

ガスタービン用高性能遮熱コーティング(TBC)の開発

TBCの耐酸化性、遮熱性および耐焼結性の向上

Development of a High-Performance Thermal Barrier Coating (TBC) for Gas Turbines

Improvement of oxidation resistance, thermal barrier, and sintering resistance of TBC

(電力技術研究所 原子力・材料G 材料T)

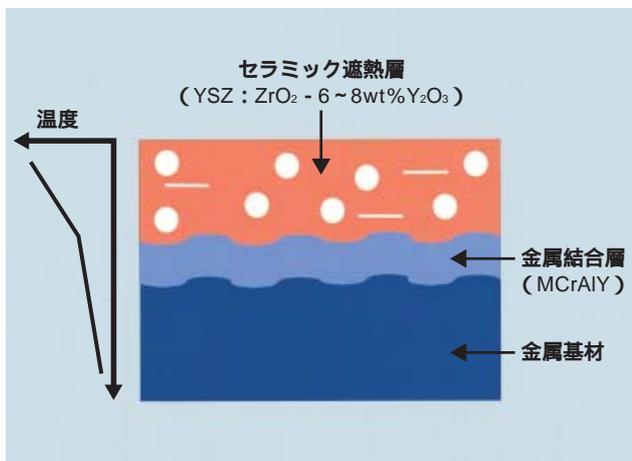
火力発電用ガスタービン高温部品に適用されている遮熱コーティング(Thermal Barrier Coating: TBC)は、長期間使用すると、はく離や遮熱性能の低下が生ずる。そこで、最適なコーティング皮膜の構造や組成、合成法を検討することにより、特性向上を図った新規TBCを開発した。

(Materials Engineering Team, Nuclear Power and Materials Group, Electric Power Research and Development Center)

The Thermal Barrier Coating (TBC) that is used in high temperature sections of gas turbines for thermal power generation systems will manifest exfoliation or degradation of the thermal barrier properties with long term use. Therefore, a new TBC has been developed through study of the structure, composition, and synthesizing method of an optimal coating film, with the aim of performance improvement.

1 研究の背景

ガスタービン高温部品を高温の燃焼ガスから守るために用いられるTBC(第1図)は、熱伝導率の小さいセラミックス製の遮熱層(イットリア安定化ジルコニア:YSZ)と、遮熱層と基材の間の熱膨張差を緩和して密着性を向上するためのMCrAlYと呼ばれる結合層を基材上に成膜した2層構造からなる。このようなTBCは、長期使用により結合層が酸化し、割れやはく離が発生する問題があり、定期的なりコーティング補修が必要とされている。また、遮熱層には、球状や層状の気孔が多く含まれ、この気孔の効果によって熱伝導率の低下を図っているが、セラミックスの焼結により気孔が少なくなると、熱伝導率が上昇してしまい、高温部品の信頼性を低下させるという問題もある。そこで、本研究では、耐酸化性、遮熱性および耐焼結性に優れるTBCの開発に取り組んだ。



