

文章编号:1673-9981(2008)02-0126-03

## 锌基中温钎料的研究

刘凤美, 陈平

(广州有色金属研究院焊接材料研究所, 广东 广州 510651)

**摘要:** 采用氮气气流雾化法制备锌基钎料粉末, 研究了在锌基钎料中添加 Cu, Si 及 Be 元素对锌基钎料熔化温度、抗拉强度和流动性的影响。当  $w(\text{Zn}) = 76.62\%$ ,  $w(\text{Al}) = 19.16\%$ ,  $w(\text{Si}) = 1.2\%$ ;  $w(\text{Cu}) = 3.0\%$ ,  $w(\text{Be}) = 0.2\%$  时, 锌基钎料的熔化温度约为 480 °C, 抗拉强度为 126 MPa 及铺展面积为 2.2 cm<sup>2</sup>。

**关键词:** 锌基钎料; 雾化; 钎焊; 钎焊性能

**中图分类号:** TG425.1

**文献标识码:** A

铝合金由于密度小, 导热导电性好, 在航空航天、电子、冶金、机械制造和轻工等行业中得到广泛应用。对于大批量小型铝合金产品的连接, 人们选择既精密又方便的钎焊<sup>[1]</sup>。

采用常规的铝焊料、焊剂对铝合金进行钎焊时, 钎焊温度一般为 500 °C 或更高, 这样铝合金会出现软化甚至变形, 无法保证钎焊的质量<sup>[1]</sup>。本文以锌基钎料为研究对象, 研究了添加元素 Cu, Si, Be 对钎料的抗拉强度、熔化温度及流动性的影响。

## 1 实验

### 1.1 设备及仪器

实验所用设备为自行设计的 50 kg 真空感应加热炉及液体氮氩供气雾化系统。真空感应加热炉高 7 m, 雾化塔内径 1.2 m, 感应加热炉最高温度可达 1600 °C, 极限真空度达 10<sup>-2</sup> Pa。液氮氩供气雾化系统是利用高压低温液体泵使液氮或液氩增压后进入蒸发器中, 蒸发为等压气体, 贮藏在贮气罐中或直接供气使用。贮气罐最高压力可达 6.0 MPa, 可提供 10 m<sup>3</sup>/min、纯度 99.999% 的氮气。

用德国产 STA409 型差热分析仪对钎料的熔点进行测试, 其加热速度为 20 K/min, 加热温度为 550 °C; 按照 GB/T11363-89, 在深圳产高品电子式万能试验机上对钎料的拉伸强度进行测试; 按照 GB/T11364-89, 用沈阳电炉厂生产的中温箱式电阻炉对钎料的润湿性进行测试。

### 1.2 原料及方法

**原料:** 纯度为 99.99% 的工业纯锌及纯度为 99.9% 的高纯铝。

将配好的原料放入真空感应炉内加热, 当加热温度为 500 °C 时, 炉内原料开始熔化, 待炉内原料熔化均匀后, 倒入温度为 700~750 °C 的漏包内。熔液从漏包底部的导液管漏下时, 被从喷嘴中喷出的高压气流破碎成液滴, 液滴在降落过程中冷却并凝固成粉末。将收集的粉末进行筛分、合批, 作为制备锌基中温钎料的原料。

