

硅对 Al-Si 合金及其复合材料耐磨性能的影响*

肖建梅¹, 沈保罗², 陈 荐², 涂铭旌²

(1. 广州有色金属研究院耐磨材料研究所, 广东 广州 510651;

2. 四川大学金属材料系, 四川 成都 610065)

摘 要: 研究了 Si 对 Al-Si 合金及其复合材料 γ - Al_2O_3 /Al-Si 耐磨性的影响. 结果表明, Al-Si 合金的耐磨性随 Si 含量的升高而升高, 而 Si 含量对复合材料的耐磨性影响不大. 经过硅变质处理的 γ - Al_2O_3 /Al-12Si 复合材料的耐磨性比未变质的稍好些, 硅变质后的 Al-12Si 基体合金的耐磨性比未变质的低; 当 Si 量为 17% 时, Al-Si 合金的耐磨性与其复合材料的耐磨性相近.

关键词: 铝基合金; 硅; 复合材料; 耐磨性

中图分类号: TB333, TG156.92

文献标识码: A

铸造铝硅合金具有良好的铸造性能和耐磨性能, 作为一种耐磨材料得到了广泛的应用. 人们对铝硅合金中 Si 对 Al-Si 合金耐磨性的影响进行了大量的研究: Torabian 等^[1]认为硅量增加, Al-Si 合金的硬度和耐磨性都提高; Clarke 等^[2]得出共晶合金(11%~13%Si)具有最好的耐磨性; Clegg 等^[3]认为经变质处理后的铝硅合金的耐磨性稍有变化. 关于 Si 对 γ - Al_2O_3 /Al-Si 复合材料耐磨性影响的研究还未见报道. 因此, 本文研究的 Si 对 Al-Si 合金及其复合材料耐磨性的影响有一定的现实意义.

1 试 验

1.1 试验材料

使用的短纤维为国产 γ - Al_2O_3 纤维, 白色絮状, 直径 5~10 μm , 含 75% Al_2O_3 , 其余为 SiO_2 及少量其他氧化物. 基体合金为铝硅系合金(7%~17%Si).

将二元变质剂(67%NaF+33%NaCl)在 360℃烘干, 用孔径 0.5 mm 筛子过筛, 然后对 Al-12Si 进行变质处理, 变质处理时, Al-Si 合金熔液的温度为 810℃.

1.2 试样制备

将 γ - Al_2O_3 短纤维(1 mm<L<10 mm)制成直径 50 mm, 厚 15 mm 的预制块, 然后以 Al-Si 合金为基体, 用挤压铸造法制得纤维体积分数为 15% 的铝硅基复合材料. Al-Si 合金试样是从模碗中纤维未增强的部位切取. Al-Si 合金及其复合材料试样均经 T6 工艺热处理(在 515±

收稿日期: 2000-03-13

* 基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (59471006)

作者简介: 肖建梅 (1971-), 女, 广西兴安人, 工程师, 硕士.

5℃保温 6 h 固溶,然后在 170±5℃保温 15 h,进行时效处理)。

1.3 磨损实验

在 M-200 磨损实验机上进行环—块式磨损试验。环的直径为 50 mm,材料为 45 号钢(淬火+低温回火, HRC 56±2),对磨面光洁度为 0.8。块为试验材料,其尺寸为 10 mm×10 mm×17 mm,磨面经过抛光处理。每块均配新环与之相磨。摩擦时用 20 号机油润滑,载荷为 600 N,滑动速度 1.05 m/s,滑动距离 5 670 m。在 X650 型扫描电镜上观察磨面形貌。

2 试验结果与讨论

2.1 Si 含量对试样耐磨性的影响

图 1 为试验材料的磨损率随 Si 含量(质量分数,下同)变化的关系曲线。由图 1 可知,随着 Si 含量的增加,Al-Si 合金的磨损率显著下降,特别是共晶合金 Si 量在 11.7%~17%之间变化,磨损率近乎呈线性降低;Si 含量为 17%时,Al-Si 合金与其复合材料的磨损率相近,且磨损率都较低;复合材料的磨损率明显小于 Al-Si 合金的;Si 含量变化,复合材料的磨损率几乎不受影响。

随着 Si 含量的增加,Al-Si 合金的磨损率降低,即耐磨性提高,这与 Torabiar 的结论一致,即由于合金中 Si 相粒子数量增多而提高耐磨性。从亚共晶合金到共晶合金,合金组织中长条状共晶硅相数量急剧增多,共晶硅相不但增强基体的耐磨性,提高硬度,阻碍磨粒磨入,而且还可经受剪切作用,承受应力、支撑耐磨环,因而有较好的耐磨性。过共晶合金组织中不仅有大量的共晶硅相提高合金的耐磨性,还有尺寸较大且硬度高的多边形初晶硅相承载,因而 Al-17Si 有较好的耐磨性。从图 2 可见,Al-Si 合金的磨面有磨削沟槽,但磨损并不严重,在本文试验条件下,其磨损机理主要为磨粒磨损和粘着。

