

文章编号: 1003-7837(2005)04-0016-04

低银铜基钎料化学成分的设计

钟文晨

(广州有色金属研究院粉体中心, 广东 广州 510651)

摘要:银基钎料成本高, 价格贵, 限制了它的应用, 现针对水暖器材行业的特点(母材大多是铜或黄铜), 设计出一种以 Cu-P 为基体的低银钎料, 添加 $(2.0 \pm 0.2)\% \text{Ag}$, $1.5\% \text{Ni}$, $1\% \text{Sn}$ 和适量稀土元素, 可改善钎料的综合性能, 加工的焊丝或焊条, 能达到水暖器材的钎焊要求, 且降低了生产成本, 提高了产品的市场竞争能力。

关键词:低银钎料; 铜基钎料; 钎焊

中图分类号: TG425.2 **文献标识码:** A

水暖器材行业中由原来单一的铸铁为原材料铸造而成产品, 转变成时下流行的以紫铜或黄铜为原材料通过机械成形后钎焊而成。银基钎料特别是高银钎料(如 BAg45CuZnCd , BAg40CuZn), 由于其熔化温度低、流动性好、接头强度高、焊缝表面光滑及色泽好等优良特性在这行业中得到广泛应用。但是, 随着市场竞争的不断加剧, 高银钎料由于其成本高、价格贵, 致使许多水暖器材生产商改用低银钎料(如 BAg10CuZnCd , BAg15CuZnCd)来钎焊。然而低银钎料的熔化温度高、流动性不好及焊缝表面不光滑, 不能完全取代高银钎料。普通的铜磷钎料虽具有熔化温度低、流动性好及成本低的优势, 但其强度低、抗腐蚀性能差, 因而其应用也受到限制。在这种情况下, 我们研制出低银铜磷丝状或条状钎料, 并迅速投放于市场, 得到了普遍推广和应用, 获得了客户的好评。

1 钎料化学成分的设计

由于在水暖器材的生产中大多采用氧-乙炔火焰钎焊, 这样就要求钎焊材料必须具备以下特性:

(1) 钎焊材料的熔化温度不能太高, 通常在 $650 \sim$

750°C , 温度太高, 产品容易变形; (2) 钎焊材料流动性好, 对母材的润湿好, 便于操作; (3) 钎焊焊缝具有一定的抗拉强度, 能承受一定的拉力; (4) 焊缝具有一定的抗腐蚀能力; (5) 焊缝表面光滑, 颜色为淡黄色或白色, 电镀后产品显得更加美观。

1.1 基体的选择

铜磷钎料对铜、铜合金和黄铜的润湿性好, 具有熔化温度低的钎焊性能, 用此钎料易获得良好的焊缝, 且成本低, 因此我们选用 Cu-P 作为钎焊材料的基体。根据 Cu-P 二元合金相图^[1](图 1), 当 $w(\text{P})$ 为 8.4% 时, Cu-P 的共晶温度为 714°C , 熔化温度最低。若 P 的含量太高, 钎料中脆性相 Cu_3P 增多, 会使钎料太脆, 很难加工成丝状或条状, 而且焊缝的强度也很低, 容易出现断、裂现象, 故不考虑共晶钎料。过共晶钎料熔化温度比共晶钎料高, 脆性也比共晶钎料大, 也不予考虑。

为了获得抗拉强度高、熔化温度低、流动性好的钎料, 根据 Cu-P 二元合金相图(图 1), 我们选用 $w(\text{P})$ 为 $6\% \sim 7\%$ 的亚共晶钎料作为研制对象, 并通过添加某些合金元素改善其钎焊性能, 以达到高银基钎料所具有的综合钎焊性能^[2]。

收稿日期: 2004-08-30

作者简介: 钟文晨(1973-), 男, 江西瑞金人, 大专, 工程师。

1.2 合金元素的确定及添加量

根据试验,选用 Ni, Ag, Sn 以及稀土元素作为改善铜磷钎料的钎焊性能的添加元素.

1.2.1 添加 Ag

在铜磷钎料中加入 Ag,可进一步降低钎料的熔

化温度和改善其韧性,提高其抗拉强度.随着银含量的增加,钎料的强度和韧性增加,但由于银的价格比较贵,因此选择合适的银含量是非常必要的.根据试验所得出的各牌号铜磷钎料的成分与熔化温度列于表 1.

