

# La<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 含量对 (TiC+TiB)/IMI834 复合材料组织及耐磨性的影响

郑博文, 袁晓光, 董福宇, 左晓姣, 孙亮, 黄宏军

(沈阳工业大学 材料科学与工程学院, 辽宁沈阳 110870)

**摘要:** 采用原位自生熔铸法制备了不同La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>含量的钛基复合材料, 研究了La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>含量对钛基复合材料的显微组织、硬度及耐磨性的影响。结果表明: 通过原位生成La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>颗粒在钛合金基体中弥散分布, 这些颗粒可以阻碍位错和晶界的运动, 对复合材料有一定弥散强化作用; 与未添加La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>钛基复合材料相比, 添加0.2vol.%La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>后, (TiB+TiC)/IMI834钛基复合材料显微组织及性能达到最佳, 洛氏硬度HRC从52.1增加到55.1, 比磨损率从 $4.06 \times 10^{-7} \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{mm}$ 减少到 $3.05 \times 10^{-7} \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{mm}$ , 平均摩擦系数从0.30降低至0.24, 磨损面仅存在较浅的犁沟, 磨损机制为轻微的磨粒磨损。

**关键词:** 钛基复合材料; La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; 微观组织; 耐磨性

作者简介:

郑博文(1989-), 男, 讲师, 博士, 研究方向为凝固理论及近终成形技术。E-mail: zhengbowen89@163.com

通讯作者:

黄宏军, 男, 教授, 博士生导师。E-mail: huanghong1977@163.com

中图分类号: TB33

文献标识码: A

文章编号: 1001-4977(2021)08-0933-06

基金项目:

辽宁省教育厅基金(LQGD2019001)。

收稿日期:

2020-11-24 收到初稿,

2021-03-29 收到修订稿。

随着汽车轻量化的需求不断提高, 钛基复合材料因其优异的比强度、比刚度及耐腐蚀性等特点, 被认为是排气阀、连杆、气门弹簧座、制动盘等汽车零部件的理想候选材料<sup>[1-2]</sup>。作为汽车发动机零件和制动盘, 这些部件在服役过程中不可避免地会出现摩擦磨损问题, 但目前多数研究者主要关注增强相对钛基复合材料高温强度、抗氧化性等性能的影响, 对于钛基复合材料的磨损性能却鲜有报道。

为更好地扩展钛基复合材料的使用范围, 有必要对钛基复合材料的强度、塑性和耐磨性进行提升。耐磨性通常与硬度直接相关, 而硬度又与韧性成反比, 这意味着硬度的增加, 伴随着韧性的降低<sup>[3-5]</sup>。因此, 应综合考虑硬度、韧性、热性能和耐磨性之间的关系, 控制钛基复合材料中增强相的形状和尺寸是获得优异综合性能的关键。

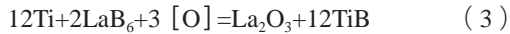
近年来, 通过原位合成方式在钛基复合材料中添加稀土氧化物, 如Nd<sub>2</sub>O<sub>3</sub><sup>[6-7]</sup>、Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub><sup>[8-10]</sup>和La<sub>2</sub>O<sub>3</sub><sup>[11-12]</sup>, 能够降低基体中氧的内氧化作用, 进一步改善组织及提高力学性能。因此, 要充分发挥稀土元素在钛基复合材料中的有利作用, 有必要对合金中稀土元素的添加量进行优化, 以获得更细、更分散的稀土氧化物颗粒。

本文采用原位合成熔铸法制备了TiC、TiB和La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>三元增强IMI834基复合材料。研究了La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>含量对钛基复合材料组织、硬度和摩擦性能的影响。研究结果可为钛基复合材料在制动盘、曲轴等高强度、高耐磨机械零件上的潜在应用提供参考。

## 1 试验材料及方法

试验原材料包括: 基体合金为IMI834钛合金, 化学成分(质量分数%)为Ti-5.5Al-4Sn-4Zr-0.3Mo-1Nb-0.5Si-0.06C, TiB<sub>2</sub>粉末(纯度99%, 平均粒径5 μm), B<sub>4</sub>C粉末(纯度98%, 平均粒径50 μm), C粉末(纯度99.8%, 平均粒径5~7 μm), LaB<sub>6</sub>粉末(纯度99%, 平均粒径5 μm)。通过原位合成法制备xLa<sub>2</sub>O<sub>3</sub>+6vol.%(TiB+TiC)/IMI834复合材料(x=0、0.1vol.%、0.2vol.%、0.3vol.%), 其中TiB与TiC增强相添加比例为1:1。样品制备采用真空非自耗电弧炉

