

烧结破碎型 ZrO_2 涂层和空心 ZrO_2 涂层的结构与性能之对比

王德朋¹, 王旭东¹, 刘培东², 梁仕军¹, 张文建¹, 冯宗杰¹

(1. 第二炮兵青州士官学校工程系 山东 青州 262500; 2. 第二炮兵青州士官学校 科研科; 山东 青州 262500)

[摘要] 为了对比2种不同 ZrO_2 涂层的结构和性能,用等离子喷涂的方法,制备出烧结破碎型 ZrO_2 涂层和空心 ZrO_2 涂层,以X射线衍射和扫描电镜作为分析手段,分析对比了两种热障涂层的相和微观形貌。对2种涂层进行了拉伸试验,发现烧结 ZrO_2 涂层的强度更高一些。

[关键词] 热障涂层;等离子喷涂;烧结破碎型 ZrO_2 ; 空心 ZrO_2 ; 结合强度

[中图分类号] TQ630.7

[文献标识码] A

[文章编号] 1001-3660(2007)05-0028-02

The Contrast of Sintered ZrO_2 Coatings and Hollow ZrO_2 Coatings

WANG De-peng¹, WANG Xu-dong¹, LIU Pei-dong², LIANG Shi-jun¹, ZHANG Wen-jian¹, FENG Zong-jie¹

(1. Engineering Department, Qingzhou Petty Officers School of the Second Artillery, Qingzhou 262500, China;

2. Scientific Research Office, Qingzhou Petty Officers School of the Second Artillery, Qingzhou 262500, China)

[Abstract] Sintered ZrO_2 coating and hollow ZrO_2 coating have been developed by plasma spraying process. X-ray diffractometry (XRD) and scanning electron microscopy (SEM) were used to analyze the phase and microstructure of the two coatings. The bond strength of the two coatings were got through bond strength test, sintered ZrO_2 coating was more higher.

[Key words] Thermal barrier coatings; Plasma spraying; Sintered ZrO_2 ; Hollow ZrO_2 ; Bond strength

0 引言

ZrO_2 陶瓷涂层是一种广泛应用的热防护涂层,也称为热障涂层(Thermal barrier coatings),主要应用于航空、航天、能源系统的一些高温部件,起到隔热、耐腐蚀的作用。在实际生产中,一般用等离子喷涂的方法来制备。用不同的工艺可以制备出不同的 ZrO_2 粉末,而用不同的粉末制备出的热障涂层的性能是有差异的,研究不同热障涂层之间性能的差异,对生产中材料的优选是有重要意义的。

1 试验设备和试验材料

试验中用到的主要设备有:Metco 9MB 等离子喷涂设备(机械手操作)、日本理学 D/MAX-3C 型 X 射线衍射仪、JEOL-JSE-6460 型扫描电镜、Instron1195 电子拉伸试验机。试验中喷涂试片为直径 25.4mm,厚 5mm 的圆片,材料为 45 钢。等离子喷涂所用的烧结破碎型 ZrO_2 粉末为北京钢铁研究院生产的 KF-230,图 1 是其扫描电镜照片,可以看出粉末的粒径在 50~70 μm ,形状不规则。图 2 为重庆仪表材料研究所生产的空心球形 ZrO_2 粉末,空心度很大,但粉末的粒径分布不是很均匀,大约在 10~50 μm ,有少量的球形粉破碎,粘接层粉末都选用 NiCrAlY。

2 试验过程

2.1 热障涂层的制备

为了便于比较,试验中用相同的等离子喷涂参数来制备两

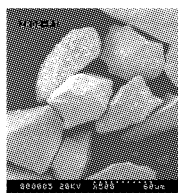


图 1 普通 ZrO_2 粉末的 SEM

Figure 1 SEM image of
Sintered ZrO_2 powder

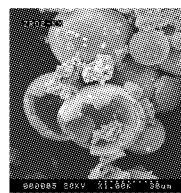


图 2 空心 ZrO_2 粉末的 SEM

Figure 2 SEM image of
hollow ZrO_2 powder

种涂层,参数如表 1 所示。涂层制备前,先对试片进行预处理,用丙酮清洗喷涂表面后喷砂,得到新鲜洁净的表面。预处理完成后,喷涂 NiCrAlY 粉末作为粘接层,厚度控制在 70~80 μm ,表面进行预热后,再喷涂 ZrO_2 ,每种粉末喷涂 5 个试片, ZrO_2 涂层的厚度控制在 0.40~0.42 mm。

表 1 涂层制备工艺参数

Table 1 Parameters of plasma spray

电压 /V	电流 /A	N_2 流量/ ($\text{m}^3 \cdot \text{min}^{-1}$)	H_2 流量/ ($\text{m}^3 \cdot \text{min}^{-1}$)	喷涂距离 /mm	喷枪移动速度 /($\text{mm} \cdot \text{s}^{-1}$)	预热温度 /℃
68	500	2.27	0.42	70	300	150~200

2.2 热障涂层拉伸试验

涂层制备完成后,进行拉伸试验。涂层拉伸试验在 Instron1195 电子拉伸试验机上进行,选用 ASTM C633 拉伸实验标准,拉伸装置见图 1,把试片的 2 面用 Mecto 公司所产固体胶 FM-1000 Adhesive 粘贴在不锈钢棒上,然后安装在拉伸试验机上,拉伸完后,如果从涂层中间断裂,得到的断裂强度就是涂层的拉伸强度,如图 3 所示。烧结型 ZrO_2 的编号为 S,空心 ZrO_2 的编号为 K,拉伸试验结果见表 2,从试验结果可看出烧结型 ZrO_2 涂层的拉伸强度比空心 ZrO_2 涂层的拉伸强度要高一些。

