

# La<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 对 ZrO<sub>2</sub> - Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 陶瓷材料结构及性能的影响\*

谢 敏<sup>1</sup>, 宋希文<sup>1</sup>, 孙佃龙<sup>2</sup>, 周 芬<sup>1</sup>, 安胜利<sup>1</sup>

(1. 内蒙古科技大学 材料与冶金学院, 内蒙古 包头 014010;  
2. 中铁十二局集团物资有限公司, 山西 太原 030032)

**摘 要:** 采用固相合成法在氧化钇部分稳定氧化锆(YSZ)陶瓷材料的基础上引入氧化物 Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 以及稀土氧化物 La<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 取代部分 Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 获得一种新型的 La<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - ZrO<sub>2</sub> - Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 陶瓷材料。分别利用 X 射线衍射仪、扫描电子显微镜和 STA-449C 热膨胀仪对材料的物相组成、微观结构及热膨胀性能进行表征。结果表明, 陶瓷材料的主晶相仍为四方相, 晶粒尺寸减小, 在 RT ~ 1200 °C 温度范围内热膨胀系数有所减小。

**关键词:** 氧化锆; 相结构; 显微结构; 热膨胀系数

**中图分类号:** TQ174.75 + 8.16

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1004-0277(2012)05-0022-05

YSZ(氧化钇稳定氧化锆)材料具有高熔点、低热导率、高线膨胀系数, 良好的抗热冲击性能、耐高温氧化、高温化学稳定性和综合机械性能等优点, 是目前使用最为广泛的热障涂层材料, 应用于航空发动机及柴油发动机<sup>[1~5]</sup>。但随着航空燃气涡轮机向高流量比、高推重比、高进口温度方向发展, YSZ 材料逐渐不能满足服役要求<sup>[6,7]</sup>: 当使用温度高于 1200 °C 时, 会发生单斜相与四方相之间的相变, 体积发生变化, 涂层容易开裂、剥落; 氧气可以通过晶格中大量的氧空位扩散至涂层的内部使粘结层氧化; 高温下易发生烧结。因此, 对传统 YSZ 陶瓷材料进行改性, 使其适应更高的服役要求是目前热障涂层材料的研究热点<sup>[8,9]</sup>。

Pitek 等人<sup>[10]</sup>的研究结果显示, Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 与 Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 共稳定 ZrO<sub>2</sub> 即 ZrO<sub>2</sub> - Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 为纯四方相结构, 高温 1500 °C 时不发生相变, 具有更高的 t - m 转变温度。同时, ZrO<sub>2</sub> - Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub> / Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 陶瓷材料中掺杂稀土氧化物 Gd<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、Sm<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 和 Nd<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (掺量为 1%, 摩尔分数) 时, 材料不仅为稳定的四方相结构, 且具有更低的热容以及热导率<sup>[11,12]</sup>。研究表

明, 稀土氧化物的掺杂能够显著降低 ZrO<sub>2</sub> 基材料的热导率<sup>[13]</sup>, 提高 ZrO<sub>2</sub> 陶瓷材料的抗烧结能力<sup>[14]</sup>。其中, La<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 的掺入不仅降低 YSZ 材料的热导率, 还可以使涂层晶粒具有更小的尺寸<sup>[15,16]</sup>, 提高材料的抗烧结能力。本文主要研究了稀土氧化物 La<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 部分取代 Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 对 ZrO<sub>2</sub> - Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 陶瓷材料物相组成以及抗烧结性能的影响, 欲得到具有稳定四方相结构、晶粒尺寸较小以及良好抗烧结性能的陶瓷材料, 进而讨论其作为新型热障涂层陶瓷材料的可能性。

## 1 实验

### 1.1 样品制备

利用固相合成法制备 La<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - ZrO<sub>2</sub> - Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 陶瓷材料。将 La<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (99.9%)、ZrO<sub>2</sub> (99.98%)、Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (99.99%) 和 Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (99.99%) 进行高温处理以避免氧化物吸潮对称重的影响, 根据配比将氧化物放入聚氨酯球磨罐中, 加入适量无水乙醇, 以氧化锆球为研磨体球磨 24 h。移出浆料并放入干燥箱中 100 °C 下

\* 收稿日期: 2011-12-21

基金项目: 国家自然科学基金项目(50974074); 教育部新世纪优秀人才支持计划(NCET-10-0910); 内蒙古科技大学创新基金项目(2009NC015)