**雾化制粉工艺参数:** 喷嘴喷射角为 55°、环孔为 18 个直径 1.8 mm 的孔、节圆直径为 38 mm、喷射气体压力为 1.2 MPa、喷射雾化介质为氮气、雾化温度为 600 °C、熔液漏率为 3.0 kg/min。

收稿日期: 2008-02-18

作者简介: 刘凤美(1977-), 女, 山东莱芜人, 工程师, 学士。

## 2 结果与讨论

### 2.1 Zn-Al 钎料组分的确定

图 1 为 Zn-Al 合金相图<sup>[2]</sup>. 由图 1 可以看出,在有限固溶体型共晶系中 Zn 质量分数为 95%,共晶体熔点温度为 382℃. 调整 Zn 和 Al 的组分可以得到不同液相温度的 Zn-Al 合金. Zn-Al 共晶钎料的综合性能优良,但 Zn-Al 共晶和亚共晶钎料的流动性差. 由 Zn-Al 钎料焊缝的显微组织(图 2)可以看出,钎料向母材晶间渗透,使钎焊接头受到流动性的侵害. 这是由于 Zn 和 Al 间存在很大的互溶性,钎料在钎缝中流动的同时,以相对较快的速度向母材晶间渗透,从而影响液态钎料在钎缝中流动的速度. 此外,Zn-Al 钎料熔融态时粘度较大,也是影响钎料流动性的原因之一. 在 Zn-Al 钎料中添加 Cu, Si 及 Be 元素,可以改善 Zn-Al 钎料的钎焊性能及在钎缝中的流动性,而且 Be 元素的加入也增加了 Zn-Al 钎料的耐腐蚀性<sup>[3]</sup>. 考虑中温钎料液相线温度要求在 480℃左右,所以,选择以 Zn80Al20 为基,添加 Cu, Si 及 Be 元素.

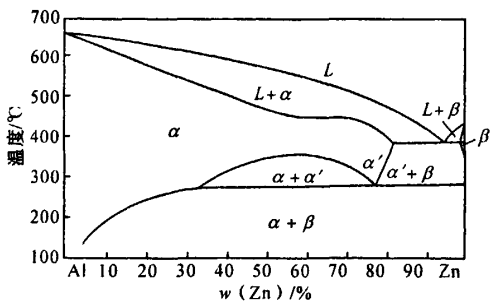


图 1 Zn-Al 合金相图  
Fig. 1 Zn-Al phase diagram

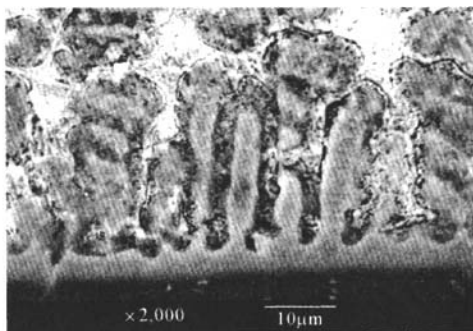


图 2 Zn-Al 钎料焊缝的显微组织  
Fig. 2 Joint structure of aluminum alloy brazed with Zn-Al filler metal

### 2.2 Si 和 Cu 元素对 Zn-Al 钎料熔化温度和抗拉强度的影响

Zn-Al 钎料的机械性能、耐腐蚀性能及钎焊工艺性能均较差. 用 Zn-Al 钎料进行钎焊时,由于熔融钎料流动性较差,导致焊缝不饱满而产生焊接气孔或使焊缝不光滑. 此外,由于 Zn 和 Al 互溶度较大,铝合金母材与熔融的 Zn-Al 钎料极易相互溶解而产生溶蚀现象,使焊缝质量降低,很难得到理想的焊缝. 适当添加 Cu 和 Si 元素,可改善 Zn-Al 钎料的力学性能和钎焊性能<sup>[4]</sup>. Cu 和 Si 元素的添加量对 Zn-Al 钎料性能的影响列于表 1. 由表 1 可知,当  $w(\text{Al}) = 19.16\%$ ,  $w(\text{Zn}) = 76.62\%$ ,  $w(\text{Si}) = 1.2\%$ ,  $w(\text{Cu}) = 3.0\%$  时,Zn-Al 钎料的熔化温度为 425~480℃、抗拉强度为 126MPa.

### 2.3 Be 元素对 Zn-Al 钎料流动性的影响

由于熔融 Zn-Al 钎料在沿着焊缝流动的同时,还会以较快的速度向母材晶间渗透,使熔融钎料填充焊缝的速度降低,从而很难得到光滑、均匀、饱满的焊缝. 因此,要克服这一缺陷,首先要提高 Zn-Al

表 1 添加元素对 Zn-Al 熔化温度和抗拉强度影响的结果

Table 1 Effect of the additive on the melting temperatures and the tensile strength of the Zn-Al alloy