[收稿日期] 2007-07-02

[作者简介] 王德朋(1980-),男,山东德州人,硕士,主要研究方向:维修工艺与维修理论。

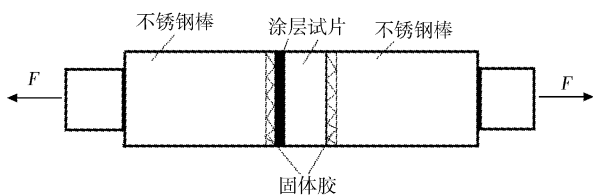


图3 热障涂层拉伸试验装置

Figure 3 Equipment of bond strength test of thermal barrier coating

表2 拉伸试验结果

Table 2 Result of bond strength test

试样编号	涂层强度/MPa	失效类型	强度平均值/MPa
S-1	9.08	涂层失效	9.13
S-2	9.40		
S-3	9.10		
S-4	8.98		
S-5	9.10		
K-1	8.85	涂层失效	8.82
K-2	8.67		
K-3	8.81		
K-4	8.90		
K-5	8.88		

3 2种ZrO₂涂层的相和涂层截面的微观形貌

图4和图5分别是烧结型ZrO₂和空心ZrO₂粉末的X射线衍射图,烧结型ZrO₂粉末主要由立方相(c)和单斜相(m)组成,通过衍射图谱的计算可知立方相约占93%,单斜相约占7%。空心ZrO₂粉末由立方相(c)、四方相(t)、单斜相(m)组成,通过计算可知立方相和四方相约占73%,单斜相约占27%。2种粉末形成的涂层的相结构相同,如图6所示,2种涂层都是由立方相和四方相组成,这是因为2种喷涂粉末中Y₂O₃的稳定作用,消除了涂层冷却过程中发生的t→m的相变,避免了相变产生的应力^[1]。

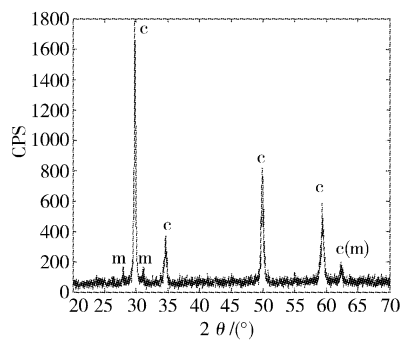


图4 普通ZrO₂粉末的XRD

Figure 4 XRD analysis of Sintered ZrO₂ powder

图7和图8是两种涂层截面的扫描电镜照片,从照片中可以看出烧结型ZrO₂涂层堆积得较为密实,层状结构比较明显,涂层中有少量的气孔存在,气孔的直径在5μm左右。空心ZrO₂涂层的堆积较为疏松,层状结构不明显,涂层中有大量的气孔,气孔的直径大约在20~30μm,这主要是因为喷涂粉末的空心球结构造成了涂层中大量的气孔,而且在喷涂过程中,粒子受热熔化,球体内气体膨胀有可能造成球体的破裂^[2],导致粒子在喷涂表面的堆积较为杂乱,层状结构不明显,所以空心涂层的拉伸

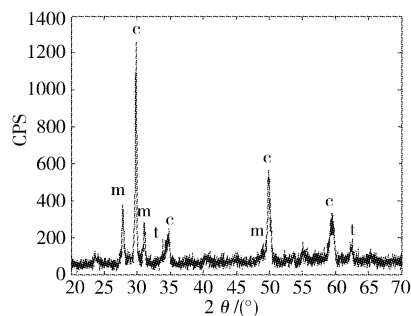


图5 空心ZrO₂粉末的XRD

Figure 5 XRD analysis of hollow ZrO₂ powder

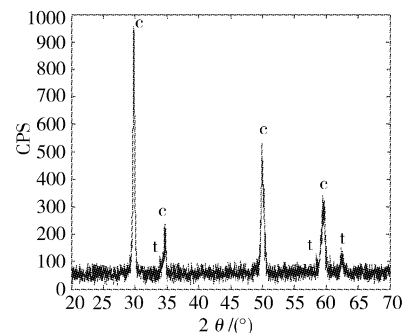


图6 2种ZrO₂涂层的XRD

Figure 6 XRD analysis of two ZrO₂ coatings

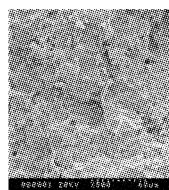


图7 普通ZrO₂涂层截面SEM

Figure 7 Cross sectional SEM

image of Sintered ZrO₂ coating

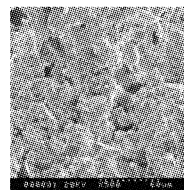


图8 空心ZrO₂涂层截面SEM

Figure 8 Cross sectional SEM

image of hollow ZrO₂ coating

强度较低。

4 结论

通过以上的试验和分析可知,烧结型ZrO₂粉末主要由立方相和单斜相组成,空心ZrO₂粉末由立方相、四方相、单斜相组成。2种涂层相的结构相同,都是由立方相和四方相组成。与烧结ZrO₂涂层相比,空心ZrO₂涂层的拉伸强度较低,这是由于空心ZrO₂粉末的空心结构使空心涂层较为疏松,气孔率较高,气孔的直径较大。

[参考文献]

- [1] 范希梅,林洁琼,杜贤昌. 热障涂层的研究现状[J]. 长春工业大学学报,2003,24(1):22-23
- [2] 邵刚勤,罗志平. 氧化锆系列喷涂粉末的制备及应用[J]. 表面技术,1996,25(2):36-37