

SiC_p 含量及粒度对锌基复合材料 高温摩擦磨损性能的影响^①

郝 远 陈体军 寇生中
(甘肃工业大学材料工程系, 兰州 730050)

摘 要 研究了 SiC_p/ZA27 复合材料粒子含量、粒度对其不同温度下的磨损行为的影响, 探讨了磨损机制。结果表明: SiC_p 的加入明显提高 ZA27 的高温耐磨性能, 且随其数量的增多而增强; SiC_p 的粒度有一最优值。其磨损机制与 SiC_p 的粒度、含量以及测试温度有关。耐磨性增加的主要原因是 SiC_p 提高了基体抵抗变形的能力。

关键词 SiC 粒子 ZA27 合金 复合材料 高温磨损

对于陶瓷粒子增强金属基复合材料磨损行为的研究几乎全集中于其室温特性上^[1], 只有少量的文献涉及其高温磨损^[2]。本文在用流变铸造工艺制备出 SiC_p/ZA27 复合材料的基础上^[3]探讨了不同含量、不同粒度的 SiC_p 增强 ZA27 复合材料在室温至 150 ℃间的磨损行为。

1 实验方法

1.1 SiC_p/ZA27 复合材料制备工艺

将 ZA27 合金熔化后拔渣、除气。当温度降至 460 ℃时开始以 400 r/min 的转速搅拌金属液, 在 450 ℃保温并加入高温预处理过的 SiC_p, 在氩气保护下保温搅拌 20 min 后迅速升温至 550 ℃浇入金属型中。

1.2 SiC_p/ZA27 复合材料的力学性能

SiC_p 的粒度及含量与铸造态复合材料力学性能之间的关系如表 1 所示。

1.3 SiC_p/ZA27 复合材料磨损试验

磨损试验在中科院兰州化物所的 3 号销盘式试验机上进行。直接从铸造态复合材料上截取 $d5\text{ mm} \times 18\text{ mm}$ 的销, 盘材为 HRC27 的

45[#] 钢, 试样表面都经 800 目的砂纸打磨。负荷 3 kg, 滑动速度 0.4 m/s。升温并保温 10 min 后开始运行, 试验时间为 20 min, 丙酮清洗后用万分之一天平测磨损量, 用 SEM 观察磨痕并把磨损试样沿着或垂直于运动方向用线切割机切开制样后进行观察。

表 1 SiC_p 粒度及含量与力学性能之间的关系

粒度 / μm	体积分数 / %	HB	室温 σ _b / MPa	100 ℃ σ _b / MPa
0	0	127	408	213
10	10	133	369	276
	5	153	273	250
20	10	127	270	263
	15	125	258	254
40	10	128	252	172
100	10	129	239	180

2 实验结果

2.1 SiC_p/ZA27 复合材料的摩擦学特性与粒子含量、测试温度的关系

从图 1 的复合材料磨损量随温度的变化曲线可得到磨损量 W_i 与粒子含量 V_f 的关系, 以及 100 ℃时摩擦系数 $\mu(100\text{ ℃})$ 与粒子含量