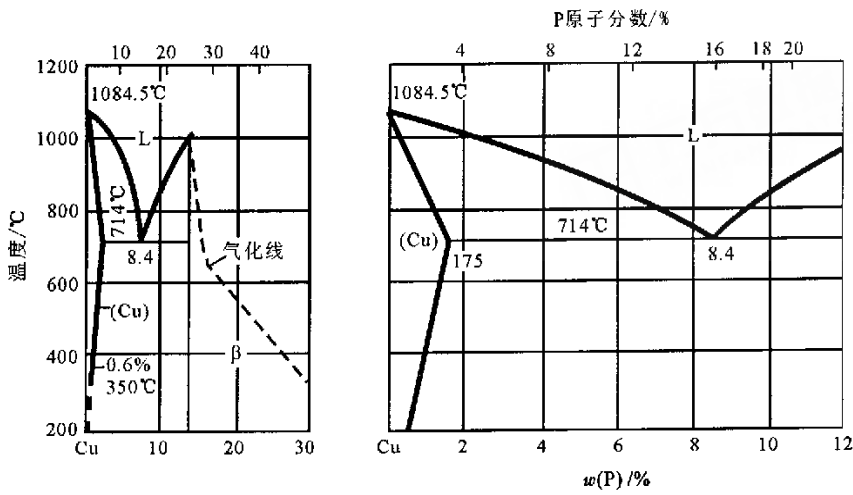


图 1 Cu-P 二元合金相图
Fig.1 Cu-P phase diagram

表 1 不同银铜磷钎料的成分与熔化温度

Table 1 Chemical compositions and melting temperatures of different silver-copper-phosphorous filler metals

牌号	化学成分 w/%				熔化温度 /℃
	Ag	P	Ni	Cu	
BCu91PAg	1.8~2.2	6.8~7.2		余量	645~780
BCu88PAg	2.8~3.2	6.2~6.5		余量	660~820
BCuP-6(AWS)	1.8~2.2	6.8~7.2		余量	643~788
BCu89PAgNi	1.8~2.5	6.8~7.5	1.5~2.5	余量	631~686
BCu88PAg	4.8~5.2	4.8~5.2		余量	650~800
BCu80PAg	14.5~15.5	4.8~5.3		余量	640~815

从表 1 可以看出,钎料中 $w(\text{Ag})$ 为 2%,3%,5%,15% 时,其熔化温度相差不大.这说明只要选取的 P 含量合适,含 Ag 量较低时也能取得比较理想的熔化温度.

从 Cu-Cu₃P-Ag 合金韧性成分的关系图^[2](图 2)可知,当 $w(\text{P})$ 为 6%~7% 时,随着银含量的增高,钎料的脆性增大,抗拉强度变差.除此之外,含银量越高,钎料的价格也越高,也就越没有竞争力.

结合以上因素,我们选取银含量为 2% 作为本钎料的添加量.

1.2.2 添加 Sn

在铜磷钎料中加入 Sn,可进一步降低钎料的熔化温度,同时提高钎料的抗拉强度和延展性.根据图 3^[1]可知,在 Cu-6P 合金中加入 1% Sn,其液相线明显下降;当锡含量提高到 6% 时,液相线降低到 677°C.根据图 4^[2]可知,当 $w(\text{Sn})=1\%$ 时,合金的伸长率最好;当 Sn 含量超过 1% 后,钎料抗拉强度的变化很小,但伸长率大大下降. BCu89PAgSn 与 BCu91PAgSn(表 2)在紫铜表面焊接后颜色的试验结果是 BCu89PAgSn 焊后的表面颜色比 BCu91PAgSn 黑.综合以上因素,选取钎料中 Sn 的质量分数为 1%.

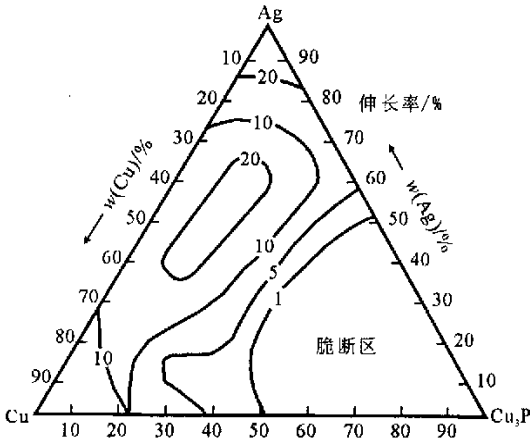


图 2 Cu-Cu₃P-Ag 合金韧性与成分的关系图^[2]
Fig. 2 Relationship between toughness and compositions for Cu-Cu₃P-Ag alloy

表 2 不同钎料的化学成分
Table 2 Chemical compositions of different filler metals

牌号	化学成分 w/%				焊后表面颜色
	Ag	P	Sn	Cu	
BCu89PAg	2	6.8	3	余量	黑
BCu91PAg	2	6.8	1	余量	稍黑

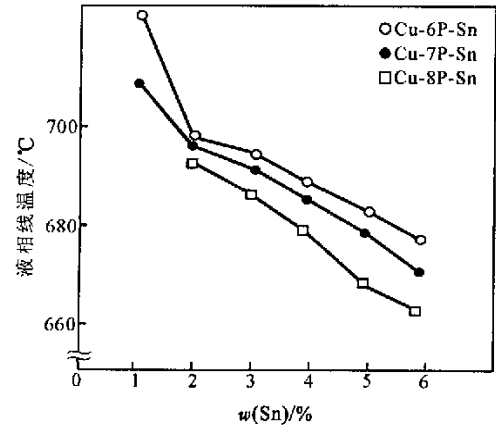


图 3 锡对铜磷合金液相线的影响
Fig. 3 Effect of tin addition on liquidus of Cu-P alloys

而影响钎料的抗拉强度. 通过试验确定 Ni 的加入量取 1.5%.

