

文章编号: 1004-0609(2004)08-1415-05

新型无银触头材料^①

谢健全, 谢治华, 黄和平

(中南大学 粉末冶金国家重点实验室, 长沙 410083)

摘 要: 采用粉末冶金技术研制了一种新型无银触头材料, 该材料的综合性能, 如密度、硬度、电阻率、灭弧特性及温度特性与银氧化物触头材料接近。当新型无银触头材料的相对密度与银氧化物触头材料的相对密度相同时, 两者电阻率相当, 而其硬度高于银氧化物触头材料的; 温升和通断能力试验结果表明: 所研制的无银触头在许多应用领域中, 如在电力机车上可替代银氧化物触头材料。实验表明: 该材料的相对密度大于 98%, 硬度(HB) 大于 950 MPa, 电阻率小于 $2.78 \mu\Omega \cdot \text{cm}$ 。

关键词: 无银触头; 银基触头; 特性; 性能

中图分类号: TG 146.1

文献标识码: A

New type of silver-free contact material

XIE Jian-quan, XIE Zhi-hua, HUANG He-ping

(State Key Laboratory of Powder Metallurgy,
Central South University, Changsha 410083, China)

Abstract: A new type of silver-free contact material was prepared by P/M technology. The properties of the material, such as density, hardness, resistivity, arc resistance and temperature characteristics, are all similar to those of the silver oxidation contact materials. The relative density and resistivity of the silver-free contact material are similar to those of the silver oxidation contact material, but the hardness of the silver-free contact material is higher than that of the silver oxidation contact material. The results of the temperature-rise test and the turn-on and turn-off ability indicate that this new material can replace silver oxidation contact materials in many applications such as in electric locomotive. The results show that the materials' relative density is more than 98%, the hardness(HB) is larger than 950 MPa, and the electric resistivity less than $2.78 \mu\Omega \cdot \text{cm}$.

Key words: silver-free contact; silver contact materials; characteristic properties

目前, 国际上大多数电触头材料采用银及其合金, 世界上约 25% 的银用于制造电工和电工仪器所需的触头元件。例如, 中等电流(10~100 A), 低压电器用触头, 都是由含 80%~90% (质量分数) 银的复合材料制成的。银主要用于这种类型的电器元件上。因此, 节银或代银是触头材料的发展方向^[1]。

人们普遍认为, 在这一研究领域代替银最合适的金属是铜, 因为它在导电性上与银最接近。人们试图制备出铜基电触头材料, 使之完全满足电器

的各种要求和标准。但是, 迄今为止, 这一研究方向还没有突破性的进展。现已公布的无银电触头专利数量虽然很多, 但它们的产值较小, 只有极少数被用于工业实践^[2, 3]。

文献[4, 5]的研究采用粉末冶金方法, 将几种金属和非金属按性能要求组合起来, 生产出性能较为理想的无银触头材料。

新型无银触头材料必须具有良好的物理、力学性能, 如接触电阻稳定、抗电流冲击与通断性能

① 收稿日期: 2004-02-11; 修订日期: 2004-06-22

作者简介: 谢健全(1948-), 男, 高级工程师。

通讯作者: 谢健全, 电话: 0731-8876174

好、无毒害粉尘等特点。国内有些单位研制开发的无银触头材料含有金属镉,而镉在加工过程中会产生有毒害粉尘和有毒气体,污染环境。而本文作者所研制的新型无银触头材料不含金属镉,对人体无害,对环境无污染,且与含银触头材料的物理、力学性能接近。

随着我国电力机车朝着高速、大载荷方向发展,电力机车电器对触头材料的要求越来越高,作为电力机车电器持续电流的主触头,它开闭频繁,要求烧蚀性好,耐磨损,接触电阻低^[6~8]。本文作者所研制的新型无银触头材料选用铜、WC、镍、碳等原料,发挥了各组元硬度高、熔点高、耐磨性好的特点^[8],同时节约了贵金属银,因而具有实际应用价值。

