

投稿解説

耐環境コーティング用自己亀裂治癒セラミックスの研究開発動向

金 昇炫*, 松平恒昭**, †張 炳國*

Research and Development Trends in Self-Crack Healing Ceramics for Environmental Barrier Coatings

by

Seung-Hyeon KIM*, Tsuneaki MATSUDAIRA**, †Byung-Koog JANG*

(Received Aug. 2, 2022; Accepted Aug. 10, 2022)

要 約

近年、耐環境コーティング (Environmental Barrier Coatings, EBCs) に適用されているセラミックスにおいては、自己亀裂治癒特性の向上による耐久性改善に関する研究が活発に行われている。本解説では、耐環境コーティング向け自己亀裂治癒セラミックスを中心に、最近の研究開発動向を紹介する。

キーワード: 自己亀裂治癒, セラミックス基複合材料, 炭化ケイ素, 耐環境コーティング (EBCs)

1. はじめに

セラミックス基複合材料 (Ceramic Matrix Composites, CMCs) は、ガスタービンの高温部材として有望視されている候補材料である。しかしながら、高温燃焼環境では水蒸気による高温腐食を招くので、CMCs を水蒸気腐食から保護するための耐環境コーティング (Environmental Barrier Coatings, EBCs) が必要不可欠である¹⁾。このEBCsに求められる特性として、CMCs 基材との化学的安定性、相安定性、ならびにCMCsに近い値の低い熱膨張係数 (Coefficient of Thermal Expansion, CTE) 等が挙げられるが、最大の課題はEBCs層と基材とのCTEの不一致にある。この課題を克服するために、基材に対してコーティング層のCTE値を近づける必要がある。近年においては、レアアースケイ酸塩

(RE_2SiO_5 および $\text{RE}_2\text{Si}_2\text{O}_7$) は、高温安定性とシリコンベースのセラミック基材に近いCTEを備えていることから注目されている²⁾。

しかしながら、高温の燃焼環境から流入するガスの残留物や粒子状物質等の衝突により機械的疲労や熱衝撃を引き起こし、EBCsの表面に亀裂が発生する。その結果、EBCsの保護膜機能が損なわれ、基材が酸素と水蒸気等の環境に曝される。このような、高温の燃焼環境における予測不可能な亀裂の発生は、高温部材の損傷等、深刻な結果を招く。

EBCsの耐久性を向上するには、高温環境での亀裂を抑制するために、EBCsに自己治癒特性を備えることが有効である。この自己治癒特性の意義は³⁾⁻⁵⁾、高温使用環境において亀裂を修復できることにあり、この亀裂治癒は高温酸化反応を通じて進行する (図1)。ここで、使用される環境で、高強度かつ高い酸化性を有する治癒剤 (Healing Agent, HA) を酸化物セラミック母材に配合することにより、HAは損傷が発生するまで酸化物セラミック母材によって酸化されることなく保護される。損傷により亀裂が発生し、HAが高温かつ大気に曝された状態になると、損傷領域表面において酸化反応が誘発され、自律的な亀裂修復過程が進行する。

令和4年8月2日受付

* 九州大学大学院総合理工学府: 福岡県春日市春日公園 6-1
E-mail: jang.byungkoog@kyudai.jp

Interdisciplinary Graduate School of Engineering Science,
Kyushu University: 6-1 Kasuga-koen, Kasuga-shi, Fukuoka
816-8580, Japan

** 一般財団法人ファインセラミックスセンター: 愛知県名古屋
市熱田区六野 2-4-1
Japan Fine Ceramics Center: 2-4-1 Mutsuno, Atsuta-ku, Nagoya,
456-8587, Japan

†: 連絡先/Corresponding author