

银-稀土多元合金低压触头的电化学行为研究

信立僊, 冯 闯, 闫露文, 蒋雨萱, 柳 泉, 陶绍虎

沈阳理工大学材料科学与工程学院 沈阳

【摘要】传统的电触头材料越发难以满足低电量传输中的损耗要求,且耐用度降低、能耗高的问题也逐渐暴露。本文所提及的稀土-银多元合金电触头是一种应用于低电压环境中的新型触头材料,具有诸多优点。该材料有望替代现有的 Ag-CdO 触头,可延长电力设备或部件的使用寿命,降低维护成本,具有一定的经济价值。稀土与银制成合金后,不仅基体的力学性能、高温性能、耐腐蚀性能和电学性能得到改善,而且还能在很大程度上保持银基体的物理和化学性能。本文测试了相同腐蚀条件下,Ag82In9Ce 合金、Ag85In6Ce 合金、Ag86In3Zn3Ce 合金、Ag88Zn3In3 合金、Ag88In3Zn3Ce 合金、Ag88InCe 合金体系下的开路计时电位曲线,并结合金相测试分析,分析了多种稀土-银合金的电化学腐蚀行为及其性能,为此项工作进一步的研究奠定了一定理论基础。

【关键词】低压触头; 开路计时电位; 银-稀土多元合金

【收稿日期】2022 年 11 月 25 日 **【出刊日期】**2022 年 12 月 29 日 **【DOI】**10.12208/j.ijms.20220011

Electrochemical behavior study of silver-rare earth multicomponent alloy low pressure contacts

Licai Xin, Chuang Feng, Luwen Yan, Yuxuan Jiang, Quan Liu, Shaohu Tao

School of Materials Science and Engineering, Shenyang Ligong University, Shenyang

【Abstract】Traditional electrical contact materials are increasingly difficult to meet the loss requirements in low power transmission, and the problems of reduced durability and high energy consumption are gradually exposed. The rare earth-silver multi-alloy electrical contact mentioned in this article is a new contact material used in low-voltage environments, which has many advantages. The material is expected to replace existing Ag-CdO contacts, which can extend the service life of power equipment or components, reduce maintenance costs, and have certain economic value. After the rare earth and silver are alloyed, not only the mechanical properties, high temperature properties, corrosion resistance and electrical properties of the matrix are improved, but also the physical and chemical properties of the silver matrix can be maintained. In this paper, open-circuit chronopotentiometry curves under Ag82In9Ce alloy, Ag85In6Ce alloy, Ag86In3Zn3Ce alloy, Ag88Zn3In3 alloy, Ag88In3Zn3Ce alloy and Ag88InCe alloy system were tested at the same corrosion conditions, and combined with metallographic testing, the electrochemical corrosion behavior and properties of a variety of rare earth-silver alloys were analyzed, which laid a certain theoretical foundation for the further research of this work.

【Keywords】Low voltage contact; Open-circuit chronopotentiometry; Silver-rare earth multicomponent alloy

引言

电触头是高压断路器、开关柜、隔离开关、接地开关的重要部件,其性能直接影响这些高压电器的质量及使用寿命。最初的电触头材料采用纯金、纯银、纯铂制备,而后逐渐使用 Ag-Cu、Au-Ag、Pt-Ag 等合金。除了金之外,银的导电率和导热率堪称金属之最,但产量有限且价格贵,因而使用量受

到限制。Ag-CdO 是国内低压电器行业大量使用的电触头材料。Cd 含量的增加能够大幅提高 Ag-CdO 电触头的抗熔焊性能,但是令电触头的接触电阻增大,致使温度升高,且恶化材料的加工性能,同时 Cd 因有毒而污染环境。

本论文提及了一种应用于低电压环境中的新型银-稀土多元合金触头材料,稀土与银制成合金后,

不仅基体的力学性能、高温性能、耐腐蚀性能和电化学性能得到改善, 而且还能在很大程度上保持银基体的物理和化学性能, 这些有利的性能组合使稀土银合金得到了较为广泛的关注和应用。本文通过开路计时电位法对 Ag82In9Ce 合金、Ag85In6Ce 合金、Ag86In3Zn3Ce 合金、Ag88Zn3In3 合金、Ag88In3Zn3Ce 合金、Ag88InCe 合金的耐蚀行为进行了研究。

1 实验

1.1 实验材料

本实验所用试剂如表 1 所示:

表 1 实验试剂

| 化学药品 | 纯度 |
|-----------------------------------|---------|
| NH ₃ ·H ₂ O | 化学纯 99% |
| H ₂ O ₂ | 化学纯 99% |
| NaCl | 化学纯 99% |

