



Title	減圧プラズマ溶射の皮膜形成過程に関する研究
Author(s)	本多, 啓三
Citation	大阪大学, 1996, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/40452
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed 大阪大学の博士論文について

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

氏名	ほん 本 多 啓 三
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学位記番号	第 12753 号
学位授与年月日	平成 8 年 12 月 4 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 2 項該当
学位論文名	減圧プラズマ溶射の皮膜形成過程に関する研究
論文審査委員	(主査) 教授 小林紘二郎 (副査) 教授 豊田 政男 教授 牛尾 誠夫 教授 西本 和俊

論文内容の要旨

本論文は、減圧プラズマ溶射に特有の予熱工程、逆極性移行アーク処理工程および溶射工程が皮膜形成過程に及ぼす影響について実験的検討を加え、各工程における現象を詳細に把握するとともに、これに基づき各工程の機能を高める施策を施し、健全な皮膜を得るための指針を明らかにしたものである。本論文は 8 章から構成されている。

第 1 章では減圧プラズマ溶射に関する現在までの研究動向と、本研究の必要性ならびに本研究の概要について述べている。

第 2 章では、従来は大気プラズマ溶射の延長上で考えられてきた減圧プラズマ溶射について、N₂ レーザと狭帯域フィルターを組み合わせたレーザストロボ装置を適用し、プラズマジェットと溶射飛行粒子の可視化により、大気プラズマ溶射との相違点を明らかにしている。

第 3 章では、減圧プラズマ溶射に特有の予熱工程が皮膜形成過程に及ぼす影響について論じている。減圧プラズマ溶射皮膜の優れた密着力は、1073 K の予熱とそれに続く溶射工程中のプラズマフレーム加熱によって短時間拡散現象が生じ溶射界面に数 μm 程度の拡散層が形成されることに起因することを明らかにしている。

第 4 章では、減圧プラズマ溶射の前処理法としての逆極性移行アーク処理が皮膜の密着力に及ぼす影響について論じている。プラスト処理と逆極性移行アーク処理を併用すると密着力を高めることができ、特に基材面の中心線平均粗さ Ra が 2 μm 以下のとき、その効果は顕著であることを示している。さらにそれは、陰極点の走査によって基材表面に形成された突起が皮膜に埋め込まれ、アンカー効果を生ずることを見出している。

第 5 章では、減圧プラズマ溶射法の信頼性向上を目的として、プラズマフレーム予熱が溶射された材料のクリープ特性に及ぼす影響について論じている。Ni 基超合金 Mar-M247 を基材とし、CoCrAlY 合金を溶射被覆した材料のクリープ特性は、予熱温度を 1073~1173 K とすることにより母材並みに確保される。一方、1473~1573 K に予熱された材料ではクリープ特性は大幅に低下するが、これは WC の熱分解に起因する局部溶融現象によることを示している。

第 6 章では前章までに得られた知見に基づき、今後の高温材料として期待されている TiAl 金属間化合物粉末を減圧プラズマ溶射し、その材料特性について論じている。減圧プラズマ溶射 TiAl 皮膜は層状で緻密な組織を呈し結晶粒

径は90 nm と極めて微細であることを示している。TiAl 皮膜の常温硬さは TiAl バルク材の 2 倍以上の589 Hv, 高温硬さは1073 K まで400 Hv を超える値を有し, 973 K までの高温に保持した場合も皮膜硬さはほとんど変化せず, 優れた高温材料特性を有することを明らかにしている。

第 7 章では, 減圧プラズマ溶射による窒化物分散型 TiAl 複合皮膜の形成を目的として, 窒素キャリアガスを用いた反応溶射を行い, 窒化物 Ti_2AlN の生成挙動と皮膜組織形態および材料特性について論じている。TiAl 窒素反応溶射皮膜の結晶粒径は50 nm とさらに微細で, Ar キャリアガスを用いた溶射皮膜よりもさらに優れた高温材料特性を有することを明らかにしている。

