

银-钯-稀土合金的组织与性能研究

刘瑞平, 张晓波, 吴 霏
(贵研铂业股份有限公司, 昆明 650106)

摘要: 采用均匀化、轧制、拉拔等工艺加工制备银-钯-稀土合金样品。研究了不同退火温度、加工率对合金强度、硬度、延伸率等性能的影响。结果表明, 银-钯-稀土合金可替代 AuNi 合金用作电接触材料。

关键词: 银-钯-稀土合金; 电接触材料; 组织结构; 性能

中图分类号: TF832 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-0676(2017)S1-0035-03

Study on Structure and Property of Ag-Pd-RE alloy

LIU Ruiping, ZHANG Xiaobo, WU Fei
(Sino-Platinum Metals Co. Ltd., Kunming 650106, China)

Abstract: The Ag-Pd-RE alloy was prepared by homogenization, rolling and drawing. The effects of different annealing temperature and processing rate on the strength, hardness and elongation were investigated. The results showed that Ag-Pd-RE alloy can replace AuNi alloy to be used as electrical contact material.

Key words: Ag-Pd-RE alloy; electrical contact material; metallurgical structure; performance

金及金基合金广泛应用于弱小电流功率的电信通信系统(如 JRB 电话继电器)中, 该类材料具有良好的化学稳定性, 较高的耐磨性和组织结构稳定性。然而, 金及金基合金原料价格昂贵, 增加了材料的使用成本。随着电信通信行业的迅速发展, 合金材料的用量增加。为了降低材料的使用成本, 国内外都在积极研究价格较低且具有与金及金基合金相同或相近性能的代用材料^[1]。或采用各种结构形式的复合材料以降低金及金基合金的用量^[2]。相对于金及金基合金, 价格较低的钯、银钯合金制作的接点, 具有接触性能好, 较高的表面耐磨性和耐腐蚀性。

稀土金属有许多特殊的物理化学性质, 近年来昆明贵金属研究所在银基合金中添加稀土元素方面展开了大量的研究工作。研究表明, 在银、银钯合金中加入稀土元素可提高材料的耐磨性、耐腐蚀性和接点使用过程中的稳定性。本文对银-钯-稀土合金的组织结构、电学和力学性能进行了研究。

1 实验部分

1.1 合金材料制备

实验所用银、钯及稀土元素镧、铈的纯度(质量分数)均在 99.95%以上, 熔炼配料时应考虑镧、铈的烧损量。用中频炉或高频感应炉, 使用氧化铝坩埚, 以氩气保护气氛进行熔炼, 加料顺序为钯、银、稀土。合金熔融液体采用倾浇法浇铸在圆形石墨模具中, 浇铸温度控制在 1200℃左右。铸锭成分(质量分数)控制范围为: Pd: 30%, La: 0.5%~0.7%, Ce: 0.5%~0.7%, Ag 为余量。

铸锭浇铸完成后, 在大气气氛下于 700℃保温 2.5 h 做均匀化处理。均匀化后的铸锭车削除去表面后, 经轧制、拉拔工序加工成各种规格的丝材。中间退火条件为 800℃保温 1 h, 两次退火间变形量控制在 80%。详细工艺流程如图 1 所示。

