

Bi 对 Sn-0.3Ag-0.7Cu 无铅钎料熔点及润湿性能的影响

孙凤莲¹, 胡文刚¹, 王丽凤¹, 马 鑫²

(1. 哈尔滨理工大学 材料科学与工程学院, 哈尔滨 150040;

2. 亿钺达工业有限公司, 广东 深圳 518101)

摘 要: 研究了添加适量的 Bi 元素对低银型 Sn-0.3Ag-0.7Cu 无铅钎料合金性能的影响, 应用差示扫描量热仪和 SAT-5100 型润湿平衡仪对 Sn-0.3Ag-0.7Cu-xBi ($x=0, 1, 3, 4, 5$) 钎料的熔点、润湿性能作了对比试验分析。结果表明, 一定量 Bi 元素的加入可以降低 Sn-0.3Ag-0.7Cu 钎料合金的熔点, 并改善其润湿性能。但过多的 Bi 元素会导致钎料的液固相线温度差增大, 塑性下降, 造成焊点剥离缺陷。综合考虑得到 Sn-0.3Ag-0.7Cu-3.0Bi 无铅钎料具有最佳的综合性能。

关键词: 无铅钎料; 熔点; 润湿性; 焊点剥离

中图分类号: TG425+.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 0253-360X(2008)10-0005-04



孙凤莲

0 序 言

无铅钎料的研究关键是新合金系的各项性能, 如熔点、润湿性、力学性能(强度、韧性和抗蠕变性)、物理化学性能(导电性、抗氧化性和抗腐蚀性能)等, 应与传统的 Sn-Pb 钎料相近^[1]。目前电子行业使用较多的无铅焊料是 Sn-Cu 系和 Sn-Ag-Cu 系^[2-4]。Sn-Cu 系焊料的显著优点是不含贵金属, 成本低; 缺点是熔点偏高, 润湿性较差, Sn-0.7Cu 是该系的主要产品^[2]。Sn-Ag-Cu 系具有熔点低、润湿性相对较高和综合力学性能良好等优点, 被公认为是目前性能最佳的无铅焊料^[4-6]。Sn-Ag-Cu 系焊料中, 关注最多的是美国 NEMI 推荐的 Sn-3.9Ag-0.6Cu, 欧盟推荐的 Sn-3.8Ag-0.7Cu 和日本 JEI-TA 推荐的 Sn-3.0Ag-0.5Cu^[7]。

上述推荐的无铅钎料的性能差异不大, 都具有较好的综合性能, 成为 Sn-Pb 钎料最理想的替代者, 但它们都属于高银型无铅钎料, 其抗冲击能力比 Sn-Pb 相对较差。另外其成本远远高于传统的 Sn-Pb 钎料。因此, 为了改善抗冲击性能, 降低无铅钎料的成本, 低银型无铅钎料的开发成为了当前国内外的研究热点。一种成本相对较低的低银型无铅钎料 Sn-

0.3Ag-0.7Cu 正在研究之中, 并且已经应用在部分电子组装和封装企业。但是此种钎料由于降低了 Ag 元素的含量, 使其熔点稍高, 润湿性稍差。在此基础上研究开发了一种新型的无铅钎料合金 Sn-0.3Ag-0.7Cu-xBi, 希望通过 Bi 元素的加入来降低钎料的熔点, 改善钎料的润湿性, 以开发出具有低成本、低熔点、良好的润湿性、综合性能优异的无铅钎料, 从而满足电子行业飞速发展的需求。

1 试验方法

1.1 钎料的熔炼

以深圳亿钺达工业有限公司生产的 Sn-0.3Ag-0.7Cu 合金作为基础钎料成分, 研究 Bi 元素对其熔点、润湿性的影响。Bi 元素添加的质量分数分别为 1%、3% 和 4.5%。钎料的熔炼在型号为 CT-41C 的手浸锡炉中进行, 熔炼温度 400℃, 熔炼过程中充分搅拌熔化后的合金, 并保温 3 h, 以保证钎料合金的均匀化。

