

アルミニウム陽極酸化皮膜の摩擦摩耗試験

樋尾勝也*, 金森陽一*

Frictional Wear Test of Anodic Oxide Coating of Aluminum Casting

Katsuya HIO* and Yoichi KANAMORI*

Keywords: Aluminum casting, Anodic oxide coating, Frictional wear test, Solidified structure

1. はじめに

アルミニウム (Al) 鋳物は、軽量で強度に優れることから、自動車部品や機械産業部品に広く使用されている。これらの用途では、長期間の使用に耐える耐久性が求められており、耐食性や耐摩耗性の向上を図るための表面処理として、陽極酸化が工業的に広く用いられている¹⁾。通称アルマイトで知られる陽極酸化は、電気化学的に酸素と Al が結合して表面に酸化アルミニウムの薄い膜が生じる。この薄膜は Al の母材を保護して内部への急激な腐食を防ぐ。また、非常に硬いため耐摩耗性に優れている。

一方、Al 鋳物は凝固組織の相違によって機械的特性が大きく異なる。例えば、高強度高延性な材料を得るためには凝固組織の微細化が図られる。前報²⁾において凝固組織の相違が陽極酸化および耐食性 (アノード分極特性) に与える影響について明らかにした。

そこで本研究では、凝固組織の異なる Al 鋳物に陽極酸化処理を施し、摩擦摩耗試験を行い耐摩耗性の違いについて検討した。

2. 実験方法

2. 1 試料の作製

実験に使用した地金は、99.8% Al (不純物 Si:0.05%, Cu:0.1%, Fe:0.05%) である。この地金を所定の温度まで加熱溶解後、金型に鋳造した。一方、微細な凝固組織を得るために、水冷した傾斜冷却板上に流下させ、セミソリッド状態で鋳造し微細組織試料を作製した^{3,4)}。

* 金属研究室

2. 2 陽極酸化

試料地金を 40 × 40 mm、厚さ 3 mm のサイズの板材に切り出し、エメリー紙にて #1200 まで研摩後、中性洗剤で脱脂洗浄し、陽極酸化用の供試材とした。陽極酸化用溶液には温度 283 K、15% H₂SO₄ 水溶液を使用し、電流密度 3 A・dm⁻² の定電流電解にて陽極酸化処理を行った。電解時間は 10~40 min であった。その際、陰極には同等面積のアルミニウム板を用いた。陽極酸化後の皮膜厚さを渦電流式膜厚計 (サンコウ電子研究所製 SWT-8000 II) で測定した。

2. 3 摩擦摩耗試験

耐摩耗性の評価⁵⁾は、ボールオンディスク型摩擦摩耗試験機 (レスカ製 FPR-2100) により行った。試験条件は摩擦相手材として直径約 5 mm の SUJ2 軸受鋼球を用い、回転半径 2 mm、回転速度 50 mm・s⁻¹、荷重は 1.96 N で摩擦係数を測定した。皮膜の耐久性評価については、摩擦係数が 0.6 近辺にて上下に大きく変動するまで摩擦相手材が移動した距離 (移動距離) で整理した。

3. 実験結果と考察

3. 1 供試材

図 1 に粗大な凝固組織写真、図 2 に微細な凝固組織写真を示す。図 1 の 99.8% Al^① では、結晶粒が確認され数 mm 程度まで粗大化しているが、図 2 の 99.8% Al^② では、100 から 200 μm 程度の微細な結晶粒となっている。

3. 2 摩擦摩耗試験

図 3 に陽極酸化を施す前の Al 鋳物材料における

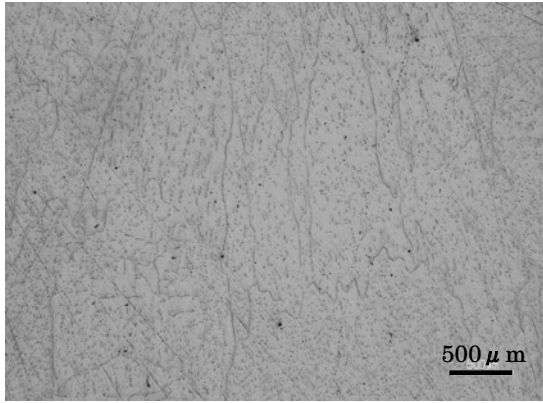


図1 顕微鏡組織 (99.8%Al①)

