

文章编号:1673-9981(2011)02-0109-04

碳化钨涂层耐热性能的研究

赵利,宋进兵,佟鑫

广东省工业技术研究院(广州有色金属研究院),广东 广州 510650

摘 要:研究了采用 WC-10Co4Cr 粉末和在 WC-10Co4Cr 粉末中添加 35%(质量分数),粒径为 15~45 μm 的纳米晶不锈钢粉末,在 304 不锈钢板上喷涂涂层的耐热性能.对 800 $^{\circ}\text{C}$,2 h 热腐蚀前后涂层的宏观与微观形貌进行了分析与表征.结果表明,热腐蚀后 WC-10Co4Cr 涂层严重氧化,出现了大面积的崩裂;而加入 35%(质量分数)不锈钢粉末的 WC-10Co4Cr 涂层表面在相同的试验条件下未发生变化.含纳米晶不锈钢粉末的涂层耐氧化性能显著提高.

关键词:WC 涂层;耐热试验;X 射线衍射

中图分类号: TG174.44 **文献标识码:** A

WC 涂层虽然具有较高的耐磨性,但由于其只适用于 540 $^{\circ}\text{C}$ 以下,因而它的使用范围受到了一定的限制.近年来,国外出现了一种能提高碳化钨涂层性能的制备方法^[1],这种新型涂层的制备方法是在碳化钨粉末中添加非晶或纳米晶合金粉末,利用非晶和纳米晶合金价格低、耐磨性好的特点,提高涂层的耐蚀性和韧性,并降低涂层的制备成本.本文通过在 WC-10Co4Cr 粉末中添加一定量的纳米晶不锈钢粉末,改善了 WC 涂层的耐热性能.

1 实验方法

试样的基体材料为 304 不锈钢.试样表面先经丙酮除油,再用 120 号白刚玉砂在 0.30~0.35 MPa 下进行喷砂处理.喷砂处理后试样的表面粗糙度 $Ra_{2\sim3\mu\text{m}}$.

试验了两种涂层的耐热性能,一种涂层是以粒径为 10~38 μm 的 WC-10Co4Cr 粉末为原料制备的(以下简称涂层 1),另一种涂层是以在涂层 1 的粉末中添加 35%(质量分数)的 15~45 μm 纳米晶不锈钢粉末(机械混合)为原料制备的(以下简称涂层 2).两种涂层均采用 HVOF(超音速火焰喷涂)工

艺制备,喷涂设备为德国 GTV 公司生产的超音速火焰喷涂系统.涂层的制备工艺参数列于表 1.

表 1 HVOF 喷涂工艺参数
Table 1 Technical parameters of HVOF

参数	参数值
煤油流量/(L·min ⁻¹)	0.43
氧气流量/(L·min ⁻¹)	900
燃烧室压力/MPa	0.73
送粉氮气流量/(L·min ⁻¹)	9.0
送粉盘转速/(r·min ⁻¹)	1.5~2.0
喷距/mm	380
喷枪横向移动速度/(mm·s ⁻¹)	1100
移动间距/mm	5
喷涂遍数/次	6~15

将所制备的两种涂层放入 800 $^{\circ}\text{C}$ 的马弗炉中进行耐热性能测试.在试验过程中每 30 min 打开一次马弗炉交换气氛,保温 2 h.试验完毕后,试样随炉冷却.

采用 D/max-III A 型 X 射线衍射仪分析粉末及涂层在热腐蚀前后相结构的变化.

收稿日期:2011-04-13
作者简介:赵利(1977—),女,陕西西安人,工程师,本科.

2 实验结果与讨论

2.1 粉末的 X 射线衍射分析

喷涂粉末的 X 射线衍射结果如图 1 所示. 由图 1(a)可见, WC-10Co4Cr 粉末中大部分为 WC 相, 还

有少量的 W_2C 相和未合金化的 Co 相. 图 1(b)中只见非晶产生的宽化的馒头峰, 因此, 纳米不锈钢粉末应是以非晶玻璃的形态存在. 另外, 由图 1 可见, 不锈钢粉末的衍射信号强度比 WC 粉末的信号强度弱.