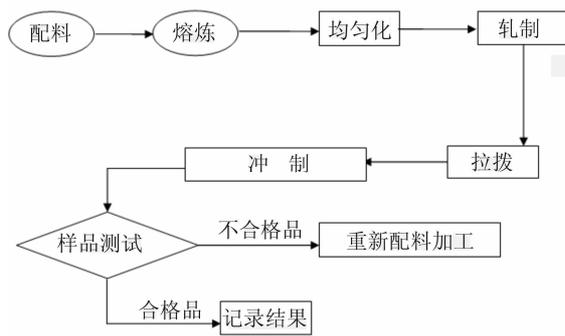


图 1 工艺流程图

Fig.1 Diagram of process

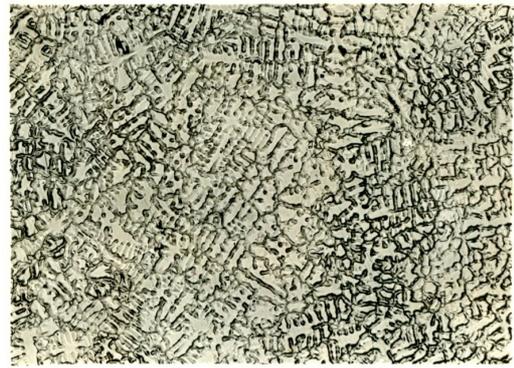


图 2 银-钯-稀土合金铸态组织

Fig.2 Cast structure of Ag-Pd-RE alloy

1.2 形貌观察和性能测定

经金相制样，在显微镜下观察铸态和退火态合金样品的金相显微组织。将合金拉制成各种所需尺寸的丝材，测定其力学和电学性能；在接点制作机里冲制成各种形状的接点，用于装配试验。考虑到接点硬度及接点制作过程中的变形量，产品丝材的冷加工变形量应在 35%~50%之间。

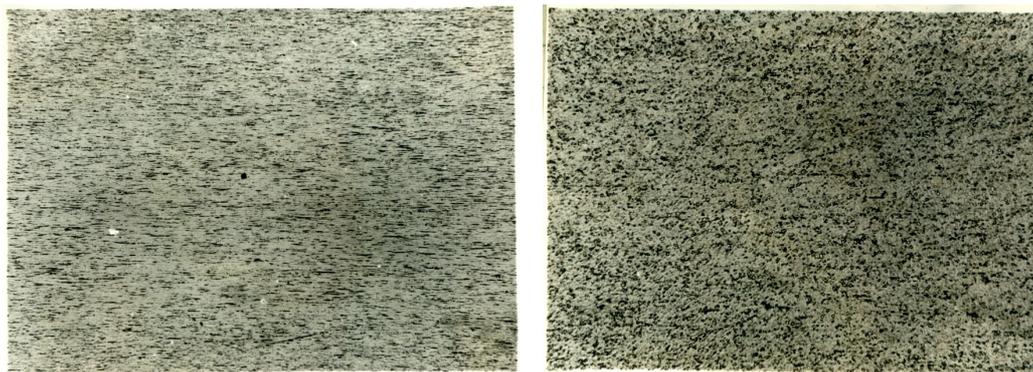
2 结果与讨论

2.1 合金的显微组织

图 2 为合金的铸态组织。由图 2 可见，银-钯-稀土合金铸态组织中树枝状的粗大晶粒明显，晶内有偏析。

稀土元素能在合金固溶体中形成第二相化合物，这种化合物相对材料的性能尤其是电接触性能有着十分重要的影响。化合物相能细化组织晶粒，增强结晶组织的热稳定性^[3]，在燃弧的工作状态下化合物相优先分解汽化，起到灭弧作用。

银-钯-稀土合金的金相组织如图 3 所示。由图 3 可以看出，在银钯固溶体基体上，第二相化合物，即稀土化合物相，呈弥散均匀地分布。银钯合金中加入微量镧和铈会形成具有特殊结构的稀土化合物相，该相组织细小，分布均匀，从而提高材料的灭弧能力和抗熔焊性。已有的一般研究认为：当合金具有两种以上稀土元素，特别是轻稀土和重稀土同时存在时，对提高材料的各项性能比单一稀土元素表现更为明显^[4]。



(a). 加工态(Casting); (b). 800℃-30 min 退火态(Anneal)

图 3 银-钯-稀土合金的金相显微组织图像

Fig.3 Metallographic microstructure image of Ag-Pd-RE alloy

2.2 合金的物理性能

将银-钯-稀土合金与金镍合金性能比较结果如表 1 所列。由表 1 结果可知，银-钯-稀土合金与金镍合金在强度(σ_b)、硬度($HV_{0.2}$)、延伸率(δ)、导电率(γ)等关键性能上差异不大，可作为替代产品使用。

表 1 两种合金性能对比

Tab.1 Performance comparisons of two alloys

合金	密度/ (g/cm ³)	强度/ (MPa)	硬度/ (HV _{0.2})	延伸 率/%	导电率/ (m/(Ω·mm ²))
Ag-Pd-RE	10.9	355	138	29.8	6.7
AuNi	18.3	380	115	25	7.5

2.3 加工率对合金性能的影响

银-钯-稀土合金冷加工性能良好，可作锻造、轧制、拉拔等各种冷加工，总变形量可达 80%以上。由于稀土元素在合金中的固溶度小，当其总含量大于 1.5%时，合金的加工性能会急剧恶化，所以镧和铈的添加量应控制在 1.0%~1.4%以内。

