

文章编号:1673-9981(2008)02-0119-04

非晶铜磷钎料真空钎焊的润湿性研究

张 静

(河西学院机电工程系,甘肃 张掖 734000)

摘 要:利用快速凝固技术制备出 Cu-Ni-Sn-P 非晶箔带钎料. 将此钎料分别在不同钎焊温度和钎焊时间下与紫铜进行真空钎焊,借助 EPMA 分析了钎缝的显微组织结构. 利用 DTA 分析了成分相同的非晶钎料与普通钎料的润湿性差异. 结果表明,与普通钎料相比,非晶钎料的润湿性明显提高,钎料与母材的相互扩散和冶金结合增强.

关键词:Cu-Ni-Sn-P 箔带钎料;真空钎焊;显微组织;润湿性

中图分类号: TG454 **文献标识码:** A

铜磷钎料以其熔点低、流动性好、具有自钎性以及价格低等优点而被广泛应用于铜及铜合金的钎焊. 非晶铜基钎料是一种新型钎焊材料,其合金内部的原子排列基本上保留了长程无序、近程有序的液态金属结构,由于具有这种结构特点,使非晶铜基钎料具有比普通铜磷钎料更优异的性能. 本文主要研究了成分均为 $\text{Cu}_{68.5}\text{Ni}_{15.7}\text{Sn}_{9.3}\text{P}_{6.5}$ 非晶箔带钎料和普通钎料在真空钎焊紫铜时,工艺参数对其润湿性及显微组织的影响,并探讨了产生这些差别的原因.

1 实验方法

利用单辊急冷设备,辊面线速度为 30 m/s,在高频感应炉中熔炼,保护气氛中喷带,制得厚度 30 μm ,宽 20 mm 的 $\text{Cu}_{68.5}\text{Ni}_{15.7}\text{Sn}_{9.3}\text{P}_{6.5}$ 非晶箔带钎料. 为进行对比试验,采用传统铸造技术制备出与非晶箔带钎料成分相同的普通铸态钎料,并将其切割成厚度为 200 μm 的圆形薄片.

在合适的工艺条件下,利用单辊快冷法制备的铜磷箔带钎料的边界整齐、表面平整、无孔洞,且厚度较均匀,而普通铸态钎料有少量孔洞. 两种钎料的 XRD 图如图 1 所示. 从图 1(a)可以看出,箔带钎

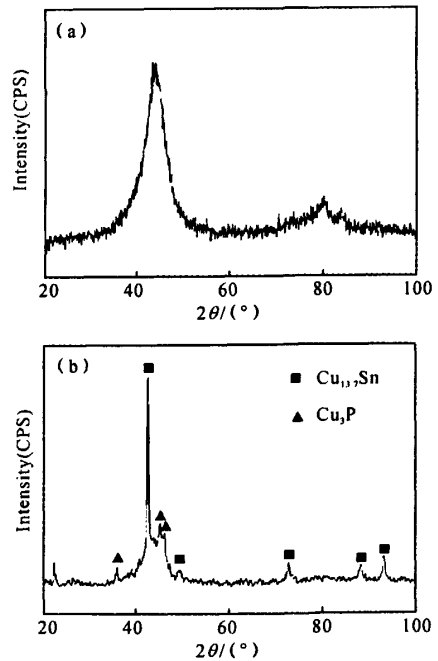


图 1 钎料的 XRD 衍射图
(a)快冷箔带钎料;(b)普通铸态钎料
Fig. 1 XRD patterns of brazing alloys

收稿日期:2007-12-17

作者简介:张静(1976-),女,甘肃张掖人,讲师,硕士研究生.

料只有漫散射峰,无对应晶相的衍射锐峰,说明它是完全的非晶组织,而图 1(b)则有 $Cu_{13.7}Sn$ 和 Cu_3P 晶体的衍射锐峰.

用 $25\text{ mm}\times 25\text{ mm}\times 3\text{ mm}$ 的紫铜片作为润湿性试验的试样和钎焊试片. 钎焊前先将紫铜试片的待焊面、非晶箔带和普通铸态钎料的表面分别依次用 600,800 和 1000 号水磨砂纸进行打磨,再用丙酮浸泡和超声波清洗.

将箔带钎料剪成 $6\text{ mm}\times 6\text{ mm}$ 的小块,准确称量质量相同的箔带钎料和普通钎料,将两种钎料分别摆放在紫铜片表面,钎焊后作为润湿性试验的试样.

将钎料夹在两块紫铜试片的中间,钎焊后作为分析钎缝显微组织结构的试样. 采用同炉真空钎焊制取两种试样,以保证钎焊的工艺参数相同. 钎焊时的升温速率 $15\text{ }^\circ\text{C}/\text{min}$,控温精度 $\pm 1^\circ\text{C}$,真空度 $2\times 10^{-2}\text{ Pa}$,焊后随炉冷却. 用 SEM 和 EPMA 分析钎缝的显微组织.