进行熔炼, 保护气为氩气, 为了保证材料组织的均匀性, 所有制备试样需要进行5~6次正反面反复熔炼, 熔炼过程所涉及的原位反应如下:



采用MMU-5G型高温高速摩擦磨损试验机测试钛基复合材料耐磨性, 摩擦形式为销盘摩擦磨损, 对磨材料为Cr12MoV钢(HRC58~60)。试验条件为干滑动摩擦, 环境温度25℃, 法向载荷为100N, 转速为100 r/min, 时间为30 min。用电子分析天平JA5003(精度为0.001 g)测定磨损前后试样的重量, 用阿基米德排水法测定密度, 然后利用公式(4)计算钛基复合材料的比磨损率。

$$W=\frac{V}{S\times F} \quad (4)$$

式中:  $W$ 为比磨损率,  $\text{mm}^3\cdot\text{N}^{-1}\cdot\text{mm}^{-1}$ ;  $V$ 为磨损量,  $\text{mm}^3$ ;  $S$ 为总滑动距离, mm;  $F$ 为载荷, N。

采用日立S-4800N型扫描电子显微镜进行组织微观形貌和磨损表面观察。钛基复合材料的相组成通过岛津7000型XRD设备进行XRD分析, 选取的角度为 $20^\circ\sim 100^\circ$ , 在室温下进行, 扫描速度 $8^\circ/\text{min}$ , 电压为40 kV, 电流为40 mA。采用HR-150A型洛氏硬度计对不同组分的钛基复合材料进行硬度测试, 每个样品的最终硬度值为5次测试结果的平均值。利用日本Olympus4100型激光共聚焦显微镜对磨损表面进行三维表征, 同时能够获得磨损面粗糙度的精确数值。

## 2 结果与讨论

### 2.1 不同 $\text{La}_2\text{O}_3$ 含量钛基复合材料相组成

图1为不同 $\text{La}_2\text{O}_3$ 含量钛基复合材料的XRD图谱。所添加的C、 $\text{B}_4\text{C}$ 及 $\text{LaB}_6$ 粉末在熔炼过程中与基体发生原位反应, 生成了TiB、TiC和 $\text{La}_2\text{O}_3$ 三种增强相, 并且代表 $\text{La}_2\text{O}_3$ 的衍射峰的强度随 $\text{La}_2\text{O}_3$ 含量的增加而逐步增强。

### 2.2 $\text{La}_2\text{O}_3$ 含量对复合材料组织的影响

图2为不同 $\text{La}_2\text{O}_3$ 含量6vol.% (TiB+TiC)/IMI834复合材料的显微组织。如图2a所示, 未添加 $\text{La}_2\text{O}_3$ 增强相时, 基体组织均为网篮组织, TiC多为棒状或颗粒状, TiB为短针状。当 $\text{La}_2\text{O}_3$ 含量为0.1vol.%时, TiC和TiB的尺寸略微减小, 并形成较小尺寸的球状 $\text{La}_2\text{O}_3$ 颗粒, 见图2b。其中 $\text{La}_2\text{O}_3$ 颗粒中La元素来自 $\text{LaB}_6$ 粉, 而O元素来自钛基体中固溶存在的O(约0.10%~0.20%<sup>[13]</sup>), 以及炉内环境中存在少量的O元素。随着 $\text{La}_2\text{O}_3$ 含量增加到0.2vol.%时, TiC呈球状与等轴状, 尺寸明显减小,

有沿 $\beta$ -Ti晶界分布的趋势, TiB晶须更细, 见图2c。当 $\text{La}_2\text{O}_3$ 含量为0.3vol.%时, TiC尺寸进一步变小, TiB更为细小, 并出现大尺寸 $\text{La}_2\text{O}_3$ 颗粒, 见图2d。在图2d中存在白色球状颗粒, 进行能谱分析, 发现确为稀土氧化物 $\text{La}_2\text{O}_3$ , 见图3。