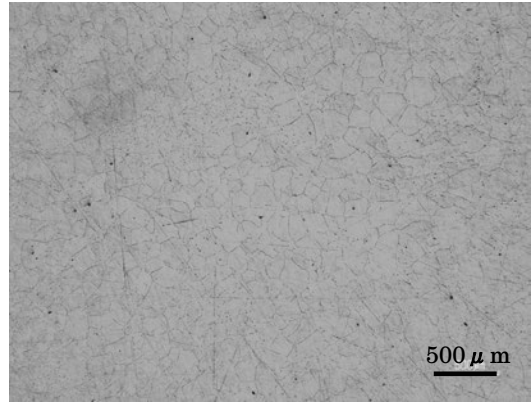


図2 顕微鏡組織 (99.8%Al②)

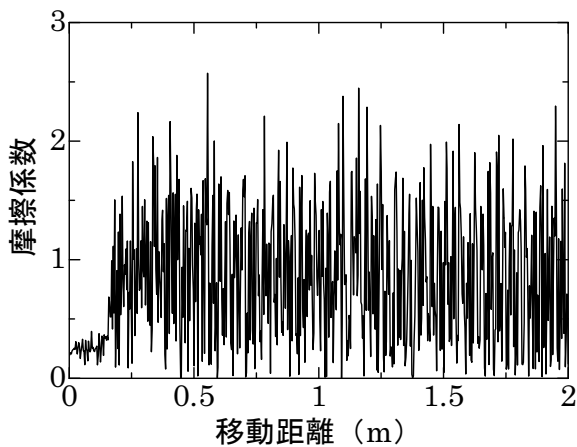


図3 摩擦摩耗試験結果 (陽極酸化前)

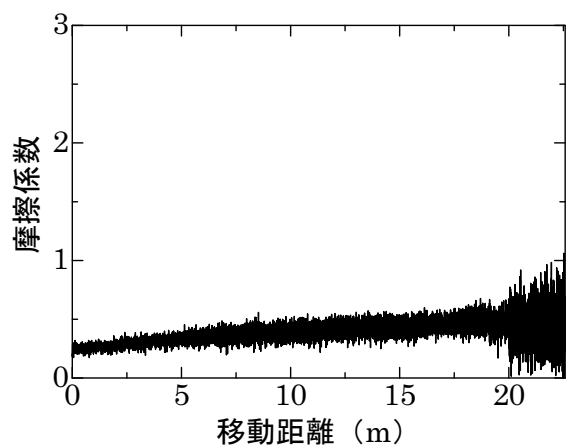


図4 摩擦摩耗試験結果 (陽極酸化後)

摩擦摩耗試験の結果を示す. 測定当初は摩擦係数が0.2~0.3を示したが, 後には平均摩擦係数が0.85を示した. これは極表面の酸化皮膜によって低い摩擦係数を示したが, 皮膜が直ぐに剥がれてしまい, Al 鋳物材料の本来の摩擦係数を示したものと考えられる.

図4に陽極酸化後の摩擦摩耗試験の結果の一例を示す. 測定当初は0.2~0.3を示したが, 徐々に摩擦係数が上昇し, 約0.6付近より大きく上下に変動した. この辺りから陽極酸化皮膜の剥離がなされたと推測される. したがって, 摩擦係数が大きく変動したこの位置までの移動距離を皮膜の耐久性としてまとめることとした.

凝固組織の粗大な99.8%Al①の陽極酸化における電解時間と移動距離の関係を図5に示す. 電解時間の増加に伴って移動距離が伸びた. すなわち, 耐摩耗性が向上したことが分かる. 一方, 凝固組織の微細な99.8%Al②の陽極酸化における電解時間と移動距離の関係を図6に示す. 同じく電解時間

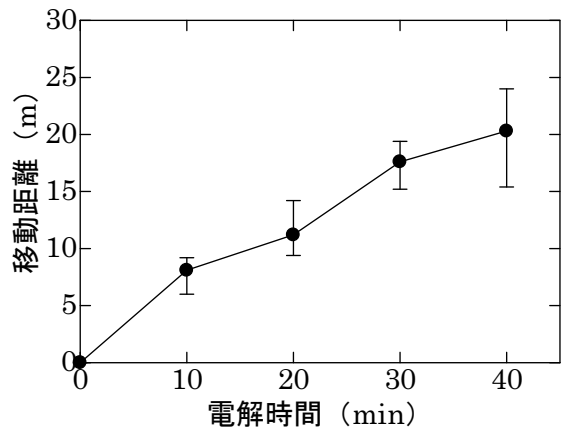


図5 電解時間と移動距離*の関係 (99.8%Al①)
*: SUJ2 軸受鋼球の移動距離

の増加に伴って移動距離が伸びた.

