

文章编号: 1004-0609(1999)03-0573-04

真空热处理对石墨-铝硅复合材料 综合性能的影响^①

颜长舒 刘楚明 颜 燕 徐国富 黄继武 唐 嵘

(中南工业大学 材料科学与工程系, 长沙 410083)

摘 要: 证明了真空热处理过程对用熔铸法重力浇注制备的优质石墨-铝硅复合材料的性能有较好影响。通过与石墨包覆铜法和简单可靠的机械合金化法相比较, 证明经真空热处理过程制备的上述材料的高温强度达到 150 MPa 以上, 力学性能、物理性能也较好, 是制取优质石墨-铝硅复合材料必需可靠的手段, 该法还具有工艺简单可靠、成本低廉。

关键词: 真空热处理; 复合材料; 石墨-铝-硅

中图分类号: TB333

文献标识码: A

采用真空法特别是高真空处理材料具有很多优点, 例如, 起着保护性气氛的作用, 降低化学活性, 导致金属或合金放出熔解的气体或使金属氧化物发生分解, 清除表面的附着物, 脱气等^[1]。本研究采用真空热处理, 低温时制备出了石墨-铝硅复合材料的 SiC 增强粒子及复合材料, 设备造价低廉, 工艺操作简单, 具有较高的生产应用价值。

1 实验方法

1.1 实验装置

实验装置参照文献[2]选择。

1.2 实验步骤

粉末成型(加适当的粘结剂)→装炉→真空热处理→出炉→投入铝-硅熔体→重力浇注→制样→X 射线衍射分析及显微观察

粉末成型压力既要压块达到一定的强度,

又能在铝硅熔体中容易溃散。将压块放在炉内所需位置, 按要求真空热处理, 处理 1~2 h 后出炉。基体合金可为 ZL109 低硅铝合金, 也可为 ZL131 高硅铝合金, 还可自行配制, 石墨粉粒度小于 147 μm。

2 实验结果

将镀铜石墨粉投入铝硅熔体, 虽可通过熔铸法重力浇注制取石墨-铝硅复合材料, 但结果并不理想(见图 1(a)), 既增加了石墨粉镀铜工艺过程, 也相应增加了成本。采用真空热处理过程处理石墨压块后, 再投入熔融的铝-硅熔体中用浇注法制备石墨-铝硅复合材料^[1], 较好地解决了石墨极不容易加入铝硅熔体的难点问题, 石墨的加入量和分布的均匀性也基本上可控制, 还发现经过这种处理制成的材料的高温强度较高, 即材料在 300 °C 的抗拉强度高于 200 °C 的, 达 150 MPa, 尽管这其中还有其

① 湖南省科委重点研究课题(湘计(1996)1号)
颜长舒(1939-), 男, 副研究员

收稿日期: 1998-12-14; 修回日期: 1999-05-21

它要考虑的因素^[3,4]。为了证明该过程简单可靠,还用机械合金化法对比性地制备了石墨-铝硅复合材料^[5],结果发现,效果也不理想。采用机械合金化工艺加入铝硅熔体中的石墨加入量及其均匀性,与采用真空热处理一样能控制,但制备的石墨-铝硅复合材料的高温抗拉强度只有 116.7 MPa,摩擦系数和磨损量等也差些,X射线衍射未发现所需 SiC 增强粒子。特别是机械合金化后粉末易氧化,甚至燃烧,工艺过程也不如真空热处理简单可靠。图 1 和表 1 列出了 3 个试样的显微组织和力学、物理性能:1[#] 试样为包复铜法研制的材料;2[#] 试样为真空热处理研制的材料;3[#] 试样为机械合金化制备的材料。

3 分析与讨论

采用真空热处理过程处理石墨粉等原料后,用熔铸重力浇注法制备的石墨-铝硅复合材料的性能,比用镀铜石墨粉和机械合金化后用同样的浇注法制备出的复合材料的性能都要好。本研究采用真空热处理过程的最大特色是得到了材料需要生成的增强粒子 SiC^[2],而且生成增强粒子的温度比在一般气氛下所需温度低几百度。鉴于本研究是制取复合材料,而不是制取高熔点金属,对于配料有较高的要求,而对真空度和温度的要求不是很高,充分发挥了真空法的优点,又避免了真空法的难点。众所周知,生成的 SiC 增强粒子易富集表面活性元素,降低表面张力,加入到铝-硅合金中后,增加了铝-硅对粒子的润湿能力,从而使界面处结合能力增强,与本研究添加的另一活化元素一起^[4],发挥了难用其它元素或方法代替的作用。另外,真空热处理能起保护性气氛的作用,能降低化学活性,能使气体迅速膨胀,导致金属或合金放出溶解的气体或使金属氧化物发生分解。本研究还控制生成了少量的 Al_4C_3 。有关 Al-C-Si 三元相图的等温截面,国外有人进行过研究,Al 与 C 能形成 Al_4C_3 脆性化合物,而合金中有一定量 Si 时,可减少 Al_4C_3 相