由上述分析可知, 添加稀土元素La后, 复合材料析出 $\text{La}_2\text{O}_3$ , 并且随着La含量的增多, 钛基复合材料中析出的 $\text{La}_2\text{O}_3$ 越多。其中, La元素能够改善钛基复合材料组织, 归结于对结晶过程参数的影响。在过冷液体中新相结晶时, 新相的均质形核率 $N^*$ 见式(5)。

$$N^*=K_v\left(\frac{\Delta G_k}{kT}\right)\exp\left(-\frac{\Delta G_A}{kT}\right) \quad (5)$$

式中:  $K_v$ 为比例常数;  $\Delta G_k$ 为形核功;  $\Delta G_A$ 为原子从液相转移到固体晶核上所需要的激活能。形核功表达式见式(6)。

$$\Delta G_k=\frac{16\pi\sigma^3T_m}{3(L_m\Delta T)^2} \quad (6)$$

稀土La属于表面活性物质, 起到降低比界面能 $\sigma$ 的作用, 因而降低形核功 $\Delta G_k$ , 从而提高形核率 $N^*$ ; 另外 $\text{La}_2\text{O}_3$ 颗粒也可能作为异质形核的核心, 增加形核率; 析出的 $\text{La}_2\text{O}_3$ 颗粒对晶界有钉扎作用, 阻碍晶粒长大<sup>[14]</sup>。

La元素能够影响TiC及TiB形态的原因: 由于晶界处晶格畸变较大能量高, 原子更易扩散, 因此TiC及TiB增强相优先在晶界上形核长大。稀土元素能够降低合金固液界面张力, 从而提高形核率。添加 $\text{La}_2\text{O}_3$ 后, 合金 $\beta$ 晶粒发生细化,  $\beta$ -Ti晶核的数量增多与长大, 使复合材料熔体微区数量增多, 熔体微区能够限制TiC及TiB的长大, 因此TiC及TiB颗粒尺寸降低<sup>[15]</sup>。

### 2.3 $\text{La}_2\text{O}_3$ 含量对钛基复合材料硬度及摩擦磨损性能的影响

图4为不同 $\text{La}_2\text{O}_3$ 含量6vol.% (TiB+TiC)/TC4复合材料的硬度。由图可知, 随着 $\text{La}_2\text{O}_3$ 含量的增多, 硬

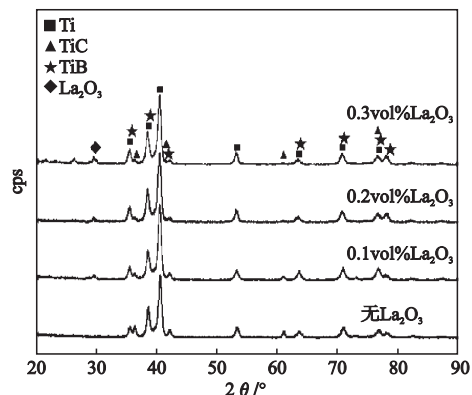


图1 不同 $\text{La}_2\text{O}_3$ 含量复合材料的XRD图谱  
Fig. 1 XRD analysis of TMCs with different  $\text{La}_2\text{O}_3$  content