① 甘肃省“八五”重点攻关项目 收稿日期: 1996- 11- 21; 修回日期: 1997- 03- 17

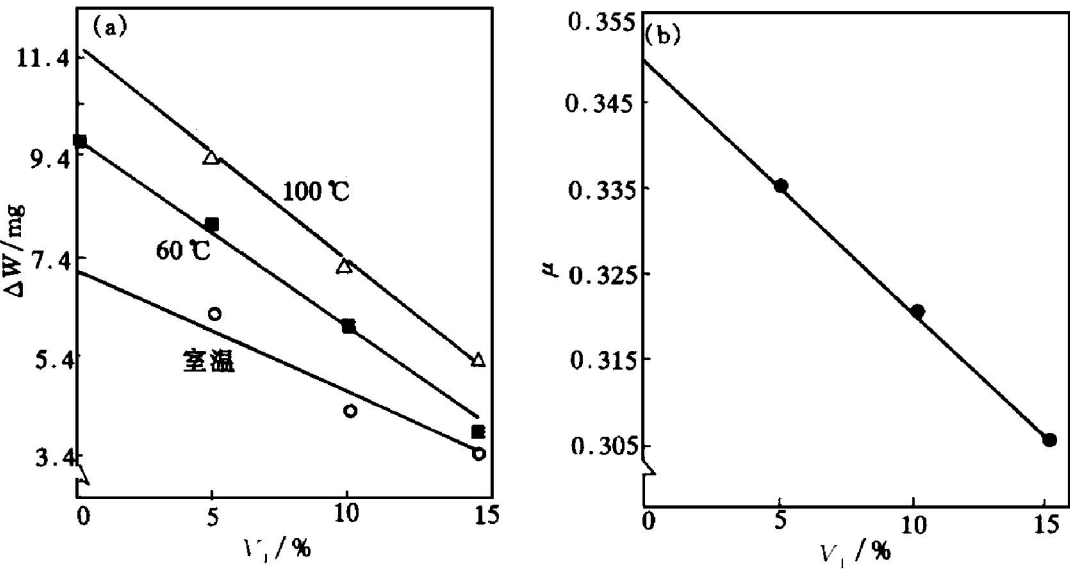


图 1 20 μm SiC_p/ZA27 复合材料的摩擦磨损试验结果

(a) —在不同温度下磨损量(ΔW)随粒子含量(V_f)的变化曲线;
(b) —100 °C 时摩擦系数(μ)随粒子含量(V_f)的变化曲线

V_f 的关系:

$$W(20\text{ }^{\circ}\text{C}) = 7.26 - 27.52 V_f \quad (1)$$

$$W(60\text{ }^{\circ}\text{C}) = 9.79 - 40.16 V_f \quad (2)$$

$$W(100\text{ }^{\circ}\text{C}) = 11.45 - 40.96 V_f \quad (3)$$

$$\mu(100\text{ }^{\circ}\text{C}) = 0.35 - 0.30 V_f \quad (4)$$

可见, SiC_p 的加入可明显改善 ZA27 的高温摩擦学性能, 且磨损失重与其含量呈线性关系。从(1)~ (3) 式还可看出, 环境温度对其影响很大。

2.2 SiC_p/ZA27 复合材料的摩擦学特性与 SiC_p 粒度、测试温度的关系

图 2 给出了体积分数为 10%、不同粒度 SiC_p/ZA27 复合材料的磨损量与温度的关系曲线。可见, 10 μm 的耐磨性最差, 20 μm 的最好。摩擦系数无明显的规律性, 在 0.30~ 0.43 间波动。

3 讨论

3.1 磨损与温度的关系

从 SiC_p/ZA27 复合材料的磨面形貌可以发现, 室温时磨面比较光滑, 有少量的塑性变形, 靠近磨面的破坏层内有纵横交错的裂纹,

磨屑呈粒状, 可以断定属于微切削磨损和磨粒磨损。60 °C 时出现了比较大的犁沟, 除了出现一个 60 μm 左右厚的变形破坏层 I 外, 还产生 20 μm 左右的严重塑变区 II, 并有平行于磨面的大裂纹及少量垂直于磨面的微裂纹, 如图 3 所示。磨屑呈大片状, 剥离磨损为主导方式, 次之为粘着磨损。100 °C 时, 磨面塑性变形程度增大, 发生了涂抹现象(属严重粘着磨

