材の大気中、並びに腐食環境下の疲労寿命を比較したものである。図よりわかるように、腐食環境下では、疲労限度の消失と、特に低応力域における疲労寿命の低下が顕著に認められる。また、研摩材並びにブラスト処理材と同様に、無電解 Ni メッキ材においても、疲労限度の消失と低応力域における疲労寿命の低下が顕著に認められた。

4. 考察

本章では、Fig 3 に観察されたように無電解 Ni メッキ材の腐食疲労寿命が、研摩材とブラスト処理材のそれらよりも低下する原因について考察する。

大気中疲労における疲労寿命が、表面処理方法に依らず一定であるという実験事実から、上記の疲労寿命の差異は残留応力並びに表面粗化によるものでないことが容易に推察できる。

Fig 5 は無電解 Ni メッキ処理材の試験片表面を SEM で観察したものである。図中の矢印で示すように、試験片表面には微小な複数の孔が開いていることがわかる。Fig 6 は疲労寿命の約半分の繰返し数で腐食疲労実験を中断し、試験片を切断しその横断面を SEM で観察した写真である。図より、試験片表面に存在する微細な穴が Ni メッキ膜を貫通し、基材のマグネシウム合金までつながっていることがわかる。従って、Ni メッキ膜と基材の界面では、図中矢印で示すように、腐食疲労過程で微細な穴を通して内部に浸入した腐食液による腐食溶解とそれに基づく割れの発生が観察される。

Fig 7 は以上の事実を基に、腐食疲労過程で Ni メッキ処理材表面の Ni メッキが剥離するメカニズムを模式図で示したものである。腐食環境下では、Ni メッキ膜の表面の微細な孔から腐食液が浸入し、これが Ni メッキと母材との界面まで侵入し、隙間腐食により腐食液の pH が急激に酸性化され、局部的に腐食が進行する。そして腐食ピットの形成と、その箇所からき裂の発生とメッキ膜の剥離が生じる。このため無電解 Ni メッキ材の腐食疲労寿命が、研摩材とブラスト処理材のそれらよりも低下するものと考えられる。

5. 結言

AZ31 マグネシウム合金の無電解 Ni メッキ処理材の腐食疲労実験を行い、以下の結論を得た。

- (1) 腐食環境下では疲労限度の消失と疲労寿命の顕著な低下が認められる。
- (2) 大気中疲労では、無電解 Ni メッキ材、ブラスト材、並びに研摩材の疲労寿命は等しい。一方、腐食疲労では、無電解 Ni メッキ処理材の疲労寿命は、ブラスト処理材並びに研摩材よりも疲労寿命が短くなる。
- (3) 無電解 Ni メッキ処理材の腐食疲労過程では、Ni メッキ膜の表面の微細な孔から腐食液が浸入し、母材との界面まで侵入し、界面の局部的腐食が進行する。腐食ピットの形成と、き裂の発生よりメッキ膜の剥離が生じる。このため無電解 Ni メッキ材の腐食疲労寿命が、研摩材とブラスト処理材のそれらよりも低下する。

Fig 5 Specimen surface.

Fig 6 Cross section of the specimen.

Fig 7 Crack initiation mechanism.