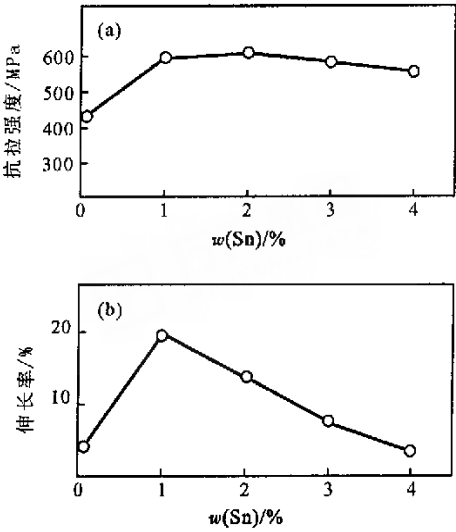


图 4 锡对 Cu-6P-Sn 钎料的抗拉强度(a)和伸长率(b)的影响
Fig. 4 Effect of tin on the tensile strength(a) and elongation(b) of Cu-6P-Sn alloys

1. 2. 4 添加稀土元素

适量稀土元素的加入可以细化钎料晶粒, 提高钎料的强度和韧性, 改善钎料的综合性能, 从而获得良好的钎焊焊缝质量.

根据以上试验结果, 所设计的钎料化学成分(质量分数)如下: (2.0±0.2)%Ag, (6.8±0.2)%P, 1.5%Ni, 1%Sn, 适量稀土元素, Cu 为余量.

2 钎料的加工工艺

钎料的加工工艺流程: 熔炼(中频炉熔炼)铸锭→车皮→挤压(四柱液压挤压机)→拉丝→酸洗抛光→烘干→成品.

合金的熔炼温度越高, 金属液的温度也越高, 金属中溶入空气中的氧越多, 越易与金属起氧化反应, 生成金属氧化物, 形成夹渣, 影响钎料的焊接性能. 浇注速度太快或太慢, 浮在金属液表面的夹渣都不能及时排出, 造成钎料中的杂质增多, 从而影响钎料的焊接性能.

挤压温度太高(包括锭子温度和挤压模温度), 或挤压速度太快, 钎料晶粒容易长大, 表面容易氧化, 形成氧化物, 出现裂缝和产生脆断现象. 此外, 挤

1. 2. 3 添加 Ni

Ni 的加入也可降低钎料的熔化温度, 提高钎料的综合性能, 还可改善钎料的表面色泽, 由灰黑色变为淡黄色. 镍虽然和铜形成固溶体, 但如果钎料中加入的镍太多, 它会和磷形成大量的脆性相 Ni₃P, 从

压时需找一个合适的挤压比,才能得到性能更优良的钎料。

拉丝(热拉)时,钎料的单次过模量如果太大,钎料容易出现脆、断现象。本钎料拉丝的单次过模量可达0.15 mm,易于加工。其余几道工序对钎料的性能影响不大。

3 钎料性能的测试

测试钎料所用的金属原材料的纯度均不小于99.99%。经差热分析仪测得,本钎料的固、液相线分别为637℃和705℃。按GB8619—88《钎缝强度实验方法》,实验用母材为紫铜,检验设备为万能材料试验机,测得本钎料的抗拉强度为515.8 MPa。

4 结 论

(1) 本钎料以Cu-P为基体,通过添加合金元素

使之具有熔化温度低、流动性能好、焊接强度高、产品易加工成丝或条状等优点。

(2) 镍的加入,提高了钎料的抗腐蚀能力,而且改善了焊缝表面的颜色,使焊缝表面更加美观。

(3) 本钎料的熔化温度为637~705℃,抗拉强度为515.8 MPa,能满足用户要求。

参考文献:

- [1] 虞觉奇. 二元合金相图集[M]. 上海:上海科学技术出版社,1987.
- [2] 张启运,庄鸿寿. 钎焊手册[M]. 北京:机械工业出版社,1998.

Design of chemical composition of low silver copper-base filler metals

ZHONG Wen-chen

(Powder Center of Guangzhou Research Institute of Non-ferrous Metals, Guangzhou 510651, China)

Abstract: Due to the high price and expensive cost, the application of filler metal is restricted in many fields. According to the feature of water faucet industry (the base metal is mostly copper or brass), we design a kind of low silver Cu-P base filler metal. Adding to $(2.0 \pm 0.2)\% \text{Ag}$, 1.5%Ni, 1%Sn and some RE elements, the combined capability is improved. The processed wire or rod can be suitable for the brazing in the water faucet fields. Therefore, it is low in cost and competitive in market.

Key words: low silver filler metals; copper-base filler metals; brazing