

doi: 10.3969/j.issn.1007-9289.2014.01.005

等离子喷涂 WC-12Co/NiCrAl 复合涂层的 摩擦磨损特性*

郭华锋^{1,2}, 田宗军¹, 黄因慧¹

(1. 南京航空航天大学 机电学院, 南京 210016; 2. 徐州工程学院 机电工程学院, 江苏 徐州 221000)

摘 要: 以 NiCrAl 涂层为粘结层, 用等离子喷涂工艺在 TC4 钛合金表面制备了 WC-12Co/NiCrAl 复合涂层。通过扫描电镜(SEM)、能谱仪(EDS)、X 射线衍射仪(XRD)和显微硬度仪等手段分析了涂层微观形貌、化学成分和显微硬度, 并用磨损试验考察了 WC-12Co/NiCrAl 复合涂层的摩擦磨损特性。结果表明: WC-12Co 涂层表面未熔颗粒较多, 涂层截面孔隙率为 10.2%; WC 发生部分分解, 出现 W_2C 、 Co_6W_6C 等新相; 涂层与基体结合界面为机械结合+局部冶金结合方式; 显微硬度为双态 Weibull 分布, 呈现不同位置结构的差异化。WC-12Co 涂层表现出良好的减摩及耐磨性能, 同载荷下摩擦因数低于基体, 磨损失重为基体的 1/10, 磨粒磨损是其主要磨损机制。

关键词: 等离子喷涂; WC-12Co/NiCrAl; 复合涂层; 结合界面; 摩擦磨损

中图分类号: TG174.442; TG115.58 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-9289(2014)01-0033-07

Tribological Properties of WC-12Co/NiCrAl Composite Coating Prepared by Plasma Spraying

GUO Hua-feng^{1,2}, TIAN Zong-jun¹, HUANG Yin-hui¹

(1. College of Mechanical and Electrical Engineering, Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, Nanjing 210016; 2. School of Mechanical and Electrical Engineering, Xuzhou Institute of Technology, Xuzhou 221008, Jiangsu)

Abstract: WC-12Co coating was prepared on TC4 titanium alloy surface by plasma spraying with the NiCrAl coating as the bonding layer. The microstructure, chemical components and microhardness were analyzed by scanning electron microscopy (SEM), energy diffraction spectrum (EDS), X-ray diffraction (XRD) and microhardness tester. The tribological properties of WC-12Co/NiCrAl composite coating were discussed by the friction and wear test. The results show that the WC-12Co coating surface has many unmelted particles and the porosity of the cross section coating is 10.2%. WC particles partly decompose and form new phases of W_2C , Co_6W_6C , etc. The interface combination mode between the coatings and the substrate is mainly mechanical combination and local metallurgical combination. The microhardness of WC-12Co coating presents binary Weibull distribution, which shows structure differentiation at different positions. WC-12Co coating shows good anti-friction performance and abrasive resistance. The friction factor is lower than that of the substrate and the wear volume is only about 1/10 of the substrate. Abrasive wear is the main wear mechanism of the WC-12Co coating.

Key words: plasma spraying; WC-12Co/NiCrAl; composite coating; bonding interface; friction and wear

收稿日期: 2013-10-20; 修回日期: 2013-12-10; 基金项目: * 江苏省高校自然科学基金项目(11KJD460004)

作者简介: 郭华锋(1981—), 男(汉), 河南平舆人, 讲师, 博士生; 研究方向: 激光加工及表面工程技术

网络出版日期: 2013-12-20 07:25; 网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/11.3905.TG.20131220.0725.005.html>

引文格式: 郭华锋, 田宗军, 黄因慧. 等离子喷涂 WC-12Co/NiCrAl 复合涂层的摩擦磨损特性 [J]. 中国表面工程, 2014, 27 (1): 33-39.