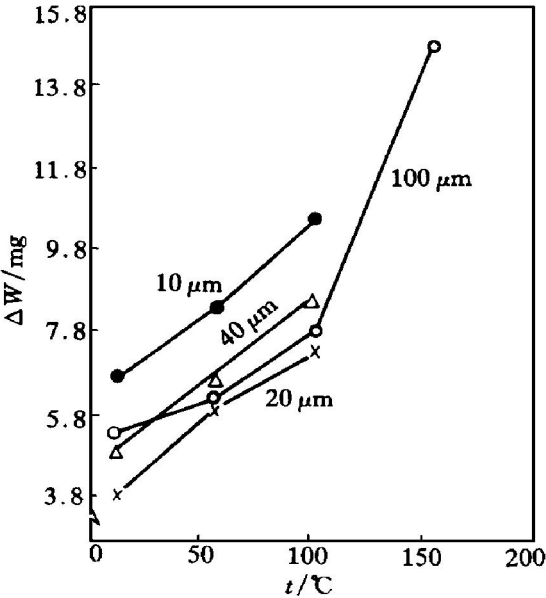


图 2 不同粒度 SiC_p(10%)/ZA27 复合材料的磨损量(ΔW)与温度(t)的关系

损)^[4],即随着温度升高,复合材料抵抗变形的能力逐渐减弱,塑性变形量增大,从而使室温下的微磨损转变为高温下的剧烈磨损。

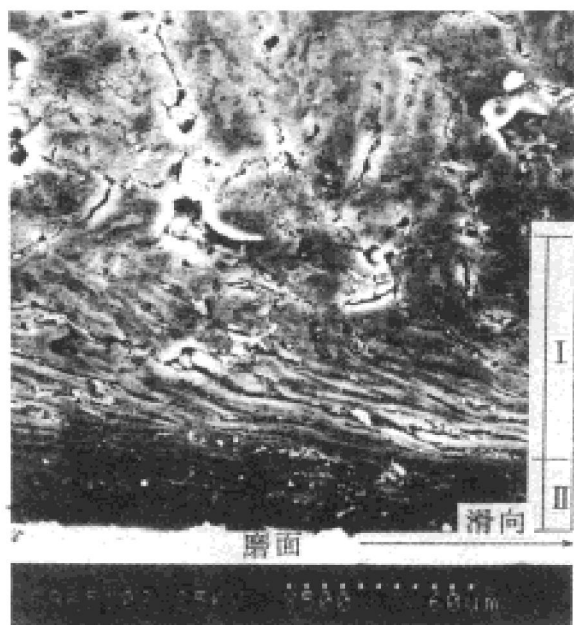


图3 20 μm 10% SiC_p /ZA27 复合材料的磨损破坏层(60 $^{\circ}\text{C}$)

但总的看来,在摩擦过程中 SiC_p 承担了部分力,并参与磨损,减少了复合材料的基体与对偶的接触面积,抵抗粘着的能力加强,从而提高了复合材料的抗磨性。

3.2 磨损与粒子含量的关系

观察 ZA27、5%、15% SiC_p (20 μm) 增强 ZA27 复合材料的磨损形貌可以看出, ZA27 合金的磨面以涂抹为最明显的特征; 5% SiC_p /ZA27 复合材料磨面隐约可见一些犁沟,说明材料抵抗变形的能力较强。从其纵剖样看,在厚度约 25 μm 的 II 区中只有少量垂直于磨面的裂纹存在,故其主要磨损机制为粘着磨损; 15% SiC_p /ZA27 复合材料的磨面犁沟很明显,而且仅有一个约 50 μm 厚的塑变区 I,无严重塑变区 II,塑变区内有粒子破碎现象,如图 4 所示。可见其磨损方式为微切屑和磨粒磨损。

从图 3、4 可见,随着 SiC_p 含量增大,复合材料抵抗变形的能力加强,剧烈磨损机制减弱,耐磨性提高。再者,随着粒子含量增加,磨面上基体与对偶直接接触的面积减小,粘着

倾向减弱,因而其摩擦系数也随之减小。



图4 20 μm 15% SiC_p /ZA27 复合材料的磨损破坏层(60 $^{\circ}\text{C}$)

3.3 磨损与粒子粒度的关系

在 SiC_p 加入量均为 10% 的条件下, 100 μm SiC_p /ZA27 复合材料的磨面形貌与 20 μm SiC_p /ZA27 相似,说明其磨损机制也相似。但从其纵剖面(图 5(a))看,靠近磨面处的粒子往往发生断裂或界面脱粘,为剥离提供了裂纹源,因而其磨损机制主要为剥离。而 40 μm SiC_p /ZA27 复合材料的磨面比较光滑,类似于涂抹,但表面还有一些小犁沟。从其纵剖样(图 5(b))看,有一 45 μm 厚的 II 区,且与 I 区分界处有一些断续的小裂纹,而且 II 区内也有一些平行或垂直于磨面的裂纹,有分层现象; 10 μm SiC_p /ZA27 的磨面形貌与 ZA27 合金相似,为典型的涂抹,但其塑变程度及范围明显小于 ZA27, II 区内很少有裂纹,与 I 区间也没有明显的分界裂纹,说明其涂抹程度较 ZA27 小。同理可知, 40 μm SiC_p /ZA27 复合材料的涂抹更小。

