

石墨和铜的含量对银基复合材料组织和性能的影响

操振华 王文芳 吴玉程 许少凡 王成福

(合肥工业大学材料学院,合肥 230009)

文 摘 采用粉末冶金方法制备了银 - 石墨 - 铜 - 碳纤维复合材料,通过金相、XRD 分析和物理性能测试等手段,对不同石墨和铜含量的银基复合材料的组织和性能进行了研究。结果表明:随着石墨含量的增加,硬度减小,电阻率升高;而铜对材料起强化作用的同时,随着其含量的增加,电阻率升高;石墨和铜的含量分别选择在 4% ~ 9%和 5% ~ 7%之间为宜。

关键词 铜,石墨,银基复合材料,性能

Effects of Contents of Graphite and Copper on Microstructure and Properties of Silver Matrix Composites

Cao Zhenhua Wang Wenfang Wu Yucheng Xu Shaofan Wang Chengfu

(School of Materials Science and Engineering, Hefei University of Technology, Hefei 230009)

Abstract Silver-graphite-copper-carbon fiber composites is prepared by powder metallurgy. The structure and physical property of the silver matrix composite with different graphite and copper content are studied through metallographic analysis, XRD and physical testing method. The result shows that with the graphite content increasing the hardness reduces and the electrical resistivity rises. The copper can create strengthening and cause a litter increasing of electrical resistivity with its content increasing. The best content of the graphite and the copper is 4% ~ 9% and 5% ~ 7% respectively.

Key words Copper, Graphite, Silver matrix composite, Properties

1 引言

银基复合材料的导电、导热性优越,在工业中用做高、低压电器中的触点材料,尤其在在雷达中得到广泛的使用。雷达电刷主要要求其电接触性能即雷达与汇流环间的动态接触电阻要小,以确保接受讯号准确可靠,其中银 - 石墨 - 碳纤维复合材料是一种较常见的金属基自润滑复合材料,可以很好的满足雷达电刷的使用要求,它主要是利用金属优良的导电、导热性,石墨良好的润滑、减摩和灭弧作用与碳纤维高的比强度、比模量、低的密度、轴向线膨胀

系数和一定的导电、导热性,使得材料具有优良的综合性能^[1-4]。

银价格昂贵,而铜在具有良好的导电、导热性的同时价格低廉,可以部分地代替银^[5],同时铜在材料中还会起到一定的强化作用。本文研究了在不同石墨含量的银 - 石墨 - 碳纤维复合材料中加入一定量的铜,以期进一步改善材料的性能,并就铜的加入量对复合材料组织及物理性能的影响进行了研究分析。

2 试验

收稿日期:2005 - 09 - 27

基金项目:合肥市 2005 年科技攻关项目 (20051004)

作者简介:操振华,1979 年出生,硕士研究生,主要从事金属基复合材料组织与性能的研究

所用材料为银粉(粒径 45 μm ,纯度 99.9%)、石墨粉(粒径 45 μm ,纯度 99.9%)、铜粉(粒径 45 μm ,纯度 99.9%)。试验采用粉末冶金工艺方法,即通过配料、混料、压制,烧结来制造银基复合材料。压制压力为 200 MPa,采用氢气保护气氛烧结,烧结温度为 700 保温 2 h。

复合材料密度根据国标 GB1994.14—88 测定,电阻率根据国标 GB1994.2—88 采用双臂电桥法测量,硬度在 HV-30 型维氏硬度计上测定,载荷为 29.4 N。在 XYJ-02 型立式金相显微镜下观察其金相组织,在 Y-2000X 射线衍射仪上分析其物相,管电压为 30 kV,管电流为 20 mA。

3 结果及分析

3.1 成分变化对物理性能的影响

银基复合材料作为电刷材料使用时,材料的硬度和电阻系数可以综合的反映电刷的质量和和使用性能的一般情况^[6]。图 1 为不同含量的铜对复合材料硬度的影响。

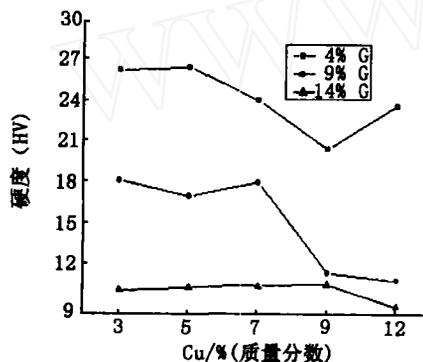


图 1 Cu 对不同石墨含量复合材料硬度的影响

Fig 1 Effect of copper content on hardness of composite with different graphite content