第1図 遮熱コーティング(TBC)構造

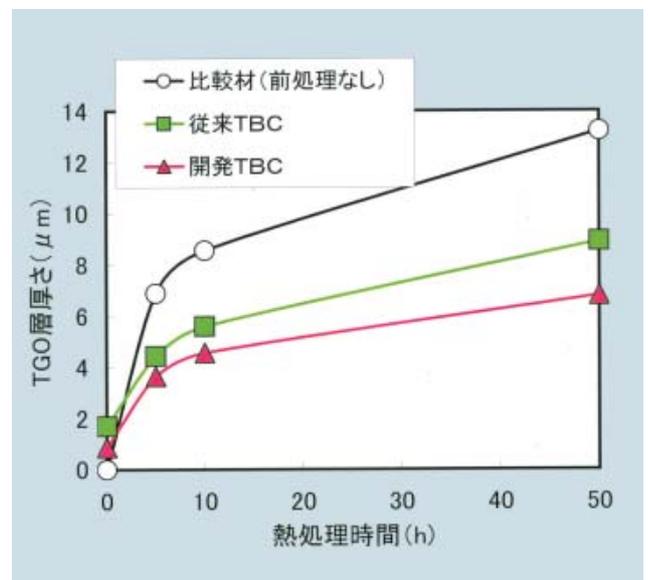
2 研究の概要

(1)耐酸化性の向上

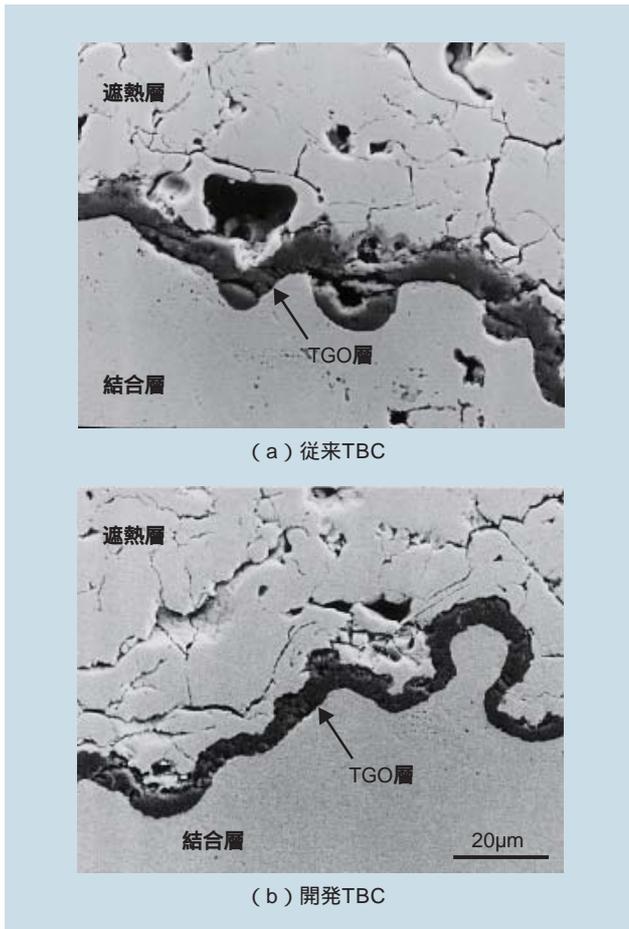
TBCを使用すると、結合層表面が酸化され、遮熱層/結合層界面では酸化物(Thermally Grown Oxide: TGO)が形成される。このTGOが長期使用により、次第に厚膜化すると、遮熱層のはく離をもたらす直接原因となると考えられており、本研究では、この界面酸化を抑制するため、結合層上に、酸素進入防止を目的とした中間層を設けることを検討した。

はじめに、この中間層として、酸素透過性の低い貴金属を、単体もしくは混合層として用いることなど種々試みたが、最終的には、貴金属を用いなくても、薄くて緻密な中間層を生成させることができ、耐酸化性および耐熱衝撃性に優れる実用的な皮膜を開発した。