从以上可知, 20、100、40、10 μm SiC_p /ZA27 复合材料在 60 $^{\circ}\text{C}$ 时的磨损机制分别为: 剥离及粘着磨损、剥离磨损、涂抹与剥离以及涂抹,即磨损依次加剧。因此, SiC_p 的粒度要适中。 SiC_p 太大,如 100 μm ,则磨损破坏层的

变形协调性差, 容易形成裂纹, 加剧了剥落程度; SiC_p 太小, 如 $10\text{ }\mu\text{m}$, 抵抗变形的能力弱, 磨面上的 SiC_p 易被基体包裹而发生涂抹。

SiC_p 的加入, 提高了基体合金抵抗变形的能力, 这一点可从图 6 得以充分体现: 在 SiC_p 左边, I 区厚约 $70\text{ }\mu\text{m}$, II 区厚约 $40\text{ }\mu\text{m}$; 而在 SiC_p 右边, I 区已不太明显, II 区厚度已减至 $25\text{ }\mu\text{m}$ 。即滑动遇到 SiC_p 的阻碍时, 基体变形层会大幅度缩小, 从而表现出宏观上的耐磨性

提高。

4 结论

- (1) $\text{SiC}_p/\text{ZA27}$ 复合材料的磨损量和摩擦系数随粒子含量增加线性减小。
- (2) 在粒子含量一定时, $20\text{ }\mu\text{m}$ 粒子的锌基复合材料耐磨性最好。
- (3) 随着温度从室温升至高温($100\text{ }^\circ\text{C}$),

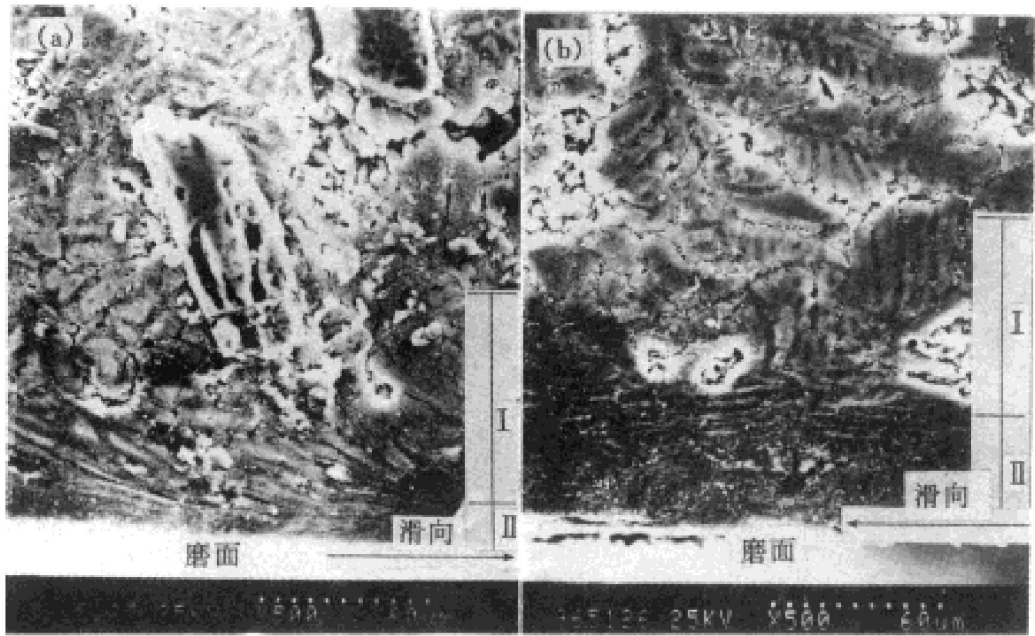


图 5 不同粒度的 $\text{SiC}_p/\text{ZA27}$ 复合材料的磨损破坏层(10% , $60\text{ }^\circ\text{C}$)
(a) $100\text{ }\mu\text{m}$; (b) $40\text{ }\mu\text{m}$

