第 11 卷 第 3 期 复 合 材 料 学 报 Vol. 11 No. 3
1994 年 9 月 ACTA MATERIAE COMPOSITAE SINICA Sept. 1994

# 铝合金/$Al_2O_3$-$SiO_2$ 颗粒复合材料的试制和性能

张茂勋 陈 东 康积行
（福州大学机械系，350002）

**摘 要** 本研究采用压力铸造法，把 $Al_2O_3$-$SiO_2$ 颗粒与铝合金进行复合，并就所得到的复合材料与 ZL108 合金就磨损、拉伸等进行对比试验。试验结果表明：该复合材料不管在常温或高温（400℃）下其耐磨性（与 ZL108 合金相比）提高十倍以上，而高温强度提高一倍以上。但在带有疲劳破坏的磨损中，其耐磨性提高不明显，而且对对磨材料还有加速磨损的缺点。

**关键词** 金属基复合材料，硅酸铝颗粒，铝合金

## 1 前 言

金属基复合材料中铝基复合材料得到了最广泛的研究，因为铝基复合材料不但具有比强度和比弹性率高、制造比较容易等优点，而且在国民经济的各个领域中具有较广阔的市场 。

铝基复合材料的制造方法有粉末冶金法、热压法、溶液搅拌法和加压铸造法等[1,2]。加压铸造法需要较高的复合化温度，但复合化时间短、二次加工的必要性少，所以在诸制造方法中被认为是一种较好的制造方法。

铝基复合材料中的强化相有连续纤维、不连续纤维、晶须和非金属颗粒等。近年来，不连续纤维、晶须和非金属颗粒作为强化相被研究得较多，特别是颗粒分散型复合材料与纤维型复合材料相比，各向异性小，材料的成型性好，所以被认为是有广阔应用前景的材料之一。

颗粒分散型复合材料中作为颗粒强化相而被较多研究的有 SiC 颗粒、$Al_2O_3$ 颗粒等，而对于 $Al_2O_3-SiO_2$ 颗粒（以下用 A・Sp 表示）作铝基的强化相被研究得较少。

还有，$Al_2O_3-SiO_2$ 颗粒根据其中 $Al_2O_3$ 的含量不同，其价格相差很大，所以利用价格低廉的原材料而开发出性能好、成本低的新材料，就成为本课题的努力目标。本研究利用价格低廉的 A・Sp 作为铝基的强化相，并且利用加压铸造法来试制铝基复合材料，并就该复合材料的某些性能进行测试。

## 2 复合材料试制和性能试验方法

本试验用作复合材料基体的合金为 ZL108（即 Si 11.0～13.0%、Cu 1.0～2.0%、Mg 0.4～1.0%、Mn 0.3～0.9%、其余为 Al）。A・Sp 的原材料为高纯硅酸铝纤维，该纤维经粉碎、分

① 本文 1993 年 1 月 11 日收到，获福建省科技委自然基金项目和国家教委留学回国人员工作资助费支持

离、处理之后再用分样筛分级，本试验所用的 A・Sp 尺寸在 180～200 目之间，其化学组成 $Al_2O_3$ 55～60%、$SiO_2$ 44～39%、$Fe_2O_3$ 0.7% 。

复合材料的制作采用图 1 所示的装置。金属型预热到 600℃左右，铝液温度为 850℃。当铝液注入上型后立即放上活塞，并加压。所加的压力为 192MPa 左右。A・Sp 所占体积比约 50% 制作的复合材料为 20×20×86mm 长方体试样。尔后根据不同的试验要求进行加工。

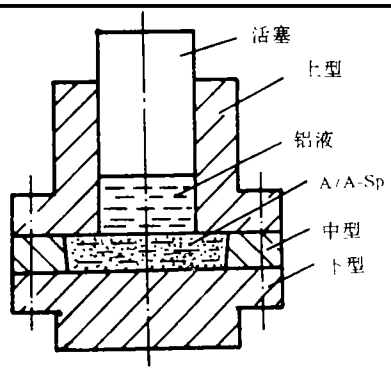


图 1 加压铸造法装置

磨损试验分别在自制的 WF 往复滑动磨损试验机和 XZH 旋转滑动磨损试验机上进行。WF 磨损试验机如图 2 所示。试样滑动速度为 16m/min，试样上单位荷重为 65kPa。磨损试验前试样要预磨，这样才能使试样的磨损面与对磨材料表面相吻合，以保证试验结果的稳定性。