1.2 钎料的熔点试验

熔化温度是钎料合金最基本的性能, 是决定实际钎焊温度的基本参数^[8]。熔化开始温度通常指在合金相图上的固相线温度, 而凝固开始温度相当于液相线的温度。熔化开始温度的测试采用差示扫描量热(differential scanning calorimetry, DSC)的测量方法。

采用 Pyris Diamond DSC 功率补偿型差示扫描量热仪测定无铅钎料合金熔化温度。取钎料质量约为 8 mg, 密封于铝皿中, 样品室通入高纯氮气作为保护气氛。设定初始温度为 120 ℃, 结束温度为 260 ℃, 升温速度为 10 ℃/min。依据日本工业标准 JIS Z 3198—1—2003^[9], 将差热分析记录的曲线上低温一侧的基线向高温侧延长, 并与熔化曲线吸热峰低温一侧曲线斜率最大点引出的切线相交, 其交点的温度即为熔化开始温度。

1.3 钎料的润湿性试验

钎料的润湿性就是指液态钎料在母材表面自动铺展的能力, 是反映钎料工艺性能的一个重要指标。钎料润湿性的几个评定指标包括: 最大润湿力、交零时间及润湿时间。润湿时间 t 越短, 说明润湿过程完成越快速; 最大润湿力 $F_{\max}$ 越大, 说明润湿过程中钎料对母材的润湿程度越大, 沾锡量越多。用上述两参数来衡量钎料合金的润湿性能。

根据润湿平衡法原理, 试验采用日本 RHEACA 公司的 SAT—5100 型可焊性测试仪进行润湿试验。标准试样为纯铜无镀层试片, 规格为 30 mm×5 mm×0.3 mm。试验步骤按照日本工业标准 JIS Z 3198—4—2003 进行。熔融钎料的温度分别设定 240、250 和 260 ℃, 并保证熔融钎料温度在试验温度的±5 ℃精度内。试验设定浸入深度为 3 mm, 浸入速度为 5 mm/s, 浸入时间为 15 s。试验中添加美国 Alpha Metal 公司生产的 EC19S—18 型助焊剂。

2 结果与分析

2.1 钎料合金的熔点

将 Sn-0.3Ag-0.7Cu- x Bi ($x=0, 1, 3, 4.5$) 四种成分的钎料合金分别进行 DSC 熔点测试, 研究 Bi 元素对钎料合金熔点的影响, 并与美国 NEMI、欧盟和日本 JEI-TA 推荐的 SnAgCu 钎料合金的熔点进行比较, 以确定最佳的合金成分。取热流发生突变的温度区间 190~235 ℃绘制曲线如图 1 所示。试验测得的四种成分的钎料合金的熔点见表 1, 推荐的 SnAgCu 钎料合金的熔点^[19]见表 2。分析试验结果表明, (1) 从 Sn-0.3Ag-0.7Cu 钎料的 DSC 曲线可以看出, Sn-0.3Ag-0.7Cu 无铅钎料合金存在低熔点共晶物, 对应于 DSC 曲线中的两个吸热小峰, 熔点分别为 216.2 和 216.7 ℃, 分析表明是 Sn、Ag、Cu 三元共晶物的熔化温度。而吸热最高峰(主峰)发生的吸热反应是 $\text{Sn}+\text{Cu}_6\text{Sn}_5\rightarrow\text{液相}$, 熔化温度为 222.6 ℃, 比 Sn-0.7Cu 钎料合金的共晶点温度 227 ℃略低, 分析表明是微量的 Ag 元素降低了 Sn-0.7Cu 钎料的熔

点所致。(2) Bi 元素的加入降低了 Sn-0.3Ag-0.7Cu 基体钎料合金的熔点, 吸热最高峰左移, 且随着 Bi 元素含量的增加, 钎料合金的熔点呈逐渐降低的趋势。但同时随着 Bi 元素含量的增加, 钎料合金的熔化温度区间逐渐增大, 且低熔点共晶物的熔化温度也随之降低, 容易导致结晶裂纹的形成, 不利于形成可靠的焊点。(3) 与目前推荐的 SnAgCu 钎料合金的熔点相比, 低银型 Sn-0.3Ag-0.7Cu 无铅钎料合金的熔点略高。Sn-0.3Ag-0.7Cu-3.0Bi 无铅钎料的熔点基本和推荐的 SnAgCu 钎料合金的熔点一致。