1 实验

1.1 工艺流程

采用粉末冶金常规工艺研制无银触头材料,其工艺流程为: **成分配制** → **混合** → **压制** → **烧结** → **复压** → **性能检测** → **成品**

1.2 原材料的选择

1.2.1 各元素的作用

由于铜的硬度低,抗熔焊性差,因而纯铜作电触头材料受到很大限制。因此,需要添加其他材料来改善其性能,选择的添加材料是 WC、镍、碳。

WC 的作用是提高材料硬度与强度,改善耐压和开断性能,镍的作用是增强铜、WC 颗粒间的润湿性,提高致密度,改善工艺性能。碳不仅具有优异的润滑性能和导电性能,而且还可作为铜的保护剂,因此在铜粉中加入石墨能改善材料的电性能和摩擦磨损性能。

1.2.2 原材料

采用的原材料为: ① 电解铜粉,粒度为 45~75 μm ; ② 石墨粉,粒度为 45~75 μm ; ③ 碳化钨粉,松装密度为 2.3~4.6 g/cm^3 ; ④ 硝酸镍,化学纯。

1.3 实验过程

配料时准确称量各种粉末,其中铜含量大于 85%,并经手工混合后放入球磨筒中,密封后放在三辊式球磨机上混合 6~8 h,在 100 t 油压机上压制成型,单位压制压强为 200~400 MPa,压坯相对密度

为 75%~85%,为保证产品质量,在压制装模时采用刮平式装粉,使产品密度分布均匀。产品在 H_2 保护下于 800~1000 $^\circ\text{C}$ 烧结 1~3 h,然后在 100 t 油压机上复压,单位复压压强 700~900 MPa。

产品性能按以下国家标准进行检测^[8]: 密度试验、硬度试验及电阻率均参照 GB/T 5586-98。

2 结果与讨论

2.1 粉末粒度与成型压力的影响

当产品成分确定后,要使各组分分布均匀,粉末粒度是重要因素之一。粉末粒度大,对各成分均匀分布不利。粉末粒度小,则有利于各成分均匀分布,但粉末太细,在压制成形时,易出现分层开裂,本研究选择的粉末粒度为 45~75 μm 。成型压强对产品性能的影响也是非常重要的。选择成型压强是按压块高度控制的,以压坯密度达到相对密度 75%~85% 为选择依据。若成型压强过大,产品的压坯密度过高,烧结时不仅不收缩,反而膨胀,甚至分层、开裂和起泡。单位成型压强为 200~400 MPa,单位复压压强为 700~900 MPa 的条件下,可获得理想的无银触头材料。

