

喷丸处理对 IC6 合金 NiCoCrAlY 涂层表面粗糙度的影响

宋尽霞¹, 韩雅芳¹, 刘庆², 官声凯³, 李树索³, 赵松²

(1. 北京航空材料研究院, 北京 100095; 2. 新艺机械厂, 贵州 平坝 561114; 3. 北京航空航天大学 材料学院, 北京 100083)

摘要: 研究喷丸处理对 IC6 合金 NiCoCrAlY 涂层表面粗糙度的影响。结果表明, 在涂层真空扩散处理后进行喷丸处理, 喷丸压力 0.4 MPa 和时间 4 min 可显著改善 NiCoCrAlY 涂层表面粗糙度, 使 Ra 降至 1.6 μm 以下, 并可提高涂层致密度。涂层喷丸处理所引入的残余压应力没有引起基体 IC6 合金再结晶。因此采取喷丸处理改善 IC6 合金 NiCoCrAlY 涂层表面粗糙度是完全可行的。

关键词: 喷丸处理; NiCoCrAlY 涂层; 表面粗糙度; IC6 合金

中图分类号: TG132.3⁺2

文献标识码: A

文章编号: 1005-5053(2006)03-0289-02

IC6 合金是在“863”计划资助下研制成功的一种定向凝固 NiAl 基合金, 是 950~1100℃ 范围内工作的燃气涡轮发动机导向叶片较理想的材料^[1]。IC6 合金成功应用于先进航空发动机的二级导向叶片, 采用真空多弧离子镀 NiCoCrAlY 包覆涂层以提供足够的氧化抗力^[2], 但 NiCoCrAlY 涂层表面光洁度不如渗 Al 涂层理想, 需加以改善。喷丸处理在提高涂层的致密度, 改善抗氧化性能及表面粗糙度方面用途广泛^[3,4]。因此, 对 IC6 合金二导叶片在涂覆涂层 NiCoCrAlY 后进行喷丸处理试验, 以期改善表面粗糙度。

1 实验方法

喷丸试验共采用 5 片叶片, 分别编号 II~V。喷丸采用 0.25 mm 直径实心玻璃丸, 丸粒浓度 30%。喷丸在涂层真空扩散热处理后进行, 采取的喷丸压力和时间分别为 0.2 MPa/4 min 和 0.4 MPa/4 min, 喷丸后不再进行热处理。喷丸前后分别测量叶盆、叶背表面粗糙度。采用扫描电镜分析喷丸后的涂层形貌, 并与 NiCoCrAlY 原始态涂层进行比较。

2 试验结果与讨论

2.1 喷丸处理对涂层表面粗糙度的影响

各叶片喷丸前后叶盆、叶背表面粗糙度示于表

1。NiCoCrAlY 原始态涂层板状试样的表面粗糙度在 1.57~2.53 mm 之间。可见, 喷丸后涂层未发生剥落, 并且粗糙度得到显著改善, 并且在大应力条件下粗糙度降低更为明显。因此采用喷丸压力和时间分别为 0.4 MPa/4 min 的工艺参数又对 3 片叶片 (B~I5) 进行喷丸处理。可见, 尽管叶片 I3~I5 的表面粗糙度喷丸前都在 2 μm 以上, 甚至超过 3 μm, 但喷丸后表面粗糙度都显著降低至 1.6 μm 以下。这说明喷丸处理是降低涂层表面粗糙度的有效手段。

2.2 涂层喷丸前后的组织形貌

从 NiCoCrAlY 涂层喷丸前后的表面形貌可见, 原始态涂层表面为细小颗粒堆积组成, 局部有较高的突起。这主要是因为涂层涂覆过程中, 涂层是以原子团的形式沉积在基体表面, 形成高低不平的突起。而涂层经喷丸处理后表面非常平整、致密, 已看不到原始态表面所堆积的颗粒, 这可能是原来表面堆积的颗粒在喷丸作用下彼此焊合, 并被打实, 因此涂层粗糙度得以改善。