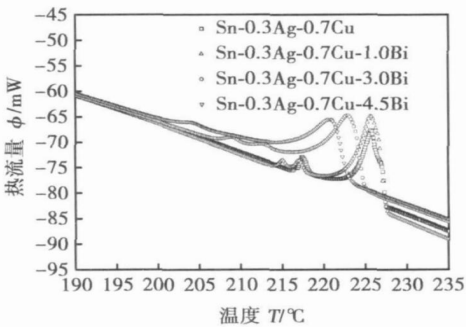


图 1 Sn-0.3Ag-0.7Cu- x Bi 钎料的 DSC 曲线
Fig. 1 DSC curves of Sn-0.3Ag-0.7Cu- x Bi solders

表 1 DSC 熔点测试结果
Table 1 Testing results of DSC melting points

合金成分(质量分数, %)	熔化温度 $T/^\circ\text{C}$
Sn-0.3Ag-0.7Cu	216.2~222.6
Sn-0.3Ag-0.7Cu-1.0Bi	213.9~220.5
Sn-0.3Ag-0.7Cu-3.0Bi	206.7~217.3
Sn-0.3Ag-0.7Cu-4.5Bi	200.0~213.0

表 2 推荐的 SnAgCu 钎料合金的熔点
Table 2 Recommendatory melting points of SnAgCu lead-free solders

合金成分(质量分数, %)	熔化温度 $T/^\circ\text{C}$
Sn-3.9Ag-0.6Cu	217~226
Sn-3.8Ag-0.7Cu	217~219
Sn-3.0Ag-0.5Cu	217~219

2.2 钎料合金的润湿性能

将 Sn-0.3Ag-0.7Cu- x Bi ($x=0, 1, 3, 4.5$) 四种成分的钎料合金分别记为 1、2、3 和 4 号钎料, 对其分别做 240 ℃下的可焊性试验, 横向对比各种成分钎料合金的润湿性, 以确定最佳成分的钎料合金, 从而改善 240 ℃下低银型 Sn-0.3Ag-0.7Cu 钎料的润湿性。另外, 设定 240、250 和 260 ℃三个不同的测试温度, 对 Sn-0.3Ag-0.7Cu 钎料做可焊性试验, 纵向对比

钎料合金随温度变化的润湿性。选取润湿时间 t 和最大润湿力 $F_{\max}$ 作为钎料合金润湿性好坏的衡量标准。试验测得的润湿性参数见表 3。润湿曲线如图 2、图 3 所示。

表 3 Sn-0.3Ag-0.7Cu- x Bi 钎料的润湿参数
Table 3 Wetting parameters of Sn-0.3Ag-0.7Cu- x Bi lead free solders

合金成分 (质量分数, %)	试验温度 $T/^{\circ}\text{C}$	润湿时间 t/s	最大润湿力 $F_{\max}/\text{mN}$
Sn-0.3Ag-0.7Cu	240	4.597	2.52
Sn-0.3Ag-0.7Cu	250	2.191	3.19
Sn-0.3Ag-0.7Cu	260	1.293	3.19
Sn-0.3Ag-0.7Cu-1.0Bi	240	3.546	3.02
Sn-0.3Ag-0.7Cu-3.0Bi	240	2.337	3.21
Sn-0.3Ag-0.7Cu-4.5Bi	240	1.721	3.13

