

Zn 对 AgCuNi4-0.5 合金性能的影响

卢绍平¹, 杨红梅², 杨富陶¹, 俞建树¹, 柳 青¹, 王 健^{1*}

(1. 贵研铂业股份有限公司 稀贵金属综合利用新技术国家重点实验室, 昆明 650106;

2. 云南铜业科技发展股份有限公司, 昆明 650101)

摘 要: 借助显微硬度仪、拉力试验机和金相显微镜等仪器, 研究质量分数为 1.2% 的 Zn 对 AgCuNi4-0.5 合金在加工态与退火态力学性能的影响。结果表明: Zn 的添加能对合金产生固溶强化作用, 合金强度、硬度、再结晶温度得到进一步提高, 晶粒得到细化。当 $\varepsilon = 80\%$ 时, Zn 的添加可使合金抗拉强度由 432 MPa 增加到 460 MPa; 显微维氏硬度由 137 增加到 145, 这有助于提高触点材料的耐磨性。

关键词: 金属材料; 机械性能; 组织结构; 触点材料

中图分类号: TG146.3⁺2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-0676(2013)01-0021-04

The Effect of Zn on the Properties of AgCuNi4-0.5 Alloy

LU Shaoping¹, YANG Hongmei², YANG Futao¹, YU Jianshu¹, LIU Qing¹, WANG Jian^{1*}

(1. State Key Laboratory of Advance Technologies for Comprehensive Utilization of Platinum Metals, Sino-Platinum Metals Co. Ltd., Kunming 650106, China; 2. Yunnan Copper Science and Technology Develop Co. Ltd., Kunming 650101, China)

Abstract: The effect of 1.2% Zn addition on the properties of AgCuNi4-0.5 alloy in processing state and annealing was studied by means of micro-hardness tester, tensile testing machine and metallographic microscope, etc. The results showed that there is a dispersion strengthening effect of the addition of Zn to the AgCuNi alloy, and the hardness, tensile strength, recrystallization temperature of the alloy are increased, and the grains are refined as well. When $\varepsilon = 80\%$ the addition of Zn could increase the tensile strength from 432 MPa to 460 MPa, and the micro Vickers hardness increased from 137 to 145, which is helpful to improve the wearing resistance of the contact material.

Key words: metal materials; mechanical properties; microscopic structure; contact material

AgCuNi4-0.5 合金综合性能优良, 已广泛应用于各种型号的微电机, 成为直流微电机的经典材料^[1]。但是随着家用电器的小型化, 微电机往往被安装到发热元件的附近, 高温环境对微电机换向器的耐磨性造成严重影响, 大大降低电机的使用寿命^[2-3]。

为进一步提高 AgCuNi4-0.5 的综合性能, 可添加少量合金元素, 如 Ce、Pd 和 Zn 等。添加 Ce, 可使 AgCuNi 合金的接触电阻低而稳定、抗电弧侵蚀性能好、质量损耗小, 电寿命长^[4-5]; 添加 Pd, 可提高

AgCuNi 合金的抗硫化性能^[1-2]; 添加少量的 Zn, 可使 AgCuNi 合金保持优良的导电、导热性能和较高机械性能的同时, 又提高了灭弧性能^[6-7]。本文重点研究 Zn 对 AgCuNi 合金性能的影响。

1 实验

1.1 原料选择及熔炼

以纯度为 99.99% 的 Ag 和 99.95% 的 Cu、Ni、Zn 作原料, 按质量分数配料, 放入 40 kW 真空中

收稿日期: 2012-05-17

基金项目: 云南省科研院所技术开发专项(2006KFZX-13)资助。

第一作者: 卢绍平, 男, 工程师, 研究方向: 贵金属及其复合材料生产与研究。E-mail: lsp221@sina.com

*通讯作者: 王 健, 男, 正高级工程师, 研究方向: 贵金属及其复合材料研究。E-mail: wj@ipm.com.cn

频炉内，抽真空充氩，熔铸扁锭 2 个，即 AgCuNi 和 AgCuZnNi。为保证 Zn 的有效添加，将 Zn 用 Ag 箔包好加入经多次抽真空除气、充氩气的 AgCuNi 溶液内，制得 AgCuNi 和 AgCuZnNi 合金实验用铸锭。铸锭成分见表 1。

表 1 AgCuNi 和 AgCuZnNi 的化学成分/%

Table 1 Composition of AgCuNi and AgCuZnNi alloys/%				
合金	Ag	Cu	Zn	Ni
AgCuNi	余量	4.1	—	0.51
AgCuZnNi	余量	4.2	1.2	0.60

