

合金元素对铜基低银钎料性能的影响^①

王世伟

(中南工业大学材料科学与工程系, 长沙 410083)

摘 要 研究了不同含量的 Sn、In、B、Sb、Mn 等合金元素对铜基低银钎料性能的影响。结果表明, 采用多元少量方法能有效改善和提高铜基低银钎料的综合性能。

关键词 铜基低银钎料 合金元素 综合性能

纯铜的熔点高达 1 083 ℃。以前主要通过添加不同含量的银和镉来降低其熔点并改善其性能。从八十年代以来, 银价猛涨, 而镉危害人体健康, 污染环境。为降低成本, 节约银的用量, 消除氧化镉的污染, 研究低银、无银和无镉的铜基钎料成为当前一个主要课题。我们用少量多元合金化方法, 即研究添加第四组元对铜基低银钎料性能的影响, 为研制含银量尽可能低、综合性能更优良的系列铜基低银钎料提供有益的资料。

1 实验过程

Cu、Ag、Sn、Si、In、Sb 元素的纯度为 99.99%, B、Mn 元素以 Cu-B、Cu-Mn 中间合金加入, 所配制的合金化学成分见表 1。

合金的熔炼采用石墨坩埚, 在中频电炉中进行, 随后浇入铁模。铸锭经 500±10 ℃, 10 h 均匀化退火后进行热轧—退火—酸洗—冷轧成 0.2 mm 左右的薄板。各种成分合金的冷轧变形量均在 50% 以上, 最大的冷变形量可达 75%, 表明合金都具有较好的加工性能。

用示差热分析法(DTA)测定合金的凝固温度和熔化温度。各种成分合金的抗拉强度、延伸率测定在电子万能试验机上进行。采用美国焊接学会 AWS 标准^[1]进行搭接钎接剪切试

验, 搭接钎接试样见图 1。

表 1 合金的化学成分(%)

合金	Sn	In	B	Sb	Mn	Ag	Cu+Si
1-1	1.8					15	余量
1-2	2.3					15	余量
1-3	2.8					15	余量
2-1		0.7				15	余量
2-2		1.0				15	余量
2-3		1.2				15	余量
3-1			0.08			15	余量
3-2			0.15			15	余量
4-1				0.2		15	余量
4-2				0.5		15	余量
4-3				0.8		15	余量
4-4				0.5		10	余量
5-1					2	15	余量
5-2					4	15	余量
5-3					6	15	余量
5-4					2	10	余量

采用座滴法^[2]进行了浸润试验, 并测定合金的漫流面积 S 。钎焊合金尺寸为 3 mm×3 mm×3 mm, 基板为紫铜, 其尺寸为 23 mm×23 mm×1 mm。

2 结果与讨论

2.1 合金元素对强度和延伸率的影响

各合金的抗拉强度和延伸率的测试结果如图 2(a、b、c、d、e)和表 2 所示。图 2(a)、(b)、

① 收稿日期: 1995-01-25; 修回日期: 1995-03-05

(d)曲线显示随着 Sn、In、Sb 含量增加，合金抗拉强度下降，延伸率稍有增加，而(c)、(e)曲线显示随着 B、Mn 含量的增加，合金的抗拉强度增加，延伸率明显下降。从表 2 可知，当银含量从 15%减少到 10%时，含相同量 Sb 和 Mn 的合金其抗拉强度提高而延伸率下降。

2.2 合金元素对钎焊接合性能的影响

图 3(a、b、c、d、e)和表 2 示出搭接处的力学性能即剪切强度 τ 和抗拉强度 σ 与合金元素含量的关系。从图 3(a、b、e)与表 2 可见，随着 Sn、In、Mn 含量增加，银含量由 15%降到 10%，其剪切强度 τ 与抗拉强度 σ 均下降；而图 3(c)中剪切强度 τ 与抗拉强度 σ 均随 B 含量的增加而增加；不同 Sb 量的加入使 τ 与 σ 曲线呈现极大值，当 Sb 含量为 0.5%时， τ 与 σ 处于最高值。

2.3 合金元素对熔点与浸润性的影响

不同 Sn 含量和不同 In 含量的合金，熔点测定结果如表 3 所示。随着 Sn 和 In 含量的增加，合金的液相线和固相线温度均下降，且固液相线温度间隔随之缩小，说明合金的熔化温度范围越来越窄。

表 2 Ag 含量不同合金的机械性能、钎焊接合性能和漫流面积

合金	σ_b /MPa	δ %	τ /MPa	σ /MPa	S /mm ²
4-2	472.68	13.78	184.24	182.51	245
4-4	490.34	13.70	160.10	177.77	50
5-1	545.37	28.62	175.42	171.60	105
5-4	595.48	19.36	165.03	152.54	55