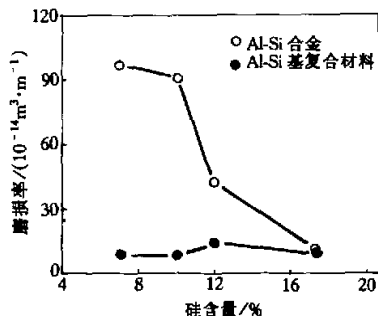


图 1 磨损率与 Si 含量的关系

Fig. 1 Relation between wear rate and Si content

Al-Si 合金中加入 $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ 纤维后成为复合材料,由于纤维本身的高硬度和好的耐磨性以及其对合金的强化作用,且纤维在磨损过程中起支撑作用,承受载荷,因而铝硅复合材料的耐磨性优于 Al-Si 合金。而 Si 含量的变化对复合材料耐磨性的影响不大,是由于数量多且高耐磨性的纤维起主要抗磨作用,细小的共晶硅相和数量较少的初晶硅相抗磨作用不大,因而硅量的变化引起硅相的变化对复合材料耐磨性的影响不大。从复合材料的磨面形貌图 3 分析,铝硅基复合材料的磨损机理主要为磨粒磨损与纤维的断裂、剥落。

2.2 变质处理对试样耐磨性的影响

Al-Si 合金经变质处理后,处于亚共晶区,初晶硅消失,针状共晶硅细化为点棒状。在磨损过程中细化了的硅相支撑耐磨环的作用减弱,磨粒容易成为磨料,刮削试样表面,形成磨削沟槽。因此,变质处理后的 Al-12Si 合金的耐磨性比未变质的低,如表 1 所示。表 1 还表明,经过变质处理的铝硅基复合材料的磨损率比未变质的稍小一些,这是因为变质处理使共晶硅细化,降低了硅相与纤维界面的部分应力,故经过变质处理的复合材料的耐磨性比未变质的稍好一些。

表 1 Al-Si 合金与复合材料变质前后的磨损率

Table 1 Wear rates of an Al-Si alloy and its composite before and after modification

材料	磨损率/($10^{-3} \text{ mm}^3 \cdot \text{m}^{-1}$)	
	变质前	变质后
Al-12Si 合金	46.0	61.3
$\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3/\text{Al-12Si}$	13.9	8.2

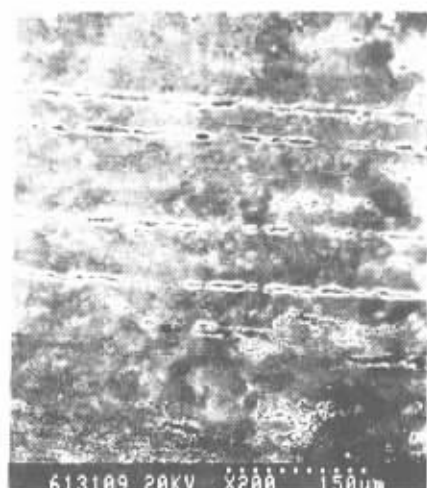


图 2 Al-Si 合金的磨面形貌

Fig. 2 Photograph of the Al-Si alloy's wore surface



图 3 Al-Si 基复合材料的磨面形貌

Fig. 3 Photograph of the Al-Si base composite's wore surface

3 结 论

- (1) 当 Si 含量小于 17% 时, $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3/\text{Al-Si}$ 复合材料的耐磨性优于 Al-Si 合金。
- (2) 随 Si 含量增加, Al-Si 合金的耐磨性显著提高, 而其复合材料的耐磨性几乎不受影响。在本试验条件下, Al-17Si 合金的耐磨性最好。
- (3) 变质处理降低了 Al-12Si 合金的耐磨性, 但复合材料的耐磨性却有所提高。

参考文献:

- [1] Torabian H, Pathak J P, *et al.* Wear Characteristics of Al-Si Alloys[J]. Wear, 1994, 172: 49-58.
- [2] Clarke J, Sarkar A D. Wear Characteristics of As-cast Binary Aluminium-silicon Alloys[J]. Wear, 1979, 54: 7-16.
- [3] Clegg A J, Das A A. Wear of a Hypereutectic Aluminium-silicon Alloy[J]. Wear, 1977, 43: 367-373.

Effect of silicon on the wear resistance of Al-Si alloy and its composite

XIAO Jian-mei¹, SHEN Bao-luo², CHEN Jian², TU Ming-jing²

(1. *Research Department of Wear-Resistant Materials, Guangzhou Research Institute of Non-Ferrous Metals, Guangzhou 510651, China;*

2. *Metal Materials Department of Sichuan University, Chengdu 610065, China*)

Abstract: The effect of silicon was studied on the wear resistance of Al-Si alloy and its composite, γ -Al₂O₃/Al-Si. The results show that the wear resistance of Al-Si alloy increases with the increase of silicon content, while silicon content exerts little effect on that of the composite; after modification with silicon, there is a little improvement in the wear resistance of γ -Al₂O₃/Al-12Si, but Al-12Si alloy has a lower wear resistance; the wear resistance of Al-17Si alloy is close to that of its composite γ -Al₂O₃/Al-17Si.

Key words: aluminium-base alloys; silicon; composite materials; wear resistance