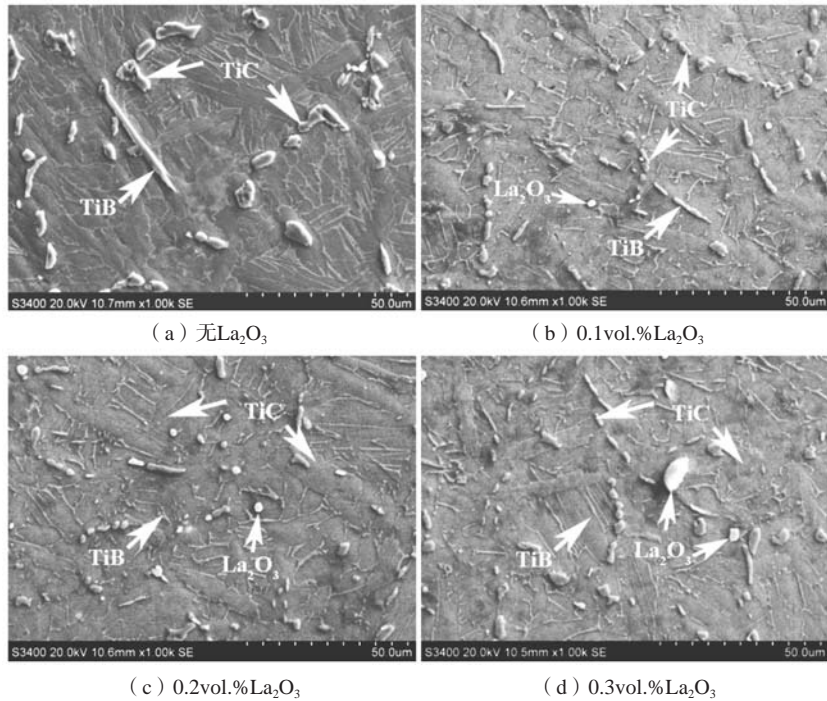


图2 不同La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>含量钛基复合材料的显微组织

Fig. 2 Microstructure of TMCs with different La<sub>2</sub>O<sub>3</sub> content

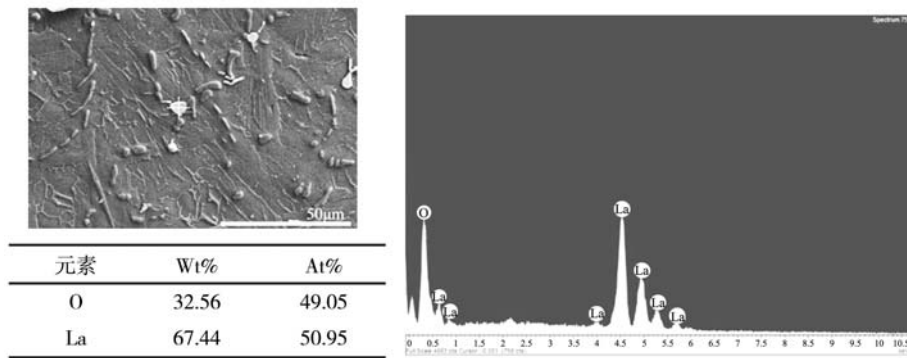


图3 0.3vol.%La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>钛基复合材料的能谱分析

Fig. 3 EDS analysis of 0.3vol.%La<sub>2</sub>O<sub>3</sub> TMCs

度总体呈现上升趋势，La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>含量由0增加到0.3vol.%时，洛氏硬度由HRC52.1增加到HRC55.1。随着La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>含量增加，La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>含量为0.2vol.%时硬度达到最大为HRC55.1，当La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>含量为0.3vol.%时硬度值开始略微下降，但仍然高于未加稀土时的硬度。硬度提高的原因是：稀土La元素会细化基体α相尺寸形成细晶强化，更多的晶界形成能够阻碍位错的运动，以及弥散分布的细小硬质La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>颗粒也能够提高材料的硬度。

图4为不同La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>含量钛基复合材料比磨损率。根据Archard理论<sup>[16]</sup>，提高材料的硬度能显著提高材料的耐磨性，因此具有高强度、高硬度的材料通常具有较高的抗粘着磨损和接触疲劳性能。未添加La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>钛基复合材料比磨损率为 $4.06 \times 10^{-7} \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{mm}$ 。添加

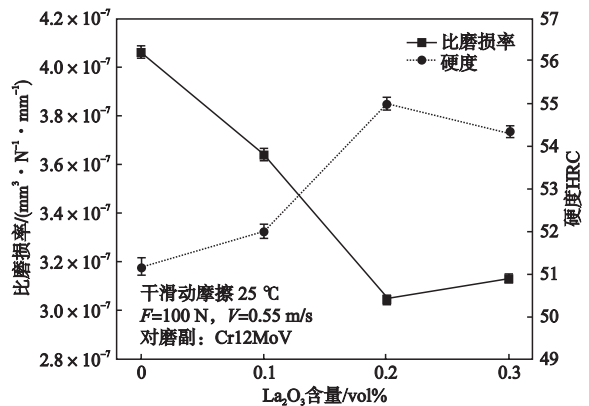


图4 不同La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>含量钛基复合材料硬度及比磨损率

Fig. 4 Hardness and specific wear rate of TMCs with different La<sub>2</sub>O<sub>3</sub> content

