AZ91D マグネシウム合金の疲労強度に及ぼす
陽極酸化処理の影響*金谷 輝人** ・ 西條 充司***
日野 実**** ・ 酒井 宏司*****

Journal of Japan Institute of Light Metals, Vol. 52, No. 10 (2002), pp. 477-478

Effect of anodizing on the fatigue strength of
AZ91D magnesium alloy*Teruto KANADANI**, Atsushi SAIJO***
Makoto HINO**** and Koji SAKAI*****

1. 緒 言

マグネシウムは、実用金属の中では軽量で比強度が高く、リサイクル性にも優れていることから、プラスチックに代わるノートパソコン、携帯電話など弱電向けのケース等への需要が急増している。また、自動車部品への適用例としてはシリンダヘッドカバー、オイルパン等があり、今後さらに用途拡大が期待される¹⁾。しかし、マグネシウムは、実用金属の中で最も卑な電位を示し容易に腐食することから、実用化に際し表面処理が重要な技術となっている。従来、マグネシウム合金の表面処理は、化成処理、陽極酸化処理、めっき等が行われており^{2)~5)}、DOW17やHAE法として有名な陽極酸化処理は、特に防食性や耐摩耗性を必要とする部位に適用されているが、その適用例は航空機など一部に限られている。

一方、破壊現象の一つに疲労破壊がある。この多くが材料表面付近での微小き裂発生とその内部への伝播によって起こるとされている⁶⁾。したがって、疲労特性は加工度や表面粗さ、表面処理、残留応力などの表面状態により大きな影響を受ける。マグネシウム合金を構造材料に適用する場合、耐食性の観点から陽極酸化処理が必要と思われる。しかし、陽極酸化処理したマグネシウム合金の疲労に関する研究は少ない。

そこで本研究では、AZ91マグネシウム合金に各種陽極酸化皮膜を生成させ、疲労試験を行い、S-N曲線を求めて疲労特性に及ぼす陽極酸化処理の影響を検討した。

2. 実験方法

使用したAZ91D合金は、50×170×2.8 mm³のチクソモールド板であり、これをフライスにより厚さ約1 mmまで丁寧に機械加工し、その後エメリー紙1000番で表面仕上げを行

Table 1 Bath composition and anodizing conditions

	DOW17	Anomag
Bath composition	NH ₄ HF ₂ : 360 g/l Na ₂ Cr ₂ O ₇ ·2H ₂ O: 100 g/l 85% H ₃ PO ₄ : 90 ml/l	—
Electric source	Direct current	Direct current
Current density	3.5 A/dm ²	—
Temperature	78 ± 2°C	—

い、厚さ0.6 mmの引張および疲労試験片を作製した。

試料は前処理（アルカリ脱脂→水洗→酸洗→水洗）を行った後、Table 1に示す条件に従い、約8~10 μmの陽極酸化皮膜を生成させた。なお、Anomag処理はクロム酸塩を含まない陽極酸化処理で、浴組成および電解条件は特許⁷⁾上、記載を割愛した。

表面処理した試料および未処理の試料について応力比0、周波数30 Hzで繰返し引張疲労試験し、種々の応力振幅(σ)下での破断までの繰返し数(N)を求めた。また、インストロン材料試験機を用いて主に歪速度2×10⁻⁴ (s⁻¹)で室温(293 K)で引張試験し、応力(σ)-歪(ε)曲線を求めた。更に、マイクロビッカース硬さ計を用いて各試料の表面硬さを測定するとともに、光学顕微鏡による表面状態の観察も行った。

3. 実験結果および考察

Table 2は、表面処理の有無による機械的性質の差異を示

* 軽金属学会第100回春期大会（平成13年5月）にて一部発表。

** 岡山理科大学工学部（〒700-0005 岡山県岡山市理大町 1-1）。Faculty of Engineering, Okayama University of Science (1-1 Ridai-cho, Okayama-shi, Okayama 700-0005)。