0 引言

TC4 钛合金作为重要的结构材料在航空航天、海洋工程、石油化工等领域应用较多。为解决钛合金的低硬度、低耐磨性等问题,在实际工程应用中一般都采用表面涂层技术来提高其性能^[1-3]。热喷涂 WC-12Co 涂层是一种在高温焰流作用下以 WC 为硬质相,Co 为粘结相形成的一种硬面涂层。由于具有高硬度、高耐磨性及一定的韧性等优点而广泛用于金属零部件的表面防护或受损部位的修复等方面^[4-6],并得到了越来越多的关注。Wang Q^[7]等人采用超音速火焰喷涂技术分别制备了传统的 WC-12Co 涂层和多峰 WC-Co 涂层,并深入研究了 2 种涂层的磨粒磨损性能。结果表明 2 种涂层都能显著提高基体耐磨性能,且多峰 WC-Co 涂层的显微硬度和耐磨性比传统 WC-12Co 涂层略高。Heydarzadeh Sohi^[8]等人采用大气等离子喷涂技术在普通钢上成功沉积了 WC-12Co 涂层,并在氩气氛围中分别加热至 650、900 和 1 150 °C 且保温 1 h,进而研究了不同条件下涂层的摩擦磨损性能。结果表明:相对于基体而言,涂层的硬度和耐磨性明显提升,并且在 900 °C 下由于 η -C 的出现,硬度和耐磨性最优。张松等^[9]为进一步提高爆炸喷涂 WC-12Co 涂层的耐磨性,在 Q235 基体上制备了添加不同比例 MoS₂ 粉末的 WC-12Co/MoS₂ 复合涂层并研究了其摩擦磨损性能,结果表明当加入 2% MoS₂ 时,摩擦因数比普通 WC-12Co 涂层下降 50%,磨损率仅为普通涂层的 36%。马磊等^[10]研究了等离子喷涂 WC-12Co 涂层高温微动磨损特性。结果显示,涂层摩擦因数随着温度升高明显上升,但低于基体摩擦因数;各温度条件下涂层磨损体积均远低于基体,表现出优异的耐磨性能。可以看出,WC-12Co 涂层改善金属表面耐磨性能已经成为研究者的共识,但现有报道表明将 WC-12Co 涂层应用于 TC4 钛合金表面改性并进行摩擦学特性的研究相对较少^[11-12]。

文中以 NiCrAl 涂层为过渡层,利用等离子喷涂技术在 TC4 钛合金基体上制备了 WC-12Co 涂层,分析了涂层的微观组织、化学成分以及界面结合机理,并考察涂层的显微硬度和摩擦磨损性能。

1 试验方法

1.1 涂层制备

试验基材为退火态 TC4 钛合金板材,化学元素组成(质量分数/%)为:6.0 Al,4.0 V,0.3 Fe,0.08 C,0.05 N,0.015 H,0.2 O,余量为 Ti。喷涂试验在 Sulzer Metco 7MC 型等离子喷涂系统上进行,工艺流程:丙酮清洗基体→棕刚玉喷砂→预热 100~150 °C→喷涂过渡层→喷涂涂层→室温冷却,工艺参数如表 1 所示。

表 1 等离子喷涂工艺参数

Table 1 Technological parameters of the plasma spraying

Parameter	NiCrAl	WC-12Co
Current/A	500	500
Voltage/V	75	70
Flow rate of primary gas (Ar)/ (L · min ⁻¹)	40	32.6
Flow rate of secondary gas (H ₂)/ (L · min ⁻¹)	1.4	2
Stand-off distance/mm	100-110	110
Powder feed rate/(g · min ⁻¹)	50	100

喷涂时以 Sulzer Metco 公司生产的 443NS NiCrAl 粉末作为过渡层,粒度为 44~120 μm,其组成(质量分数/%)为:6.0 Al,余量为 NiCr。WC-12Co 粉末粒度为 15~45 μm,其组成为:(质量分数/%):88.0 WC,12.0 Co,喷涂前所有粉末进行烘干处理。在喷涂过程中控制过渡层厚度约 0.1 mm,WC-12Co 涂层厚度约 0.3 mm。

1.2 涂层分析与表征

采用 ZEISS EVO60 型扫描电镜观察 WC-12Co/NiCrAl 涂层表面-界面结合形貌,在 QUANTAX400-10 型能谱仪上分析元素化学成分,并通过灰度法测试涂层孔隙率。用 HV-1000 型显微维氏硬度仪测量涂层显微硬度,载荷 300 g,驻留时间 15 s,测试点 20 个,通过 Weibull 法进行统计分析。磨损试验在 SFT-2M 销盘式摩擦磨损试验机上进行,配副材料为 ϕ 5 mm 的 Si₃N₄ 陶瓷球,摩擦因数和磨损量由测试系统自动给出。试验参数:载荷分别为 6、10 和 15 N,运行速度 300 r/min,磨损时间 15 min,磨损半径 3 mm。磨损试验结束后用 Quanta™ 250 型扫描