0.1vol.%La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>后, 基体细化, 加入的稀土有弥散强化作用, 因此比磨损率降低。在加入0.2vol.%La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>后, 比磨损率为 $3.05 \times 10^{-7} \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{mm}$ , 晶粒尺寸继续减小, 增强相颗粒尺寸减小, 进一步强化复合材料, 硬度增加, 比磨损率继续减少。加入0.3vol.%La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>后, 基体晶粒尺寸与添加0.2vol.%La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>相比, 细化现象不明显, 强化作用减弱, 并且出现较大尺寸的La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>颗粒, 导致比磨损率轻微升高。

图5为不同La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>含量的钛基复合材料的摩擦系数(COF)随滑动时间的变化。观察曲线变化趋势, 可以发现这些曲线存在两种摩擦状态<sup>[17]</sup>: (1) 在摩擦的初始阶段, COF迅速上升到最大值, 即磨合阶段; (2) COF经历一个相对稳定的阶段。随着La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>含量的改变, 平均摩擦系数出现变化。随着La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>含量的增加, 平均摩擦系数呈减小趋势, COF曲线波动变得更加稳定, 添加0.1vol.%、0.2vol.%、0.3vol.%La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>的钛基复合材料平均COF分别为0.26、0.24、0.27。因此, 添加La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>的钛基复合材料的耐磨性优于不添加La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>钛基复合材料, 后者的摩擦系数最高为0.30。

通过添加高硬度、高导热的La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 能够有效提高材料的耐热性及导热性, 因此在摩擦过程中, 钛基复合材料能够有效抑制摩擦引起的表面变形, 以及能够在温度升高时保持良好的摩擦性能, 并且热量可以更快释放出去, 防止了摩擦副的咬合现象, 从而降低了磨损表面的损伤, 降低了摩擦系数。

图6为激光扫描共聚焦显微镜对不同La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>含量6vol.% (TiB+TiC)/TC4复合材料的磨损表面进行三维表面形貌及粗糙度检测。图6a所示为未添加La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>的3D磨损面形貌, 可以看出磨面中有较宽且较深的犁沟, 最大深度为312 μm, 表面粗糙度(Ra)为6.477 μm。图6b为添加0.1vol%La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>的3D磨损形貌, 与图6a相比, 磨损痕迹略有减少, 磨面仅出现少量犁沟, 最大深度为375 μm, 表面粗糙度(Ra)降至5.055 μm。如图6c所示, 添加0.2vol%La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>的磨面整体较为平整, 仅有少量细小的划痕和犁沟, 最大深度为390 μm, 表面粗糙度(Ra)为3.891 μm。当La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>含量达到0.3vol%时, 磨损表面犁沟数量及深度都处于较低值, 犁沟最大深度仅为218 μm, 且表面粗糙度(Ra)值为4.354 μm, 略高于0.2vol%的La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>。

图7为不同La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>含量钛基复合材料磨损表面形貌。未加入La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>时磨损表面存在粘着痕迹, 沿着滑动方向存在较深的犁沟, 见图7a。当La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>含量为0.1vol.%时, 磨损表面粘着痕迹逐渐减少, 表面依然存在较多的犁沟, 表明磨损机制主要为磨粒磨损, 见图7b; 添加0.2vol.%La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>含量, 磨面整体较为平整, 几乎无粘着痕迹, 仅存在少量轻微犁沟, 磨损机制为轻微的磨粒磨损, 见图7c; 添加0.3vol.%La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>含量, 磨面仅存在

少量犁沟及轻微剥层, 磨损机制为磨粒磨损, 见图7d。

加入稀土La后, La能夺取钛合金基体中对性能十分不利的氧元素, 通过原位生成La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>颗粒在钛合金基体中弥散分布, 这些颗粒可以阻碍位错和晶界的运动, 对复合材料有一定弥散强化作用。复合材料强化机理为: 增强相承载强化、基体合金晶粒细化和La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>颗粒的弥散强化, 相较于无稀土元素复合材料, 强度及硬度增加, 提高了抗粘着磨损能力, 磨损机制为轻微磨粒磨损。

### 3 结论

(1) 通过原位合成技术添加La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 能够改善6vol.% (TiB+TiC)/IMI834钛基复合材料基体组织, 细化TiC及TiB颗粒, 且有沿晶界分布的趋势。随着La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>含量的增加, La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>颗粒、TiB晶须和TiC颗粒的分布更加均匀, TiB晶须和TiC颗粒的尺寸减小, 但La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>颗粒略有长大。