从图 1 可以看出,石墨对硬度的影响非常明显,随着石墨的增多,硬度直线下降,当石墨质量分数为 14% 时,其硬度不超过 12。这主要是由于石墨作为一种润滑材料,它的硬度比银要低很多;其次,石墨含量的升高导致孔隙度上升,且其多出现在石墨与金属颗粒界面处,呈狭长的扁孔,引起应力集中^[7-8]。而在石墨相同含量时,Cu 含量的影响相对较小。当石墨质量分数为 4% 时,Cu 的含量对材料硬度影响不明显;当石墨质量分数为 9% 时,Cu 的质量分数小于 7% 材料硬度较大,大于 7% 材料硬度下降明显;当石墨质量分数为 14% 时,Cu 的质量分数

数小于 9% 对材料硬度影响不明显,大于 9% 材料硬度略有下降。主要原因是,在石墨含量较高时,由于它的密度与银和铜相比相差很大,当铜质量分数增大到 9% 以上,在混料时更难使其三种材料混合均匀,使得铜粉很易产生聚集,降低其强化作用。

图 2 为不同含量的铜对三组复合材料电阻率的影响,随着石墨的增多,电阻率上升非常明显,这主要是由于石墨的导电性比 Ag 要低很多,而在相同的石墨含量时,虽然 Cu 的导电性也非常好,但 Cu 的增加还是会提高材料的电阻率,这主要是由于 Ag 和 Cu 是有限固溶体,在烧结过程中,会形成少量 Ag-Cu 固溶体,由此引起电阻率的升高,尤其是在 Cu 质量分数超过 7% 以后,电阻率上升更加明显,而在 Cu 质量分数为 3%、5%、7% 时变化较小。

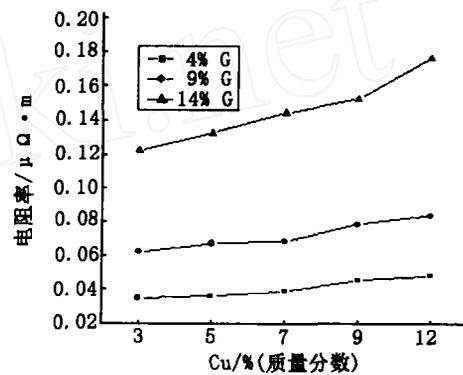


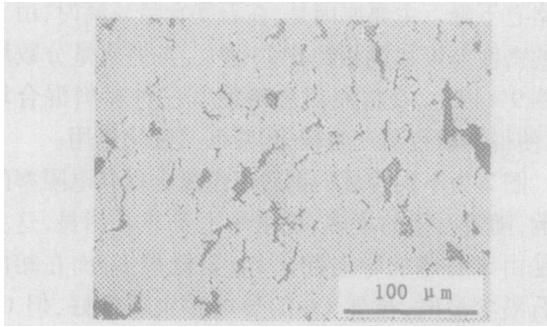
图 2 Cu 对不同石墨含量复合材料电阻率的影响

Fig 2 Effect of copper content on electric resistivity of composite with different graphite content

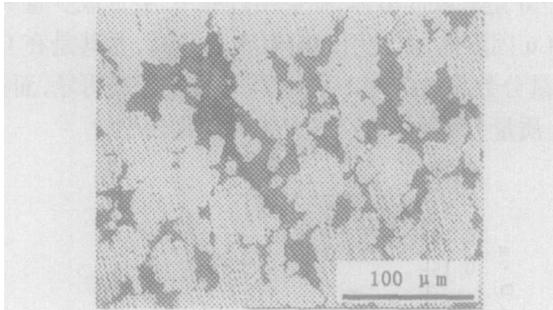
3.2 显微组织分析

图 3 为 4%、14% 石墨质量分数的复合材料的金相组织照片,可以看出,各样品中石墨的分布都比较均匀,组织比较严密,尤其在石墨含量较低的时候比较明显,这对材料的性能影响较大。通过烧结,金属原子越过石墨原子进行扩散,形成粘介面后形成烧结颈,最后石墨原子包裹在金属颗粒中^[9]。在石墨含量较高时,有少量的石墨发生团聚,主要是由于石墨密度和 Ag 的密度相差较大,在烧结时易发生聚集、团聚现象。在石墨质量分数为 4% 时,分布比较均匀,未见团聚现象,石墨和金属基体的结合紧密,孔隙度低,烧结后致密度较高^[10]。由于是黑白照片,所以在图中看不见铜的分布,在金相显微镜下可以发现,当铜质量分数小于 7% 时,可以均匀的分布在银基体中,当质量分数超过 7% 以后,部分铜发