2 实验结果与讨论

2.1 DTA 测试

图 2 为铜磷合金钎料的差热分析(DTA)曲线. 由图 2 可见,两种钎料的 DTA 曲线上都仅出现一个熔化放热峰,两种钎料的熔化温度列于表 1.

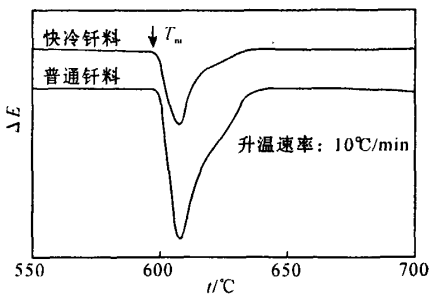


图 2 钎料的熔化曲线
Fig.2 DTA curves of brazing alloys

由表 1 可以看出:非晶钎料的熔点比普通钎料低 $4.5\text{ }^\circ\text{C}$,结晶区间缩小了 $3.5\text{ }^\circ\text{C}$,这主要是由于非晶钎料的成分均匀,基本没有偏析;而普通钎料由于冷却过程比较缓慢,成分不均匀,有偏析. 钎料熔点的降低可避免母材过烧,有利于提高钎焊质量.

表 1 铜磷钎料的熔化温度

Table 1 Melting temperature of Cu-P brazing alloy			
钎料	固相线	液相线	结晶区间
	$t_1/^\circ\text{C}$	$t_2/^\circ\text{C}$	$\Delta t/^\circ\text{C}$
快冷箔带	597	634.9	37.9
普通铸态	598	639.4	41.4

2.2 润湿性

普通钎料和非晶钎料的润湿性测试结果如图 3 所示,其中图 3(a)为钎焊温度保持在 $680\text{ }^\circ\text{C}$ 时,铺展面积与钎焊时间的关系,图 3(b)为钎焊 10 min 时,铺展面积与钎焊温度的关系.

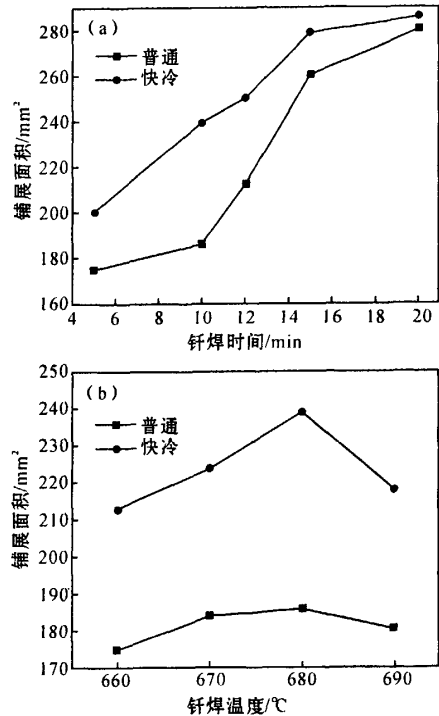


图 3 钎料的铺展面积
(a) 钎焊时间与铺展面积的关系;
(b) 钎焊温度与铺展面积的关系
Fig.3 Spreading area of brazing alloy

由图 3 可以看出:在相同的钎焊条件下,非晶钎料的润湿性明显优于普通钎料,非晶钎料的铺展面积快速增加所需的时间比普通钎料短;钎焊 20 min 后,两种钎料的铺展面积相差不大,并且与 15 min

时的铺展面积差不多,这与钎料的物理润湿和化学反应润湿的动力学行为过程相关。

由于非晶钎料的元素分布均匀,熔化区间窄,自由能高,当温度达到固相线以上时,非晶钎料就能快速、均一地熔化和铺展,极易形成前驱膜,因此,其润湿性较好。而普通钎料由于元素分布不均匀,存在较大的偏析,组织粗大,各相熔点不一致,当温度达到熔点以上时,低熔点的共晶相首先熔化,高熔点的先析出相和金属间化合物后熔化,未熔化的固相会阻碍已熔化的液相铺展,钎料不易形成前驱膜,导致润湿性下降。必须增加热量的输入,普通钎料的铺展面积才能与非晶钎料的接近^[2-5]。

由图3(a)可知,由于非晶Cu基钎料铺展快速,润湿性好,可缩短钎焊的时间。这样,一方面能有效地防止过烧、熔蚀和晶粒长大,另一方面可降低能耗。由图3(b)可以看出:普通钎料和非晶钎料的铺展面积都是随钎焊温度升高先增大后减小,说明这两种钎料均存在一个润湿性敏感温度区间。

2.3 Cu/Cu_{68.5}Ni_{15.7}P_{6.5}Sn_{9.3}/Cu 钎缝组织分析

在690℃用非晶钎料与紫铜真空钎焊10 min,经FeCl₃溶液液腐蚀后钎缝的显微组织及各元素的面分布如图4和图5所示。从图4可以看出,钎料与基体连接的界面结合良好,无气孔、裂纹、未焊合等焊接缺陷。界面区母材与钎缝之间有明显的元素扩散。

