

補助事業番号 2023M-338

補助事業名 2023年度 インデンテーション法に基づく多孔質溶射皮膜の機械的特性の解明
補助事業

補助事業者名 青山学院大学工学部早瀬 知行

1 研究の概要

本研究では遮熱コーティングのはく離寿命予測法の確立に向けて、その理論的評価に必要な機械的特性、すなわち応力ひずみ関係の発現機構を解明した。そのために、異なる対稜角を有する三角錐圧子を用いたインデンテーション試験を行い、各圧子の押し込み荷重・押し込み深さから応力-ひずみ関係の評価した。この手法を用いて溶射皮膜の強度に及ぼす異方性と局所的な酸化物や空孔の影響を明らかにした。

2 研究の目的と背景

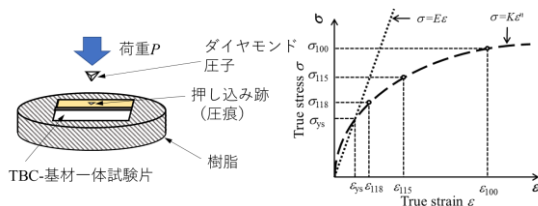
近年、原子力発電所の再稼働停止に伴い電力需要がひっ迫し、火力発電所が稼働率のまま長期的に使用されており、ガスタービン表面を高温環境から保護する遮熱コーティングの亀裂やはく離に伴う事故が生じている。そのため、電力の安定的な供給や火力発電の安全な運用のためには遮熱コーティングの損傷寿命の確立が求められている。本研究では遮熱コーティングの異方性を考慮した正確な強度をインデンテーション法により評価し、また異方性の発現メカニズムを解明した。

3 研究内容

(1) インデンテーション試験による局所力学特性評価

(<https://www.me.aoyama.ac.jp/~hasunuma/hayase/research.html>)

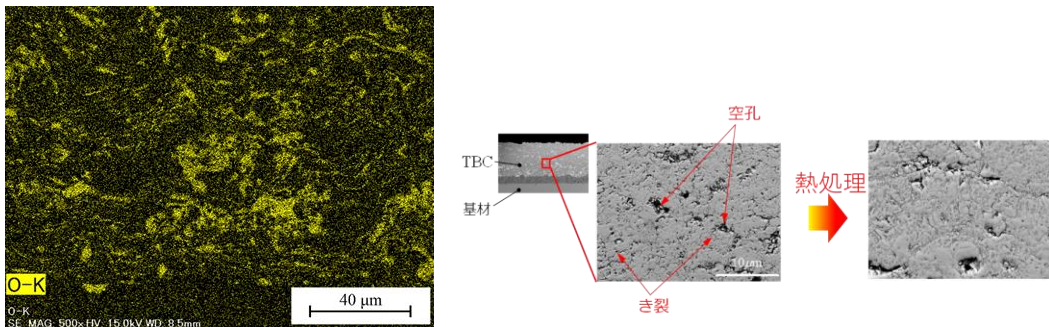
厚さが0.数mmオーダーの遮熱コーティングの強度特性を、超微小硬度計を用いたインデンテーション試験により評価した。遮熱コーティングの面内方向と面外方向から溶射皮膜にダイヤモンド製の圧子を押し込み、その際の押し込み荷重と押し込み深さから各方向の応力ひずみ線図を取得した。また、X線回折法を用いて局所応力を評価する。その結果、面内方向が高強度になる溶射皮膜の強度特性を明らかにした。



(2) 溶射皮膜の損傷因子の観察

(<https://www.me.aoyama.ac.jp/~hasunuma/hayase/research.html>)

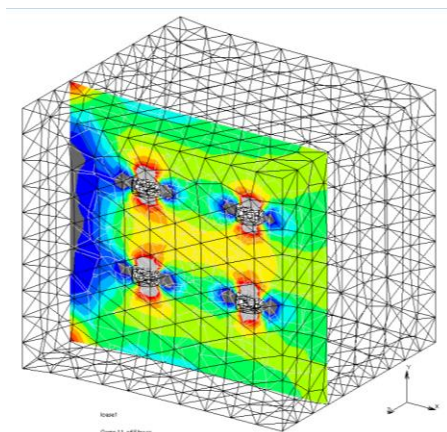
遮熱コーティングは溶射により成膜される溶射皮膜であり、空孔やき裂、成膜中の高温環境下で生成される酸化物などの因子により強度特性が低下することが示唆されているが、その詳細な影響は不明である。本研究では電子顕微鏡による微視組織観察や、エネルギー分散型X線分光法を用いた元素分析結果を行った。その結果を(1)で得られた強度特性と比較することにより強度特性に支配的な因子を明らかにした。



(3) 有限要素法を用いた力学特性発現機構の解明

(<https://www.me.aoyama.ac.jp/~hasunuma/hayase/research.html>)

多くの欠陥を有する溶射皮膜の局所力学特性を明らかにするために、有限要素法数値解析を用いて応力やひずみ分布の評価を行った。その結果を用いて、破壊の起点となる空孔の形状や介在物等の因子を明らかにした。



4 本研究が実社会にどう活かされるか—展望

本研究により、溶射皮膜の強度の異方性が明らかになった。得られた知見は破壊の起点の検出に有効である。また本研究では異方性が解消される条件が明らかになったので、得られた知見を基にした、成膜、予負荷などによる溶射皮膜の異方性制御法の確立が期待される。

5 教歴・研究歴の流れにおける今回研究の位置づけ

申請者はガスタービンの遮熱性向上のために表面に生成されるセラミックス遮熱コーティングについて、損傷の原因となる残留応力変化機構に関する研究を行っており、成膜時やその後の高温暴露中における残留応力評価法の開発や、その評価に必要なヤング率やポアソン比の決定法の開発・適用を行ってきた。本研究ではその破壊に直接影響するパラメータである強度特性を評価する。

6 本研究にかかわる知財・発表論文等

[1] 笹谷寛人, 早瀬知行, 蓮沼将太, 脇 裕之, 多層試験片の4点曲げに基づく溶射皮膜におけるX線弾性定数の高精度評価, 日本材料学会第61回高温強度シンポジウム, 101, (2023-11).

7 補助事業に係る成果物

(1)補助事業により作成したもの

該当なし

(2)(1)以外で当事業において作成したもの

該当なし

8 事業内容についての問い合わせ先

所属機関名: 青山学院大学 理工学部 (アオヤマガクインダイガクニコウガクブ)

住 所: 〒252-5258

神奈川県相模原市中央区淵野辺5-10-1

担 当 者: 助教 早瀬知行 (ハヤセトモユキ)

担 当 部 署: 機械創造工学科 (キカイソウゾウコウガクカ)

E - m a i l: hayase@me.aoyama.ac.jp

U R L: ① [青山学院大学研究室](#) ② [早瀬先生のホームページ](#)