



東京大学工学系研究科総合研究機構 第八回次世代ジルコニアセミナー

遮熱・環境遮蔽コーティングの現状と将来動向

北岡 諭

一般財団法人ファインセラミックスセンター 材料技術研究所 主幹研究員

航空機分野のCO₂排出量は世界全体で2.6%（2016年度比）であり、このまま何の対策も取らなかった場合には2035年の排出量は概ね14億トンとなると予測されている。これは、日本における全産業のCO₂排出量の約1.2倍（2019年度比）に相当する。そのため、航空機エンジンの燃費を改善しCO₂排出量の大幅削減を図ることは、我々人類にとって極めて重要な課題である。航空機エンジンの燃焼を向上させてCO₂排出量の削減を図るには、高圧タービン入口温度の上昇と、燃焼ガスに曝される部材の耐熱性を向上させて部材冷却に要する圧縮空気量を削減するのが効果的である。そのため、部材をその耐用温度を遥かに超える1,700℃超の燃焼ガス環境に適用するためには、それを保護する遮熱コーティング（TBC）が不可欠となる。

現行のTBCシステムは、Ni基超合金基材の表面に、NiCoCrAlYやPtAl結合層を介して破壊靱性に優れる6~8 mass% Y₂O₃部分安定化ZrO₂（YSZ）のトップコートを付与した構造であり、基材裏面から部品全体を強制冷却する。また、YSZの組織安定性を考慮して、基材-TBC貫通孔を介したフィルム冷却により、トップコート表面の温度を最高1,200℃以下になるように設計されており、長期にわたる豊富な使用実績を有する。しかし、地球環境問題の顕在化に伴うCO₂・NO_x排出量のいっそうの削減要求の中で、TBCトップコートにおいても、さらなる遮熱性能の向上と耐用温度の上昇が望まれている。

また近年では、現用の耐熱合金の1/3の軽さと100~200℃高い耐熱性を有する炭化ケイ素繊維強化炭化ケイ素複合材料（SiC/SiC-CMC）に注目が集まっており、既に熱負荷の厳しいホットセクション前段の静止部品への適用が始まっている。しかし、SiC/SiC-CMCは、高温の酸素・水蒸気を含む燃焼環境下において酸化劣化することが問題となる。そのため、この部材を適用するためには、耐水蒸気性・耐酸化性に優れ、かつ、遮熱性と耐熱サイクル性に優れた遮熱/環境遮蔽コーティング（T/EBC）が不可欠となる。

さらに最近では、エンジン内に取り込まれた火山灰や砂等が高温部品のトップコート表面に堆積・溶融し、耐熱合金用TBCやCMC用T/EBCを損傷させることが問題となっている。この堆積・溶融物の主成分がCa-Mg-(Fe)-Al-Si-Oであることから、それを総称して（CMAS）と呼ぶ。このCMAS損傷は、気候変動による干ばつや地球温暖化による気温上昇で砂漠化が進行するために、今後、ますます顕在化することが予想されている。したがって、次世代の低燃費エンジンに搭載するTBCやT/EBCには、耐CMAS性を併せ持つことが必須となる。なを、これらのコーティングに関する様々な課題は、今後、水素やバイオ燃料等のクリーン燃料を使用した場合においても同じである。

本講演では、TBC、T/EBCの技術変遷と上記腐食種に対するこれらの損傷機構、並びに、現用のYSZ-TBCの適用拡大を図る際に必要となる特性について述べる。また、現在、我々が取り組んでいる革新的なコーティングの可能性についても紹介する。

日時：2022年4月20日（水） 13:30~15:00 Zoom開催
主催：東京大学「次世代ジルコニア創出」社会連携講座

問合せ先：ngzirconia@gmail.com