生聚集,会割裂少量的银基体。



(a) 4%



(b) 14%

图 3 不同石墨含量的复合材料的金相照片

Fig 3 Metallographic of composite with 4% and 14% graphite content

3.3 XRD 物相分析

图 4 为 Ag - 14% G - 9% Cu - 1% CF 的 X 射线衍射图。

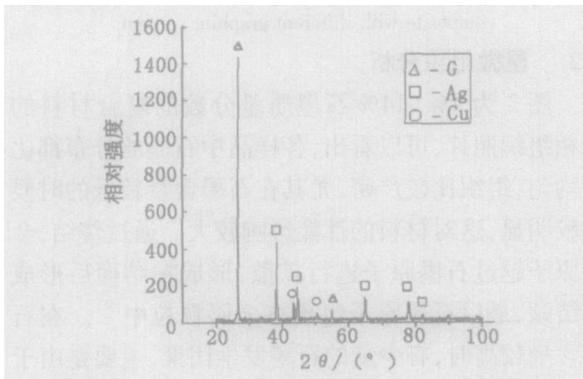


图 4 Ag - 14% G - 9% Cu - 1% CF 的 X 射线衍射图

Fig 4 X-rays diffraction pattern of Ag-14% G-9% Cu-1% CF

由图 4 可知,复合材料没有发生相变,组成相还是原始材料,Ag 和 Cu 是有限固溶体,常温下几乎不能互溶,固溶度随着压力和温度的升高而增加。材料在压制和烧结过程中其固溶度会升高,但在退火

后, - Ag 和 - Cu 固溶体中会分别析出 Cu 和 Ag,只留下少量的固溶体,少量的固溶体不能明显的引起 X 射线衍射峰的宽化^[11-12]。由于少量固溶体的存在,会对基体起到强化作用,但效果不是很明显,同时其引起电阻率的升高也是有限的。

4 结论

石墨的含量直接影响复合材料的整体性能,根据电刷在不同电流密度下工作来选择不同的石墨含量。对于在高电流密度下工作的电刷,可以选择石墨的质量分数为 4%;中、低电流密度下可以选择石墨的质量分数为 10% 和 14%。同时在每一种石墨含量的材料中,Cu 起到了少量的强化作用,而电阻率升高很少,Cu 的添加量在 5% ~ 7% 之间为宜。

参考文献

- 1 颜士钦,许少凡等. 碳纤维/石墨/银基复合材料电刷的应用研究. 功能材料, 1997; 28(2): 192 ~ 195
- 2 管伟明等. 新型电接触材料 Ag - 金属导电陶瓷的制备与性能. 贵金属, 2002; (3): 26 ~ 28
- 3 许少凡. 碳纤维含量对银 - 二硫化钼 - 石墨复合材料强度的影响. 兵器材料科学与工程, 2004; (3): 6 ~ 8
- 4 日本碳素材料学会. 电机用电刷及其使用方法. 北京:机械工业出版社, 1982
- 5 郑冀,朱家骥. 铜基电接触复合材料的研究. 摩擦学学报, 1995; (1): 19 ~ 28
- 6 芮静康. 电工材料手册. 北京:中国电力出版社, 2002
- 7 浩宏奇,丁华东. 工艺因素对铜石墨烧结材料性能的影响. 西安交通大学学报, 1997; (3): 120 ~ 122
- 8 丁华东,浩宏奇. 石墨含量对铜基滑板烧结膨胀的影响. 中国有色金属学报, 1996; (3): 106 ~ 110
- 9 孙杏囡,谈萍. 影响铜 - 石墨材料密度的工艺因素. 材料工程, 1999; (9): 3 ~ 5
- 10 W ingert P C, Allen S E. The effects of graphite particle size and processing on the performance of silver-graphite contacts. IEEE Transactions on Components, Hybrids, and Manufacturing Technology. 1992; (4): 154 ~ 159
- 11 英廷照,沈辉等. MA 和 SPD 法制备的纳米 Ag - Cu 合金的研究. 华南理工大学学报, 2000; (8): 36 ~ 39
- 12 戚震中,沈辉等. 纳米 Ag - Cu 合金的 Ag 和 Cu 析出与晶粒长大行为研究. 科学通报, 1997; (1): 96 ~ 99

(编辑 任涛)