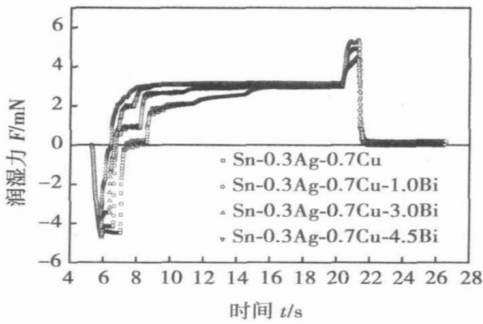


图 2 Sn-0.3Ag-0.7Cu- x Bi 钎料在 240 $^{\circ}\text{C}$ 下润湿曲线
Fig. 2 Wetting Curves of Sn-0.3Ag-0.7Cu- x Bi solders at 240 $^{\circ}\text{C}$

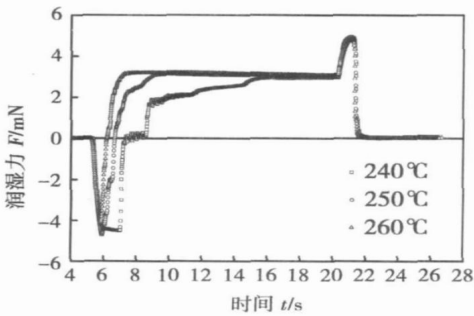


图 3 Sn-0.3Ag-0.7Cu 钎料在 240 250 和 260 $^{\circ}\text{C}$ 下的润湿曲线
Fig. 3 Wetting Curves of Sn-0.3Ag-0.7Cu solders at 240, 250 and 260 $^{\circ}\text{C}$

对比结果表明, (1) 随着 Bi 元素含量的增加, 钎料合金的润湿性提高, 特别是 240 $^{\circ}\text{C}$ 下的润湿性得到了明显的改善。其中润湿时间 t 从 4.597 s 降低

到 1.721 s, 下降了 62.6%; 最大润湿力 $F_{\max}$ 从 2.52 mN 增加到 3.21 mN, 增加了 27.4%。(2) 随着温度的升高, 钎料合金的润湿性提高。就 Sn-0.3Ag-0.7Cu 钎料合金而言, 润湿性也随着温度的升高得到了明显的改善。其中润湿时间 t 从 4.597 s 降低到 1.293 s, 下降了 71.9%; 最大润湿力 $F_{\max}$ 从 2.52 mN 增加到 3.19 mN, 增加了 26.6%。(3) 根据工业评定标准^[11, 12], 对于工业中实际机械化生产, 一般需要润湿时间 $t \leq 2.5$ s。可见 Sn-0.3Ag-0.7Cu-3.0Bi 钎料合金已经满足机械化生产的需求, 且此时最大润湿力 $F_{\max}$ 达到最大值。随着 Bi 元素的继续增加, 钎料合金的润湿时间 t 继续减小, 但是最大润湿力 $F_{\max}$ 也随之减小, 且过多的 Bi 元素会带来焊点剥离缺陷^[13], 所以认为 Sn-0.3Ag-0.7Cu-3.0Bi 钎料合金是最合适的。(4) 当实际条件允许焊接温度在 250 $^{\circ}\text{C}$ 以上时, Sn-0.3Ag-0.7Cu 钎料合金的润湿性能也可以满足一般的工业化要求。

3 结 论

(1) Bi 元素的加入可以降低低银型 Sn-0.3Ag-0.7Cu 无铅钎料合金的熔点。随着 Bi 元素含量的增加, 钎料合金的熔点呈持续降低的趋势。但是 Bi 元素的增加会导致钎料合金的熔化温度区间增大, 液固相线温度差增大, 容易导致结晶裂纹的形成, 不利于形成可靠的焊点。Sn-0.3Ag-0.7Cu-3.0Bi 无铅钎料的熔点已基本上和目前推荐的 SnAgCu 钎料合金的熔点一致。

(2) Bi 元素的加入可以提高低银型 Sn-0.3Ag-0.7Cu 无铅钎料合金的润湿性。随着 Bi 元素含量的增加, 钎料合金的润湿时间 t 明显减小, 其中 Sn-0.3Ag-0.7Cu-3.0Bi 无铅钎料在 240 $^{\circ}\text{C}$ 下的润湿时间 t 已经满足了实际机械化生产 $t \leq 2.5$ s 的需求, 并且此种成分的钎料合金的最大润湿力 $F_{\max}$ 达到最大值, 具有最佳的润湿性能。