作者简介: 谢 敏(1981-), 女, 内蒙古商都人, 硕士, 讲师, 研究方向: 功能陶瓷材料。

干燥 12 h, 将粉体在 20 MPa 下模压成型。成型体在空气中于 1450 °C ~ 1500 °C 预烧 10 h 得到预烧体。预烧体经粉碎后, 再次球磨 24 h, 得到陶瓷浆料。陶瓷浆料在 100 °C 干燥 24 h, 造粒后模压预成型, 然后

利用冷等静压机在 200 MPa 下成型。最后将样品在空气中于 1500 °C ~ 1600 °C 下烧结 6 h, 随炉冷却得到 La<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - ZrO<sub>2</sub> - Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 陶瓷材料。表 1 为材料组成。

表 1 La<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - ZrO<sub>2</sub> - Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 陶瓷材料的组成及相关物理性能

Table 1 The composition and physical properties of La<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - ZrO<sub>2</sub> - Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ceramic

试样名称	ZrO %, 摩尔分数	YO <sub>1.5</sub> %, 摩尔分数	TaO <sub>2.5</sub> %, 摩尔分数	LaO <sub>1.5</sub> %, 摩尔分数	理论密度 /g · cm <sup>-3</sup>	体积密度 /g · cm <sup>-3</sup>	热膨胀系数 /10 <sup>-6</sup> · K <sup>-1</sup>
LT0	66.8	16.6	16.6	0.0	6.6658	6.4053	11.2
LT1	66.8	16.1	16.6	0.5	6.6835	6.4620	9.0
LT2	66.8	15.6	16.6	1.0	6.7034	6.5157	8.9
LT3	66.8	15.1	16.6	1.5	6.7170	6.5220	8.6
LT4	66.8	14.6	16.6	2.0	6.7091	6.6191	8.4

1.2 粉体表征及性能测试

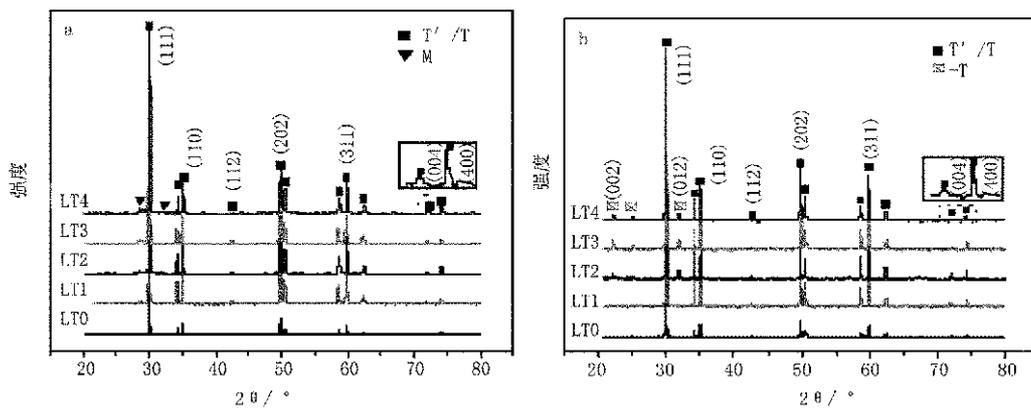
利用德国 Bruker 公司生产的 D8 ADVANCE 型 X 射线衍射仪对陶瓷基片的物相组成进行表征, 衍射靶为 Cu 靶, K<sub>α1</sub> 为 0.15405 nm, K<sub>α2</sub> 为 0.154434 nm, 工作电压为 40 kV, 工作电流 35 mA, 扫描速度为 6 °/min, 衍射角度范围为 20° ~ 80°。根据阿基米德原理采用比重瓶法对陶瓷材料的表观密度进行测试。将陶瓷制作成 Φ6 × 20 mm 的试样, 利用德国 NetZSch 公司生产的 DIL402C 热膨胀分析仪测试材料的线变化率, 测试温度范围为室温至 1400 °C, 升温速度 5 °/

min。利用荷兰飞利浦公司生产的 QUANTA - 400 型扫描电子显微镜观察试样中晶粒和气孔的形貌、尺寸及分布情况, 判断材料的烧结性能。

2 结果与讨论

2.1 物相组成

La<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - ZrO<sub>2</sub> - Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 陶瓷材料的 XRD 测试结果如图 1 所示, 其衍射峰与四方相 ZrO<sub>2</sub> 一致 (JCDPS 卡片 17 - 0923, 空间群为 P4m2(115)), 主晶相为四方相。



a: 1500°C 烧结; b: 1600°C 烧结

图 1 La<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - ZrO<sub>2</sub> - Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 陶瓷材料的 XRD 图