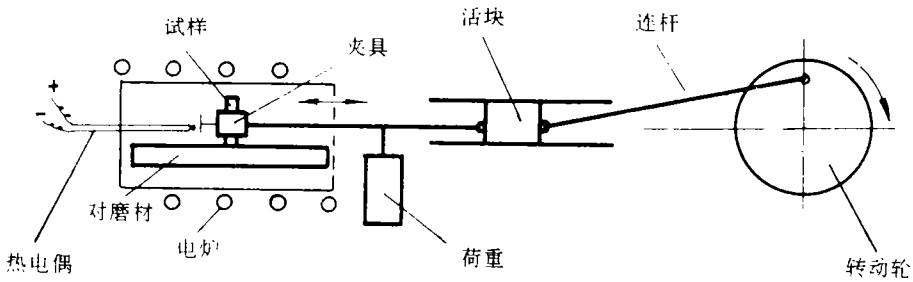
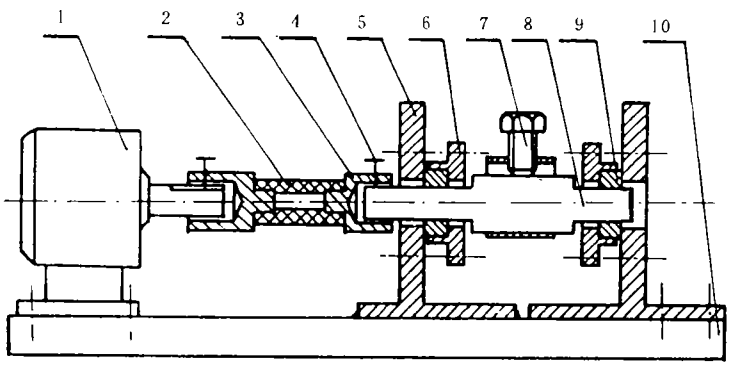


图 2 WF 往复滑动磨损试验机简图

磨损试验温度为常温、200℃和 400℃三种。在常温和 200℃下磨损试验时，对磨材料为刚玉砂布。该砂布为福州金属砂布厂生产的棕刚玉砂布，粒度为 60・No2，400℃下的磨损试验对磨材料为油石。油石由福建闽侯砂轮厂生产，粒度为 60 。200℃和 400℃下的试验是把试验机的磨损试验部分伸入电阻炉内，并加以密封。待加热温度到达试验温度时保温 10 分钟后进行试验。试验每进行 5 分钟后停机，卸下试样称重，求出失重，并且把对磨材料平移一个位置，再重复上述方法试验。

XZH 磨损试验机如图 3 所示。试样的磨损部位，先在 AE122 型三座标测定机上进行对磨



1. 电机 2. 软轴 3. 联轴器 4. 紧固螺钉 5. 机架
6. 压盖 7. 偏心子 8. 轴试样 9. 套试样 10. 底座

图 3 XZH 磨损试验机简图

的 SEM 像(如图 11 所示)上可以看到,A・Sp 颗粒与基体没有脱落现象,而都是沿颗粒内部解理破坏,这说明 A・Sp 颗粒与基体的结合是良好的。而为什么 A/A・Sp 材料的拉伸强度还不理想,在受到周期性脉动应力作用下的磨损中其抗磨性不理想,关键是 A・Sp 颗粒在铸造过程中由于受到铝液的热冲击,以及在往后的凝固过程中与基体的体收缩不一致,所以在颗粒内部存在有应力。在工作环境下这应力就会与外部应力叠加,加速了颗粒内部裂纹的萌生和扩展。图 12 为 A/A・Sp 材料在 XZH 磨损试验后 A・Sp 颗粒表面破坏的形貌图。