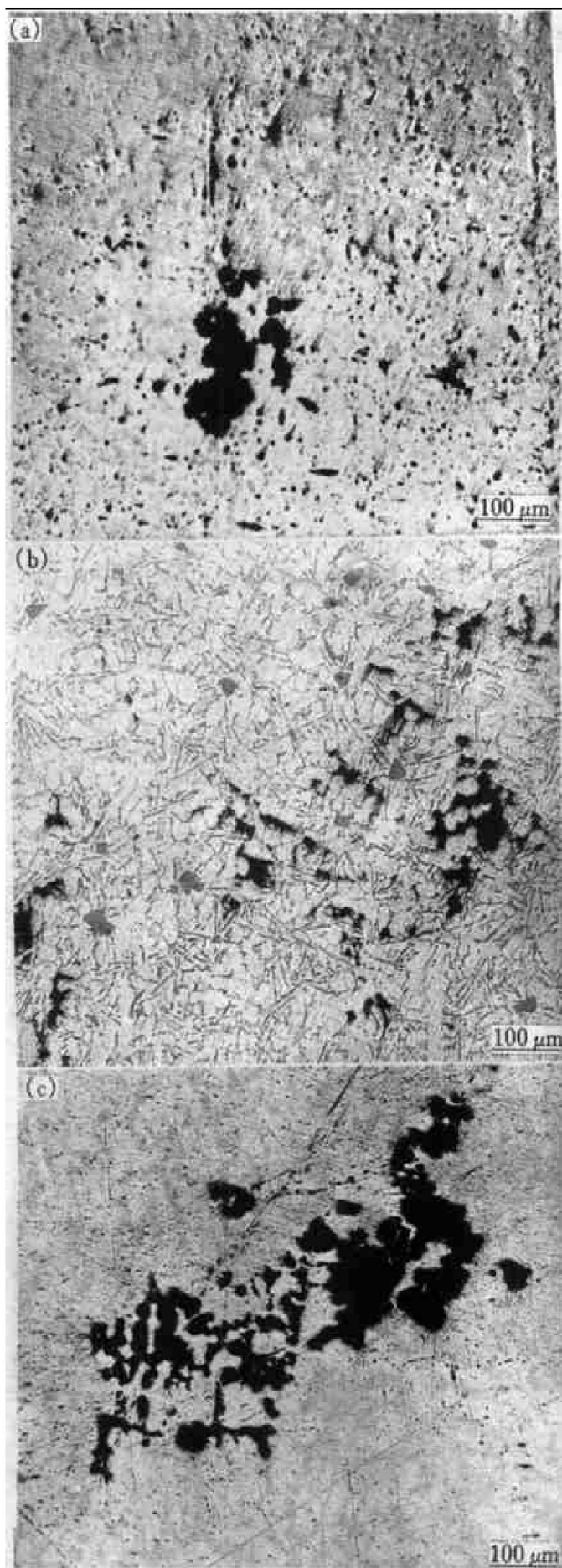


图 1 试样的显微组织

Fig. 1 Microstructures for Samples
(a) —No. 1; (b) —No. 2; (c) —No. 3

表 1 1, 2, 3 号试样的力学性能和物理性能

Table 1 Mechanical and physical properties of sample No. 1~ 3

Sample No.	Tensile strength/ MPa (300 ℃)	Average friction factor	Mass loss/ mg	Elongation / %	Thermal expansion coefficient/ $10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$	$\omega(\text{Gr})$ / %
1	154. 8	0. 000 5	0. 078 0	1. 80	21. 339	0. 080
2	157. 7	0. 000 2	0. 075 2	3. 15	19. 215	0. 209
3	116. 7	0. 006 0	0. 078 0	2. 30	21. 400	0. 104