Fig. 1 XRD patterns of La<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - ZrO<sub>2</sub> - Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ceramic

由图 1a 可以看到, 经 1500 °C 烧结的试样在 28° 和 32° 的位置有单斜相出现, 单斜相 TaO<sub>4</sub>/ZrO<sub>2</sub> 的存在会导致温度变化时陶瓷材料体积的不稳定性。而当烧结温度为 1600 °C 时, 由图 1b 可以看到, 试样在

30° 左右无单斜相 m(111) 与特征峰 m(111) 出现, 75° 左右立方相 c(400) 特征峰消失而分裂为四方相 t(400) 与 t(004) 特征峰。所以, 经 1600 °C 烧结可以得到更为稳定的四方相结构 La<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - ZrO<sub>2</sub> - Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> -

Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 陶瓷材料。

经 1600 °C 烧结后, La<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 取代 Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 0.25 % (摩尔分数) 时, 即试样 LT1 的主晶相为纯四方相结构, 这与 La<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 取代量为 0 的素坯相组成一致, 说明 Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 与 La<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 已经固溶于 ZrO<sub>2</sub> 中。当 La<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 取代量 ≥ 0.25 % (摩尔分数) 时, 在 22°、32° 和 46° 的位置观察到杂峰, 与四方相 La<sub>0.33</sub>TaO<sub>3</sub> 对应 (JCDPS 卡片 42-0061), 且其衍射强度随 La<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 取代量的增加而增强。在 ZrO<sub>2</sub> - Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 陶瓷材料中, Ta<sup>5+</sup> 在 ZrO<sub>2</sub> 中的溶解度不大, 但当共掺杂 Y<sup>3+</sup> 时他们就会有很强的合作性, YTaO<sub>4</sub> 可以作为稳定剂将体系稳定为四方相, 在 1500 °C 也不发生相变<sup>[17-19]</sup>。当 La<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 过量取代 Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 后, La<sup>3+</sup> 与 Ta<sup>5+</sup> 相结合生成 La<sub>0.33</sub>TaO<sub>3</sub>, 其在 ZrO<sub>2</sub> 中固溶度的下降析出而使晶体结构发生变化。

## 2.2 试样的显微结构

由图 2 可以看到, 陶瓷材料经 1600 °C 烧结后, 未引入 La<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 的试样表现为过烧, 无明显的晶界且

无法判断晶粒大小, 内部存在大量的封闭气孔, 随着 La<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 取代 Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 量的增加, 试样的气孔率降低, 晶粒形状规则, 且晶粒尺寸逐渐减小。La<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 对陶瓷材料晶粒的长大有一定的抑制作用, 这与 Matsumoto<sup>[10,11]</sup> 的实验结果一致。La<sup>3+</sup> 具有较大的离子半径, 在晶界、晶格以及陶瓷表面都可以减弱热扩散过程, 因此在一定程度上抑制了烧结的进行, 致使晶粒具有较小的尺寸。当晶粒尺寸较小且均匀时, 一方面可以使陶瓷材料具有更低的蒸发凝聚能, 有利于陶瓷高温涂层的喷涂及沉积, 另一方面使陶瓷材料形成涂层后具有更好地抗烧结性和抗老化性能。

由表 1 可以看到, La<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - ZrO<sub>2</sub> - Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 陶瓷材料的密度随着 La<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 取代量的增加而增大, 这是由于 La<sup>3+</sup> 的重量约为 Y<sup>3+</sup> 的 1.56 倍, 当 La<sup>3+</sup> 等摩尔取代 Y<sup>3+</sup> 时, 使单位晶胞的离子质量增加, 从而增大了材料的密度。另外, 测试得到的体积密度与理论密度相近, 也说明试样烧结后具有较高的致密度, 这一结果与 SEM 图片一致。