电镜分析涂层磨痕形貌和磨损机理。

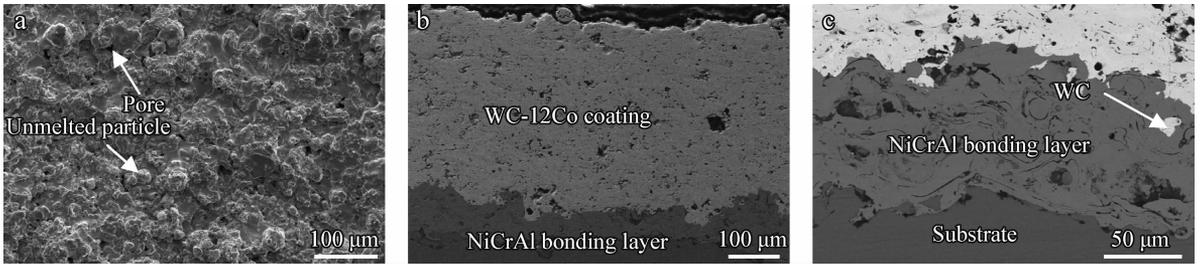
2 结果与讨论

2.1 涂层组织与性能分析

2.1.1 涂层表面与截面形貌

图 1 为 WC-12Co 涂层表面与界面形貌。图 1(a)为 WC-12Co 涂层表面形貌,可以看出表面较为粗糙,未熔颗粒较多且大小不一。主要由于 WC-12Co 粉末中 WC 含量较多且熔点高,在焰流中受热时间较短,来不及完全熔化便撞击到基体表面并以骨架形式保留,当骨架间缺少粘结

相 Co 的液相补充时,涂层内便产生较多孔隙,如图 1(b)所示。经灰度法测量涂层孔隙率为 10.2%,这些随机分布的孔隙,在油润滑场合能够增加贮油能力,在一定程度上起到减摩作用,从而提高涂层的使用寿命,但干摩擦场合会降低涂层耐磨性和使用寿命^[13]。图 1(c)为 NiCrAl 过渡层-基体结合界面形貌,可以看出涂层/基体间结合紧密,但分界线明显,说明涂层/基体间以机械结合为主。部分 WC 颗粒由于高速撞击侵入到过渡层中,与过渡层形成了牢固的“互锁”,有利于提高涂层界面结合强度。



(a) Surface morphology (b) Interface of WC-12Co coating and NiCrAl bonding layer (c) Interface of NiCrAl bonding layer and TC4 substrate

图 1 WC-12Co 涂层的表面与界面形貌

Fig. 1 Surface and interface morphologies of the WC-12Co coating

2.1.2 涂层的成分与结构

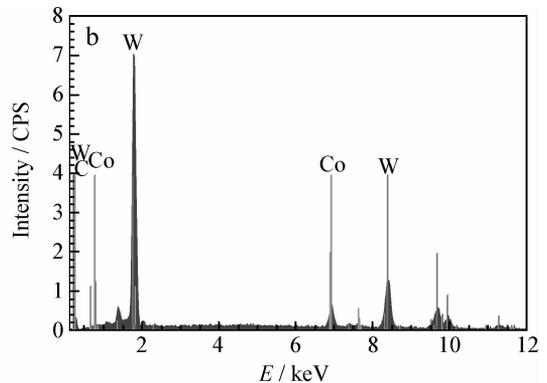
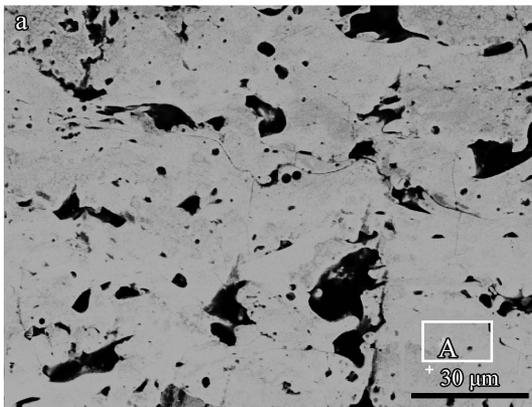
图 2 为涂层点 A 处能谱分析结果,可以看出涂层主要由 W、C 和 Co 等元素构成,与喷涂用粉末成分一致。

