

平成 19年 9月 26日

機械・構造システム工学	
申請者氏名	北村 順也

紹介教員氏名	福本 昌宏
--------	-------

論文要旨(博士)

論文題目	炭化物及び酸化物セラミック材料の プラズマ溶射皮膜形成と皮膜諸特性に関する研究
------	--

(要旨 1,200字程度)

本研究では、溶射技術進展への寄与を目的に、皮膜の特性や機能に最も影響を与える重要因子である成膜手法と溶射用粉末材料の双方に着目し、新規溶射成膜方法と新規用途に適したセラミック溶射材料を開発した。新規溶射法として、プラズマ溶射に匹敵する高温ジェットを形成しつつ、高速フレイム溶射を凌駕する超高速粒子ジェットを形成することを目的に、パルス大電流アーク放電を用いる電磁加速プラズマ溶射法を開発した。この方法により、速度約2.5 km/sのプラズマジェットが形成された。その空間に投入された粉末速度は、比較的加速が容易な小粒径(5 μm)の低密度材料(B₄C)ではプラズマ速度とほぼ同等であった。大粒径(20 μm)で高密度材料(WC/12wt%Co)においても1 km/s程度であった。以上より、本溶射法は従来溶射を超える高速粒子ジェットを形成出来ることが明らかになった。

この手法を用いて、緻密皮膜の形成が困難な高硬度材料の炭化ホウ素(B₄C)と溶射用セラミック材料の基本であるアルミナ(Al₂O₃)の成膜試験を行った。B₄Cでは、溶射距離と粉末粒径の調整により、気孔率は2~10%でビッカース硬度は2000~2600HVの緻密高硬度皮膜を得た。Al₂O₃でも従来法では得られない緻密皮膜を得た。Al₂O₃皮膜の結晶性については、α-Al₂O₃の割合が多く、γ-Al₂O₃が多い従来プラズマ溶射皮膜とは大きく異なった。これより、本溶射プロセスでは、飛行中に熔融しない粉末の多いことが示唆された。両皮膜とも摺動摩耗特性はバルク体のそれと同等以上であった。

圧縮性流体力学を用いた簡単な数値解析により、粒子の加速・加熱現象のメカニズム解明を試みた。結果、実測粉末速度との比較では大差は無かったが、粉末温度は実験結果と矛盾があった。この矛盾を解く手がかりとして、「経時変化」と「不均一空間分布」を考慮したモデルを提案した。このモデルによれば、定性的にはアルミナ加熱現象の矛盾を解消できる。

新規用途として市場が急拡大している、半導体・液晶製造装置における高純度セラミック皮膜用の材料開発を行った。デバイス作製時の微細加工で利用するドライエッチング用腐食性ガスのプラズマに対する耐エロージョン特性は、イットリア焼結体、イットリア溶射皮膜、アルミナ焼結体、アルミナ溶射皮膜、アルマイト膜(従来技術)の順で優れていた。低出力条件では焼結体と皮膜の差は大きいですが、実プロセスに近い高出力条件ではその差は縮まり、皮膜の損傷速度は焼結体の高々1.4~1.6倍程度であり、溶射の将来性が示された。また、イットリア造粒焼結粉末の顆粒を構成する一次粒子の粗い方が、エロージョン試験後の損傷面の平滑性を保つ皮膜の作製に効果的であった。この平滑性の維持は、皮膜からのサイズの大きいパーティクルの発生を抑制し、デバイス歩留向上に寄与することが示唆された。