第 8 章は結論であり, 本研究で得られた成果を総括している。

論文審査の結果の要旨

減圧不活性ガス雰囲気中でプラズマ溶射を行う減圧プラズマ溶射法は, MCrAlY 耐高温腐食皮膜の成膜プロセスとしてジェットエンジン・ガスタービン高温部品への適用が拡大している。しかし減圧プラズマ溶射は, 減圧容器内のコーティングではあるが原理的には従来の大気プラズマ溶射と同じであるため, 実用化に当たっても特有のプロセスとして取り扱うことなく適用されているのが現状である。

本論文は, 通常の大気溶射法では実施されず減圧プラズマ溶射に特有の予熱工程・逆極性移行アーク処理工程, さらに減圧雰囲気のため著しく膨張したプラズマジェットによる溶射工程, それぞれが皮膜形成過程に及ぼす影響について実験的検討を加え, 各工程の機能を高める施策を施し健全な皮膜を得るために指針を明らかにしたものである。得られた結果を要約すると以下のとくである。

- (1) 減圧プラズマ溶射の溶射工程について, N_2 レーザと狭帯域フィルターを組み合わせたレーザストロボ装置を適用して直接観察を行い, プラズマジェットと飛行溶射粒子の挙動を明らかにしている。減圧プラズマ溶射特有の長く引き伸ばされたプラズマジェットの内部において, 溶射粒子が200 m/s 程度の高速度に安定して飛行し, これによって広い溶射距離範囲で緻密な組織が得られることを示している。
 - (2) 減圧プラズマ溶射における予熱工程が皮膜形成過程に及ぼす影響について検討し, 1073 K にて予熱を行うと溶射工程中のプラズマフレーム加熱との相乗効果によって, 皮膜界面近傍に高温加熱保持と等価の短時間拡散現象が生じ, その結果優れた密着力が得られることを明らかにしている。また, 同様に溶射中に皮膜の焼結現象が進行して粒子間結合力が改善されることを見出している。
 - (3) 減圧プラズマ溶射において, プラスト処理と逆極性移行アーク処理を併用すると, 溶射皮膜の密着力を高めることができることを明らかにしている。その併用効果は, 特に溶射前の基材面粗さが $Ra 2 \mu m$ 以下のとき顕著であり, これは陰極点の走査によって基材表面に形成された突起が皮膜に埋め込まれてアンカー効果を生ずるためであることを見出している。
 - (4) 減圧プラズマ溶射法の信頼性向上を目的として, プラズマフレーム予熱が減圧プラズマ溶射された材料のクリープ特性に及ぼす影響を Mar-M247 について検討し, 1473~1573 K 予熱材のクリープ特性は, as-cast 材に比べ大幅に低下することを明らかにしている。劣化の主因は, 減圧プラズマ溶射熱サイクル中に凝固粒界に沿って生成・伸長された局部溶融部が冷却過程に開口するためであり, この局部溶融開口現象は, 初晶炭化物の WC が選択的に熱分解し融点降下元素である炭素が粒界周辺に排出されるために生ずることを明らかにしている。
 - (5) 以上の知見に基づき, TiAl 金属間化合物粉末を減圧プラズマ溶射し, TiAl バルク材と比較して優れた高温材料特性を有する TiAl 溶射皮膜が得られることを見出している。さらに, 溶射粉末のキャリアガスとして窒素を用いた反応溶射を行い, TiAl 皮膜中に Ti_2AlN を含有した窒化物分散型複合皮膜が形成できることを示している。
- 以上のように本論文は, これまで大気プラズマ溶射と異なる個別のプロセスとして取り扱うことなく実施された減圧プラズマ溶射を, 予熱工程・逆極性移行アーク処理工程・溶射工程の皮膜形成過程に関する新たな知見に基づ

いて効果的に適用することにより、溶射皮膜の高品質化とともに新規な機能を有する皮膜の創製を可能としたものであり、その成果は生産加工工学、溶射工学の発展に寄与するところが大きい。よって、本論文は博士論文として価値のあるものと認める。