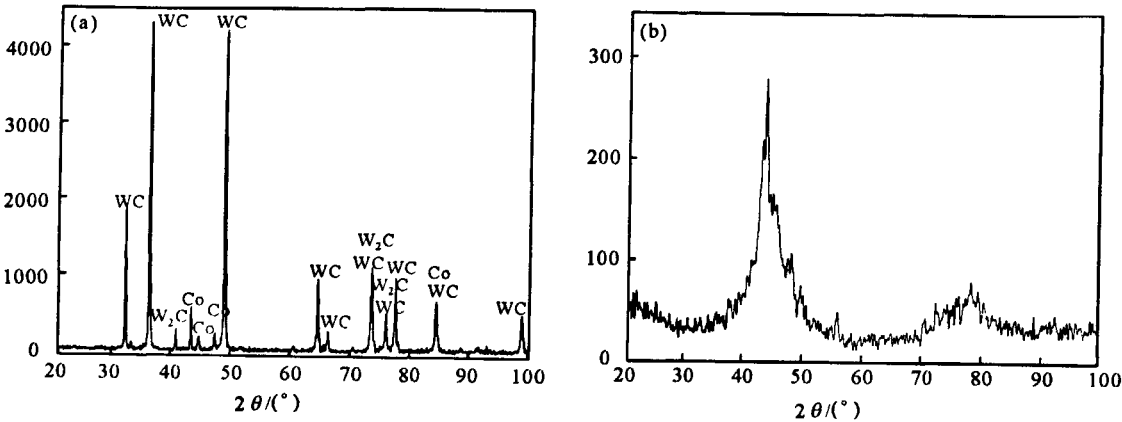


图 1 粉末的 X 射线衍射图
(a)WC-10Co4Cr 粉末; (b)不锈钢粉末
Fig. 1 X-ray diffraction pattern of the powder
(a)WC-10Co4Cr powder; (b)stainless steel powder

2.2 涂层的 X 射线衍射分析

涂层的 X 射线衍射结果如图 2 所示. 由图 2 可见, 涂层中 WC 相分解生成的 W_2C 相明显比粉末中的多; 而在粉末的衍射图(图 1(a))中 Co 衍射峰的

区域在涂层的衍射图中变成了宽化的馒头状, 说明涂层中存在一定量的非晶成分, 可能是 WC 与 Co 等反应的结果.

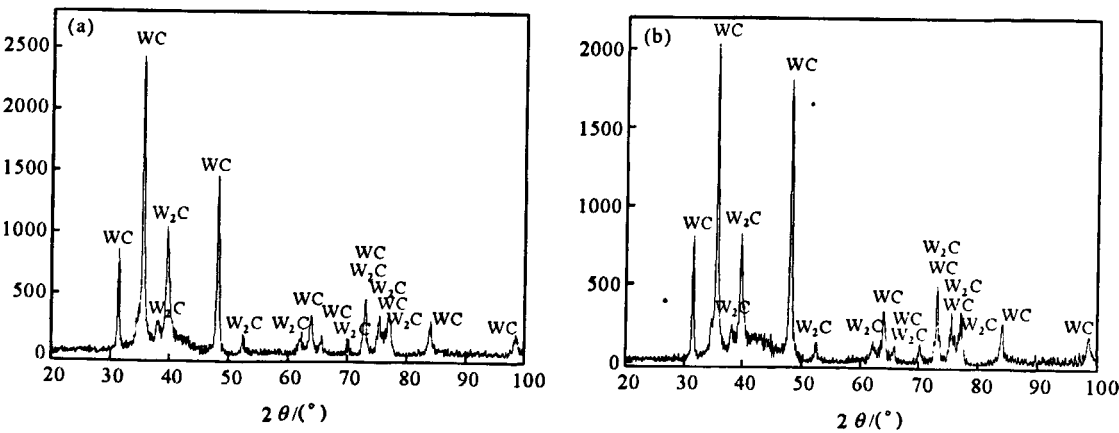


图 2 涂层的 X 射线衍射图
(a)涂层 1; (b)涂层 2
Fig. 2 X-ray diffraction pattern of the coating
(a) coating 1; (b) coating 2

由图2可见,两个涂层的衍射峰非常相似,加入的纳米晶不锈钢相在图2(b)上没有显示出来,这是由于它的衍射信号太弱,基本上被WC或 W_2C 相的衍射信号所遮蔽。

2.3 耐热测试

图3为经800℃,2h热腐蚀试验后涂层的宏观形貌。由图3可见,涂层1发生了严重的氧化,涂层大块崩裂、剥落;而涂层2的表面完整,未见任何剥落。因此,从涂层外观判断,在喷涂粉末中加入纳米晶不锈钢粉末可改善WC-10Co4Cr涂层的耐热性能。