第2図に、1200℃の酸化試験で、界面に生成したTGO層厚さの測定結果を示す。開発したTBCでは、TGO層の成長が抑制されている。



第2図 遮熱層/結合層界面の酸化物(TGO)層厚さ



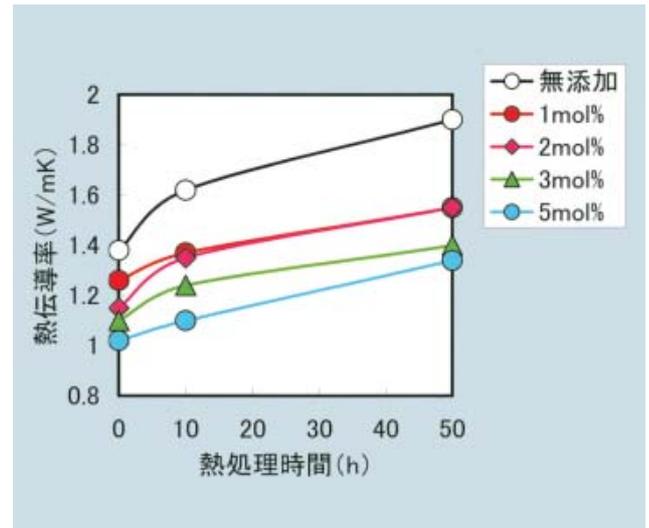
第3図 酸化試験後の組織

第3図に、酸化試験後の断面組織を示す。従来のTBCと比べ、開発したTBCでは、あらかじめ酸素の拡散バリアとなる中間層を生成させたことにより、TGO層の成長が抑制されたことが見てとれる。

(2) 遮熱性および耐焼結性の向上

遮熱層には、元来、安定化剤として微量の希土類元素(イットリウム:Y)が添加されている。本研究では、まず、この希土類元素の中で最もイオン半径が大きな元素で、遮熱層の焼結を抑制し、低熱伝導に寄与できると考えられるランタン(La)に着目し、遮熱層の気孔率や気孔形状、層状組織を制御することを検討した。

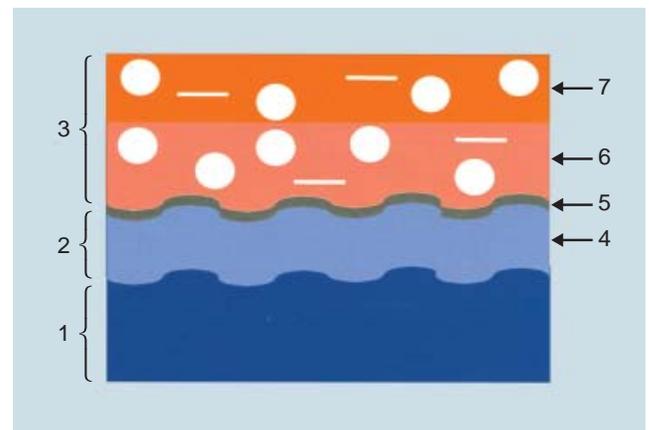
第4図は、 $\text{La}_2\text{Zr}_2\text{O}_7$ 添加量の効果を見るために、従来型のYSZに $\text{La}_2\text{Zr}_2\text{O}_7$ を添加した皮膜を作製し、1200 °Cでの熱処理後、常温での熱伝導率変化を調べた結果である。Laの添加によって、初期の熱伝導率が低下するとともに、熱処理による熱伝導率の上昇も抑制することができている。しかし、Laの添加量が増加する程耐熱衝撃性が低下する傾向にあるため、最終的に、表面側はLaを微量添加したYSZ層、基材側は従来型のYSZ層の2層構造として、優れた遮熱性と耐焼結性に加えて、耐熱衝撃性と相安定性の両立を図った。

第4図 遮熱層に及ぼす $\text{La}_2\text{Zr}_2\text{O}_7$ 添加量の効果

3 研究の成果

第5図に、開発したTBCの構造を示す。薄くて緻密な中間層(第5図:5)と従来型の結合層(第5図:4)との2層からなる結合層(第5図:2)および微量のLaを含むYSZ層(第5図:7)と従来型のYSZ層(第5図:6)との2層からなる遮熱層(第5図:3)で構成している。

これにより、実験室レベルにおいて、優れた耐酸化性、遮熱性および耐焼結性を有することが確認された。

第5図 新規開発TBC構造
(1:基材、2(4,5):結合層、3(6,7):遮熱層)

4 今後の展開

今回開発した新規TBCについて、溶射用粉末の合成や溶射条件など、実用化に向けた施工条件を検討し、実用規模の評価を行っていく。

執筆/ 高山広司
Takayama.Hiroshi@chuden.co.jp