表 3 合金的熔点(℃)

合金	固相线温度	液相线温度	固液相线温度间隔
1-1	739.8	771.5	31.7
1-2	732.6	753.6	21.0
1-3	720.0	728.1	8.1
2-1	755.0	782.5	27.5
2-2	751.4	775.3	23.9
2-3	746.5	768.1	21.6

不同 B、Sb 和 Mn 含量的合金其漫流面积的测定结果如图 4(a)、(b)、(c)所示。随着 B、Mn 含量的增加，漫流面积 S 增加，但含 B 的合金其漫流面积随 B 量的增加不很显著(漫流面积 S 值也不大，仅为 16.6 mm² 和 28.3 mm²)；随着 Sb 含量增加，尽管漫流面积减小，由 316.6 mm² 减小到 163 mm²，但总的来说其漫流性能是好的。随着 Ag 含量的降低，漫流面积均急剧下降(见表 2)。

2.4 合金元素对加工性能的影响

本文研究的所有合金其加工性能都较好，能轧制成 0.1~0.2 mm 厚的薄板，两次退火间的冷变形量都在 50%以上，最大的可达 75%。显微分析表明它们均由固溶体 α 和 α' 组成，以合金 2-2 为例，如图 5 所示，合金 2-2 正处在 Cu-Ag-In 三元相图的 $\alpha + \alpha'$ 相区内^[3]。固溶体 α 和 α' 均为延伸相，所以它们都具有较好的热冷加工性能，易于加工成板带、丝材，便于实际推广应用。

3 结论

本文所研究的铜基低银(为一般银钎料含银量的 1/3~1/5)钎料中加入不同含量的 Sn、In、B、Sb、Mn 后，均具有良好的加工性能，易于加工成板、带、箔、丝材，便于实际推广应用。