1.2 样品制备及测试

铸锭以常规加工工艺制成1.5×50 mm的板材和Φ2 mm的丝材，经700℃保温1 h真空退火处理，冷加工制成不同厚度和直径的试样。每组各取一个试样测试维氏硬度；取3个试样测试抗拉强度和延伸率。硬度实验在HV-I型硬度计上进行；抗拉强度和延伸率在ZLB-100型拉力实验机上进行；金相试样在MeF2万能金相显微镜上进行组织形貌观察。XRD 分析在D/Max-RC衍射仪上进行，管压40 kV，管流 80 mA，用Cu靶Kα谱线进行物相分析。

2 结果与讨论

2.1 Zn 对合金主要性能的影响

表 2 列出了 AgCuNi 和 AgCuZnNi 合金的主要性能。从表 2 数据可看出，添加 Zn 提高了合金的硬度和强度，对合金的密度和延伸率没有影响，但降低了合金的电阻温度系数，合金的电阻率略有增加，这一特性符合微电机换向器材料的技术要求^[3]。Zn 的添加有利于进一步提高 AgCuNi4-0.5 合金的综合性能。

表 2 AgCuNi 和 AgCuZnNi 合金的主要性能

Table 2 Main properties of AgCuNi and AgCuZnNi alloys				
性能	AgCuNi		AgCuZnNi	
	硬态	软态	硬态	软态
密度/(g/cm ³)	10.2	—	10.2	—
熔点/℃	1068	—	939	—
维氏硬度/Hv0.2	137	62	145	65
抗拉强度/MPa	432	218	460	228
延伸率/%	1	23	1	28
电阻率/(μΩ·cm)	—	2.08	—	2.44
电阻温度系数 ×10 ⁻³ /℃(0~100℃)	—	3.0	—	1.4

2.2 Zn 对合金力学性能的影响

AgCuNi 和 AgCuZnNi 合金经不同变形后，测量其加工硬度，见图1。由图1可知，在相同变形量下，AgCuZnNi 合金的硬度明显大于 AgCuNi 合金。2种合金的变形量—硬度曲线（加工硬化曲线）走势相似，硬度值随变形量的增加而增加。AgCuZnNi 合金变形量为10%时，硬度由65升高到98，当变形量为80%时，AgCuNi 硬度为137，AgCuZnNi 硬度为145。Zn 的添加使合金硬度稍有提高。

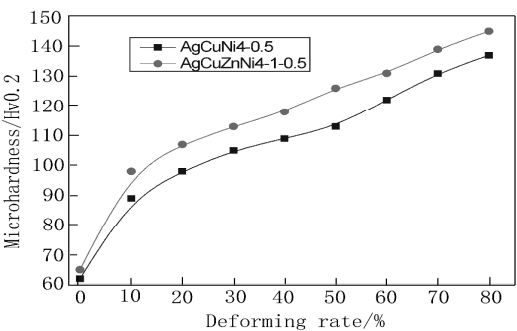


图 1 冷加工对合金硬度的影响

Fig.1 Effects of cold-working on the hardness of alloys

AgCuNi 和 AgCuZnNi 合金不同变形后的抗拉强度和延伸率如图 2 所示。由图 2 可知，2 种合金的强度值随变形量的增加而增加，其变化规律与加工硬化曲线相似。相同变形量下，AgCuZnNi 合金的强度明显大于 AgCuNi 合金。经 80%变形后，AgCuZnNi 合金强度比 AgCuNi 合金高出 28 MPa。由合金变形量与延伸率的关系曲线可看出：当变形量<10%时，2 种合金的延伸率迅速下降，AgCuNi 合金的延伸率略大于 AgCuZnNi 合金；当变形量>10%时，2 种合金的延伸率均为 1%。Zn 的加入对合金延伸率的影响较小。