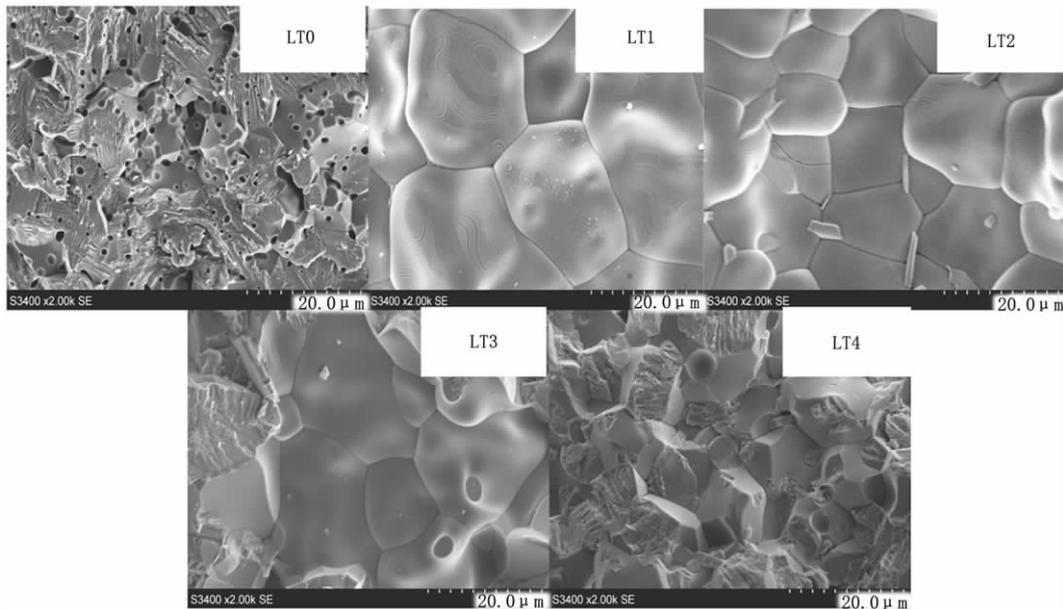


图 2 La<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - ZrO<sub>2</sub> - Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 陶瓷材料的微观形貌

Fig. 2 SEM photos of La<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - ZrO<sub>2</sub> - Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ceramic

## 2.3 陶瓷材料的热物理性能

材料的线变化率如图 3 所示与温度基本呈线性关系, 随温度的升高而增大。

已知材料在某温度区内的平均热膨胀系数  $\alpha$  与温度  $T$  的关系如式 (1) 所示, 将 La<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - ZrO<sub>2</sub> - Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 陶瓷材料的线变化规律进行线性拟合

并得到试样的热膨胀系数结果如表 1 所示。La<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 取代 Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 后, 陶瓷材料的热膨胀系数减小, 且随着 La<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 取代量的增加相应地继续降低。

$$\alpha = dL / (L_1 \times dT) \quad (1)$$

式 (1) 中:  $\alpha$ —热膨胀系数 ( $10^{-6} K^{-1}$ );  $dL/L_1$ —样品的线变化率;  $T$ —温度 (K)。

材料的热膨胀由原子热振动引起,它与热容  $C_v$  的关系如式(2)所示成正比,即热容降低的同时材料的热膨胀系数也会随之降低。利用 Neumann - Kopp 定律根据热力学数据库<sup>[20]</sup>中构成 La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-ZrO<sub>2</sub>-Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 陶瓷材料氧化物的热容值计算不同温度下试样的热容值,计算结果如图4所示,La<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 取代 Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 后,La<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - ZrO<sub>2</sub> - Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 陶瓷材料的热容值大大降低,热容值的减小对降低材料的导热系数十分有利,但根据式(2)材料的热膨胀系数也会有所减小,试验结果与之相符。

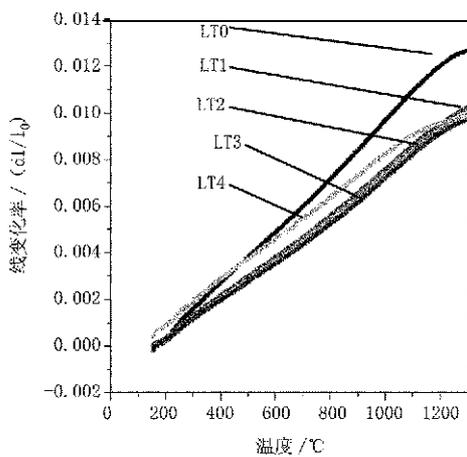


图3 La<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - ZrO<sub>2</sub> - Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 陶瓷材料随温度的 dl/l<sub>0</sub> 值