参考文献:

[1] 吴文云, 邱小明, 殷世强, 等. Bi, Ag 对 Sn-Zn 无铅钎料性能与组织的影响[J]. 中国有色金属学报, 2006, 16(1): 158—163.
[2] Mulugeta A, Guna S. Lead-free solders in micro-electronics[J]. Materials Science and Engineering 2000 27(5—6): 95—141.
[3] Pang J H L, Xiong B S, Low T H. Low cycle fatigue study of lead free 99.3Sn-0.7Cu solder alloy[J]. International Journal of Fatigue, 2004, 26(8): 865—872.
[4] 周甘宇, 王长振, 谭 维 等. 无铅焊锡的研究进展[J]. 材

料导报, 2003, 17(8): 25—27.

[5] 杜长华, 陈 方, 杜云飞. Sn-Cu, Sn-Ag-Cu 系无铅钎料的钎焊特性研究[J]. 电子元件与材料, 2004, 23(11): 34—36.

[6] 薛松柏, 陈 燕, 吕晓春. Sn-Ag-Cu-Ce 无铅钎料合金体系的热力学计算及预测[J]. 焊接学报, 2005, 26(5): 20—22.

[7] 王大勇, 顾小龙. 高性价比的 Sn-0.3Ag-0.7Cu-A 无铅焊料[J]. 浙江冶金, 2006(3): 18—20.

[8] 赵小艳, 赵麦群, 王秀春, 等. Cu 和 Ce 对 Sn-Zn 系钎料合金物理性能和化学性能的影响[J]. 新技术新工艺, 2007(1): 62—64.

[9] 王春青, 李明雨, 田艳红, 等. JIS Z 3198 无铅钎料试验方法简介与评述[J]. 电子工艺技术, 2004, 25(2): 47—54.

[10] 史耀武, 雷永平, 夏志东, 等. SnAgCu 系无铅钎料技术发展[J]. 新材料产业, 2004, 125(4): 10—16.

[11] Sargent P M, Tang A C T, Gordon F H. An experimental study of the variation of wettability of SMDs using the micro—global wetting method[C] //Eleventh IEEE /CHMT International Electronics Manufacturing Technology Symposium. IEEE CHMT Eur Int Electron Manuf Technol Symp. USA: IEEE, 1991: 166—170.

[12] Bukat K, Sitek J. Solderability evaluation of no-VOC flux Pb-free solder[J]. Global SMT &Packaging China, 2003, 3 (2) : 11—15.

[13] 马 鑫, 何 鹏. 电子组装中的无铅软钎焊技术[M]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学出版社, 2006.

作者简介: 孙凤莲, 女, 1957 年出生, 博士, 教授, 博士生导师. 主要从事精密焊接、绿色电子组装技术及可靠性方面的科研和教学工作. 发表论文 40 余篇.

Email: sunflian@163.com

[上接第 4 页]

73.7 ~ 91.4% 泡沫铝未破坏泡沫铝母材孔隙结构, 钎缝区也未形成持续密实结构的膜层界面, 钎着点主要以泡沫铝端面相互接触的胞壁接触点组成.

(2) 钎缝界面区主要是向 Al-Si 共晶组织生长的粗大 α_{Al} 枝晶组织, 钎缝中心区是 Al-Si 共晶组织.

(3) 泡沫铝胞棱数量对可钎着面积有较大影响, 接触界面模型在低孔隙率时误差较大, 孔隙率大于 88%, 可钎着面积中的计算值与实测值趋于吻合.

(4) 钎焊接头的抗拉强度接近于泡沫铝母材并均存在拉伸屈服平台, 随着孔隙率的增大, 钎焊接头和母材抗拉强度均有明显的下降.

参考文献:

[1] Ashby M F, Lu Tianjian. Metal foams: a survey[J]. Science in China (Series B), 2003, 46(6): 521—532.

[2] Ashby M F, Evans A, Fleck N A, *et al.* Metals foams a design guide[M]. Woburn(MA): Butterworth Heinemann, 2000.