*** 岡山理科大学大学院（岡山市）。Graduate School of Okayama University of Science (Okayama-shi, Okayama)。

**** 岡山県工業技術センター（岡山市）。Industrial Technology of Okayama Prefecture (Okayama-shi, Okayama)。

***** 堀金属表面処理工業㈱（高梁市）。Horikinzoku hyomensyori Industry Co., Ltd. (Takahashi-shi, Okayama)。

受理日：平成14年7月4日

Table 2 Effect of anodizing on mechanical properties of AZ91D magnesium alloy

	σ_B (MPa)	ε (%)	$\sigma_{0.2}$ (MPa)	HV
Without anodizing	201.2	2.309	110.3	86
DOW17	196.5	2.811	84.3	84
Anomag	186	3.354	78.4	81

Fig. 1 Plot of stress amplitude against number of stress cycles.

す。引張強さ (σ_B)、0.2%耐力 ($\sigma_{0.2}$) および硬さ (HV) は、いずれも表面処理なしの場合が最大となり、Anomag 処理が最も小さい値である。これに対して伸び (ε) は、丁度逆の傾向を示している。表面処理した場合に強度が低下しているのは、陽極酸化処理では電流を流すことにより、試料内部の温度が上昇し、試料作製の際の加工歪等がある程度除去されることによると考えられる。実際に、加工後の試料を353 Kで焼なましすると軟化し、0.6 ks 程度の保持時間で Anomag 処理の場合の強度 (Table 2) とほぼ一致した。

Fig. 1 は DOW17 処理試料と未処理試料をそれぞれ疲労試験することにより得られた σ と N の関係を示しているが、疲労強度の差異は認められない。更に、クロムフリーである Anomag 処理試料と未処理試料についても、**Fig. 2** に見られるように疲労強度の差異はまったく認められない。したがって、少なくとも10 μm 程度の Anomag 処理や DOW17 処理の陽極酸化処理皮膜は疲労強度に影響を及ぼさないことがわか

Fig. 2 Plot of stress amplitude against number of stress cycles.

った。

光学顕微鏡観察によりこれら両処理皮膜表面を観察したところ、両皮膜とも未処理材に比べて表面が粗いことがわかった。小野らは、DOW17 処理したマグネシウムの陽極酸化皮膜の断面 TEM 観察を行い、この皮膜は多孔質構造を有することを明らかにしているが⁸⁾、Anomag 処理材でも何らかの多孔質皮膜の生成が予想される。母材よりも硬い皮膜を有する陽極酸化処理材と未処理材の疲労強度に差が認められなかった原因としてこのような粗い表面状態が考えられるが、実用に当たっては処理皮膜をさらに有機樹脂で封孔処理することによって疲労強度の増大が見込まれる。今後は、SEM および TEM 観察により詳細な微細組織調査を行うとともに、膜厚を変えた場合の疲労強度への影響等について検討していきたいと考えている。

参 考 文 献

- 1) 大谷忠司, 高井 淳: まてりあ, **39** (2000), 878.
- 2) 高谷松文: 軽金属, **50** (2000), 567.
- 3) 森田良治, 金子秀昭, 大下賢一郎: 軽金属, **50** (2000), 560.
- 4) 高木 亨, 村山恭二, 鈴木敦也, 鎌土重晴, 小島 陽, 平賀 仁: 軽金属学会第101回秋期大会講演概要, (2001), 321.
- 5) 山本厚之, 渡邊 淳, 福本信次, 菅原加名, 椿野晴繁: 軽金属, **50** (2000), 619.
- 6) M. Klesnil and P. Lukáš: Fatigue of Metallic Materials, Elsevier, Amsterdam, (1992), 65-70.
- 7) 特表平11-502567.
- 8) S. Ono, K. Asami, T. Osawa and N. Masuko: J. Electrochem. Soc., **143** (1996), 62.