The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	減圧雰囲気プラズマ溶射及び化学蒸着技術のガスタービン部品への応用
Author(s)	児島, 慶享
Citation	大阪大学, 1995, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/39583
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、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

【 88 】

氏　　名	児　島　慶　享（こじま　よしたか）
博士の専攻分野の名称	博　　士（工学）
学位記番号	第　12160　号
学位授与年月日	平成7年11月28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	減圧雰囲気プラズマ溶射及び化学蒸着技術のガスタービン部品への応用
論文審査委員	(主査) 教授 柴田 俊夫 教授 大中 逸雄　教授 佐分利敏雄　教授 小林紘二郎

論文内容の要旨

本論文は，減圧雰囲気プラズマ溶射（LPPS）及び化学蒸着技術（CVD）によって生成される表面コーティング皮膜の組織，機械的性質，耐腐食性，熱遮蔽機能を明らかにするとともに，本方法をガスタービン部品へ応用し，高信頼性化に成功した成果についてまとめたものである。

第1章は序論であって，各種表面処理技術のうちから高速かつ厚膜を形成できる減圧雰囲気プラズマ溶射技術及び密着性に優れた皮膜の得られる化学蒸着技術を選択して，これらの方法によって形成される皮膜を高温耐酸化性及び熱遮断機能が要求されるガスタービン部品に応用した背景を述べている。

第2章は減圧雰囲気プラズマ溶射の特徴を明らかにするとともに，本法により形成された Al－Si 系，Fe－Cr－C 系およびMCrAlY系合金（MはCoまたはNi）皮膜の組織および機械的性質について検討している。急冷凝固により（20－50）％Siを含む過共晶 Al－Si 合金においては，皮膜中には初晶Siの晶出が少なく，微細なSiが均質に分散した組織が得られることを明らかにしている。また（2.5－3.5）％のCを含む過共析 Fe－Cr－C 合金において皮膜中に約0.1 μmの微細なCr_7C_3が析出した組織を得ている。MCrAlY合金の溶射皮膜は約1 μmの大きさのγ相マトリックスの中に0.2 μmの結晶粒からなるγ'相とβ相（CoAl, NiAl）が混合状態となっている析出物が均一に分散した組織となることを明らかにしている。

第3章は減圧雰囲気中プラズマ溶射法によって得られたMCrAlY合金コーティング膜によるNi基耐熱合金の高温耐酸化性および耐食性について検討した結果を述べている。種々の組成のMCrAlY合金溶射皮膜をNi基合金に形成させて酸化試験を行った結果，表面にCrあるいはAl酸化物が生成して耐酸化性バリヤー層となり，基材の合金皮膜とのAl含有量の差が大きい場合，皮膜から基材へのAlの拡散により皮膜中のベータ相の消失が生じ，その部分で耐酸化性が低下することを明らかにしている。さらに溶融塩塗布法およびバーナーリグ高温腐食試験により，CrおよびAl含有量の多い合金をコーティングすることによってNi基合金の高温損傷を著しく低減できることを明らかにしている。

第4章は熱遮蔽コーティング（TBC）についての研究結果を述べている。ZrO_2－Y_2O_3 系セラミックス層および中間層としてMCrAlY合金の結合層からなるTBC耐久性について組織・結晶構造の観点から考察している。またセラミ

ックス層と結合層の界面にAl_2O_3層が生成し，この環境遮断作用によってTBCの耐久性が増大する機構を提唱している。さらにTBC の熱応力を緩和する多層化が耐久性を向上させることを見出している。

第5章は，Ni基耐熱合金製のタービン翼の複雑な形状をした冷却通路の内面に耐食性を付与するために行った化学蒸着法によるNiAlコーティングについての検討結果を述べている。化学蒸着法を適用するにあたっては，Ni基耐熱合金の熱処理温度との整合性を考慮した低温処理と複雑な形状をした冷却回路に均一に成膜しなければならない条件を考慮する必要がある。これらの条件を満足する化学蒸着法として，$AlCl_3$と溶融Alを反応させてAlClを生成させ，これを蒸気源とする方法を採用している。反応温度，圧力等の反応条件の最適化をはかるとともに，反応ガスの流速制御により，翼の冷却通路全体にわたって均一なNiAlをコーティングすることに成功している。