(2) 与不加入La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>强化相的6vol.% (TiB+TiC)/IMI834相比, 随La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>含量的增加, 钛基复合材料洛氏硬度增加。La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>颗粒的加入显著提高了钛基复合材料的细晶强化、固溶强化和颗粒的增强效果。

(3) 当La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>含量为0.2vol.%时钛基复合材料性能最优, 洛氏硬度为HRC55.1, 摩擦系数0.24, 比磨损率 $3.05 \times 10^{-7} \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{mm}$ 。

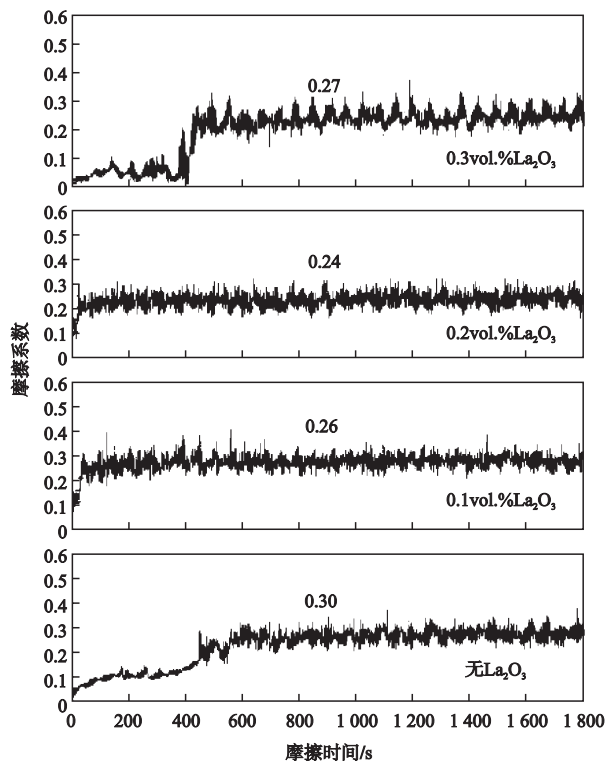


图5 不同La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>含量钛基复合材料摩擦系数曲线

Fig. 5 Friction coefficient of TMCs with different La<sub>2</sub>O<sub>3</sub> content

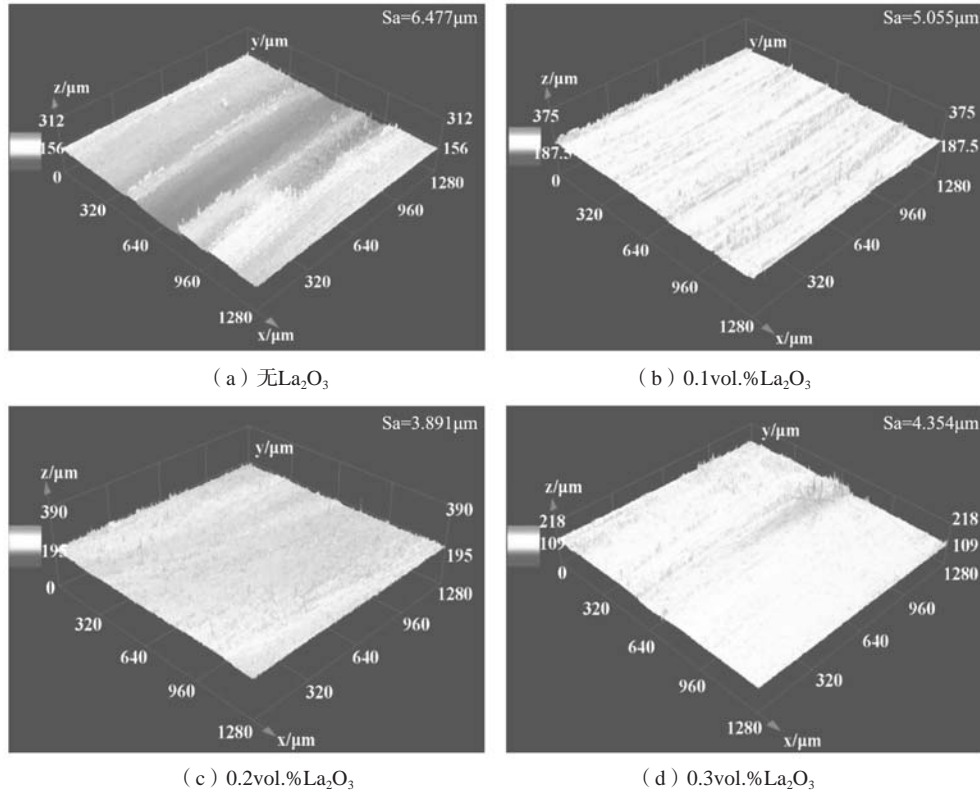


图6 不同 $\text{La}_2\text{O}_3$ 含量钛基复合材料三维磨损表面  
Fig. 6 3D-worn surfaces of TMCs with different  $\text{La}_2\text{O}_3$  content