Fig.3 dl/l<sub>0</sub> of La<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - ZrO<sub>2</sub> - Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ceramic with increased temperature

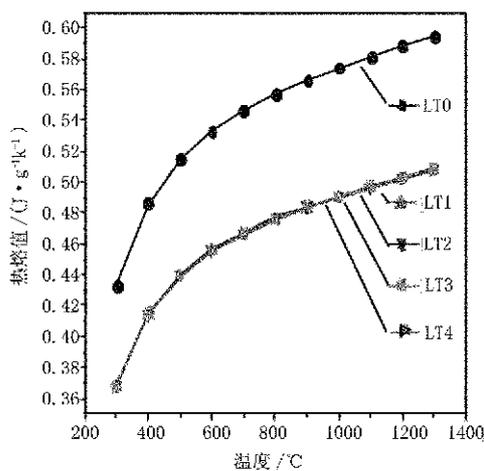


图4 La<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - ZrO<sub>2</sub> - Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 陶瓷材料的热容变化曲线

Fig.4 Thermal capacity curve of La<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - ZrO<sub>2</sub> - Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ceramic

$$\alpha T = C \cdot C_v \quad (2)$$

式(2)中:  $\alpha$ —热膨胀系数( $10^{-6} K^{-1}$ );  $c_v$ —热容( $J \cdot g^{-1} \cdot K^{-1}$ );  $T$ —温度(K);  $C$ —常数。由图4还可以看到,LT1 ~ LT4 热容曲线重叠,说明 La<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 取代量(0.25% 摩尔分数 ~ 1.0% 摩尔分数)的变化对材料热容值影响很小。因此,为使 La<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - ZrO<sub>2</sub> - Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 陶瓷材料获得低热容的同时具有相对较高热膨胀系数,La<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 取代量宜控制在 0.25% 摩尔分数以内。

### 3 结论

1. 利用固相合成法经 1600 °C 高温烧结得到了四方相 La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-ZrO<sub>2</sub>-Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 陶瓷材料,当 La<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 为 0.25% (摩尔分数) 时,其结构与四方相 ZrO<sub>2</sub> 结构相同,未发生 T→M 相变。

2. La<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 可以抑制陶瓷晶粒生长,提高陶瓷材料的抗烧结性能。

3. La<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 部分取代 Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 后,ZrO<sub>2</sub> - Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 陶瓷材料的热容及热膨胀系数降低,La<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 的取代量应在 0.25% (摩尔分数) 以内。

#### 参考文献:

- [1] Kyongjun An, Kakkavery S Ravichandran, Rollie E Dutton, et al. Microstructure, texture, and thermal conductivity of single - layer and multilayer thermal barrier coatings of Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - stabilized ZrO<sub>2</sub> and Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> made by physical vapor deposition [J]. Am Ceram Soc, 1999, 82( 2) : 399-406.
- [2] Thompson J A, Clyne T W. The effect of heat treatment on the stiffness of zirconia top coats in plasma - sprayed TBCs [J]. Acta Mater, 2001, 49( 9) : 1565-1575.
- [3] Portinha A, Teixeira V, Carneiro J, et al. Mechanical properties of ZrO<sub>2</sub> - Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> nanostructured PVD coatings evaluated by nanoindentation [J]. Rev Adv Mater Sci, 2003, (5) : 311-318.
- [4] Padture N P, Gell M, Jordan E H. Thermal barrier coatings for gas turbine engine applications [J]. Science, 2002, 296: 280-284.
- [5] 于海涛,宋希文,牟仁德,等. 电子束物理气相沉积 YSZ 热障涂层研究 [J]. 稀土, 2011, 32( 3) : 40-43.
- [6] Schulz U. Phase transformation in EB - PVD yttria partially stabilized zirconia thermal barrier coatings during annealing [J]. Am Ceram Soc, 2000, 83( 4) : 904-910.
- [7] Evans A G, Mumm D R, Hutchinson J W, et al. Mechanisms controlling the durability of thermal barrier coatings [J]. Materials Science, 2001, 46( 5) : 505-553.

