

セラミックスのレーザ真空蒸着法の研究（第一報） ——アルミナ蒸着されたアルミニウム基板の耐摩耗性——

三菱電機（株）生産技術研究所 ○森田 毅、浜田 治
岡 一宏、大峯 恩

1. はじめに

アルミニウム材は軽量であることから、近年多くの機械部品に用いられるようになっており、特に摺動部品では耐摩耗性も要求される。アルミニウム材に耐摩耗性を付与するにはセラミックス材のような硬質の膜を表面に形成することが有効である。本研究では、 CO_2 レーザ真空蒸着法でアルミニウム基板上に形成されたアルミナ膜の構造・組成および摩耗性能に関して報告する。

2. 供試材および実験方法

蒸着用セラミックスとして99%以上の純度を有する焼結アルミナを、基板としては主として純アルミニウム（AA1100）を、また摩耗試験用基板としてアルミニウム・シリコン合金（Al-17Si-5Cu-0.5Mg）を用いた。

セラミックスのレーザ真空蒸着方法を図1に示す。 CO_2 レーザビームはレンズおよびウインドウを通して真空室に導かれ、回転するアルミナロッドに照射される。アルミナはレーザビームを吸収して蒸発し、その蒸気は対向するアルミニウム基板上に堆積する。

実験に用いたレーザビームの出力は90W、照射時間は25分間、真空度は 1×10^{-4} Torr、また膜特性の変化を調べるため基板の予熱温度を50℃から500℃まで変化させた。

3. 実験結果および考察

図2はレーザ真空蒸着法によって得られたアルミナ膜をダイヤモンド針で強制的に剥離させた部分をSEMで観察したものである。膜断面にはポロシティが認められず、極めて緻密な膜となっている。また、膜表面の粗さとして $0.5 \mu\text{m}$ が得られている。

得られた膜の構造を調べるためにX線回折装置を用いた。その結果を図3に示す。蒸着用アルミナでは結晶格子による多くの回折ピークが存在するのに対して、蒸着されたアルミナでは基板温度にかかわらず蒸着用アルミナと同一の回折ピークが存在せず、著しく裾野の広い回折X線が認められる。したがって、レーザ真空蒸着法によるアルミナ膜は非晶質になっていると判断される。

蒸着された膜の組成を調べるためにX線マイクロアナライザによる定量分析を実施した。図4に膜の

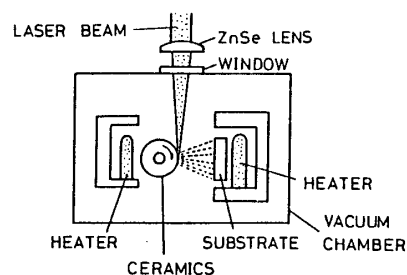


図1 レーザ真空蒸着方法

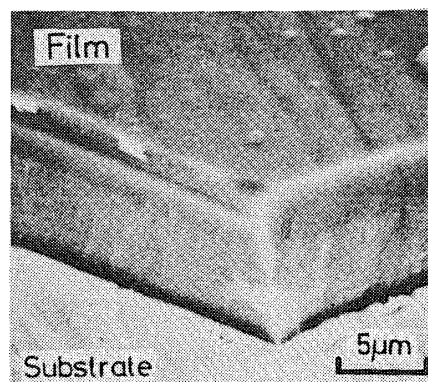


図2 レーザ真空蒸着法で得られたアルミナ膜の破断面

深さ方向の組成分布を示す。基板温度にかかわらずアルミニウム、酸素元素とも基板と膜の界面から膜表面に至るまでほぼ均一に分布している。また300℃の基板温度では化学量論組成にほぼ等しいのに対して、450℃の基板温度ではアルミニウム元素濃度は300℃よりも低くなっており、組成ずれが大きくなっている。

基板温度は膜の構造や組成だけでなく、膜の基板に対する密着性にも影響すると考えられる。基板温度を50、150、250℃と変化させ、接着剤を用いた引き倒し法でその密着強度を測定した。その結果、50℃では密着強度はほぼ0、150℃では平均310kg/cm²、250℃では330kg/cm²が得られた。しかしながら、150℃では蒸着後に局所的な剥離が認められ、また250℃では剥離が接着材中で生じていることから真の密着強度はさらに高いものと考えられる。膜の硬さとしては、蒸着アルミナとほぼ同等のHv=1200が得られている。

250℃の基板温度で蒸着された蒸着膜の耐摩耗性を葉山式摩耗試験機で評価した。摩耗試験片は部分的に円柱状となったAl-Si合金である。試験片は180m/minで回転するドラムに15kgの荷重で押えつけられ、各摩擦距離で摩耗幅が測定され、摩耗体積が計算された。摩耗試験結果を図5に示す。ここには比較のためアルミニウム基板およびバネ鋼の摩耗体積も示されている。65kmの摩擦距離では、アルミナ膜の摩耗体積はアルミニウム基板の約1/4と著しく低く、さらにバネ鋼と比較しても1/2に低減されている。すなわち、レーザ真空蒸着で形成されたセラミック膜は良好な耐摩耗性を有していると判断される。

Substrate ← | → Film

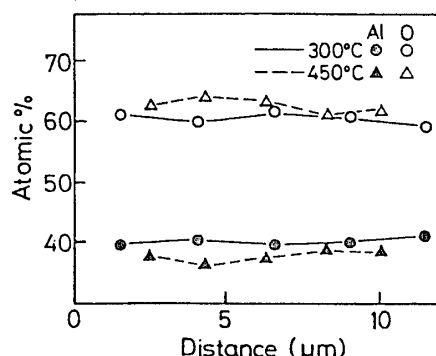


図4 X線マイクロアナライザによる蒸着膜断面の組成分析結果

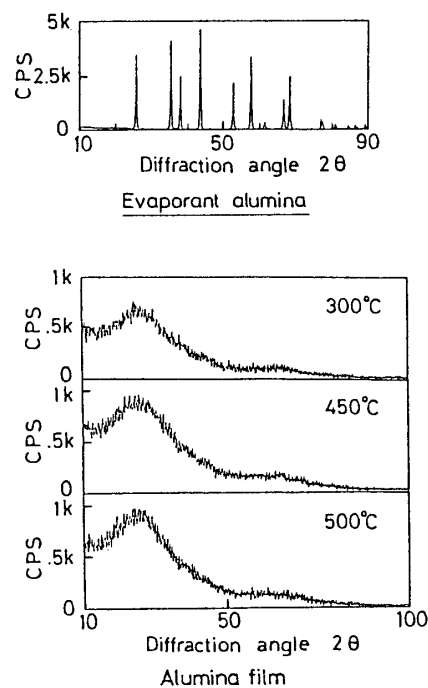


図3 アルミナ蒸着膜のX線回折結果

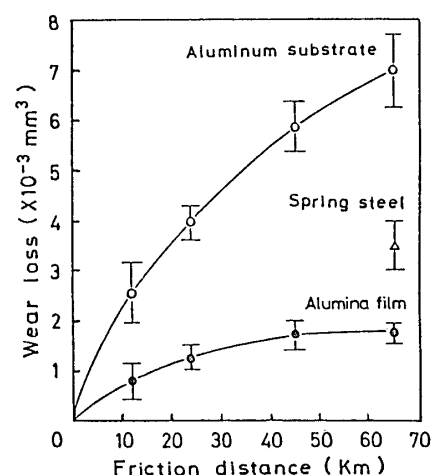


図5 葉山式摩耗試験機による蒸着膜の摩耗試験結果