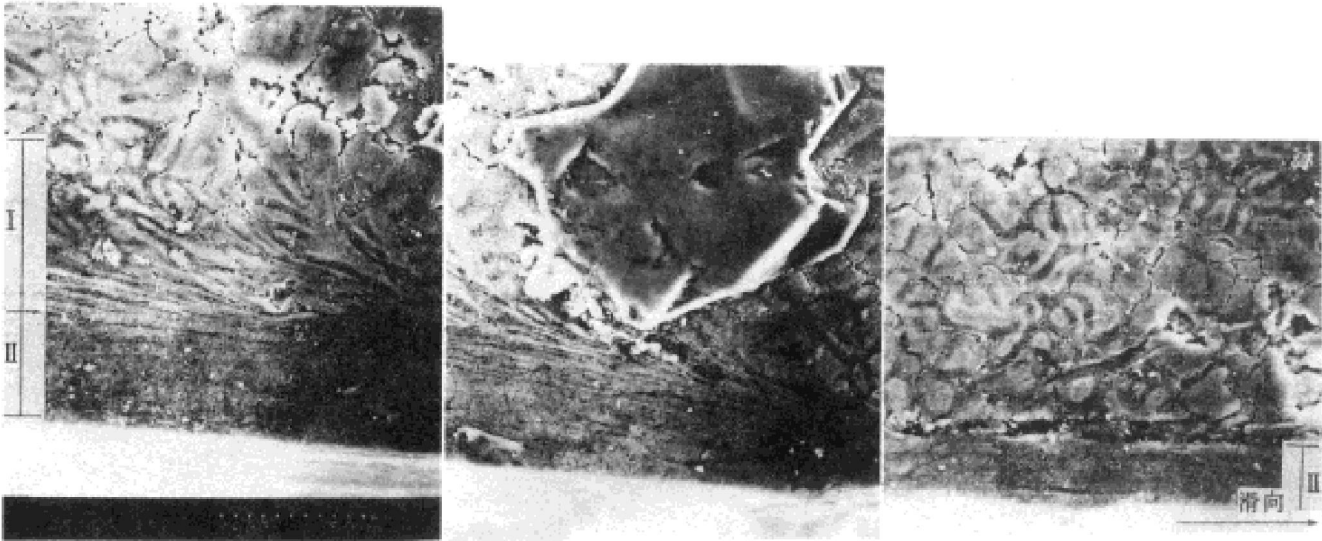


图 6 SiC_p 抵抗基体变形($100\text{ }\mu\text{m}$, $60\text{ }^\circ\text{C}$)

SiC_p/ZA27 复合材料的磨损机制从微切削磨损过渡到剥离磨损直至发生严重粘着磨损—涂抹现象。

(4) SiC_p/ZA27 复合材料耐磨性的提高, 主要归结于 SiC_p 的加入明显增加了基体合金抵抗变形的能力。

参考文献

- 1 Hutchings I M. Mater Sci Tech, 1994, 10: 513.
- 2 Martanes M A, Martin A. Scripta Metall Mater, 1993, 28: 207.
- 3 郝 远, 陈体军. 特种铸造及有色合金, 1997, (2): 25.
- 4 揭晓华, 毛志远. 材料导报, 1996, (2): 16.

INFLUENCES OF SiC_p CONTENT AND SIZE ON ELEVATED TEMPERATURE WEAR OF ZINC MATRIX COMPOSITES

Hao Yuan, Chen Tijun, Kou Shengzhong

Department of Materials Eng-neering,

Gansu University of Technology, Lanzhou 730050

ABSTRACT Wear resistance of SiC_p/ZA27 composites under different temperatures were studied. The effects of SiC_p content, size and experimental temperature on the wear of the composites were investigated, and their wear mechanisms were also discussed. The results indicated that the wear resistance of ZA27 at elevated temperature was enhanced due to the SiC_p addition and was improved with the increase of SiC_p content. There was an optimum value of SiC_p size for the wear resistance of the composites. The wear mechanisms were different with the differences of SiC_p content, size and temperature. The improvement of wear resistance was related to the increase of the deformation resistance of base alloy.

Key words SiC particles ZA27 alloy composite elevated temperature wear

(编辑 彭超群)