第6章は，ガスタービン用耐熱部品である燃焼器，動翼及び静翼に，LPPSによるMCrAlY合金コーティング及びCVDによるNiAlコーティング，さらにセラミック熱遮蔽コーティングを適用し，これら耐熱部品の信頼性評価を行った結果を述べいる。

第7章において，本論文の総括を行うとともに，結論について述べている。

論文審査の結果の要旨

ガスタービンの高効率化のためには燃焼ガスの高温化が必須であり，高温化を達成するためには高温燃焼ガスに耐える新耐熱材料の開発とともに，耐熱コーティングや冷却技術および熱遮蔽技術の開発が極めて重要である。本論文は減圧雰囲気プラズマ溶射（LPPS）及び化学蒸着技術によって耐腐食性，熱遮蔽機能に優れた表面皮膜を形成させる条件を明らかにするとともに，本方法をガスタービン部品へ応用し，耐熱性向上と熱遮蔽あるいは冷却機能の向上によりタービン部品の高信頼性に成功した成果についてまとめたものであって，得られた主な成果を要約すると以下のとおりである。

(1) 減圧雰囲気プラズマ溶射（LPPS）の特徴を明らかにするとともに，本法により形成された Al－Si 系，Fe－Cr－C 系およびMCrAlY系合金（MはCoまたはNi）の組織および機械的性質について検討し，急冷凝固により（20－50）％Siを含む過共晶 Al－Si 合金においても皮膜は初晶Siの晶出が少なく，微細なSiが均質に分散した組織が得られること，また溶射後圧延加工を加えることによって微小欠陥が消失した高密度皮膜を得ることができることを明らかにしている。

(2) 減圧雰囲気プラズマ溶射によって得られたMCrAlY合金溶射皮膜をNi基合金に形成させて酸化試験を行い，耐酸化性の向上が表面に生成するCrあるいはAl酸化物が耐酸化性バリヤー層によって生じることを明らかにしている。また溶融塩塗布法およびバーナーリグ高温腐食試験の結果，CrおよびAl含有量の多い合金をコーティングすることによってNi基合金の高温損傷を著しく低減させることができることを明らかにしている。

(3) $ZrO_2-Y_2O_3$系セラミックス層および中間層としてMCrAlY合金の結合層からなる熱遮蔽コーティングの耐久性について組織・結晶構造の観点から考察し，セラミックス層と結合層の界面にAl_2O_3層が生成し，この環境遮断作用によってTBC の耐久性が増大する機構を提唱した。またTBC の熱応力を緩和する多層化が耐久性を向上させることを明らかにしている。

(4) 複雑な形状をしたNi基耐熱合金製のタービン翼の冷却通路の内面に耐食性を付与するために化学蒸着法によってNiAlコーティングを行なう技術を確立している。Ni基耐熱合金の熱処理温度との整合性を考慮した低温処理と複雑な形状をした冷却回路に均一に成膜できる化学蒸着法として，$AlCl_3$と溶融Alを用いるプロセスを開発している。本プロセスの反応温度，圧力等の反応条件の最適化をはかるとともに，反応ガスの流速制御により，翼の冷却通路全体にわたって均一なNiAlをコーティングすることに成功している。

(5) ガスタービン用耐熱部品である燃焼器，動翼及び静翼に，本研究の成果に基づいて，LPPSによるMCrAlY合金コーティング及びCVDによるNiAlコーティング，さらにセラミック熱遮蔽コーティングを適用し，これら耐熱部品の信

頼性が極めて高くなることを明らかにしている。

以上のように本論文は，減圧雰囲気プラズマ溶射（LPPS）及び化学蒸着技術によって耐腐食性，熱遮蔽機能に優れた表面皮膜を形成させる条件を明らかにし，さらに実機のガスタービン部品に適用するプロセス技術を確立することによって，ガスタービン部品の高信頼性化を達成しており，表面処理工学ならびに環境材料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あるものと認める。