



熔渗法铜钨触头材料中的钨基体

殷为宏 滕修仁

(宝鸡稀有金属加工研究所)

〔摘要〕 探讨了钨粉粒度及组成、成形压力、烧结工艺、渗铜效果等因素对铜钨触头基体性能的影响。根据不同的粉末粒度选用不同的烧结工艺, 可以获得不同含铜量所需孔隙度的钨基体。

粉末冶金方法制造的铜钨触头材料, 综合了铜的良好导电性、导热性以及钨的耐磨性、抗熔焊性等优点, 而且价格便宜。所以, 在大容量油及空气断路器、SF₆ 断路器上得到了广泛应用。

铜钨触头材料的制造工艺已由机械混合—压制成形—烧结工艺发展到熔渗工艺, 目前又发展到预烧结骨架、熔浸工艺〔1〕。用后者制得材料的性能, 特别是耐电弧烧蚀性能高于前者〔2〕。

对于采用烧结钨骨架熔渗工艺制造的铜钨触头材料, 骨架的性能具有决定性作用, 本研究的目的旨在探讨钨粉粒度及组成、成形压力、烧结工艺、渗铜效果等因素对于铜钨触头基体性能的影响, 为研制优质基体提供依据。

一、研制程序

所采用的工艺过程为: 钨粉—成形—烧结—钨基体—渗铜—铜钨材料

粉末: 所选用几种粒度钨粉的成分及平均粒度见表 1, 粉末的粒度分布见图 1。

成形: 各种试样的成形压力为 2—

表1 钨粉平均粒度及纯度

基体粉末	平均粒度 F.S.S.S. μm	纯度 %
F(3)	3.58	>99.9
F(5)	5.70	>99.9
F(7)	7.90	>99.9

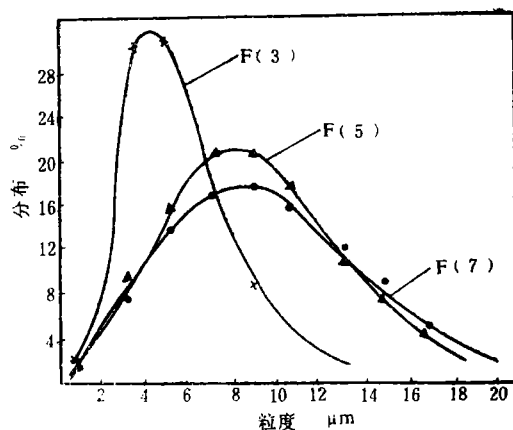


图1 钨粉粒度分布(光透法)

6 MPa。

烧结: 成形后压坯在高温氢气炉内于 1400—1900℃, 烧结 2—4 小时, 使骨架基体达到所需孔隙度, 又具有一定的骨架强

度。

渗铜：烧结后的钨骨架在氢气炉中于1200—1350℃渗铜1—3小时。

二、结果与分析

1. 压坯孔隙度与压制压力及钨粉粒度的关系

压坯孔隙度与压制压力及钨粉粒度的关系如图2所示。由图2可以看出，压坯孔隙度随压力的增大而减小。当压力相同时，压坯孔隙度随钨粉粒度的增加而减小。要制取W-(20±1)Cu%(wt)触头，烧结后的钨基体应具有34—36%的孔隙度。通过氢气烧结可达到使粉末颗粒表面氧化物充分还原，改善渗铜过程和增加基体强度的目的。实验表明，压坯的孔隙度控制在37—40%的范围内较合适。图2中阴影部分是与该孔隙度相对应的不同粉末的成形压力范围。

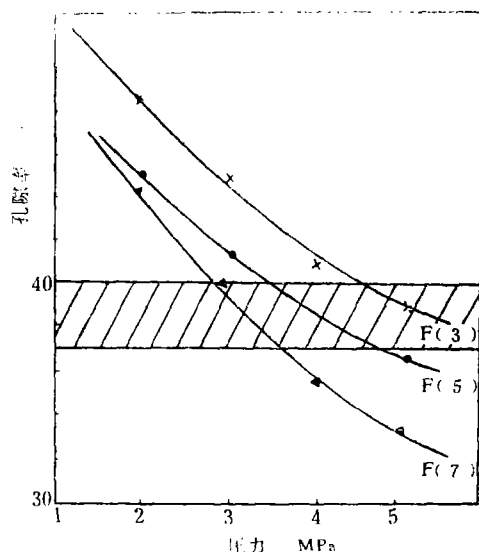


图2 压坯孔隙度与成形压力及钨粉粒度的关系

2. 烧结参数对钨基体性能的影响

图3表示钨粉压坯烧结后孔隙度与钨粉粒度及烧结温度的关系。图中阴影部分表示不同粒度钨粉达到基体孔隙度为34—36%时所需要的烧结温度范围。由图3可见，细粉压坯烧结后的孔隙度曲线较陡，而粗粉的较