[3] 何思渊, 臧晓云, 何德坪. 轻质能量吸收器[J]. 中国科学 B 辑, 2005, 35(4): 265—267.

[4] Bernard T, Bergmann H W, Haberling C, *et al.* Joining technologies for Al-foam-Al-sheet compound structures[J]. Advanced Engineering Materials, 2002, 4(10): 798—802.

[5] Haferkamp H, Ostendorf A, Goede M, *et al.* Potential of laser welding of metal foams[C] //Cellular Metals and Metal Foaming Technology. Bremen: Verlag MIT Publishing, 2001: 479—484.

[6] Pogibenko A G, Konkevich V Y, Arbuzova L A, *et al.* The weldability of aluminium-based foam materials[J]. Welding International, 2001, 80(5): 312—316.

[7] Bom C, Kuchert H, Wagner G, *et al.* Ultrasonic torsion welding of sheet metals to cellular metallic materials[J]. Advanced Engineering Materials, 2003, 5 (11): 121—124.

[8] Kitazono K, Kitajima A, Sato E, *et al.* Solid-state diffusion bonding of closed-cell aluminum foams[J]. Materials Science and Engineering A, 2002, 327(6): 128—132.

[9] Degischer H P, Krisz B. Handbook of cellular metals: production, processing, applications[M]. Weinheim: Wiley-VCH Verlag GmbH, 2002.

[10] Matthes K J, Lang H. Brazing of aluminium foam with cellular filler metals[C] // Cellular Metals and Metal Foaming Technology. Bremen: Verlag MIT Publishing, 2001: 501—504.

[11] 何德坪, 王 辉, 何思渊, 等. 泡沫铝的钎焊方法: 中国, CN101214569 P]. 2008—07—09.

[12] 郑明军, 何德坪. 新型高比强胞状铝合金的压缩及能量吸收性能[J]. 材料研究学报, 2002, 16(5): 473—478.

[13] 何德坪. 超轻多孔金属[M]. 北京: 科学出版社, 2007.

作者简介: 王 辉, 男, 1970 年出生, 博士研究生, 副教授. 主要从事泡沫金属制备与特种连接技术研究, 申请国家发明专利 3 项. 发表论文 10 余篇.

Email: wanghui1203@seu.edu.cn

MAIN TOPICS, ABSTRACTS & KEY WORDS

Interface structure of N_2 -shielded furnace brazing of Al foam and its mechanical properties

WANG Hui, HE Deping, CHU Xuming, HE Siyuan (School of Materials Science and Engineering, Southeast University, Nanjing 210096, China). p1—4, 8

Abstract: N_2 -shielded furnace brazing of Al foam was studied experimentally and the microstructure of brazing interface and elements distribution were analyzed by SEM, EDS and optical microscope. Furthermore, morphology of brazing zone was observed by scan model of X-CT and the 3D image of interface was reconstructed. The mechanical properties and the relationship between joint strength and porosity of Al foam were also investigated. The results show that the brazing method does not change the pore structures of Al foam in brazing zone. The brazing interface consists of the intersection points between cell walls of two Al foams and the microstructure in the middle of brazing zone is Al-Si eutectic while near the interface is the α_{Al} dendrite. The tensile strength of joint closes to that of the base. Brazed area of interface increases with increasing of the Al foam plateau amount, which matches well with the theoretic calculation results when the porosity is over 88%.

Key words: Al foam; N_2 -shielded furnace brazing; mechanical property; porosity

Influence of Bi on the melting point and wettability of Sn-0.3Ag-0.7Cu lead-free solder

SUN Fenglian¹, HU Wengang¹, WANG Lifeng¹, MA Xin² (School of Materials Science & Engineering, Harbin university of Science and Technology, Harbin 150040, China; 2. Yik shing Tat Industrial Corporation limited Company, Shenzhen 518101, Guangdong, China). p5—8