的生长^[6]。国内也有人指出, 研制密度适宜、溃散性好的中间合金是很重要的, 可使颗粒的分布均匀性得到显著提高^[7]。本研究利用真空热处理较好地解决了这个问题。Al₄C₃ 的生成, 利用了石墨和 Al 的热膨胀差, 起到了使压块容易溃散的作用, 结果是石墨均匀分布在铝液中。再就是石墨本身除了灰分, 表面还吸附着一定量的氧, 利用真空热处理清除表面附着物、脱气和蒸发的功用, 能清除石墨中的灰分和表面附着的氧, 增加石墨与铝的浸润性, 减少润湿角(石墨与铝的润湿角达 157°) 的作用也是明显的。相对而言, 镀铜法成本高, 且很难达到石墨镀铜对完整性的要求, 日趋淘汰也是必然的。机械合金化法得不到材料所需的增强粒子, 粉末易氧化燃烧, 设备也较昂贵, 用来制备所研制的材料是不适合的。更重要的是本研究可用真空热处理过程完成熔铸法重力浇注的许多理论问题包括界面反应机理的研究, 已发表一系列论文^[2, 4, 8, 9]。目前金属基复合材料的应用受到限制的主要原因是没有足够的力学性能数据来保证元件设计的置信度, 缺少能实现工业规模生产的制造工艺方法, 特别是增强剂价格还很高^[10]。本研究将用真空热处理过程, 把熔铸法重力浇注这个简单可靠的工艺、把研制的石墨-铝硅复合材料推上工业应用。

4 结论

(1) 真空热处理过程是用熔铸法重力浇注

制取优质石墨-铝硅复合材料的最佳中间过程, 比用镀铜石墨粉研制该材料过程更简单, 成本更低廉, 比机械合金化法更具优越性。

(2) 利用真空热处理过程是完成用熔铸法重力浇注制取优质石墨-铝硅复合材料的理论研究包括界面反应机理研究的较好选择, 为解决复合材料性能优越、应用范围广、但生产成本过高的问题开辟了一条廉价之路。

REFERENCES

1 He Yingjie(何英介). Vacuum Treatment of Metals, Shanghai: Shanghai Science and Technology Press, 1981, 24~ 38.

2 Chen Wenxiu(陈文修) and Mei Zhi(梅 炽). Modern Equipment of Extracting Non-ferrous Metals, Beijing: Metallurgical Industry Press, 1993, 12: 275~ 278.

3 Yan Changshu(颜长舒), Tang Renzheng(唐仁正), Lu Anxian(卢安贤) *et al.* Journal of Central South University of Technology (中南工业大学学报), 1995, 26(2): 210~ 212.

4 Yan Changshu(颜长舒), Huang Jiwu(黄继武) and Tong Yong(唐 嵘). Journal of Central South University of Technology. 1997, 28(6): 572~ 574.

5 Yang Junyou(杨君友), Zhang Gangjun(张冈俊), Li Xinguo(李星国) *et al.* Materials Review (材料导报), 1994, No. 2, 11~ 14.

6 Handwerker C A *et al.* In: Ruhle M and Evans eds. Metal-Ceramic Interfaces. Pergamon Press, 129.

7 Liu Yaohui(刘耀辉), Li Qinchun(李庆春) and He Zenming(何镇明). Transactions of Composites Materials(复合材料学报), 1989, 6(3): 55~ 61.

- 8 Yang Changshu (颜长舒), Xu Guofu (徐国富),
Huang Jiwu (黄继武) *et al.* Journal of Central South
University of Technology. 1999, 30(2): 189~ 191.
- 9 Yan Changshu (颜长舒), Xu Guofu (徐国富) and Liu
Chuming (刘楚明). Hunan Nonferrous Metals (湖南
有色金属), 1999, 15(3): 39~ 41.
- 10 Yang Yuchun (杨遇春). Transactions of Composites
Materials (复合材料学报), 1990, 7(4): 289~
295.

Effect of vacuum heat treatment on improvement of properties of graphite-aluminium-silicon composites material

Yan Changshu, Liu Chuming, Yan Yan, Xu Guofu, Huang Jiwu, Tang Rong
*Department of Materials Science and Engineering,
Central South University of Technology, Changsha 410083, P. R. China*

Abstract: It has been proved that vacuum heat treatment can benefit the properties of high quality graphite-aluminium-silicon material through gravitational cast. Compared the copper plating graphite and ordinary MA method with the process of vacuum heat treatment in gravitational cast, the vacuum heat treatment is essential to produce the high quality graphite-aluminium-silicon material. The high temperature strength of the samples is over 150 MPa, the mechanical and thermal properties are also improved, the technique is simple and the cost is low.

Key words: vacuum heat treatment; composite material; graphite-aluminium-silicon

(编辑 黄劲松)