2.2 烧结温度对材料性能的影响

将试样置于 H_2 中在不同的温度下烧结保温 1.5 h,冷却后复压,分别测量电阻率、硬度、密度与烧结温度的关系,如图 1, 2 和 3 所示。

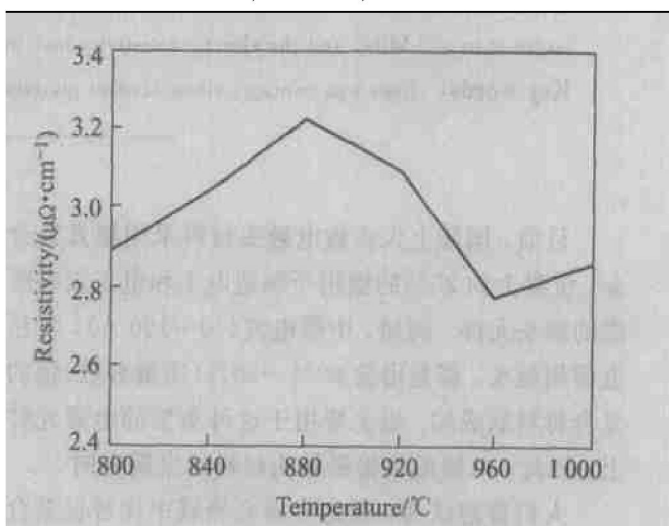


图 1 烧结温度对材料电阻率的影响

Fig. 1 Influence of sintering temperature on material resistivity

从图 1、2 和 3 可看出,试样的密度、硬度在烧结温度为 960 $^\circ\text{C}$ 时达到最大值,而电阻率为最小

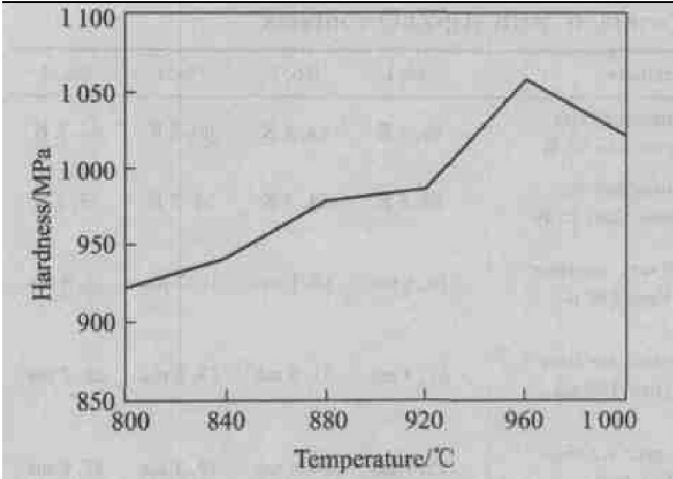


图 2 烧结温度对材料硬度的影响

Fig. 2 Influences of sintering temperature on material hardness

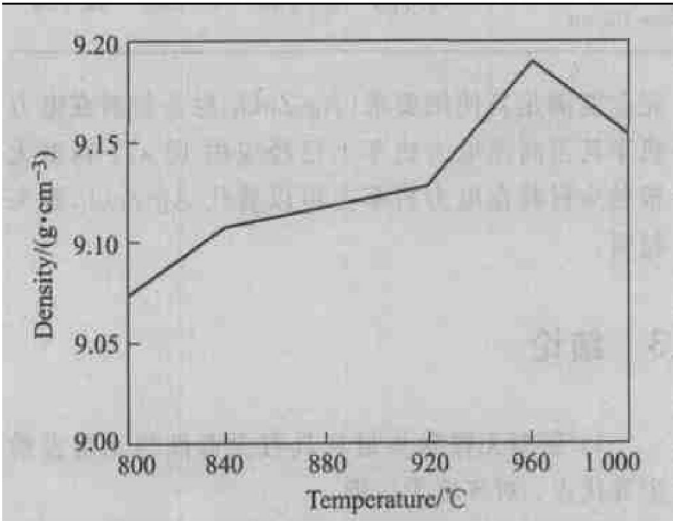


图 3 烧结温度对材料密度的影响

Fig. 3 Influences of sintering temperature on material density

值。同时可知,试样在 960 ℃ 烧结保温 1.5 h,材料可获得较好的综合性能:如密度高,硬度高,而电阻率低;在 800 ℃ 烧结保温 1.5 h,材料的密度、硬度均较低、电阻率较大,综合性能较差。

2.3 烧结时间对材料性能的影响

试样于 H₂ 中在 960 ℃、1 000 ℃ 下烧结,均分别保温 1.0, 1.5, 2.0 h。所得电阻率、密度、硬度与烧结时间的关系见表 1 和 2。

由表 1、表 2 可以看出,试样于 H₂ 中分别在 960、1 000 ℃ 下烧结保温 1.5 h,材料可获得较好的综合性能,密度高,硬度高,电阻率较低。

2.4 与其他银氧化物触头材料的性能比较

用本文作者所研制材料与市场上通用的部分银

氧化物触头材料进行比较,如表 3 所列。

表 1 烧结温度为 960 ℃ 时烧结时间对材料性能的影响

Table 1 Influence of sintering time on material properties at sintering temperature of 960 ℃			
Sintering time/h	Resistivity/($\mu\Omega\cdot\text{cm}^{-1}$)	Hardness/MPa	Density/($\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$)
1.0	3.04	1 005	9.09
1.5	2.78	1 060	9.19
2.0	3.12	1 033	9.15