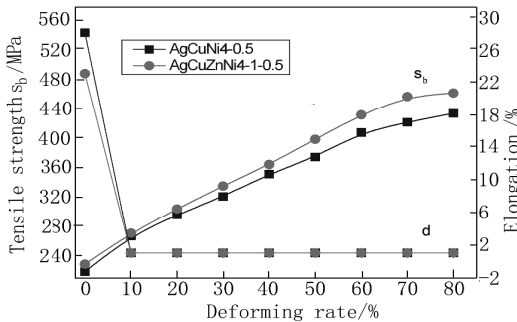


图 2 冷加工对合金强度及延伸率的影响

Fig.2 Effects of cold-working on the strength and elongation of alloys

将80%变形后的AgCuNi和AgCuZnNi合金试样分别在400℃、500℃、600℃、700℃、800℃退火1 h, 测量退火后的合金硬度, 结果如图3所示。由图3可知: AgCuZnNi合金在常温下的硬度为145; 700℃以下退火, 合金硬度下降较快; 700~800℃退火, 硬度值变化趋于平缓; 这说明合金在700~800℃退火1 h后再结晶完成。AgCuNi合金在常温下的硬度为137; 600℃以下退火, 硬度下降较快; 600~800℃退火, 硬度值变化趋于平缓; AgCuNi合金的再结晶温度在600~700℃之间。Zn的加入使合金的再结晶温度提高100℃左右。

将 80%变形后的 AgCuNi 和 AgCuZnNi 合金试样, 在 650℃温度下, 进行不同保温时间处理, 测量其硬度, 结果如图 4 所示。由图 4 可见, 当退火时间小于 0.5 h 时, 2 种合金的硬度急剧下降, AgCuZnNi 合金的硬度略大于 AgCuNi 合金; 退火时间大于 0.5 h, 随着退火时间的延长, 2 种合金的硬度值变化趋于平缓。

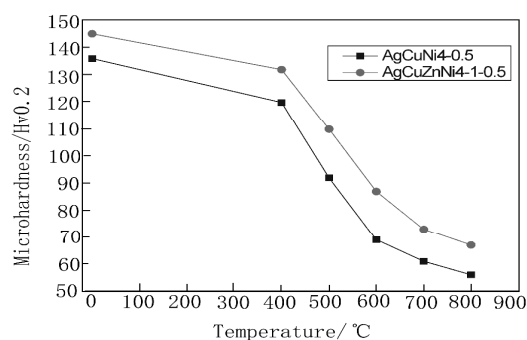


图 3 退火温度与合金硬度关系

Fig.3 Relationship of annealing temperature with hardness of alloys

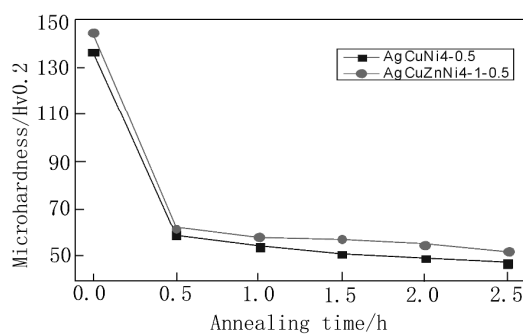


图 4 退火时间与合金硬度关系

Fig.4 Relationship of annealing time with hardness of alloys

2.3 Zn 对合金组织结构的影响

图5是AgCuNi和AgCuZnNi合金在700℃退火1 h后的金相形貌。由图5可以看出, 在700℃退火1 h条件下, AgCuNi已完成再结晶和晶粒开始长大, 而AgCuZnNi晶粒才开始再结晶, 出现退火孪晶, 晶粒细小。可见, Zn对AgCuNi合金的再结晶过程具有一定的抑制作用, 使合金的再结晶温度从600~700℃提高到700~800℃。这一事实在合金退火曲线的研究中也得到证实。

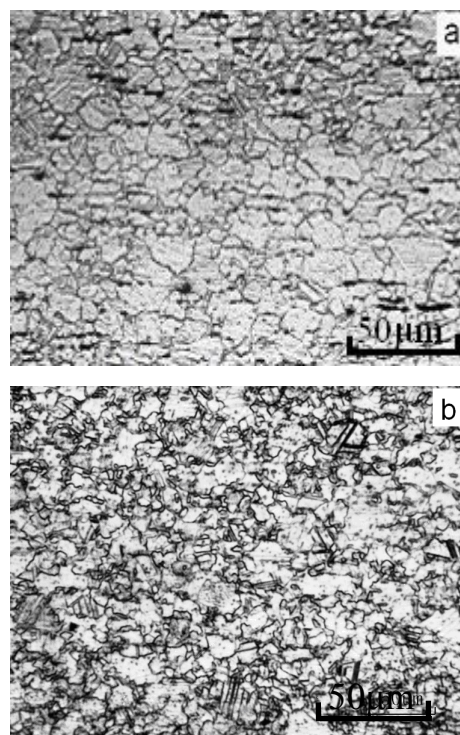


图 5 合金的退火态组织 (200×)

Fig.5 Annealed structure of alloy (200×)

(a. AgCuNi; b. AgCuZnNi)

