

A18 AD法における α -アルミナ膜の組織制御

(JFCC¹・横浜国大²) ○田中誠¹・川島直樹¹・北岡諭¹・横江大作¹・加藤文晴¹・長谷川誠²

E-mail: m_tanaka@jfcc.or.jp

【緒言】我々は、これまで、航空機ジェットエンジンの高圧タービン部材として期待されている SiC 繊維強化 SiC マトリックス複合材料を対象とした放射熱反射機能を有する新規の耐環境保護膜 (EBC) について提案してきた¹⁾。放射熱反射 EBC は、二種類の耐熱性酸化物を用いた周期積層膜で、二相間の屈折率差を利用して放射熱反射機能を発現する。これまで、低屈折率材として α -アルミナ、高屈折率材として Al 固溶 $Y_2Ti_2O_7$ を選定し、緻密質膜が形成可能なエアロゾルデポジション (AD) 法を用いて周期積層膜の作製について検討してきた。その取り組みの中で、AD 法により成膜した α -アルミナ膜は、(0001)面が基板面と平行となる繊維集合組織が形成される傾向にあることを見出した^{2), 3)}。 α -アルミナの(0001)面は、その他の結晶面に比較して表面エネルギーが小さく化学的安定性、機械的強度、耐摩耗性に優れることから、高温水蒸気に対する耐食性の向上が期待できるとともに、切削チップのコーティング等、幅広い産業分野での適用が見込まれる。しかしながら、形成される集合組織形態と AD 成膜条件の関係については、十分に調べられていない。AD 法による集合組織の形成は、成膜中に原料粒子が基板に衝突する際の α -アルミナ粒子のすべり系の活動によって説明できることが報告されており⁴⁾、基板への衝突時に生じる衝撃応力、すなわち、衝突速度が集合組織の形成と密接な関係を持つことが予想される。そこで、本研究では、AD 成膜時の原料粒子の基板への衝突速度を変化させ、形成される α -アルミナ膜の集合組織制御について検討した。

【実験方法】AD 成膜における原料粒子の基板への衝突速度 V は飛行時間差法により測定し、キャリアガス種 (N_2 , He) ならびにガス流量を変化させることで衝突速度を制御した。基板には、放射熱反射 EBC の構成材である Al 固溶 $Y_2Ti_2O_7$ を用いた。形成した膜の集合組織形態は、(01 $\bar{1}$ 2)、(11 $\bar{2}$ 3)、及び (11 $\bar{2}$ 6)面の XRD 極点測定を行い、測定結果に基づいて結晶方位分布関数を算出し、完全正極点図により評価した。また、蛍光分光法を用いて膜内の歪みを評価した。膜の微細組織は、SEM 及び TEM を用いて観察した。

【結果及び考察】Fig. 1 に AD 法により形成した α -アルミナ膜の(0001)面の完全正極点図を示す。低速衝突の場合、極密度の高い位置が中心に存在し、(0001)面繊維集合組織が形成された。一方、中速衝突では、 α -アルミナの劈開面である(10 $\bar{1}$ 4)面の繊維集合組織が形成され、さらなる速度の増加に伴い集合組織形態はランダム配向に近づくことがわかった。SEM による膜の断面観察の結果、低速衝突では緻密質膜が形成し、衝突速度の増加に伴い多孔質膜が形成することがわかった。また、低速衝突により形成した膜の TEM 観察では、粒子の塑性変形が観察されるとともに、蛍光スペクトル測定では、衝突速度が低速になるにつれて歪みが大きくなることが明らかとなった。以上より、低速衝突条件では原料粒子の塑性変形により粒子間の隙間を埋めながら膜形成することで緻密質膜となり、高速衝突条件では原料粒子の破碎を伴いながら堆積することで多孔質膜が形成するものと考えられる。

【謝辞】本研究の一部は、JST-ALCA の一環として実施したものである。

【参考文献】1) 田中誠ら, 材料, 64 (2015) 431.

2) M. Hasegawa et al., Mater. Trans., 57 (2016) 1714.

3) M. Tanaka et al., J. Euro. Ceram. Soc., 37 (2017) 4155.

4) 小室雅大ら, 日本セラミックス協会第 29 回秋季シンポジウム講演予稿集, 1B07 (2016).

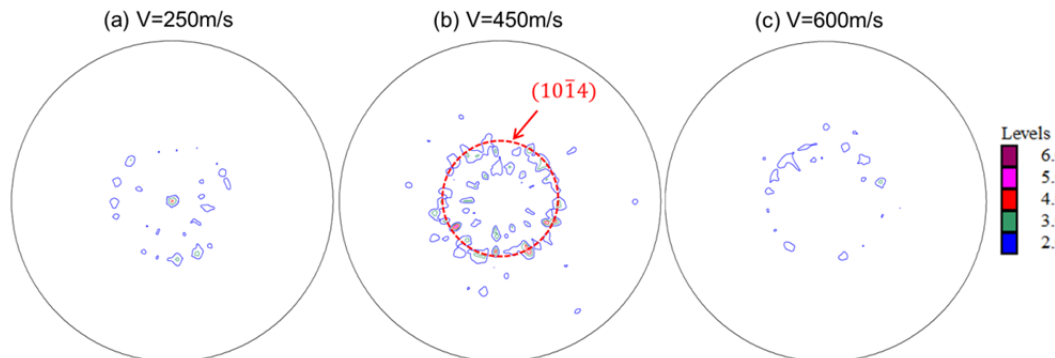


Fig. 1 The (0001) pole figures for the Al_2O_3 layer coated in the conditions of (a) low impact velocity (250m/s), (b) medium impact velocity (450m/s), and (b) high impact velocity (600m/s).