结合 XRD 衍射图谱(图 3)可见,有新相 W_2C 出现,这是由于在喷涂过程中 WC 在高温作用下发生了脱碳反应,C 原子发生损耗造成的;未发现 O

元素出现,说明喷涂过程中没有氧化物夹杂产生。由图 3 可见,WC 是涂层的主要物相,兼有新相 W_2C 、 Co_6W_6C ,同时在 $74^{\circ}\sim 80^{\circ}$ 处出现少量的 W 相杂峰,但峰值较低,其相对含量也较少,这表明在等离子喷涂过程中,材料各成分损失极少。

2.1.3 界面成分

图 4 为 WC-12Co 涂层-NiCrAl 过渡层和



(a) SEM (b) EDS of point A

图 2 WC-12Co 涂层截面点 A 处的能谱分析

Fig. 2 Energy dispersion spectrum of WC-12Co coating at point A

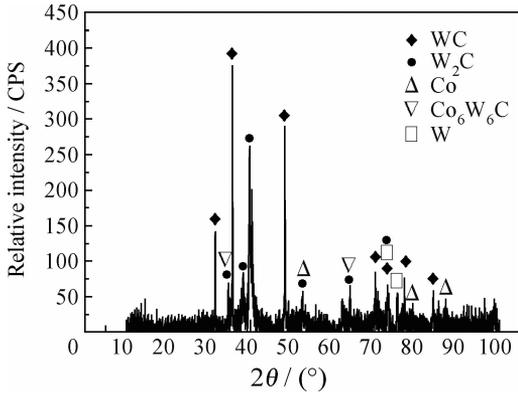
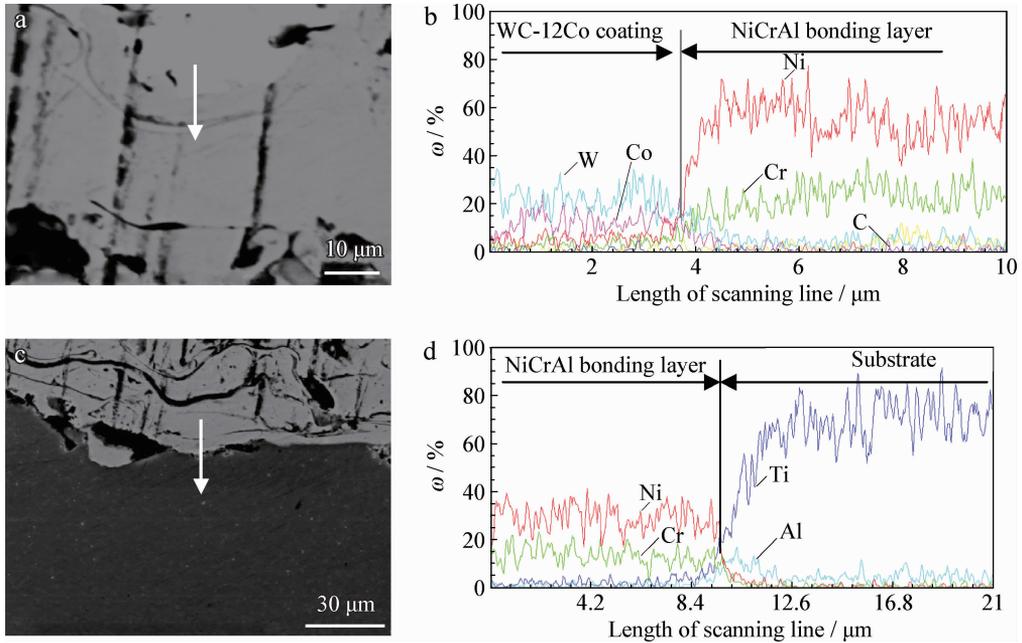


图3 WC-12Co 涂层表面的 XRD 图谱

Fig. 3 XRD patterns of WC-12Co coating

NiCrAl 过渡层-基体截面形貌及线扫描分析结果。图 4(a)为 WC-12Co 涂层-NiCrAl 过渡层线扫描分析处截面,结合图 4(b)可见,WC-12Co 涂层中 W、Co 原子已渗透到过渡层中,同时过渡层中 Ni、Cr 原子也渗透到 WC-12Co 涂层中。这表明 WC-12Co 涂层与 NiCrAl 过渡层发生了微小区域原子扩散,形成了局部微冶金结合。图 4(c)为 NiCrAl 过渡层-基体线扫描分析处截面,结合图 4(d)可见,NiCrAl 过渡层中 Ni 原子和基体中 Ti 原子也发生了一定的相互扩散,改善了两层结合状态。结合前述图 1 分析结果,涂层界面结合状态是以机械结合为主,伴有局部微冶金结合。