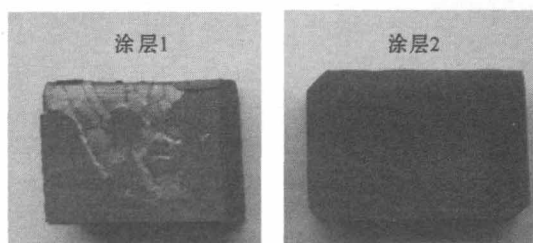


图3 耐热试验后涂层的宏观形貌

Fig.3 Macrograph of the coatings after thermal testing

2.4 热腐蚀后涂层的X射线衍射分析

图4是涂层经800℃,2h耐热试验后的X射线衍射图。由图4可见,涂层1中有大量的 WO_3 和 $CoWO_4$ 等氧化物。而涂层2中几乎只有 $CoWO_4$ 相,没有显现WC相及其他氧化产物的峰。这可以解释为:在加热过程中,纳米晶不锈钢中的纳米相扩散到较为疏松的WC-CoCr相后使涂层2在氧化后生成了致密的 $CoWO_4$ 相,遮盖了其他相的X射线衍射信号。

2.5 讨论

由于纳米晶不锈钢粉末的加入,涂层2中的WC-CoCr相经氧化后大部分都生成了致密的 $CoWO_4$ 相,而原来涂层2中的其它相全部变成非晶相,这些相在800℃,2h的耐热试验后涂层2的X射线衍射图中无法显现。

由于掺入的不锈钢粉末为纳米晶,粒径非常小,在涂层中容易扩散,因此,涂层2中的孔隙大大减少。而涂层1由于孔隙率高,受热时热量通过孔隙迅速传播,加剧了涂层的氧化,耐热试验后,涂层1中出现了大量的 WO_3 , $CoWO_4$ 等氧化物,这些氧化物

之间的粘合能力很差,导致涂层出现大面积的崩裂和脱落。由此可见,在喷涂粉末中掺入纳米晶不锈钢粉末能大大提高WC涂层的耐热性能。

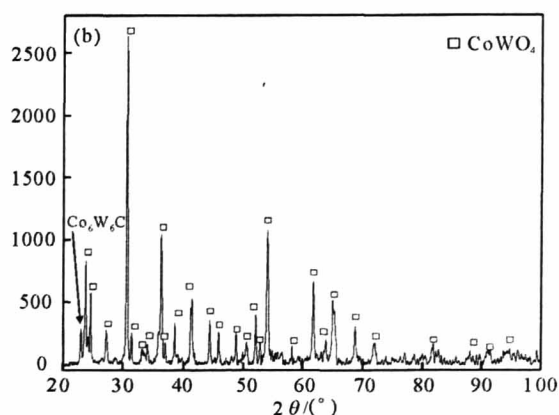
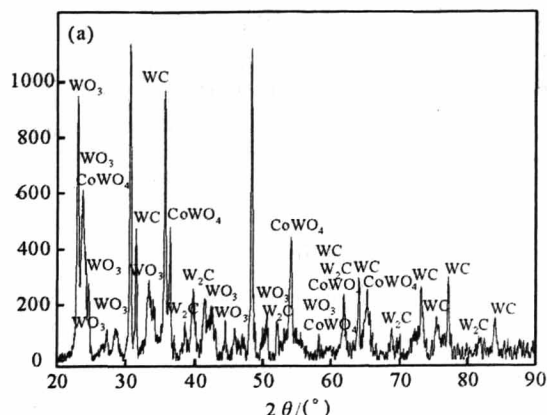


图4 耐热试验后的X射线衍射图

(a)涂层1;(b)涂层2

Fig.4 XRD pattern of the coatings after thermal testing

(a) coating 1; (b) coating 2

3 结论

经过800℃,2h耐热试验后,WC-10Co4Cr涂层出现了大面积的崩裂和脱落,而添加了35%(质量分数),粒径为15~45μm的纳米晶不锈钢粉末的WC涂层表面未发生变化。

参考文献:

- [1] DAVIS J R. Handbook of thermal spray technology[M]. Ohio: ASM International, 2004: 5.

Study on thermal resistance of WC coating

ZHAO Li, SONG Jinbing, TONG Xin

Guangdong General Research Institute of Industrial Technology (Guangzhou Research Institute of Non-ferrous Metals), Guangzhou 510650, China

Abstract: Thermal resistance of spray coatings fabricated respectively by WC-10Co4Cr powder and WC-10Co4Cr powder with 35% (wt%) nanocrystalline stainless steel powder (15—45 μm in diameter) on 304 stainless steel substrate was studied. Macroscopical and microcosmic surface characteristics of the coatings before and after thermal tests at 800 $^{\circ}\text{C}$ for 2 hours were investigated and compared. The results indicated that WC-10Co4Cr coating was badly oxidized with big area crack after thermal testing; however, under the same experimental condition none changes occurred at the surface of the coating which was formed by WC-10Co4Cr powder with addition of 35% (wt%) nanocrystalline stainless steel powder, and its oxygen resistance improved obviously.

Key words: WC coating; thermal resistance test; X-ray diffraction