前報²⁾において, 電解時間と皮膜厚さは比例関係があることが明らかになった. そこで, 皮膜厚さと移動距離の関係を整理し, 図7に示す. 99.8%Al②の凝固組織の微細な方が皮膜厚さに対する移動距離が増加しており, 耐摩擦摩耗特性が良好である

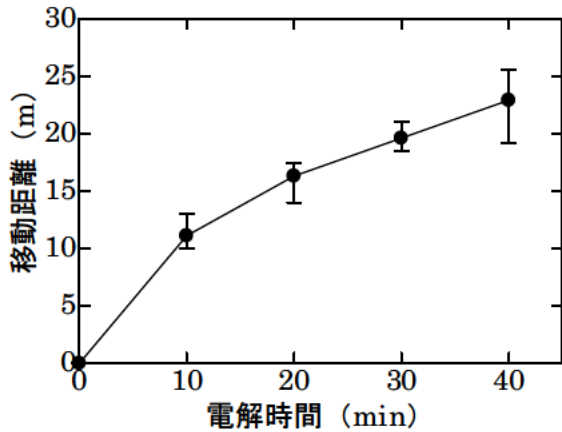


図6 電解時間と移動距離*の関係 (99.8%Al②)

*: SUJ2 軸受鋼球の移動距離

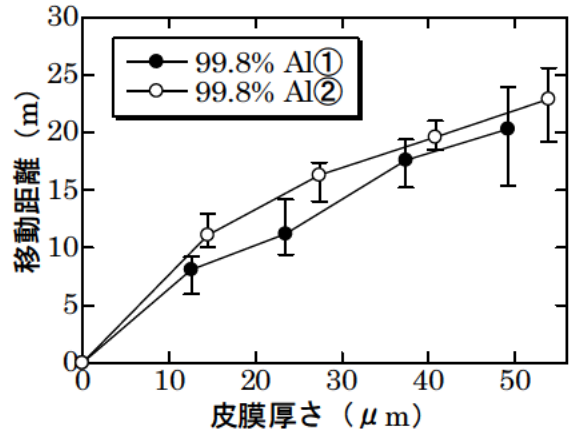


図7 皮膜厚さと移動距離の関係

と判断できる。微細な結晶粒が緻密な陽極酸化皮膜の生成に寄与し、耐摩耗性の向上をもたらしたものと考えられる。また、両供試材ともに皮膜厚さと移動距離はほぼ比例関係があるのではないかと推察される。

4. まとめ

凝固組織の異なる 99.8%Al 合金の陽極酸化前後の摩擦摩耗試験を行った結果、以下のことが明らかになった。

- (1) 陽極酸化を施す前のアルミニウム鋳物材料における摩擦係数は、試験直後は0.2~0.3を示し、後に平均摩擦係数が 0.85 となる。
- (2) 凝固組織の微細な 99.8%Al 合金が、粗大なものに比べて耐摩耗性が良好である。

参考文献

- 1) 山口裕：“アルミニウムの陽極酸化処理と装飾的表面処理”。軽金属, 59, p204-215(2009)
- 2) 樋尾勝也ほか：“アルミニウム合金鋳物の陽極酸化および耐食性に及ぼす凝固組織の影響”。三重県工業研究所研究報告, 36, p91-94(2012)
- 3) 田辺郁ほか：“傾斜冷却板を用いたセミソリッド AC4CH アルミニウム合金の連続鋳造”。日本金属学会, 67, p291-294(2003)
- 4) 朴龍雲ほか：“セミソリッド鋳造した 5052 アルミニウム合金の凝固組織”。軽金属, 55, p86-90(2005)
- 5) 高谷松文ほか：“モリブデン硫化物・亜鉛化合物含浸チタン合金陽極酸化皮膜の摩擦特性”。軽金属, 59, p70-74(2009)