(a) Morphology of WC-12Co coating and NiCrAl bonding layer (b) Line scanning of (a) (c) Morphology of NiCrAl bonding layer and TC4 substrate (d) Line scanning of (c)

图4 WC-12Co 涂层-NiCrAl 过渡层-基体的截面形貌及线扫描分析

Fig. 4 Cross section morphologies and line scanning of WC-12Co coating-NiCrAl bonding layer-substrate

2.1.4 显微硬度

等离子喷涂涂层具有层状结构,存在孔隙等缺陷,显微硬度值分散性较高。单纯依靠硬度离散点值或均值不足以说明涂层的总体性能,因而需要对其进行 Weibull 统计分析^[14-15]。Weibull 分布是常用的一种描述材料缺陷分布的方法,其显微硬度值概率累积密度分布函数可用式(1)描述:

$$F(HV) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{HV}{\eta}\right)^m\right] \quad (1)$$

式中: η 为尺度参数,也称 Weibull 模数; HV 为显微硬度测量值; m 为形状参数,用来描述

涂层力学性能的离散性,是衡量材料可靠性的重要参数^[15]。 m 值越大,表明测试值分散性越低,涂层性能越稳定,反之,涂层性能越不稳定。对各测试点分别求出 $\ln HV$ 及 $\ln \ln(1/(1-F(HV)))$ 坐标值,并进行线性回归,即可得到 Weibull 分布曲线,该曲线斜率值即为形状参数 m 。

WC-12Co 涂层-基体截面显微硬度值的 Weibull 分布如图 5 所示。涂层硬度区间为 822.9~1 226.2 $HV_{0.3}$,呈现明显的双态分布,2 个区间内分布曲线斜率值相差很大且大部分测试点回归方程的斜率非常小,表明测试值分散性较高,这

是因涂层主要由 WC 颗粒和粘结剂 Co 组成,不同部位结构差异较大,硬度不均匀所致。WC 硬质相上显微硬度较高,而孔隙处或层间结合处显微硬度较低,从而在硬度上表现出较大的分散性。基体硬度的 Weibull 分布为常规的单模分布,显微硬度值在 318.4~385.3 HV_{0.3} 之间波动,也存在一个较小的分散。具体表现在基体表层和基体下部显微硬度不均匀,其原因是基体表层受到熔融粒子撞击及热影响,晶粒细化,硬度得到提高,而远离表层的基体下部位仍保持原有硬度。但涂层和基体相关因数均大于 92%,表现出较好的拟合优度。

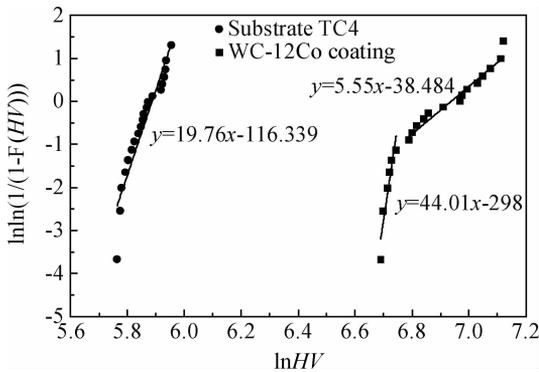


图 5 WC-12Co 涂层及基体截面显微硬度的 Weibull 分布

Fig. 5 Weibull distributions of microhardness in WC-12Co coating and substrate sections

2.2 摩擦磨损性能

涂层应用场合不同,所承受的载荷大小也不同,因此衡量涂层耐磨性能一般会分别考察低载荷、中等载荷和高载荷磨损情况。研究表明^[16]:不同载荷和接触应力下涂层磨损机制和失效形式不同。文中主要讨论低载荷工况下涂层摩擦学性能,摩擦过程中涂层所受接触应力可以通过赫兹应力公式计算^[17]:

$$P_0 = 0.5784 \sqrt[3]{p/(R\eta)^2} \quad (2)$$

$$\eta = (1-\nu_b^2)/E_b + (1-\nu_c^2)/E_c \quad (3)$$

式中: P_0 为接触应力, GPa; R 为对磨球半径, mm; p 为对磨球顶点处载荷大小, N; η 为弹性系数; E_b, ν_b, E_c, ν_c 分别为球体和涂层的弹性模量及泊松比。Si₃N₄ 弹性模量及泊松比^[18] 分别为 320 GPa 和 0.26; WC-12Co 涂层弹性模量及泊松比^[19] 分别为 398 GPa 和 0.25, 由上述公式即可计算出不同载荷下接触应力值。