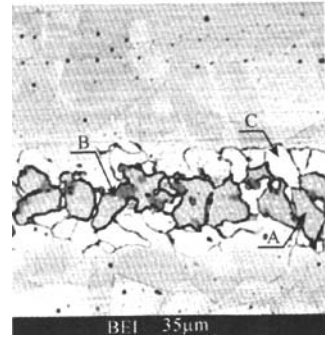


图4 钎缝的显微组织

Fig. 4 Area scanning results of the elements

借助EPMA-1600型电子探针钎缝的成分进行分析。图4钎缝中部的灰色组织A为Cu₃P,零星分布在A上的深灰色组织B为Ni₂P,位于钎缝两侧扩散区的白色组织C为含有P,Sn和Ni合金元素的Cu基α固溶体。

由图5(b)和图5(c)可以看出,Ni和P的扩散主要集中在钎缝的中央。由图5(d)可见,Sn主要分布在钎缝的扩散前沿。钎缝中合金元素的不均匀分布表明在钎焊时及随后的平衡凝固过程中,由于发生扩散,使原来在快冷钎料中均匀分布的合金元素发生了重新分布。

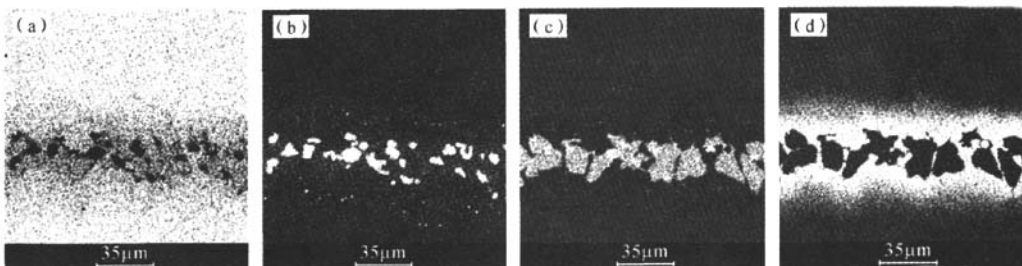


图5 元素的面分布图

(a) Cu的面分布;(b) Ni的面分布;(c) P的面分布;(d) Sn的面分布

Fig. 5 Area distribution of element

3 结论

(1)由于非晶Cu-Ni-Sn-P钎料的成分均匀,无偏析,使它的熔点比普通钎料约低4.5℃,结晶区间

缩小3.5℃。

(2)在相同的工艺参数下,非晶钎料的润湿性优于普通钎料。当钎焊温度为680℃时,两种钎料的铺展面积均随钎焊时间的延长而增大,两种钎料间润湿性的差异会随着钎焊时间的延长而逐渐缩小。当

钎焊时间大于 20 min 时,润湿面积的增加已不明显.钎焊时间保持 10 min,两种钎料的铺展面积随钎焊温度的升高先增大后减小,在 680 ℃时铺展面积达到最大值.

(3)钎缝主要由扩散区和钎料中间层组成,钎缝中部主要由 Cu_3P 和零星分布的 Ni_2P 组成,钎缝两侧是以铜为基的 α 固溶体.

参考文献:

- [1] 李刚,路文江,俞伟元,等.非晶新型代银钎料的制备及性能研究[J].兰州理工大学学报,2004,30(5):9-12.
- [2] TAWFIK N.L. Mechanical properties of rapidly solidified ribbons of some Al2Si based alloys[J]. Journal of Materials Science, 1997, 32(4): 2997-3000.
- [3] CORALIE V, MARIE F D, RAYISA V, et al. Interfacial reactions in alumina/CuAgTi braze/CuNi system [J]. Scripta Materialia, 2005, 52: 1-6.
- [4] SHIUE R K, WU S K, CHAN C H. The interfacial reactions of infrared brazing Cu and Ti with two silver-based braze alloys [J]. Journal of Alloys and Compounds, 2004, 372: 148-157.
- [5] 俞伟元,陈学定,路文江.快速凝固 Al-Si-Cu 基钎料的性能[J].焊接学报,2004,25(2):69-72.
- [6] 龚代涛,刘晓波,王国勇. Sn-Zn-Ag 系无铅钎料焊接性能研究[J].电子工艺技术,2003,24(3):96-99.
- [7] 宋世谟,王正烈,李文斌.物理化学(下册)[M].北京:高等教育出版社,1997:164.

Study on the wettability of amorphous Cu-P solder by vacuum brazing

ZHANG Jing

(Department of Mechatronics, Hexi University, Zhangye 734000, China)

Abstract: Cu-Ni-Sn-P brazing ribbons were prepared by means of rapid solidification technique. The microstructures and wettabilities of brazed joints brazed at different brazing temperatures and holding times were analyzed by using DTA and EPMA measurements. The results showed that the wettability of the brazing foils was significantly improved. The interdiffusion between the base metal and filler metals was enhanced, leading to the metallurgical bonding.

Key words: Cu-Ni-Sn-P brazing ribbons; vacuum brazing; microstructure; wettability