

論文審査の結果の要旨

学位申請者 林 勇貴

航空機及び発電用ガスタービンの高温部材の開発には、遮熱コーティング (TBCs) と呼ばれる機能性コーティングが根幹技術となっている。一方で、ごく最近、エンジン運転中の吸気や燃料由来の無機質燃焼生成物 (CMAS) による損傷 (CMAS 損傷) が顕在化しつつある。この課題は近未来的に深刻な課題となることが予測されるため、事前にその機構解明と対策を立てておく必要がある。

本論文は以上の背景を鑑みて行ったもので、以下の5章から構成されている。

第1章では、CMAS 損傷に関するこれまでの知見と課題を整理し、本論文の目的と内容について述べている。

第2章では、実機タービン翼表面に堆積した CMAS 生成物を参考にして作成したモデル CMAS 材を用いて、それを材料学的に理想的な構造を有する単結晶 YSZ 遮熱コーティング試験片上に付着させて高温曝露させることによって CMAS 模擬実験を行い、損傷の発達挙動とそれに及ぼす YSZ の結晶面依存性も調査している。それによれば、高温曝露中に液相状態となった CMAS は YSZ との反応により変質損傷層を形成すること、その形成は拡散によって支配されていることを実験的に示している。

第3章では、遮熱コーティングの施工に実際に用いられる手法 (大気プラズマ溶射 (APS) 法、及び電子ビーム物理蒸着 (EB-PVD) 法) によって成膜した TBCs 試験片を対象に、第2章で開発した CMAS 模擬実験法を用いて CMAS 損傷発達挙動を調査し、あわせて、その発達挙動に対するトップコートの成膜方法と成膜条件依存性についても調査している。それによれば、APS トップコートよりも EB-PVD トップコートのほうが CMAS 損傷速度が著しく高いこと、APS トップコートにおいてはその気孔径と比表面積がともに小さくなる成膜条件を採用すると損傷を低減できることなどを実験的に示している。さらに、上述の2種類の方法によるトップコートでは、内在する空隙への毛細管現象に支配された CMAS の物理的浸入と、2章で示した材料学的損傷が重畳して全体の損傷が進行するが、概ね曝露時間の平方根に比例して損傷量が増加することを示している。

第4章では、3層・3次元形状の TBCs 試験片に対して CMAS 損傷再現試験を実施し、静電容量測定を介して、内部進行型の CMAS 損傷を非破壊的かつ簡便に検出する手法を探索している。例えば、EB-PVD による TBCs 試験片では、CMAS はボンドコート/トップコート界面の熱成長酸化物 (TGO) の成長も促進させて、トップコートの内部はく離につながる損傷を併発する一方で、その内部損傷は静電容量の変化を介して非破壊に検出できることを示している。

第5章では、各章で得られた主な成果を総括し、今後の研究課題と将来展望を示している。

以上、本論文は、近未来的に顕在化するであろう CMAS 損傷の発達挙動を材料学的に調査するとともに、損傷を非破壊的に検出する手法を示しつつ、損傷軽減策も提示したもので、工学上及び工業上貢献するところが大きく、博士 (工学) の学位論文として十分な価値を有するものと認める。

審査委員主査 岡崎 正和 印