2.2.1 摩擦因数

图 6 为在 15 N 载荷下涂层和基体的摩擦因数曲线。基体摩擦因数的变化规律分为 3 个阶段:①磨损时间为 0~200 s 时,摩擦因数逐步增加;②当磨损时间达到 200~400 s 时,摩擦因数处于基本平稳状况;③当磨损时间在 400 s 以后,摩擦因数在 0.256~0.801 之间发生剧烈波动,均值为 0.401。出现上述现象的主要原因:①由于陶瓷球导热性差,与基体间黏着作用增强,摩擦阻力增大;②基体表面硬度较低,在陶瓷球的微切削作用下,基体表面产生较多犁沟,增加了表面粗糙度,使得摩擦因数增大,并产生大幅度波动。WC-12Co 涂层摩擦因数在 100 s 内完成跑合期,后续磨损过程趋于稳定,摩擦因数介于 0.306~0.374 之间,均值为 0.356。在涂层的磨损过程中,由于其表面硬度较高,承载能力强,实际接触面积小,摩擦阻力小,摩擦因数表现较低,这说明涂层的减摩效果优于基体。

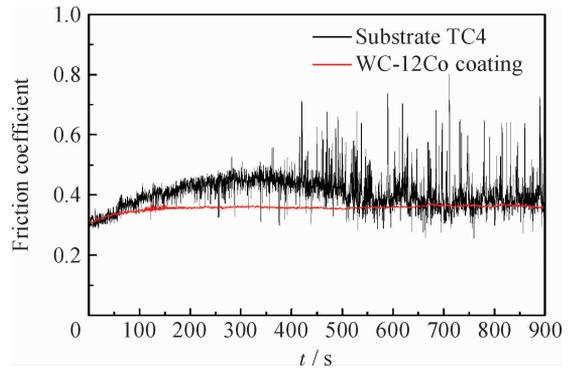


图 6 基体和 WC-12Co 涂层在 15 N 载荷下的摩擦因数

2.2.2 磨损量

图 7 为在不同载荷下 WC-12Co 涂层和基体的体积磨损量。当载荷由 6 N 增加至 15 N 时, TC4 基体的体积磨损量由 0.713 mm³ 增大至 1.394 mm³^[20]。这主要由于基体硬度较低,陶瓷球表面微凸体及磨屑对基体产生较强的犁削作用。WC-12Co 涂层的体积磨损量明显地低于基体,且增幅较为缓慢。当载荷由 6 N 增加至 15 N 时, WC-12Co 涂层的体积磨损量由 0.069 mm³ 增大至 0.14 mm³, 仅为基体的 1/10。这是由于 WC-12Co 涂层中硬质相含量较高且硬度高,抗磨损能力强,从而耐磨性得到显著提高。

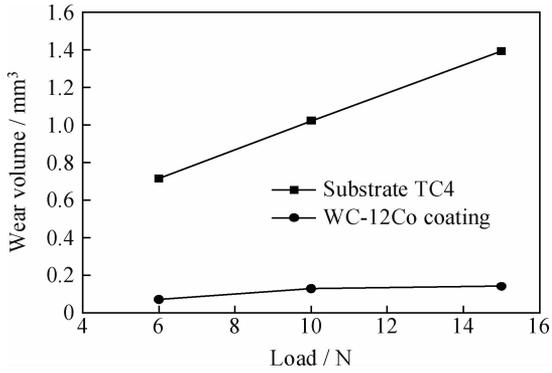
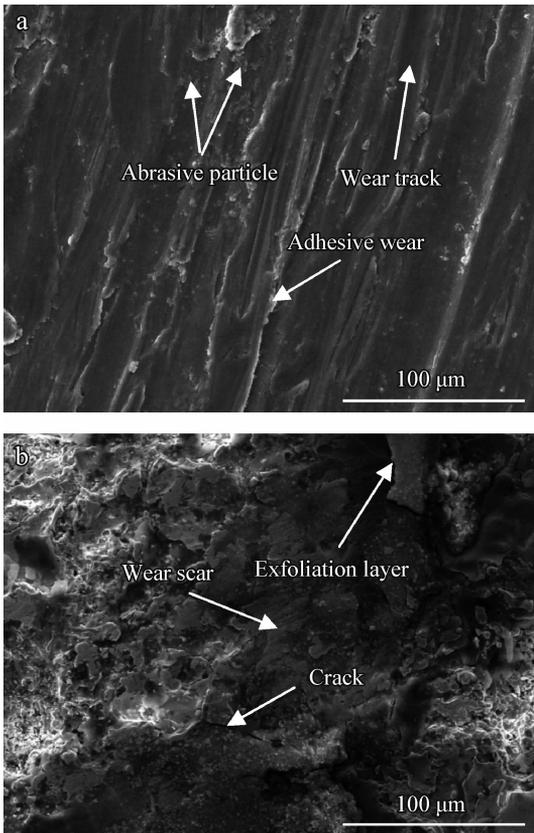