配方	含量 w/%				熔化温度/℃	$\sigma$ /MPa
	Zn	Al	Cu	Si		
1	95.00	5.00	0	0	382	110
2	77.58	19.40	3.00	0	420~460	108
3	79.02	19.76	1.20	0	420~465	111
4	76.62	19.16	3.00	1.20	425~480	126
5	76.78	19.20	2.00	2.00	422~474	118

钎料熔体的流动性,即提高 Zn-Al 钎料在铝合金表面上的铺展性.以表 1 中 4 号配方为基础,添加 Be 元素. Be 元素可使钎料组织变质及晶粒细化,从而降低钎料熔体的表面张力,改善钎料在铝合金表面的铺展性,使熔融钎料在钎缝中的流动速度提高<sup>[3]</sup>.图 3 为 Be 元素添加量对 Zn-Al 钎料铺展性影响的曲线.从图 3 可以看出,当  $w(\text{Be})=0.2\%$  时, Zn-Al 钎料具有最大的铺展面积,即 Zn-Al 钎料熔体的流动性最好.

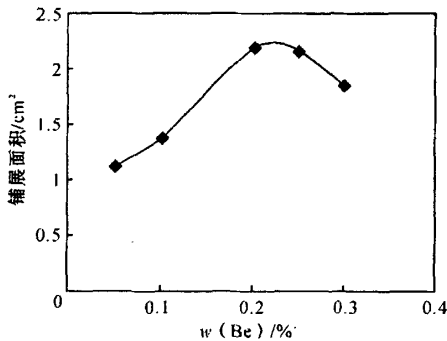


图 3 Be 元素添加量对 Zn-Al 钎料铺展性影响的曲线

Fig. 3 Influence curve of Be on the wettability of Zn-based brazing alloy

综上所述,当锌基中温钎料的成分为  $w(\text{Zn})=76.62\%$ ,  $w(\text{Al})=19.16\%$ ,  $w(\text{Si})=1.2\%$ ,  $w(\text{Cu})=3.0\%$ ,  $w(\text{Be})=0.2\%$  时,其熔化温度约为  $480\text{ }^\circ\text{C}$ 、抗拉强度为  $126\text{ MPa}$ 、铺展面积为  $2.2\text{ cm}^2$ ,很好地满足了中温钎焊的要求.

### 3 结 论

在 Zn-Al 钎料中添加  $w(\text{Si})=1.2\%$ ,  $w(\text{Cu})=3.0\%$  和  $w(\text{Be})=0.2\%$  时,钎料的熔化温度约为  $480\text{ }^\circ\text{C}$ 、铺展面积  $2.2\text{ cm}^2$ 、抗拉强度  $126\text{ MPa}$ ,钎料的钎焊性能得到提高,熔融钎料的流动性得到改善,很好地满足了中温钎焊的要求.

#### 参考文献:

- [1] 张启运,庄鸿寿.钎焊手册[M].北京:机械工业出版社,1999:27-29.
- [2] 长崎诚三,平林真.二元合金相图[M].北京:冶金工业出版社,2004:48.
- [3] SCHOER H, SCHULTZE W. Process and solder for soldering aluminum-containing workpieces: USA, 3807033 [P]. 1974-04-30.
- [4] 张启运.中温マルミニウムろう接[J].热处理,1989.29(6):316.

## Study of Zn-based brazing alloy with intermediate melting temperature

LIU Feng-mei, CHEN Ping

(Guangzhou Research Institute of Non-ferrous Metals, Guangzhou 510650, China)

**Abstract:** Zn-based brazing alloy powders are prepared using airstream atomization under nitrogen atmosphere. Different proportion of elements such as Cu, Si and Be is appended in Zn-based brazing alloy. Influences of previous alloy composition on melting temperature, tensile strength and wettability are studied. When the weight percentages of Zn, Al, Si, Cu and Be are 76.62%, 19.16%, 1.2%, 3.0% and 0.2% respectively, the melting temperature of this Zn-based brazing alloy is about  $480\text{ }^\circ\text{C}$ , the tensile strength is  $126\text{ MPa}$  and the spread area is  $2.2\text{ cm}^2$ .

**Key words:** Zn-based brazing alloy; atomization; brazing; brazability and solderability