如前所述,本研究所用的 A・Sp 颗粒是从硅酸铝纤维经粉碎、分离和处理后得到的。据资料[6]报道,硅酸铝陶瓷纤维具有优良的诸特性(如表 4 所示)。目前硅酸铝纤维作为复合材料的原材料,在日本已有许多厂家在竞争着生产[7]。而在我国目前才被少数研究单位所重视,并看手开发,所以对目前市场上供应的硅酸铝纤维和由此而来的颗粒进行复合前的预处理是很有必要的。

**表 4 硅酸铝陶瓷纤维诸特性**

| | | |
|---|---|---|
| 物理特性 | 最高使用温度 | 1300℃ |
| | 融点 | 1760℃ |
| | 真比重 | 2.7g/cm³ |
| | 抗拉强度 | 100～200kg/mm² |
| | 莫氏硬度 | 6 |
| 化学特性 | $Al_2O_3$ | 47～50% |
| | $SiO_2$ | 50～53% |
| | $Fe_2O_3$ | 0.05～0.1% |
| | $Na_2O$ | 0.1～0.2% |
| | 其它 | 极少量 |

## 4 结 论

通过用硅酸铝颗粒与铝合金进行复合试验,并对该材料进行磨损、拉伸等对比试验,可以得到如下结论:

1. 用硅酸铝颗粒来强化铝基合金,可以得到抗磨性很好的复合材料。特别是在高温(400℃)下的抗磨性和强度更为显著。

2. 采用硅酸铝颗粒作为强化相,其成本低、资源丰富,与铝合金的界面结合性较好,所以用该材料来制作复合材料,代替有些传统的铝合金耐热耐磨件,很有研究、开发价值。

3. 目前该复合材料的常温强度和抗疲劳能力仍较差,须在今后的工作中加强研究。

本课题在研究中得到福建省科学技术委员会自然基金项目支持和国家教育委员会留学回国人员工作资助费支持。还有,本研究的部分工作是在日本九州大学工学部材料工学科大城研究室里进行的,并得到大城桂作先生的指导。参加本课题研究工作的还有九 0、九一、九二届学生刘汉、沈翔麟、章雯雯、林浩、王健聪、朱卫东、郑伟等,他们做了大量的试验工作。在此一并表示衷心的谢意。

## 参 考 文 献


1 渡边英雄，齐藤充. 用粉末液态成形法制作的 $Al_2O_3$ 颗粒分散型铝合金复合材料的诸特性. 轻金属(日)，1989；39(4)：262

2 吉野正树等. 用加压铸造法制作的 SiC 晶须强化铝基复合材料的力学性质. 轻金属(日)，1988；38(10)：593

3 张茂勋，大城桂作. 铬系白口铸铁二体磨粒磨损的试验研究. 福州大学学报(自然版)，1991；19(1)：83-91

4 藤井太一，座古胜. 复合材料的破坏和力学(日). (第 5 版)，东京：实教出版株式会社，1988：105

5 堂山昌男，山本良一. 复合材料—材料工艺学—(日). (第 3 版)，东京：东京大学出版会，1988：79-80

6 日本 Ibi Wool 株式会社编. 陶瓷纤维说明书(日). 1988

7 工业材料编集部. 新原材料・新材料大全(日). (第 2 版)，东京：日刊工业新闻社，1987：142-145


## HTE TRIAL PRODUCTION AND CHARACTERI-STICS OF ALUMINIUM ALLOY/$Al_2O_3$-$SiO_2$ FIBRE GRAIN COMPOSITE MATERIAL


Zhang Maoxun　　Chen Dong　　Kang Jixing

(Mechanical Dept of Fuzhou Univ, Fuzhou 350002)



**Abstract**　This research utilizes pressure casting to make $Al_2O_3$ fibre grain to form composite with aluminium alloy. This composite material is subjected to a comparison test with ZL108 on wear, elongation. The test results shows that in comparison with ZL108, this composite material has more than ten times higher wear resistance both at room and elevated temperatures (400℃), more than twofold higher strength at elevated temperatures, but in wear with fatigue failure, its wear resistance is not noticeably better than that of ZL108, furthermore it accelerates the wear of its pairing material.



**Key words**　metal matrix composite, alumina-silica grain, aluminium alloy