表 2 烧结温度为 1 000 ℃ 时烧结时间对材料性能的影响

Table 2 Influence of sintering time on material properties at sintering temperature of 1 000 ℃			
Sintering time/h	Resistivity/($\mu\Omega\cdot\text{cm}^{-1}$)	Hardness/MPa	Density/($\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$)
1.0	2.88	998	9.12
1.5	2.85	1 024	9.15
2.0	2.93	974	9.14

表 3 新型无银触头材料与银氧化物触头材料的性能^[9]

Table 3 Properties of new type of silver-free contact material and silver-oxidization contact material

Material	Relative density/%	Hardness/MPa	Resistivity/($\mu\Omega\cdot\text{cm}^{-1}$)
Ag-ZnO ₁₀	≥96	≥730	≤2.70
Ag-CuO ₁₀	≥96	≥670	≤2.50
Ag-SnO ₁₀	≥96	≥730	≤2.70
Ag-CdO ₁₀	≥97	≥690	≤2.40
Ag-WC ₁₂ C ₃	≥96	≥650	≤3.40
New type of silver-free contact	≥98	≥1 060	≤2.78

从表 3 可以看出,新型无银触头材料的性能与目前市场上常用的银氧化物性能相比,相对密度和电阻率基本相当,硬度稍高于银氧化物触头。因此,新型无银触头材料完全可替代银氧化物用于电器开关上,尤其是在电力机车电器与低压开关中。由于铜基触头易被氧化而削弱其电性能,所以通常可添加适量金属和合金元素,以减少氧化,这方面还有待进一步研究。

表 4 新型无银触头与 Ag-ZnO 触头的实验对比

Table 4 Comparison of silver-free contacts with Ag-ZnO contacts

Item	Technical parameter	No. 1	No. 2	No. 1	No. 2
Main contact temperature rise	DC 1 000 A, temperature rise for static contact less than 75 K	65.7 K	67.3 K	60.8 K	60.3 K
	DC 1 000 A, temperature rise for motion contact less than 75 K	65.8 K	64.3 K	58.2 K	56.4 K
Rated turn on and turn off ability for pure resistance	1 650 V, 1 100 A, 0 ms, arc time of 180 times less than 150 ms	14.5 ms	15.1 ms	10.2 ms	12.6 ms
Rated turn on and turn off ability for inductivity	450V, 2000 A, 15 ms, arc time of 180 times less than 150 ms	37.3 ms	31.6 ms	28.6 ms	29.2 ms
Critical turn on and turn off ability for pure resistance	1 800 V, 50 A, 15 ms, arc time of 3 times less than 400 ms	99.7 ms	94.4 ms	79.3 ms	87.8 ms
Critical turn on and turn off ability for inductivity	1 800 V, 50 A, 15 ms arc time of 3 times less than 400 ms	126.0 ms	128.3 ms	93.5 ms	146.2 ms
Ultimate turn on and turn off ability	1 800 V, 1 000 A, 15 ms, arc time of 3 times less than 150 ms	43.0 ms	50.0 ms	49.2 ms	45.1 ms

