

平成13年 2月 16日

機械・構造システム工学専攻	学籍番号	943234
申請者氏名	西岡映二	

指導教官氏名	星 鐵太郎, 堀内 幸, 牧清二郎, 福本昌宏, 鈴木孝司, 恒川好樹
--------	-------------------------------------------

論文要旨(博士)

論文題名	プラズマ溶射プロセスの能動的制御法に関する研究
------	-------------------------

航空・宇宙および電気・電子などの各種産業界において、耐摩耗性、耐熱性および耐腐食性などの各種特性要求に対応可能な表面改質法として、溶射法が注目されている。同法は、セラミックスなどの難加工材料の厚膜作製が可能であるなどの特徴を有する一方で、従来、皮膜特性の制御には経験的な手法が用いられてきた。これは、同法成膜プロセスには、極めて多くの因子が関与することに起因する。したがって、溶射法において、より能動的な皮膜特性の制御を行うには、皮膜特性制御に至る主因子の特定、ならびにその影響解明が不可欠であり、これを通して成膜プロセスの全容解明がなされなければならない。しかしながら、実際の成膜過程は、極めて短時間、かつ微細な現象であることから、未だ十分な調査が行われていないのが実状である。

本研究では、溶射法の能動的制御法の確立を目指し、成膜条件、粒子飛行挙動、粒子偏平挙動および皮膜特性間の関連性について綿密に調査し、成膜プロセスにおける支配因子の特定ならびにその影響解明を行った。そのため、溶射粒子診断システムの導入により、これまで実測が困難とされた溶射粒子飛行挙動の実測を行うとともに、相似則に従い溶射現象を模擬した金属液滴自由落下実験における諸現象の解明、および基材上での溶射粒子偏平形態に関する系統的観察を行い、これらにおいて得た情報を相互に関連させ、成膜プロセスの全容解明に対する総括的把握を行った。本研究で明らかにした諸点を以下に要約する。

- (1)溶射粒子の速度および温度のその場計測による飛行中粒子挙動の把握を行い、成膜プロセスにおける主要制御因子と粒子飛行情報との関連を調査した結果、プラズマ入力および作動ガス流量に比べ、溶射距離は粒子温度および速度に対しより大きな影響を及ぼすことが分かった。
- (2)スプラットと原粒子との直径比である偏平率 D/d を実測し、これとMadejskiに代表される理論値との比較を通し、粒子偏平率に及ぼす各因子の影響を調査した。その結果、吟味した各種理論式の中では、Mostaghimiらの提唱式が実測値とのかい離が最も小さかったことから、粘性および凝固性が粒子偏平に対し主要な影響因子であることが分かった。
- (3)自由落下液滴のスプラット縦断面内結晶粒径を実測し、基材温度変化に伴うスプラット内部の冷却挙動について調査した結果、スプラット内部の平均冷却速度は、基材温度の上昇に伴い遷移的に増大することが明らかになった。またこのこととスプラット裏面凝固組織の多孔質性との間には明確な対応関係が認められたことから、基材温度上昇に伴う液滴の偏平・凝固挙動の変化は、基本的に液滴/基材界面ぬれ性に依存することが示唆された。
- (4)金蒸着膜つき基材上および減圧雰囲気中での自由落下金属液滴の冷却特性調査より、液滴偏平における遷移挙動は、熱および物質移動を伴う動的ぬれ性に支配され、基材温度上昇に伴う動的ぬれ性の影響は、温度そのものに起因する物理的、および基材表面微視形態の変化を誘起する化学的、両作用の変化の重畳効果として顕在化することを明らかにした。
- (5)溶射粒子偏平におけるスプラッシュ発生判定のために、飛行情報として記述される既存のスプラッシングパラメタ：K値を実測し、溶射距離の変化に伴う同値と遷移温度との関係を整理した結果、両者の間には明確な直線関係が認められた。ただし、基材温度変化に伴う偏平形態の遷移は、本来K値とは独立であるために、基材温度変化に伴うスプラッシュ発生判定因子の導入が必要とされた。そこで新たに独自に定義した偏平スプラッシングパラメタ： K_p 値を導入し、自由落下実験における測定結果を基にスプラッシュ発生のための臨界 K_p 値を見積もった結果、同値はおよそ7となることを示した。
- (6)以上の知見を基に、成膜条件、粒子飛行挙動、粒子偏平挙動および皮膜特性間の関連性について吟味し、溶射皮膜特性支配因子の特定を試みた結果、同特性を制御するには、供試粉末の粒径、溶射距離、溶射雰囲気および基材温度の適切な設定が不可欠であり、プラズマ溶射法の能動的制御化に対し、基材温度が最も重要な制御因子であることを確認した。