- [8] 于海涛, 牟仁德, 谢敏, 等. 热障涂层的研究现状及其制备技术 [J]. 稀土, 2010, 31(5): 83-88.
- [9] SONG Xiwen, XIE Min, ZHOU Fen, et al. High-temperature thermal properties of yttria fully stabilized zirconia ceramics [J]. J Rare Earths, 2011, 29(2): 155-159.
- [10] Pitek F M, Levi C G. Opportunities for TBCs in the  $ZrO_2 - Y_{0.5} - Ta_{0.5}$  system [J]. Surf Coat Technol, 2007, 201(12): 6044-6050.
- [11] Song Xiwen, Xie Min, An Shengli. Structure and thermal properties of  $ZrO_2 - Ta_2O_5 - Y_2O_3 - Ln_2O_3$  ( $Ln = Nd, Sm$  or  $Gd$ ) ceramics for thermal barrier coatings [J]. Scripta Materialia, 2010, 62(11): 879-882.
- [12] Song Xiwen, Xie Min, An Shengli, et al. Influence of the partial substitution of  $Y_2O_3$  with  $Ln_2O_3$  ( $Ln = Nd, Sm, Gd$ ) on the phase structure and thermophysical properties of  $ZrO_2 - Nb_2O_5 - Y_2O_3$  ceramics [J]. Acta Mater, 2011, 59(10): 3898-3902.
- [13] Matsumoto M, Yamaguchi N, Matsubara H. Low thermal conductivity and high temperature stability of  $ZrO_2 - Y_2O_3 - La_2O_3$  coatings produced by electron beam PVD [J]. Scripta Mater, 2004, 50(6): 867-871.
- [14] Rahaman M N, Gross J R, Dutton R E, et al. Phase stability, sintering, and thermal conductivity of plasma-sprayed  $ZrO_2 - Gd_2O_3$  compositions for potential thermal barrier coating applications [J]. Acta Mater, 2006, 54(6): 1615-1621.
- [15] Matsumoto M, Aoyama K, Matsubara H, et al. Thermal conductivity and phase stability of plasma sprayed  $ZrO_2 - Y_2O_3 - La_2O_3$  coatings [J]. Surface & Coatings Technology, 2005, 194(1): 31-35.
- [16] Liu Y, Gao Y F, Tao S Y, et al.  $La_2O_3$ -modified YSZ coatings: high-temperature stability and improved thermal barrier properties [J]. Surface & Coatings Technology, 2009, 203(8): 1014-1019.
- [17] D - J Kim, T - Y Tien. Phase stability and physical properties of cubic and tetragonal  $ZrO_2$  in the system  $ZrO_2 - Y_2O_3 - Ta_2O_5$  [J]. Am Ceram Soc, 1991, 74(12): 3061-3065.
- [18] Li P, Chen I - W, J E, et al. Effect of dopants on zirconia stabilization - an X - ray absorption study: III, charge - compensating Dopants [J]. Am Ceram Soc, 1994, 77(5): 1289-1295.
- [19] Almeida D S, Silva C R M, Nono M C A, et al. EB - PVD TBCs of zirconia co - doped with yttria and niobia, a microstructural investigation [J]. Surface and Coatings Technology, 2006, 200(8): 2827-2833.
- [20] Barin I. Thermochemical data of pure substances [M]. Weinheim: VCH, 1993.

### Effect of $La_2O_3$ on structures and properties of $ZrO - Y_2O_3 - Ta_2O_5$ ceramics

XIE Min<sup>1</sup>, SONG Xi-aven<sup>1</sup>, SUN Dian-long<sup>2</sup>, ZHOU Fen<sup>1</sup>, AN Sheng-li<sup>1</sup>

(1. School of Materials and Metallurgy, Inner Mongolia University of Science and Technology, Baotou 014010, China;

2. Material Co. LTD of China Railway 12th Bureau Group, Taiyuan 030032, China)

**Abstract:**  $La_2O_3$  and  $Ta_2O_5$  co-doped with yttria partially stabilized zirconia (YSZ) was prepared by solid phase synthesis method. The phase structure was analysed by XRD, the fracture surface was observed by SEM, and the thermal expansion coefficient of ceramic materials was tested. The results showed that the ceramic was mainly consist of tetragonal phase, with the increased mole fraction of the  $La_2O_3$ , the size of grains, the thermal expansion coefficient and the heat capacity all decreased.

**Key words:**  $ZrO_2$ ; structure; microscopic structure; thermal expansion coefficient