本实验所用样品成分分别为 Ag82In9Ce、Ag85In6Ce、Ag86In3Zn3Ce、Ag88Zn3In3、Ag88In3Zn3Ce 和 Ag88InCe, 均为自制。本实验采用 25ml 的饱和氨水+75ml 的浓度为 30% 的双氧水对样品进行腐蚀, 观察得到的金属相图并对其进行分析。将另一个相同的样品在 3.5% 的 NaCl 溶液中进行电化学研究, 通过测量得到的开路计时电位来分析材料的电化学性能。

1.2 样品制备

(1) 熔炼过程

熔炼时, 低熔点和高活性的拟添加元素易发生挥发和氧化, 拟采用以中间合金方式加入和真空惰性气氛保护熔炼。对于低熔点的金属元素, 采用熔体直接加入 Zn。加 Zn 前应将熔体表面的浮渣扒净, 防止在 Zn 加入后搅拌时, 将表面的浮渣搅入银合金液中, 造成二次污染。加 Zn 时用加 Zn 器或大扒净 Zn 锭, 压入银合金液下部, 并向四周来回游动, 使之成份均匀, 待 Zn 锭全部熔化后, 方可将加 Zn 器拉出银合金液, 加 Zn 温度控制在锻炼温度上限即可。将要加入的 Zn 锭完全加入后, 要彻底搅拌, 使内部化学成份完全一致, 搅拌时间不小于 8-10 分钟。实验采用的惰性气体为氩气, 将焊枪对准试样, 向下降到比较接近但不能碰到试样的位置, 关上前面的盖子以防熔炼伤到眼睛, 打开电流开关, 将电流调到 30 多, 按引弧开关, 引弧成功后, 通过缓慢加电流, 升焊枪和调整焊枪位置来使火焰趋于稳定,

稳定后融化 2 分钟左右, 此时试样全部融化成红色, 等待冷却过程中不能立刻打开盖子。翻面再次融化, 总共融化 6 次。加工过程中, 银合金易发生加工硬化甚至开裂, 拟采用热压力加工方法, 通过冲孔、落料、切断、切口、切边、剖切、整修等一系列步骤, 令银合金的加工过程处于动态再结晶过程, 加工组织晶粒细化、耐磨耐蚀性好、力学性能佳。

(2) 电化学测试样品的制备

实验前在样品的背面焊接导线, 再用水磨砂纸进行逐级打磨, 直至样品表面光滑, 其余各表面用环氧树脂进行封固, 用于电化学测试。

(3) 金相检测试样制备

将用于金相分析的样品用金相试样镶嵌机镶嵌好后, 再用水磨砂纸进行逐级打磨, 打磨完成后进行抛光, 用浸有腐蚀液的棉团擦拭抛光后的银合金样品表面, 快速用清水冲洗, 反复数次后, 样品的抛光面略微发白即可, 之后用光学显微镜观察样品表面。

1.3 电化学测试设备

电化学实验设备采用的是 CHI660E 电化学工作站, 测试采用三电极体系, 其中参比电极为饱和甘汞电极, 辅助电极是铂片电极, 工作电极分别为 Ag82In9Ce 合金、Ag85In6Ce 合金、Ag86In3Zn3Ce 合金、Ag88Zn3In3 合金、Ag88In3Zn3Ce 合金、Ag88InCe 合金电极, 电解液是浓度为 3.5% 的氯化钠溶液, 电化学测试所得数据运用 origin 软件进行分析与拟合, 实验装置如下图 1 所示。

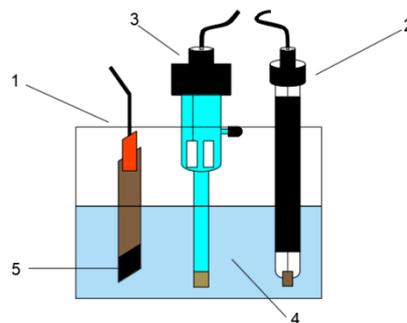


图 1 电化学实验装置图

1-工作电极; 2-辅助电极; 3-参比电极; 4-电解液; 5-电极材料

2 实验结果与讨论

2.1 开路计时电位

在室温, 腐蚀液为 25ml 的饱和氨水+75ml 的浓

度为 30% 的双氧水溶液的条件下, 分别测试了 Ag82In9Ce 合金、Ag85In6Ce 合金、Ag86In3Zn3Ce 合金、Ag88Zn3In3 合金、Ag88In3Zn3Ce 合金、Ag88InCe 合金体系下的开路计时电位曲线, 腐蚀时间: 5000s, 工作电极面积为 1cm^2 , 如图 1 所示:

