Osaka University Knowledge Archive

Title	高温機器における溶射皮膜の強度評価法と損傷防止対策に関する研究
Author(s)	井上, 好章
Citation	大阪大学, 1995, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/39184
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。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

【 86 】

氏　　名	井上好章（いのうえよしあき）
博士の専攻分野の名称	博　士（工　学）
学位記番号	第　11644　号
学位授与年月日	平成7年1月25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	高温機器における溶射皮膜の強度評価法と損傷防止対策に関する研究
論文審査委員	（主査） 教授 豊田 政男 教授 向井 喜彦　教授 松田 福久　教授 中尾 嘉邦 教授 座古 勝

論文内容の要旨

本論文は，固体電解質燃料電池や断熱エンジンなどの高温機器の機能・性能向上を目的として使用される溶射皮膜を取り上げ，溶射皮膜の高温信頼性を確保するための皮膜の機械的・熱的特性，更に皮膜と母材の界面強度などの支配因子とその制御に関して系統的に検討を行っている。それらを基に，高温機器における溶射皮膜の損傷形態を大きく二つに分類し，それぞれの場合に対しての溶射皮膜の損傷防止対策に関する検討を行ったもので，以下の6章にまとめられている。

第1章は，緒論であり，本研究の背景及び必要性，特に本研究の対象と課題についてまとめ，研究の目的について述べている。

第2章では，高温域における溶射皮膜の機械的・熱的特性を明らかにすることを目的として，溶射皮膜の各種特性試験法の開発を行って，皮膜の縦弾性係数，曲げ強度，熱伝導率及び線膨張係数などを測定し，これらの結果を基に，溶射皮膜は同じ材料のバルク材と物性が大きく異なることがあること，及びそれら物性が何に起因するかを明確にしている。

第3章では，成膜時に生じる溶射皮膜の残留応力が皮膜の特性を大きく支配することに注目し，残留応力の計測と支配要因について検討している。溶射皮膜残留応力測定法として，応力解放法とX線法について測定手順を系統的に確立し，金属系，セラミックス系の溶射皮膜の残留応力測定を行っている。それらの結果を基に，溶射皮膜の残留応力の生成機構や残留応力に及ぼす材料，膜厚，母材温度などの因子の影響に関する考察から，残留応力の制御方法についての指針を得ている。

第4章では，溶射皮膜と母材との界面接合強度を取り上げ，その試験法，特に高温での界面強度を求める手法について検討している。界面強度試験法としては引張り型ピンテストを対象とし，高温域でも界面強度が測定できる新しい試験法を考案し，更に界面強度を普遍的に評価する指標の必要性を指摘して，異材接合界面端部の応力特異場の大きさを指標とした新しい界面はく離限界指標 Kcr を提案し，その有効性を引張り型ピンテストの結果を基に検証している。

第5章では，溶射皮膜が用いられる高温機器の中で，皮膜の割れと皮膜のはく離の二つが問題となる場合があり，前者の例として固体電解質燃料電池（SOFC）を，後者の例として断熱エンジンを取り上げ，これらの機器に使用される

溶射皮膜の損傷防止対策について第２章から第５章までの結果を基に具体的な指針を示している。

SOFCでは，電解質の YSZ 溶射皮膜に生じる熱応力が主要支配要因であり，その低減手法について考察し，長時間発電に耐えうる SOFC の開発に成功している。また，断熱エンジンでは，皮膜に生じた割れが界面はく離につながることが主要な限界条件であり，このはく離限界をはく離限界指標 Kcr を用いて評価し，はく離を防止するための溶射条件を明らかにして，溶射皮膜の耐久性を向上させることに成功している。

第６章では，本研究で得られた主たる結論と成果を総括している。

論文審査の結果の要旨

本研究は，高温機器の機能・性能を高めるために用いられる溶射皮膜が，苛酷な使用条件下で期待する機能を満足させるための皮膜性能評価手法と損傷防止対策について検討したものである。特に，溶射皮膜特性や母材の皮膜の界面強度を高温で評価できる手法を新たに開発し，また，溶射皮膜のはく離限界指標を新しく提案して，溶射皮膜の割れ及びはく離という二つの典型的な損傷の防止対策を確立し，その実用化を試みている。本論文で明らかにされている主な点は以下のとおりである。

(1) 溶射皮膜は，同じ材料のバルク材と機械的・熱的特性が大きく異なることを実験的に示し，金属系，セラミックス系のいくつかの溶射皮膜の機械的性質及び熱定数などの特性を測定し，皮膜の固有物性が何に起因するか，またその制御の可能性について明らかにしている。

(2) 溶射皮膜の成膜時に生じる残留応力の測定手法として応力開放法とX線法について測定手順を系統的に確立し，実際の測定結果から金属系とセラミックス系の材料の残留応力の発生機構を明らかにしている。更に残留応力に影響を与える膜厚，母材温度などの影響について検討し，残留応力の制御指針を与えている。

(3) 溶射皮膜と母材の接合界面はく離強度の測定法として引張り型ピンテストに注目し，特に高温域での界面強度が測定できる試験法を新しく考案している。また，これまでの平均破壊強度による界面強度の評価では形状的因子などの影響を受けることから，界面端部の応力特異場の大きさに注目したはく離限界指標 Kcr を提案してその有効性について検証し，それを用いることによって溶射皮膜のはく離防止指針導出の可能性を明らかにしている。

(4) 本研究で開発された溶射皮膜の特性・強度評価手法を，高温機器で実用される溶射皮膜の損傷防止策の確立への適用することを試み，皮膜の割れが問題となる例として固体電解質燃料電池（SOFC）を，皮膜のはく離が問題となる例として断熱エンジンを取り上げて検討している。SOFC では，電解質の YSZ 溶射皮膜に生じる残留応力の低減手法について考察し，長時間発電に耐え得る SOFC の開発に成功し，また，断熱エンジンでは，皮膜のはく離特性をはく離限界指標 Kcr を用いてはく離を防止するための溶射条件などを明らかにして溶射皮膜の耐久性を向上させることに成功している。

以上のように，本論文は，高温機器の機能向上に用いられる溶射皮膜そのものの持つ特性に注目した評価試験法の開発や，新しい評価指標の提案を行うなど，皮膜を用いる高温機器などの特性評価に発展的に活用される内容を含み，その成果は，加工評価工学及び生産加工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。