图7 不同载荷下基体和 WC-12Co 涂层的体积磨损量

Fig. 7 Wear volumes of the substrate and WC-12Co coating under different loads

2.2.3 磨损机制

以 15 N 载荷例,此时接触应力为 2.56 GPa。如图 8(a)所示,可以看出 TC4 基体由于硬度较低,对磨过程中形成深而宽的犁沟,且存在一定量的磨粒,表现为明显的黏着磨损和磨粒磨损特



(a) Substrate (b) WC-12Co coating

图8 TC4 基体和 WC-12Co 涂层在 15 N 载荷下的磨损表面形貌

Fig. 8 Surface wear morphologies of TC4 substrate and WC-12Co coating under the load of 15 N

征。图 8(b)为 WC-12Co 涂层磨损表面形貌,可以看出由微切削造成的细而浅的划痕,看不到塑性流动和黏着特征,但存在少量裂纹和局部片状层。这是由于 WC-12Co 涂层中存在大量 WC 及少量 W_2C 等硬质相,不易犁削。但在循环接触应力剪切作用下容易形成应力集中,从而在涂层片状衔接部位结合力较弱处诱发裂纹^[21]。若后续磨损过程中裂纹一旦失稳扩展,就会发生疲劳而产生脆相剥落,进一步转化成磨粒磨损,因此,WC-12Co 涂层表现为磨粒磨损机制。

3 结论

(1) WC-12Co/NiCrAl 复合涂层表面存在较多未熔 WC 颗粒,涂层截面孔隙率为 10.2%,同时显微硬度呈现异于基体的双态分布。

(2) WC-12Co/NiCrAl 复合涂层与基体间以机械结合为主,伴随局部微冶金结合。

(3) 涂层具有良好的减摩作用,在载荷 15 N 作用下 WC-12Co 涂层摩擦因数低于基体。体积磨损量约为基体的 1/10,磨损机制以磨粒磨损为主,而基体则表现为磨粒磨损和粘着磨损。

参考文献

- [1] Al-Aqeeli N, Yilbas B S, Tabet N. The effect of laser pulse frequency on the microstructure and morphology of duplex treated Ti-6Al-4V alloy [J]. Surface & Coatings Technology, 2011, 205(8/9): 3073-9.
- [2] Wang Y, Li C G, Guo L X, et al. Laser remelting of plasma sprayed nanostructured Al_2O_3 - TiO_2 coatings at different laser power [J]. Surface & Coatings Technology, 2010, 204(21/22): 3559-66.
- [3] Li J N, Chen C Z, Lin Z Q, et al. Phase constituents and microstructure of laser cladding Al_2O_3/Ti_3Al reinforced ceramic layer on titanium alloy [J]. Journal of Alloys and Compounds, 2011, 509(14): 4882-6.
- [4] Wojciech Zórawski. The microstructure and tribological properties of liquid-fuel HVOF sprayed nanostructured WC-12Co coatings [J]. Surface & Coatings Technology, 2013, 220: 276-281.
- [5] Wang Q, Xiang J, Chen G Y, et al. Propylene flow, microstructure and performance of WC-12Co coatings using a gas-fuel HVOF spray process [J]. Journal of Materials Processing Technology, 2013, 213(10): 1653-60.
- [6] 雷强, 李文亚, 袁建辉, 等. 亚微米 WC 添加对超音速火焰喷涂 WC-Co 涂层磨损性能影响 [J]. 中国表面工程, 2012, 25(2): 43-48.
- [7] Wang Q, Chen Z H, Ding Z X. Performance of abrasive

wear of WC-12Co coatings sprayed by HVOF [J]. Tribology International, 2009, 42(7): 1046-51.