2.4 Zn 对合金的强化机制

铸锭熔炼过程中 Ag、Cu、Ni 首先抽真空、熔化, 经多次抽真空、熔化凝固、除气后, 将 Zn 加入到 1400℃的 Ag、Cu、Ni 熔体中, 形成 α -Ag(Cu、Zn)和 β -Cu(Zn、Ni)熔体。在冷却结晶过程中, 温度降至 1080℃以下, β 相先析出, 当 α 固溶体结晶后, 少量 β 相分布在 α 相基体中, 在加工过程中, Cu 相(β 相)对 α 相(基体)有一定的强化作用。图 6 为 AgCuZnNi 合金的 X 射线衍射图。从图 6 可以看出, AgCuZnNi 是一个简单的固溶体, 有一个次要的固溶体相是 Cu 基固溶体, 是图中非常弱的峰。Zn 以固溶形式存在于 Ag 和 Cu 基固溶体中。

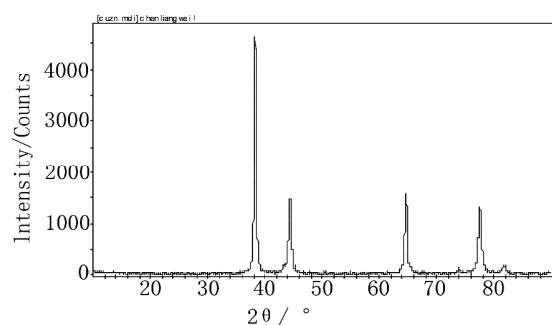


图 6 AgCuZnNi 合金的 X 射线衍射图

Fig.6 XRD pattern of AgCuZnNi alloy

3 结论

Zn 的添加可对 AgCuNi4-0.5 合金产生固溶强化作用, 合金的强度、硬度、再结晶温度得到进一步提高, 晶粒得到细化。当 $\varepsilon = 80\%$ 时, Zn 的添加可使合金抗拉强度由 432 MPa 增加到 460 MPa; 显微硬度由 137 增加到 145, 这有助于提高触点材料的耐磨性。

参考文献:

- [1] 王健, 周世平, 贺晓燕, 等. 微电机换向器用银基复合材料研究进展[J]. 稀有金属材料与工程, 2011, 40(增刊 2): 196-200.
- [2] 刘清泽, 汪边昆, 程暘. 在高温环境下使用的微电机换向器材料[C]//第十届中国小电机技术研讨会论文集. 上海: 中国电子科技集团公司第二十一研究所, 2005: 269-271.
- [3] 于朝清, 王丽琼. 微电机用新型换向器材料[J]. 电工材料, 2002(4): 25-30.
- [4] 李季, 杨富陶, 周世平, 等. 微量稀土元素铈对 AgCuNi 合金性能的影响[J]. 稀有金属, 2007, 31(专辑): 1-4.
- [5] 乔勋, 王健, 周世平, 等. 微量 Ce 对 AgCuNi 合金电接触性能的影响[J]. 稀有金属材料与工程, 2008, 37(7): 1309-1312.
- [6] 黎鼎鑫, 张永俐, 袁弘鸣. 贵金属材料学[M]. 长沙: 中南工业大学出版社, 1991: 251-547.
- [7] 黄伯云, 李成功, 石力开, 等. 中国材料工程大典第五卷: 有色金属材料工程(下)[M]. 北京: 化学工业出版社, 2006: 360.

(上接第 20 页)

- [2] Kozlov A I, Kozlova A P, Asakura K, et al. Oxidation behavior of Pd-modified aluminide coating at high temperature[J]. Journal of Catalysis, 2000, 196(1): 56-65.
- [3] 旷成秀, 刘康强, 李凤仪. 铑含量对 Pt-Rh-Pd/Al₂O₃ 催化剂的氧化还原性能的影响[J]. 江西化工, 2005(3): 86-88.
- [4] 曾庆轩, 王亚军, 游少雄. 用于机动车排气净化的含 Pd 催化剂初步研究[J]. 工业催化, 2000, 8(6): 23-27.
- [5] 成都科技大学分析化学教研室. 色谱分析手册: 第四分册(上)[M]. 北京: 化学工业出版社, 1984: 39-59.
- [6] 邓景发. 催化作用原理导论[M]. 吉林: 吉林人民出版社, 1984: 357-366.
- [7] 严洪杰, 杨骏英, 周德幢, 等. CeO₂ 对 Ni/γ-Al₂O₃, Pt/γ-Al₂O₃ 中 Ni, Pt 分散度的影响[J]. 天然气化工, 1992, 17(5): 26-30.