2.5 金相组织

新型无银触头材料的金相组织如图 4 所示。

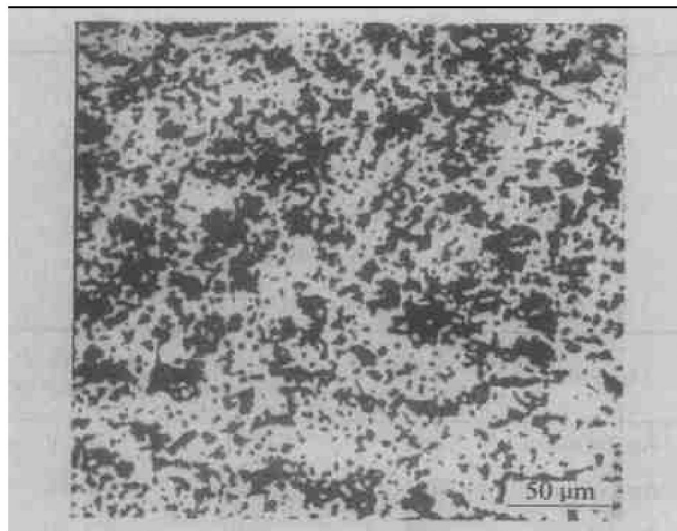


图 4 新型无银触头材料的金相组织

Fig. 4 Microstructure of new type of silver-free contact material

由图 4 可知, 新型无银触头材料的晶粒细小, 元素和合金质点分布均匀, 这些细小均匀结构的获得是粉末冶金工艺特点所致, 也是新型无银触头材料的优良综合性能的保证。

2.6 实验结果

新型无银触头材料实验结果如表 4 所列, 从表 4 可见, 新型无银触头材料与 Ag-ZnO₁₀触头材料的温升与通断实验结果相当, 尤其是极限通断能力的实验数值几乎一样, 这说明电力机车在紧急情况下

完全能满足其使用要求(Ag-ZnO₁₀触头材料在电力机车甚至高速电力机车上已经应用 18 a)。新型无银触头材料在电力机车上可以替代 Ag-ZnO₁₀触头材料。

3 结论

- 1) 新型无银触头材料具有无毒性、无毒害粉尘等优点, 对环境无污染。
- 2) 在电力机车上新型无银触头材料可替代 Ag-ZnO₁₀触头材料。
- 3) 新型无银触头材料节银 100%, 降低成本, 具有推广应用价值和较好的经济效益及社会效益。

REFERENCES

- [1] 梁宇清. 我国电触头节银概况[J]. 电工合金, 1983 (10): 10-13.
LIANG Yurqing. A survey of the silver saving of electrical contacts in our country[J]. Electrical Alloys, 1983 (10): 10-13.
- [2] 林景兴, 刘嵩琳. 我国粉末冶金电工材料的现状及展望[J]. 粉末冶金技术, 1992(增刊): 36-40.
LIN Jingxing, LIU Songlin. The present condition and future of the state P/M electrical materials[J]. P/M Technique, 1992(Supplemental Issue): 36-40.
- [3] 邵文柱, 崔玉胜, 杨德庄. 电接触头材料的发展与现状[J]. 电工合金, 1999, 1: 11-35.
SHAO Wen-zhu, CUI Yu-sheng, YANG De-zhuang, et

- al. The present condition and development of electrical contact materials[J]. Electrical Alloys, 1999(1): 11 - 35.
- [4] 郑 冀, 朱家佩, 欧阳锦林. 铜基电接触复合材料的研究[J]. 摩擦学学报, 1995, 15(1): 19 - 27.
ZHENG Ji, ZHU Jiapei, OUYANG Jinglin. The study of copper base electrical contact composite materials[J]. Friction Journal, 1995, 15(1): 19 - 27.
- [5] 陈文革, 段沛林. Cu-W 触头材料工艺探讨[J]. 电工合金, 1996, 2: 36 - 37.
CHEN Wen-ge, DUAN Pei-lin. The technological investigation of processing Cu-W contact materials[J]. Electrical Alloys, 1996(2): 36 - 37.
- [6] 张齐勋. 粉末冶金银-氧化铜触头材料[J]. 中国有色金属学报, 1996, 6(2): 122 - 124.
ZHANG Qixun. Powder-metallurgical Ag-CuO contact material[J]. The Chinese Journal of Nonferrous Metals, 1996, 16(2): 112 - 124.
- [7] Kothari N C. Factors affecting tungsten-copper and tungsten-silver electrical contacts[J]. Powder Metal Int, 1982, 14(3): 138.
- [8] GB/T 5586-98. 电触头材料基本性能试验方法[S].
GB/T 5586-98. Test method for essential property of electric contact material[S].
- [9] 粉末冶金法银金属氧化物电触头技术条件[R]. JB/T 8444-1996, 中国机械工业部标准.
The specifications of silver-metal oxide electrical contacts produced by P/M process[R]. JB/T 8444-1996, The Standards of Mechanical Industry, China.
- (编辑 龙怀中)