- [8] Heydarzadeh Sohi M, Ghadami F. Comparative tribological study of air plasma sprayed WC-12%Co coating versus conventional hard chromium electrodeposit [J]. Tribology International, 2010, 43(5/6): 882-886.
- [9] 张松, 张开祥, 胡方, 等. 爆炸喷涂 WC-12Co/MoS₂ 复合涂层的摩擦磨损性能 [J]. 焊接学报, 2010, 31(12): 49-52.
- [10] 马磊, 刘捍卫, 朱旻昊, 等. 等离子喷涂 WC-12Co 涂层滑移区高温微动磨损特性研究 [J]. 润滑与密封, 2009, 34(6): 28-31.
- [11] 张学萍, 张佳平. TC4 基体等离子喷涂 WC-Co 涂层的工艺研究 [J]. 沈阳理工大学学报, 2010, 29(1): 64-67.
- [12] Luo Y, Yang L, Tian M C, et al. The friction and wear behavior of WC coating on medical grade titanium alloys [J]. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part J: Journal of Engineering Tribology, 2013, 227(6): 845-849.
- [13] 王春明. 掺杂纳米 SiC 的硫化物等离子喷涂复合涂层摩擦学性能研究 [D]. 南京: 东南大学, 2006.
- [14] 毛卫国, 陈强, 张斌, 等. 等离子喷涂热障涂层材料弹性模量与硬度的压痕测试分析 [J]. 材料工程, 2011, 10: 66-71.
- [15] 赵文明, 王俊, 翟长生, 等. 纳米复合涂层 ZrO₂/0.05w (Al₂O₃)力学性能的 Weibull 分布特性 [J]. 中国表面工

程, 2005, 18(4): 13-17.

- [16] 朴钟宇, 徐滨士, 王海斗, 等. 滚动接触条件下铁基涂层的疲劳磨损寿命实验研究 [J]. 材料工程, 2010, 6: 50-53.
- [17] 张显程. 面向再制造的等离子喷涂层结构完整性及寿命预测基础研究 [D]. 上海: 上海交通大学, 2007.
- [18] 董洁, 袁守谦, 刘晓燕, 等. Si₃N₄ 陶瓷/45 钢钎焊接头残余热应力数值模拟 [J]. 铸造技术, 2008, 29(9): 1264-6.
- [19] Onur Sayman, Faruk Sen, Erdal Celik, et al. Thermal stress analysis of WC-Co/Cr-Ni multilayer coatings on 316L steel substrate during cooling process [J]. Materials and Design, 2009, 30(3): 770-774.
- [20] 郭华锋, 孙涛, 李菊丽, 等. 钛合金表面等离子喷涂 Ni 基 WC 涂层的组织及性能分析 [J]. 中国表面工程, 2013, 26(2): 21-28.
- [21] Hou G L, An Y L, Liu G, et al. Effect of atmospheric plasma spraying power on microstructure and properties of WC-(W,Cr)2C-Ni coatings [J]. Journal of Thermal Spray Technology, 2011, 20(6): 1150-60.

作者地址: 江苏省徐州市新城区丽水路 1 号 221000
徐州工程学院机电工程学院
Tel: (0516) 8310 5206
E-mail: ghfmaster@163.com

(责任编辑: 常青)

• 本刊讯 •

《中国表面工程》在京编委座谈会顺利召开

2014 年 1 月 18 日,《中国表面工程》在京编委座谈会在装甲兵工程学院召开。《中国表面工程》编委会主任徐滨士院士、副主任马世宁教授、朱胜教授以及编委宋天虎、曹春晓、王国彪等共计 24 人参加会议。

会议由编委会副主任马世宁教授主持,编委会副主任、再制造技术重点实验室主任朱胜教授首先致辞,肯定了实验室和期刊发展的相互促进。编辑部常务副主编张伟教授汇报了《中国表面工程》近年的工作进展和主要成绩,分析了现阶段面临的困难,并提出相应对策。随后,各位编委踊跃发言,深入探讨,在充分肯定期刊成绩的同时,分析了期刊发展的瓶颈,并就当前形势提出了应对策略。

编辑部将认真领会编委的意见,思考改革创新的方向,并制定具体措施和计划。在中国机械工程学会的支持下,在编委的指导和帮助下,《中国表面工程》将坚持不懈的努力,越办越好。