随着 B 含量的增加，抗拉强度、钎焊接合处的机械性能均提高，但浸润性不佳，漫流性能不理想。

含 Sb 量为 0.5%时，在抗拉强度、钎焊接合处力学性能及漫流性能等方面具有最好的综

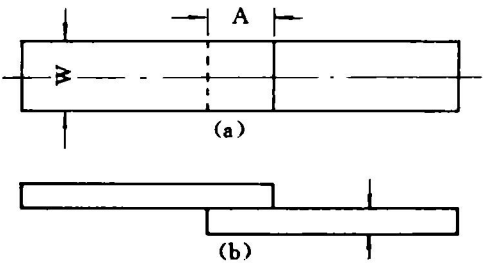


图 1 搭接钎接试样示意图
(a)一俯视图；(b)一正视图

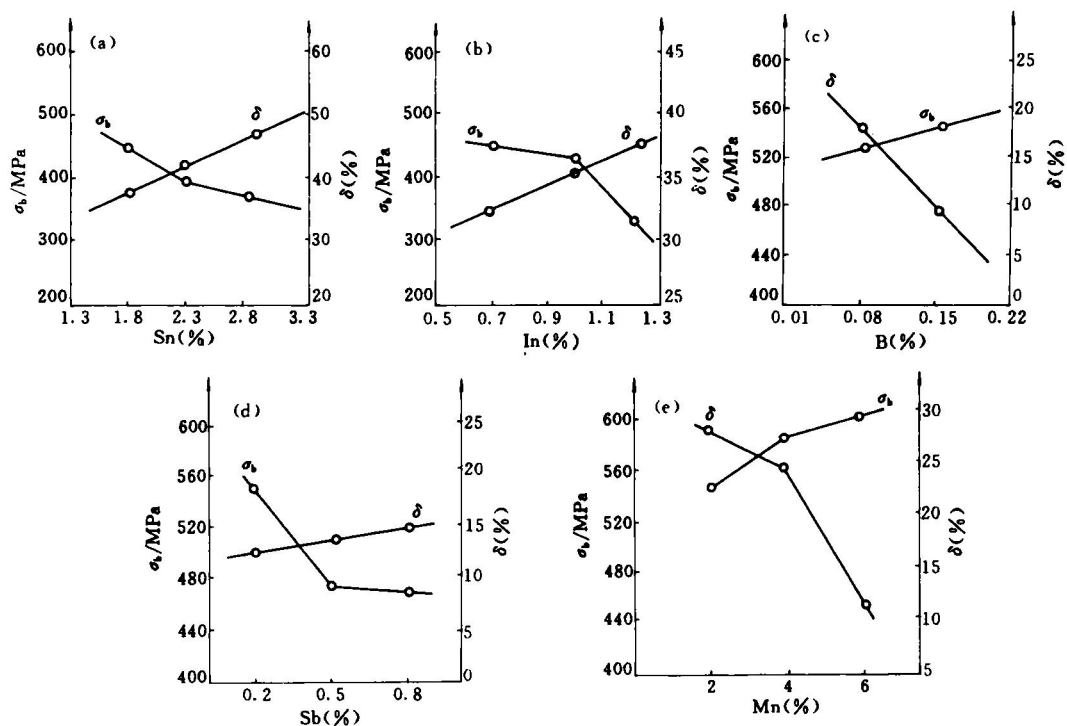


图2 合金元素对铜基低银钎料抗拉强度和延伸率的影响

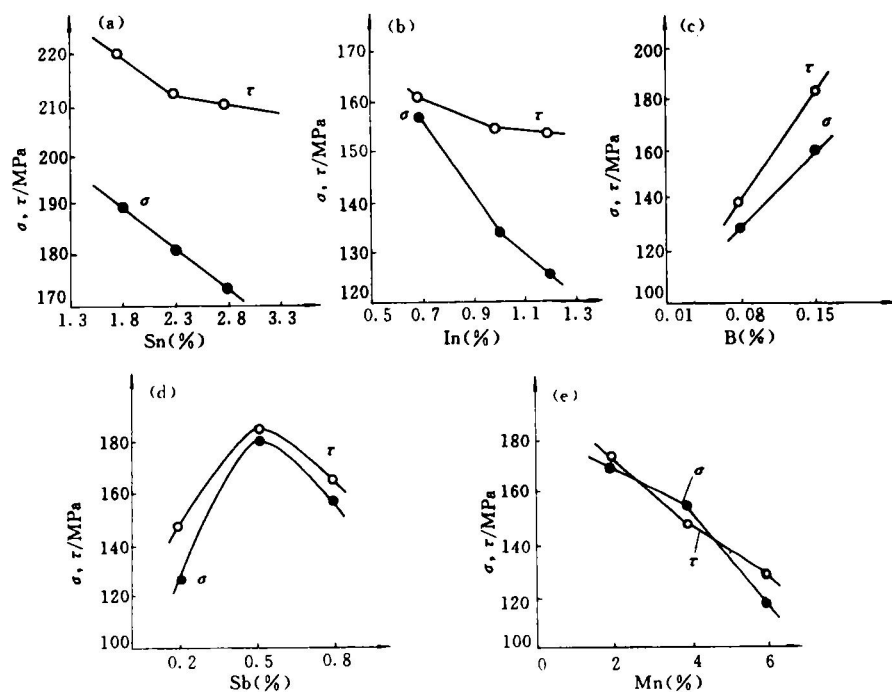


图3 合金元素对铜基低银钎料钎焊接合性能的影响

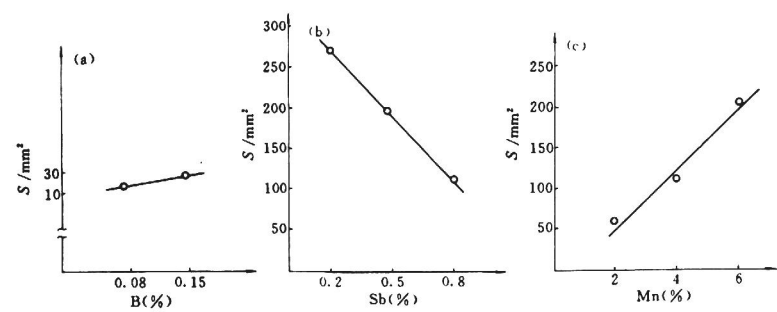


图 4 合金元素对铜基低银钎料漫流面积 (S) 的影响

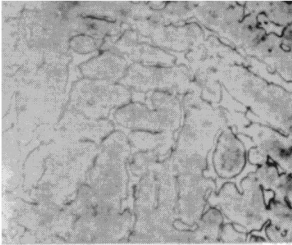


图 5 合金 2-2 显微组织, $\times 500$

合性能。

随着 Mn 含量的增加, 抗拉强度提高, 漫流面积增加, 但钎焊接合处抗拉强度和剪切强度均降低, 故 Mn 含量在 2% 左右才可望获得最佳综合性能。

1.8%~2.8%Sn 和 0.7%~1.2%In 的加入均具有较好的综合性能, 但两者相比之下, In 较贵, 且剪切强度也较低一些。

参考文献

- 1 美国焊接学会编, 钎焊手册, 北京: 国防工业出版社, 1982.
- 2 高世谷等, 仪表材料, 1988, 19(1): 23.
- 3 贵金属合金相图, 北京: 冶金工业出版社出版, 1982.