缓。因此，欲达到相同的孔隙度时，粗粉压坯的烧结温度较高，而细粉的较低。

烧结过程中，过长的保温时间对提高基体密度的作用不大(表2)，用提高烧结温度的方法来达到所需要的基体密度较宜。

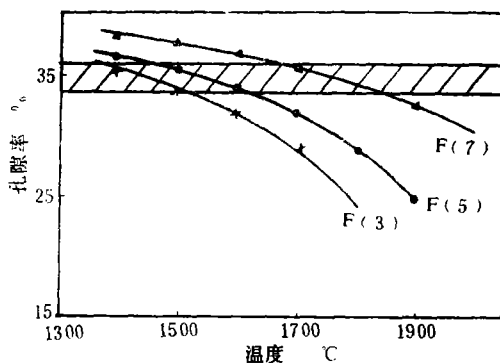


图3 钨粉压坯烧结后孔隙度与钨粉粒度及烧结温度的关系

表2 保温时间与基体密度的关系

基体 粉末	粉末粒 度 μm	烧结时 间 h	相对密度 %		
			1500℃	1600℃	1700℃
F(3)	3.58	2	65.90	68.20	
		4	67.50	71.54	
F(5)	5.70	2	64.30	65.70	68.17
		4	65.10	67.91	71.84
F(7)	7.90	2	62.47	62.52	64.48
		4	62.50	63.61	65.20

表3 压坯及烧结后基体的抗压强度

基 体 粒 末	工 艺 条 件	相对密度 %	抗压强度 MPa
F(3)	压坯	64—65	47
	1400℃ 2h	64.05	265
F(5)	压坯	64—65	37
	1500℃ 2h	64.30	223
F(7)	压坯	64—65	37
	1700℃ 2h	64.48	228

烧结对于增强钨基体的强度具有重要作用(表3)。如F(7)试样,成形压坯的抗压强度只有37MPa,而烧结后的抗压强度是228MPa,提高了5.1倍。

3. 基体渗铜结果

渗铜效果对铜钨触头材料的密度有直接影响,而触头材料的密度与电弧烧蚀性能密切相关,其关系式为[3]:

$$V = \frac{\Delta m}{\rho \int_0^{t_2} i dt}$$

式中:V——材料的烧蚀值(油中) $\text{cm}^3/\text{A} \cdot \text{h}$;

Δm ——材料质量差;

ρ ——材料密度;

$\int_0^{t_2} i dt$ ——在 t_2 时间内流过的电量

由上式可知,当设 Δm 、 $\int_0^{t_2} i dt$ 一定时, ρ 越大,V就越小。即渗铜效果越好,材料密度越大,在电弧中的烧损就越小。

本试验表明:采用烧结钨骨架渗铜,材料密度几乎接近理论密度(表4)。渗铜后的材料金相组织如图4。金相观察表明,铜均匀地分布在钨粒之间,无聚集成团。但细粉基体的铜钨材料内部存在着微量的微孔[图4a],粗粉基体的铜钨材料几乎没有发现气孔[图4b],后者硬度稍低于前者。

表4 不同粉末烧结钨基体的渗铜效果

基体 粉末	工 艺		含铜量	触头密度	硬度
	温度 $^{\circ}\text{C}$	时间 h	%	g/cm^3	HB
F(3)	1324	1	20.40	15.61	239-266
F(5)	1324	1	20.80	15.55	249
F(7)	1324	1	20.09	15.67	224

4. 粉末粒度对基体的影响

钨粉粒度对触头材料的性能具有重要影响。生产触头的钨粉粒度一般为 $3-25\mu\text{m}$ [4]。

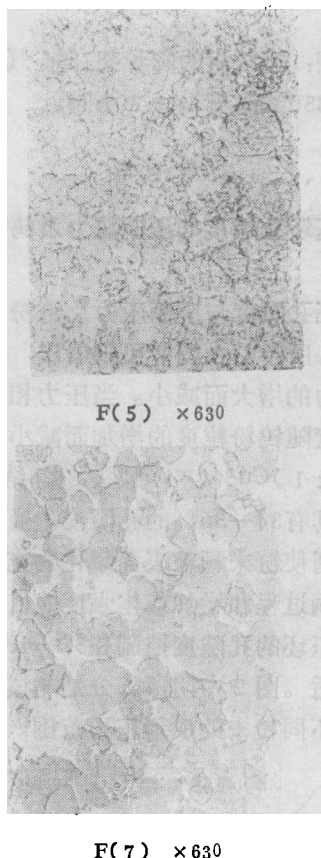


图4 熔渗法制得铜钨材料的金相组织

其对基体的影响如下:

从成形性能看,要获得相同的压坯密度,细粉的成形压力要比粗粉大得多(表5和图2),即细粉的成形性较差,且经常出现边缘分层现象。这是因为,粉末越细,比表面积越大,空气含量就越多,在加压时,这些空气沿着与加压方向垂直的边缘面跑掉,所以压坯边缘容易产生层状结构[5],加之所需成形压力较大,压坯内部聚集很大内应力,压坯出模以后发生弹性膨胀,也易造成边缘分层;粉末太粗,比表面积小,粉末粒子间相互接触面积小,内聚力减小,压坯强度低。作者用 $18\mu\text{m}$ 粉末作过试验(即F(18)-3),试验结果见表5。

从烧结性能看,要获得相同烧结密度,粉末越粗所需烧结温度越高。粉末粒度为

表5 不同粉末粒度所需成形压力及效果

试样号	粉末粒度 FSSS μm	压坯相对 密度 %	成形压力 MPa	压坯状态
F(3)-6	3.58	63.00	588	边缘分层
F(5)-5	5.70	63.38	490	有时边缘分层
F(7)-4.5	7.90	63.00	441	良好
F(18)-3	18.00	63.33	274	强度差, 掉边角

7.1—7.9 μm 、相对密度为60—63%的压坯, 在氢气中要烧结到64—66%的相对密度所需烧结温度为1700—1850 $^{\circ}\text{C}$, 在同样条件下, 18 μm 粒度压坯所需要的烧结温度要在2000 $^{\circ}\text{C}$ 以上, 而且粗粉所形成的粗孔不能形成毛细作用, 不足以把渗透材料保持住; 粉末太细, 虽然烧结后的基体渗铜后具有较高硬度, 但烧结过程难以控制, 且内部容易存在气孔或微气孔[如图4a]。中颗粒钨粉基体渗铜后的组织结构优于细钨粉。

从耐电弧烧蚀性能看, 一般认为[4, 6], 在相同条件下, 粉末越细, 其电弧烧损率越小, 但触头表面易产生龟裂, 在电弧烧蚀过程中剥落。粉末越粗, 烧损率越大, 但不易引起甚至可避免龟裂产生。CuW80的烧蚀性能与粒度的关系如图5所示。由图5可见, 制造触头基体选用6—9 μm 的中颗粒钨粉更为适宜。

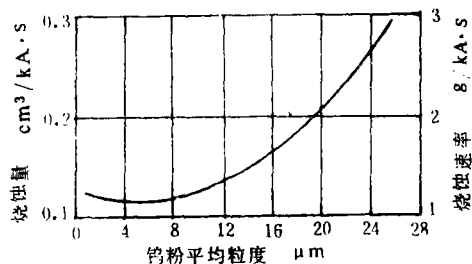


图5 CuW80的烧蚀性能与粒度的关系[7]

5. 钨粉粒度分布对基体性能的影响

在高压触头材料的研究中, 几乎没有见到关于钨粉粒度分布的影响。作者认为, 制造触头基体所用的粉末应具有一定的粒度组成, 理想的粒度分布应符合高斯曲线, 且细粉能均匀地分布于粗粉之间。

本试验所用的几种粉末粒度组成分布(图1)近似于高斯曲线, 但从平均粒度看, 选用具有高斯分布的中颗粒更为合适, 如F(7)钨粉中含有1—2%小于2 μm 的细粉, 9%大于(或等于)16 μm 的粗粉。实验证明, 用这种粒度组成的粉末制成的钨骨架性能良好, 熔渗后的材料具有良好的金相组织, 铜均匀地分布在钨粒周围, 形成网络结构, 无钨粉聚集成团或连成一片现象, 装机试验结果较好, 触头经2000次机械寿命试验后, 无过渡磨损, 未出现弯曲、墩粗、碎裂等现象; 温升试验, 触指和动触头实际温升为34.4—38.4 $^{\circ}\text{C}$, 未超过允许值(40 $^{\circ}\text{C}$); 开断关合能力试验, 在100%的额定对称电流下, 关合电流高达87.26kA峰值(标准80kA), 触头仍表现出良好电性能、烧损较少; 动热稳定试验, 触头在承受2s、31.5kA及峰值为80kA动热电流的条件下, 工作正常, 说明材料具有良好的抗熔焊性。粉末中如果细粉太多, 液态铜无法渗入将影响材料性能(密度、导电性等); 如果粗粉太多, 细粉将堆集在粗粉周围, 形成“拱形”结构, 对材料性能也有不利影响。