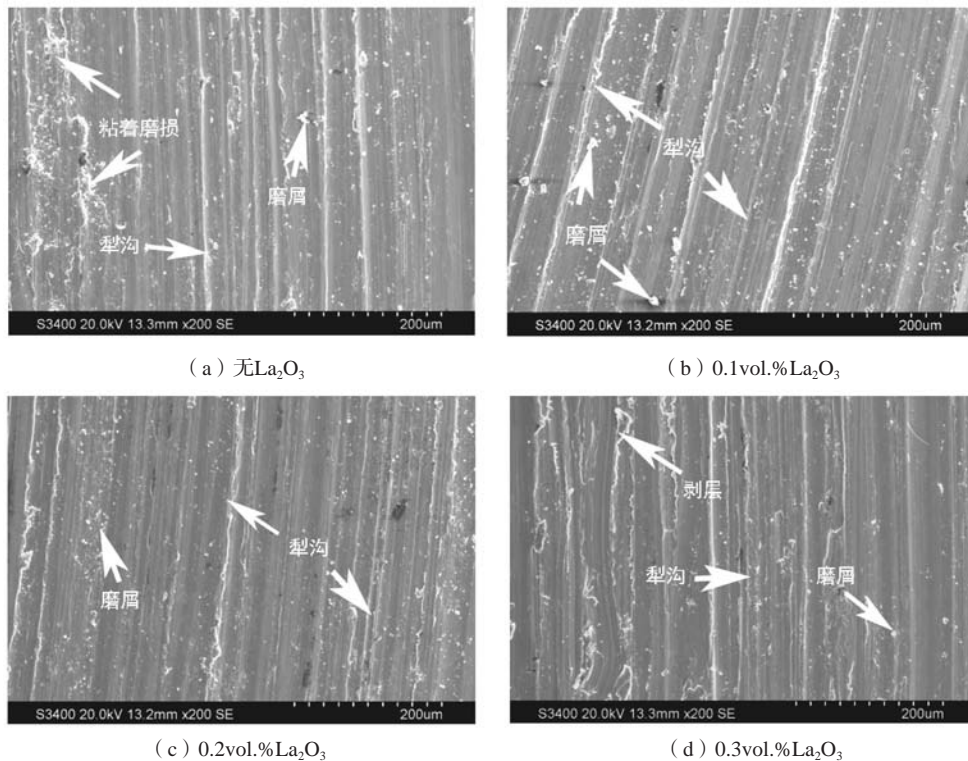


图7 不同 $\text{La}_2\text{O}_3$ 含量钛基复合材料磨损表面  
Fig. 7 Worn surfaces of TMCs with different  $\text{La}_2\text{O}_3$  content