Abstract: The influences of Bi on the melting point and wettability of Sn-0.3Ag-0.7Cu lead-free solder alloy were studied. The contrastive experiments and analysis on the melting point, wettability of Sn-0.3Ag-0.7Cu-xBi ($x=0, 1, 3, 4, 5$) solders were carried out by differential scanning calorimetry and wetting balance equipment. Results show that the addition of Bi can decrease the melting point and improve the wettability of Sn-0.3Ag-0.7Cu lead-free solder alloy. But the amount of Bi should be limited. Because the excess element of Bi could increase the melting range of solder, decrease the plasticity of solder and result in the flaw of fillet lifting. Sn-0.3Ag-0.7Cu-3.0Bi lead-free solder performed an excellent comprehensive properties.

Key words: lead-free solder; melting point; wettability; fillet lifting

Structure and property analysis of brazing interface of domestic ceramic and stainless steel

LI Zhuoran¹, FENG Jicai¹, GU Wei² (1. State Key Laboratory of Advanced Welding Production Technology, Harbin Institute of Technology, Harbin 150001, China; 2. Harbin Turbine Company Limited, Harbin 150046, China). p9—12

Abstract: Domestic ceramics have been chemically plated

nickel and the brazing of ceramics plated nickel with 1Cr18Ni9Ti stainless steel was realized. Interfacial structures and properties of ceramic/Ni/Sr-3.5Ag/stainless steel joint in atmosphere were analyzed by some test methods such as scanning electron microscopy (SEM), energy distribution spectrometer (EDS), X-ray diffraction (XRD), shear stress test and so on. The results show that the joint of chemical plated nickel ceramics with 1Cr18Ni9Ti stainless steel is a multilayer compound structure. Plated nickel layer generated interfacial reaction with tin based solder and the productions of interface reaction are Ni_3Sn_4 intermetallic compound and tin base solution. Shear strengthen of the joint is up to 15.7 MPa when soldering temperature and time are 300 °C and 5 min respectively. This method is low cost and convenient for batch production. Thus, it broadens the use range of domestic ceramics and has certain applied value.

Key words: ceramics; chemical plating nickel; brazing

Effects of Ti-Ni on properties of plasma arc “in-situ” welding for SiC_p/Al MMCs

LEI Yucheng, NIE Jiajun, ZHANG zhen, CHEN Xizhang (School of Material Science and Engineering, Jiangsu University, Zhenjiang 212013, Jiangsu, China). p13—16

Abstract: Plasma arc “in-situ” welding of SiC_p/Al MMCs were carried out using argon-nitrogen mixture as plasma gases with Ti-Ni alloying as “in-situ” material. The results showed that the new composite reinforced phases are produced in the seam, such as TiN, TiC, AlN, Al_3Ti , Al_3Ni , which ensured the quality of joints, but the needle-like brittle phases Al_4C_3 is not found, the metal Ni reduced the solubility of SiC_p and increased the crystallization heat greatly, which improved the fluidity of weld pool. The new reinforced phases like AlNi, Al_3Ni improve the mechanical properties of weld seam effectively. The mechanical testing results showed that the maximum tensile strengths obtained with Ti-Ni alloy as “in-situ” material are 215.4 MPa, which is about 67.3% of the base metal strength.

Key words: SiC_p/Al MMCs; plasma arc; “in-situ” welding; Ti-Ni alloy

Effect of hydrogen treatment on microstructures and properties of weld metal in TA15 alloy

WANG Qing, XU Ran, SUN Dongli (School of Materials Science and Engineering, Harbin Institute of Technology, Harbin 150001, China). p17—20

Abstract: In order to research the influence of hydrogen treatment on weld joints of TA15 titanium alloy, the transformations of microstructures and phase compositions in the fusion area of the weld joints at different processes of hydrogen treatment were analyzed using OP, XRD and TEM, and tensile properties of the weld joints at the room temperature were tested. The results showed that δ hydride was formed, which has a face centered cubic structure after hydrogenising at 800 °C for 30 min. A lot of metastable phase $\beta'(H)$ and rhombic martensite phase α'' were generated in the process of hydrogenization at 800 °C for 30 min. They decomposed to α and δ