四、结论

1. 根据不同的粉末粒度, 选用不同的烧结参数, 可获得不同含铜量所需孔隙度的钨基体。

2. 采用中颗粒并具有一定粒度组成的钨粉, 通过钨骨架烧结、渗铜, 可获得密度高、性能好的铜钨触头材料。

参考文献

- [1] 电工合金文集, 中国电工技术学会电接触及电弧研究会, 第三届年会论文选编, P.22, 1986

- [2] 林景兴, 粉末冶金技术, 1 (3), 40-43, 1983
- [3] Wolfgang Haufe et al., Z. Metallkunde, 62, P.592-595, 1971
- [4] G.H. Gessinger et al., Powder Metall. Int., 9 (2), 67-72, 1977
- [5] 松山芳治等, 粉末冶金, 科学出版社, P.30, 1978
- [6] H. Schreiner et al., Proceedings of the 10th Plansee Seminar, Vol. 3, 13-31, 1981
- [7] Althaus, B. et al., Metall, 22, 679-701, 1986

TUNGSTEN MATRIX IN COPPER-TUNGSTEN CONTACT MATERIALS BY IMPREGNATION PROCESS

Yin Weihong and Teng Xiuren

(Baoji Non-ferrous Metals Research Institute)

ABSTRACT Influences of particle size and constituent of tungsten powder, compacting pressure, sintering process, copper-infiltrating and other factors on the properties of copper-tungsten contact matrix were studied. Different sintering technologies were choosed according to various particle sizes to obtain tungsten matrix with required porosity for corresponding copper contents.

· 简讯 ·

北京粉末冶金分会组织与大学生对话

5月23日, 北京粉末冶金分会和北京科技大学(原北京钢铁学院)粉末冶金教研室联合举办了北京地区粉末冶金企业家、专家与大学生、研究生对话。参加这次活动的有北京地区粉末冶金行业的一些厂长、专家、有关领导和科技大学粉末冶金专业的本科生、研究生, 共百余人。

对话进行得热烈而紧凑, 内容丰富而新颖, 同学们提出了一个又一个的问题, 企业家和专家进行了详细而热情的回答。当有些大学生提出关于我国粉末冶金工业的现状问题时, 专家用大量的数据说明了我国粉末冶金工业发展的广阔前景, 大大增强了大学生们对粉末冶金专业的热爱, 提高了他们的学习积极性; 当有些大学生提出关于企业需要什么样的大学生, 也就是说, 作为当今的大学生应具备哪些条件时, 企业家作了生动而明确的回答; 关于分配改革问题, 校领导明确表示, 支持“双向选择”, 同意大学生们“自找对象”, 同学们的情绪达到了高潮; 有些女大学生担心有的企业接受学生“重男轻女”, 厂领导当场表示, 只要有真才实学, 不论男生、女生他们都欢迎。专家、企业家和有关领导的回答, 博得了同学们一次又一次的热烈掌声。

通过对话, 大学生们了解了社会对当代大学生的期望, 增强了自身的社会责任感; 同时, 大学生们的活跃思想和对粉末冶金事业的热爱, 使老一代粉末冶金工作者深感欣慰。对话增强了彼此的相互信任和理解。

(北京粉末冶金分会秘书处)

全国超高温导体学术会议召开

在国家超导攻关领导小组专家委员会指导下于1988年4月2日至6日在宝鸡召开了全国超高温导体学术会议, 参加此会的有80多个单位400余名代表, 发表和交流的论文约300余篇。会议首先由甘子剑、赵忠贤等十余名学者介绍了高T_c超导材料微观机制和发展现状, 接着分为制备工艺、结构、物性和薄膜四个部分进行分组报告, 并张贴了约80份Poster(大字报), 然后就粉体工程, 体材料制备工艺和性能, 间界和器件及更高T_c超导体的机理进行了专题讨论。会议最后由专家委员会总结了这一阶段工作, 认为我国的高T_c材料的研制工作仍处于世界前列, 但是某些方面还有差距, 并号召大家组组起来攻关, 努力提高体材料和薄膜的临界电流密度, 制成各种超导器件。会议文集1、2集已经印出, 3、4集即将出版。

(中国科学院沈阳金属研究所 王崇琳)