从 NiCoCrAlY 涂层喷丸前后的截面形貌可见, 原始态涂层表面有一定的起伏; 而喷丸处理后涂层表面平坦, 与基体结合紧密, 厚度略减小。这说明喷丸过程中玻璃丸的撞击作用不但使涂层表面更加平坦, 而且减少涂层内疏松和孔隙等缺陷, 使涂层更加致密, 因而涂层厚度略减小。文献 [3] 也表明喷丸处理使涂层密度提高 30% 以上。此外, 研究结果表明, 喷丸处理后 IC6 合金基体组织正常, 并且在进行

表 1 喷丸处理对 IC6 合金 NiCoCrAlY 涂层表面粗糙度的影响

Table 1 Effect of shot-peening on the roughness of NiCoCrAlY coating on IC6 alloy

Number of vanes	Parameters of shot peening	Roughness of basin, Ra/ μm			Roughness of back, Ra/ μm		
		Top	Middle	Bottom	Top	Middle	Bottom
1	0.2 MPa, 4 min	1.00	1.17	1.20	1.01	1.02	1.37
	Before shot peening	1.91	2.09	2.52	1.65	1.93	2.17
2	0.4 MPa, 4 min	0.87	0.93	0.96	0.79	0.94	1.16
	Before shot peening	2.88	2.98	2.66	2.52	2.86	2.67
3	0.4 MPa, 4 min	1.58	1.31	1.34	1.42	1.53	1.57
	Before shot peening	3.02	3.05	2.7	1.98	2.76	2.84
4	0.4 MPa, 4 min	1.22	1.21	1.55	1.58	1.14	1.20
	Before shot peening	2.36	2.84	2.12	2.79	2.94	2.64
5	0.4 MPa, 4 min	1.56	1.26	1.52	1.34	1.43	1.45

1100°C /2h 的热处理后未出现再结晶现象。

3 结 论

在涂层真空扩散处理后进行喷丸处理, 采取喷丸压力和时间分别为 0.4 MPa 和 4 min 的工艺参数, 可显著改善 NiCoCrAlY 涂层表面粗糙度, 使 R_a 降至 1.6 μm 以下, 并可提高涂层致密度。此外, 喷丸处理所引入的残余压应力没有引起基体 IC6 合金再结晶。因此采取喷丸处理改善 IC6 合金 NiCoCrAlY 涂层表面粗糙度是可行的。

参考文献:

- [1] HAN Y E, XING Z P, CHATURVEDI M C. Development and application of a DS cast Ni₃Al alloy IC6[A]. Structural Intermetallics 1997[C]. Pennsylvania TM S, 1997. 713-719.
- [2] 宋尽霞, 李树索, 肖程波, 等. IC6 合金 NiCoCrAlY 涂层在制造过程中的修复研究[J]. 材料工程, 2002(7): 20-23.
- [3] 高阳, 陈孟成, 李建平, 等. 射频磁控溅射沉积热障涂层结构特征及高温氧化性能[J]. 航空材料学报, 2000, 20(3): 61-66.
- [4] 郭洪波, 徐惠彬, 宫声凯, 等. 表面强化对 EB-PVD 热障涂层的高温氧化性能及结合强度的影响[J]. 稀有金属材料与工程, 2001, 30(4): 314-318.

Effect of Shot-Peening on Surface Roughness of NiCoCrAlY Coating on Ni₃Al Base Alloy IC6

SONG Jin-xia¹, HAN Ya-fang¹, LU Qing-quan², GONG Sheng-ka³, LI Shu-suo³, ZHAO Song²

(1. Beijing Institute of Aeronautical Materials, Beijing 100095, China; 2. Xinyi Machinery Factory, Pingba 561114, Guizhou, China; 3. School of Materials, Beijing University of Aeronautics & Astronautics, Beijing 100083, China)

Abstract The effect of shot-peening on the surface roughness of NiCoCrAlY coating on Ni₃Al base alloy IC6 was investigated. The results indicated that shot-peening could obviously decrease the roughness of NiCoCrAlY coating to smaller than 1.6 μm , and also increased the density of the coating as shot-peening was carried out after the vacuum diffusion heat-treatment of the coating, the pressure was 0.4 MPa and lasting time was 4 min. Moreover, the residual compressive stress did not result in the recrystallization of IC6 alloy. Therefore, it was feasible to decrease the surface roughness of NiCoCrAlY coating by shot-peening.

Key words shot-peening; NiCoCrAlY coating; surface roughness; IC6 alloy