合金在变形过程中，显微硬度随变形量的变化如表 2 所列。由表 2 可见合金的硬度初期随着变形量的增加而迅速提高，当变形量达到 30%后，硬度的增加速度变缓，变形量达到 80%时候达到最大值。

表 2 银-钯-稀土合金不同变形量时的硬度(Hv_{0.2})

Tab.2 Vickers hardness (Hv_{0.2}) at different deformation rate of Ag-Pd-RE alloys

变形量	0%	12%	30%	60%	80%
硬度(Hv0.2)	139	158	176	181	185

合金强度随变形量的变化如图 4 所示。由图 4 可见，在变形量为 0%~40%期间，合金强度逐步增大。变形量为 50%时，强度发生下降；此后随强度随变形量增加继续增大。

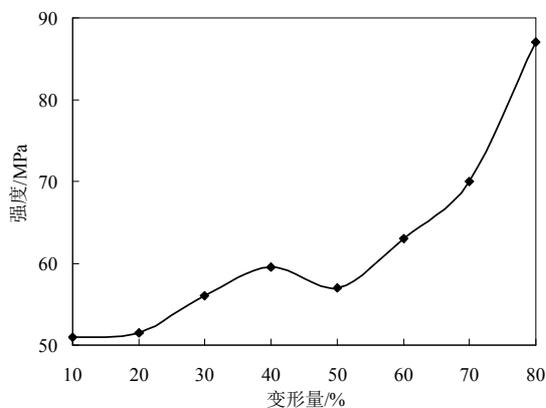


图 4 银-钯-稀土合金变形量对强度的影响

Fig.4 Effect of deformation rate on strength of Ag-Pd-RE alloys

不同温度下退火所得合金硬度如表 3 所列。

表 3 银-钯-稀土合金不同温度退火后的硬度(Hv_{0.2})

Tab.3 Vickers hardness (Hv_{0.2}) of Ag-Pd-RE alloys annealed by different temperature

退火温度/°C	铸态	750	800	850	900	950
硬度(Hv _{0.2})	185	144	138	135	130	126

由表 3 可见，在 750~950°C期间，合金硬度随退火温度升高而逐步降低，适合的退火温度为 750~850°C。

2.4 装配应用实验

生产厂家将该合金制成的接点在 JRB 型电话继电器上，按照 Q/LT 标准进行了寿命试验。结果表明：在感性负载 60 V-1 A、工作频率 10±3 s 间停 4 s 的条件下，寿命为 560 万次；此时接点表面良好，还可继续工作 100 万次；同时接点的接触电阻、温升及介电性能均符合要求。在此基础上该厂还进行了整机实验，作为 AuNi 的替代材料批量使用。

3 结论

银-钯-稀土合金具有优异的电接触性能，抗熔焊及灭弧性能好，磨损小，接触电阻低且稳定，在某些应用领域可用于替代 AuNi 合金。

参考文献:

- [1] 郭凤仪, 陈忠华. 电接触理论及其应用技术[M]. 北京: 中国电力出版社, 2008.
- [2] 宁远涛. 贵金属复合材料的成就与展望: (II) 贵金属复合材料体系[J]. 贵金属, 2005, 26(4): 58-65.
- [3] 堵永国, 张为军, 胡君遂. 电接触与电接触材料(一)[J]. 电工材料, 2005(4): 49-54.
- [4] 宁远涛, 张晓辉, 吴跃军. 微量稀土添加剂对 Cu-Ag 合金原位纤维复合材料结构与性能的影响[J]. 稀有金属材料与工程, 2007, 36(8): 1425-1430.

GUO F Y, CHEN Z H. Electrical contact theory and its application[M]. Electric Power Press, 2008.

NING Y T. Achievements and developing prospects of composites based on precious metals:(II) Systems of precious metals composites[J]. Precious metals, 2005, 26(4): 58-65.

DU Y G, ZHANG E J, HU S J. Electrical contact and electrical contact metal (I)[J]. Electrical engineering materials, 2005(4): 49-54.

NING Y T, ZHANG X H, WU Y J. Influences of adding trace RE elements on the structure and properties of cu-10Ag alloy in situ fiber composites[J]. Rare metal materials and engineering. 2007, 36(8): 1425-1430.