## 参考文献:

- [1] 付彬国, 李朝志, 刘金海, 等. 原位合成技术在非连续增强钛基复合材料中的应用及展望 [J]. 铸造, 2018, 67 (4): 312.
- [2] BLAU P J, JOLLY B C, QU J, et al. Tribological investigation of titanium-based materials for brakes [J]. Wear, 2007, 263 (7): 1202-1211.
- [3] 张秋阳, 王兰, 李新星, 等. TC11合金的高温磨损行为和耐磨性 [J]. 稀有金属, 2015 (10): 877-881.
- [4] MUNAGALA V N V, TORGERSON T B, SCHARF T W, et al. High temperature friction and wear behavior of cold-sprayed Ti6Al4V and Ti6Al4V-TiC composite coatings [J]. Wear, 2019, 426-427: 357-369.
- [5] LU J, DONG L, LIU Y, et al. Simultaneously enhancing the strength and ductility in titanium matrix composites via discontinuous network structure [J]. Composites Part A, 2020, 136: 105971.
- [6] YANG Y F, LI S F, QIAN M, et al. Enabling the development of ductile powder metallurgy titanium alloys by a unique scavenger of oxygen and chlorine [J]. Journal of Alloys and Compounds, 2018, 764: 467-475.
- [7] QIU P K, LI H, SUN X L, et al. Reinforcements stimulated dynamic recrystallization behavior and tensile properties of extruded (TiB+TiC+La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)/Ti6Al4V composites [J]. Journal of Alloys and Compounds, 2017, 699: 874-881.
- [8] ZHANG C J, QU J P, WU J, et al. A titanium composite with dual reinforcements of micrometer sized TiB and submicrometer sized Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> [J]. Materials Letters, 2018, 233: 242-245.
- [9] YANG J H, XIAO S L, CHEN Y Y, et al. Effects of nano-Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> addition on the microstructure evolution and tensile properties of a near- $\alpha$  titanium alloy [J]. Materials Science and Engineering A, 2019, 761: 137977.
- [10] ZHANG T G, HUANG H F, ZHANG Q, et al. Influence of Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> on the microstructure and tribological properties of Ti-based wear-resistant laser-clad layers on TC4 alloy [J]. Ceramics International, 2020, 46 (9): 13711-13723.
- [11] XIANG J, HAN Y, LE J, et al. Effect of temperature on microstructure and mechanical properties of ECAPed (TiB+La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)/Ti-6Al-4V composites [J]. Materials Characterization, 2018, 146: 149-158.
- [12] YANG Y F, LUO S D, QIAN M. The effect of lanthanum boride on the sintering, sintered microstructure and mechanical properties of titanium and titanium alloys [J]. Materials Science and Engineering A, 2014, 618: 447-455.
- [13] 邝玮. 原位自生 (TiB+La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)/TC4钛基复合材料的微观组织和力学性能 [D]. 上海交通大学, 2014.
- [14] MA F, WANG C, LIU P, et al. Microstructure and mechanical properties of Ti matrix composite reinforced with 5vol. % TiC after various thermo-mechanical treatments [J]. Journal of Alloys and Compounds, 2018, 758: 78-84.
- [15] JIAO Y, HUANG L J, GENG L, et al. Nano-scaled Ti<sub>5</sub>Si<sub>3</sub> evolution and strength enhancement of titanium matrix composites with two-scale architecture via heat treatment [J]. Materials Science and Engineering A, 2017, 701: 359-369.
- [16] 孙亮, 董福宇, 郑博文, 等. 热处理对IMI834钛基复合材料组织与性能的影响 [J]. 热加工工艺, 2018, 47 (6): 146-150.
- [17] 郑博文, 董福宇, 张悦, 等. TiC含量对原位钛基复合材料组织与摩擦性能的影响 [J]. 特种铸造及有色合金, 2018, 38 (7): 705-708.

---

## Effect of La<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Content on Microstructures and Wear Resistance of IMI834 Matrix Composites

ZHENG Bo-wen, YUAN Xiao-guang, DONG Fu-yu, ZUO Xiao-jiao, SUN Liang, HUANG Hong-jun  
(School of Materials Science and Engineering, Shenyang University of Technology, Shenyang 110870, Liaoning, China)

**Abstract:**

Titanium matrix composites with different amounts of La<sub>2</sub>O<sub>3</sub> were prepared by using in-situ casting method. The effects of La<sub>2</sub>O<sub>3</sub> content on the microstructure, hardness and wear resistance of (TiB+TiC)/IMI834 titanium matrix composites were studied. The results show that the in-situ produced La<sub>2</sub>O<sub>3</sub> particles are dispersed in the matrix; which hinders the movements of dislocation and grain boundary, with a role in the strengthening of matrix; optimal microstructure and mechanical properties are obtained by adding 0.2vol.%La<sub>2</sub>O<sub>3</sub> into the titanium matrix composite. The Rockwell hardness increased from HRC 52.1 to HRC 55.1, the specific wear volume decreased from 4.06×10<sup>-7</sup> mm<sup>3</sup> to 3.05×10<sup>-7</sup> mm<sup>3</sup>, and the average friction coefficient decreased from 0.30 to 0.24. Only shallow furrows existed on the worn surface, and the wear mechanism was slight abrasive wear.

**Key words:**

titanium matrix composites; La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; microstructure; wear resistance