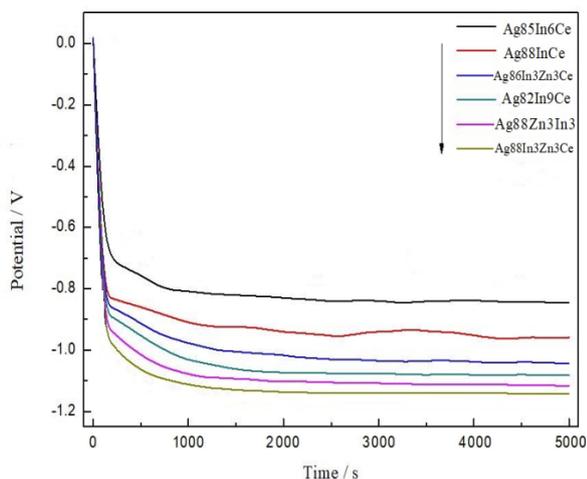
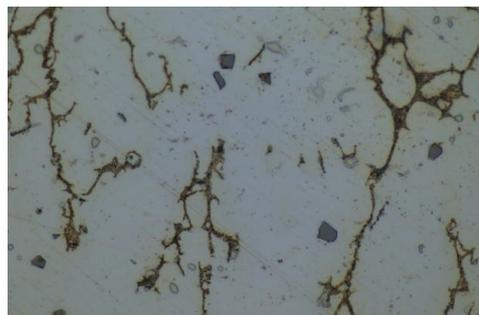


图 2 不同稀土-银合金在 25ml 的饱和氨水+75ml 的浓度为 30% 的双氧水溶液下的开路计时电位曲线

图 2 展示的是 6 种不同合金组分的稀土-银合金在 25ml 的饱和氨水+75ml 的浓度为 30% 的双氧水溶液下腐蚀 5000s 的开路计时电位曲线。从曲线上可以发现, 不同合金腐蚀的电位曲线各不相同, 趋势



a) Ag82In9Ce 合金金相图谱



b) Ag85In6Ce 合金金相图谱



c) Ag86In3Zn3Ce 合金金相图谱



d) Ag88Zn3In3 合金金相图谱

一致, 电位大小有很大差别, 说明在此浓度的溶液体系下, 腐蚀程度不同, Ag88In3Zn3Ce 电位最负, 说明此电极成分更容易腐蚀。另外, 从 6 种组分的曲线上还能分析出, 曲线上有平台的出现, 在曲线不难发现, 按照图中所示箭头的趋势, 平台逐渐变长, 说明顺着箭头方向的 6 种电极材料在 25ml 的饱和氨水+75ml 的浓度为 30% 的双氧水的溶液体系下, 腐蚀越来越严重。

2.2 金属相图

不同合金成分材料经过开路电位瞬态测量的电化实验后, 对处理后的工作电极进行金相分析, 放大倍数: 500 倍, 结果如图 3 所示。图 3 展示的在开路计时电位下检测 5000s 后的 6 种腐蚀电极的金相照片。通过观察腐蚀形貌图, 从腐蚀情况可以看出, 不同成分的合金表面均有明显的缺陷, 说明所有材料表面均发生了腐蚀反应, 与计时电位法测试的结果相吻合。不同之处在于: 6 种不同合金成分的材料, 腐蚀的面积不同, 图 2d 和图 2e 表面分布着大量的细小颗粒, 腐蚀较为均匀, 其他 4 种材料腐蚀较为集中, 不同的腐蚀行为导致了表面电阻的差异, 导电性能的不同, 这可能与材料的表现性能和处理方式有关。



e) Ag88In3Zn3Ce 合金金相图谱



f) Ag88InCe 合金金相图谱

图 3 不同银合金组成的金相图谱

3 结论

为了了解银-稀土多元合金低压触头的特性, 本文通过对 Ag82In9Ce、Ag85In6Ce、Ag86In3Zn3Ce、Ag88Zn3In3、Ag88In3Zn3Ce 和 Ag88InCe 合金的电化学测试及金相分析, 结果表明: 6 种稀土-银多元合金 Ag82In9Ce、Ag85In6Ce、Ag86In3Zn3Ce、Ag88Zn3In3、Ag88In3Zn3Ce 和 Ag88InCe 的开路计时电位呈现的曲线图谱有所差别, 但趋势一致, Ag88In3Zn3Ce 电位最负, 说明此电极成分更容易腐蚀。6 种合金材料均发生了腐蚀反应, 通过金相分析进一步证明了腐蚀的存在, 且腐蚀程度不同, 均匀度差别较大。

参考文献

- [1] 胡晨, 周晓龙, 陈力, 刘满门, 王丽慧. SnO₂ 添加剂对 AgCuOIn₂O₃ 复合材料电接触性能的影响[J]. 复合材料学报, 2021, 51 (3): 1-11.
- [2] 陈文孝, 于秀清, 冯如信. 化学置换沉积银制备 AgWC(40) 触头材料的方法[J]. 电工材料, 2020, 3: 9-11.
- [3] Zhou Shijie, Zhao Bingjun, Zhao Zhen Jin Xin. Application of lanthanum in high strength and high conductivity copper alloys [J]. Rare Earths, 2006, 24 (1): 385-388.

版权声明: ©2022 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



OPEN ACCESS