

6063 铝合金氧化膜与 CsF-AlF₃ 及 KF-AlF₃ 钎剂的反应机制

朱 宏^{1,2}, 薛松柏¹, 盛 重¹
(1. 南京航空航天大学 材料科学与技术学院, 南京 210016;
2. 中国电子科技集团 第十四研究所, 南京 210013)

摘 要: 选用 CsF-AlF₃ 和 KF-AlF₃ 钎剂, 研究了两种钎剂在 6063 铝合金表面不同温度下的去膜效果, 并分析和探讨了钎剂与 6063 铝合金表面氧化膜的反应机制. 研究发现, CsF-AlF₃ 钎剂是以反应、溶解的机制去除 6063 铝合金表面氧化膜的, NH₄F 在高温下生成的 HF 是 CsF-AlF₃ 钎剂去膜的关键化合物. 此外, H₂O 的存在或形成促进了 HF 的生成, 从而加速了钎剂的去膜进程. CsF-AlF₃ 钎剂反应产物中没有发现 CsF 和 AlF₃, 只有少量的 CsAlF₄ 存在. 在 570 ℃下, KF-AlF₃ 钎剂反应产物中以 KAlF₄ 为主, 而在 610 ℃条件下, KAlF₄ 已不存在, 只有少量的 KMgF₃ 生成. 结果表明, 在 610 ℃条件下, Mg、Mn 元素和 KAlF₄ 将逐渐地消耗掉, 使得钎剂熔点急剧升高, 导致钎剂流动性变差.

关键词: 6063 铝合金; 氧化膜; 钎剂; 反应产物

中图分类号: TG454 文献标识码: A 文章编号: 0253-360X(2009)09-0013-05



朱 宏

0 序 言

铝合金由于优良的物理、化学性能, 良好的加工、表面处理和耐蚀性能, 在近代工业材料中占有重要的地位, 其中 6063 铝合金具有良好的成形性能、焊接性能、机械加工性能和抗腐蚀性能而广受关注^[1]. 然而, 由于 6063 铝合金表面存在性质稳定的氧化膜, 保护合金不再被进一步氧化, 因此焊接性能较差. 此外, 由于 6063 铝合金的固相线(615 ℃)与 Al-Si 钎料的共晶点(577 ℃)非常接近, 因此研制固相线在 550 ℃左右的中温钎料, 并研制或选择与之相匹配的钎剂是成功钎焊 6063 铝合金的关键技术之一. 6063 铝合金表面氧化膜的存在阻碍了钎焊工艺的实现, 选择合适的钎剂去除 6063 铝合金表面的氧化膜是其关键所在, 也是得到理想钎焊接头的基本条件. 在 20 世纪 90 年代以前, 铝合金的钎焊过程中, 一直采用氯化物钎剂, 其使用方便、价格低廉、活性极好. 但是该钎剂最大缺点是钎剂中的氯化物不易清除干净, 因此钎焊接头存在强烈的电化腐

蚀隐患. 20 世纪 90 年代以来, 无腐蚀、不溶性的 No-colok 钎剂(主要是 KF-AlF₃)迅速成为热点, 由于它克服了氯化物钎剂易吸潮、有氯化物腐蚀隐患的缺点, 在氮气保护下, 能够溶解铝表面的氧化物并且在常温、常态下完全“无活性”而受到广泛关注^[2,3].

文中选用 CsF-AlF₃ 和 KF-AlF₃ 钎剂, 研究了在不同温度下的去膜效果, 通过分析两种钎剂与 6063 铝合金表面氧化膜的反应产物, 研究、探讨了 CsF-AlF₃ 和 KF-AlF₃ 钎剂与 6063 铝合金表面氧化膜的反应机制.

1 试验方法

1.1 试验材料及母材处理工艺

试验母材为 6063 铝合金, 其规格为 40 mm×40 mm×5 mm, 化学成分如表 1 所示; 钎剂为 CsF-AlF₃ 和 KF-AlF₃ 无腐蚀钎剂. 在试验之前对 6063 铝合金板先用 400 号碳化硅砂布打磨, 保持铝合金表面光洁, 之后对 6063 铝合金表面进行化学处理, 用丙酮去除表面油污, 再用 15% 的 NaOH 溶液处理, 温度为 50~60 ℃, 时间为 15 s 左右; 然后用清水清洗, 用 1:3 的稀硝酸溶液处理, 时间约为 10 s 左右, 之后

收稿日期: 2009-05-14
基金项目: 精密焊接专家系统及复合焊接技术国家基础研究项目
(B120060474)

用清水冲洗,最后乙醇清洗,自然晾干备用.

表 1 6063 铝合金主要化学成分(质量分数, %)

Table 1 Chemical compositions of 6063 alloy

Mg	Si	Fe	Mn	Zn	Al
0.6~0.9	0.3~0.6	0.15~0.35	0.15	0.15	余量

1.2 试验设备与试验环境

由于 Nocolok 方法所使用的氟化物钎剂通常认为必须在高纯氮气保护下进行钎焊,所采用的炉中钎焊设备是在一个电阻加热的箱式炉中,放置尺寸为 200 mm×200 mm×150 mm、仅有一侧开口、其余方向均封闭的不锈钢盒,接入一根紫铜管(外径为 3 mm,内径为 2 mm).纯度为 99.99%的高纯氮气通入紫铜管,紫铜管通入电炉后,进入不锈钢盒内.

1.3 试验方法

具体的试验步骤如下. (1)先将电阻炉温度升到 570 ℃,把清洗后的 6063 铝合金试板放入炉中保温 15 min,取出冷却后刮下氧化膜,多次重复上述过程,收集到足够的氧化膜,编号为 1 号. (2)将用水调成糊状的 CsF-AlF₃ 钎剂均匀地涂敷在清洗后的试板表面,厚度大约为 0.1 mm,钎剂被吹干之后,将电阻炉温度升到 530 ℃,将已涂敷钎剂的试样放入电阻炉中保温时间 15 min 取出空冷至室温,收集钎剂反应产物,编号为 2 号. (3)将电炉温度升高到 570 ℃,重复上述步骤(2),收集足够量钎剂反应残留物,编号为 3 号. 将 KF-AlF₃ 钎剂均匀地涂敷在清洗后的试板表面,分别将电阻炉温度升到 570 和 610 ℃,重复上述试验,收集钎剂反应产物,编号分别为 4 号和 5 号.

2 试验结果

2.1 试件表面反应结果

通过观察试件表面可知,经过加热后, CsF-AlF₃ 和 KF-AlF₃ 钎剂分别与 6063 铝合金试件表面的氧化膜发生了明显的反应,由于钎剂与氧化膜的作用而使铝合金试板表面颜色发生变化. 同时,由于钎剂对含镁的 6063 铝合金具有较高的活性,随着温度的升高,钎剂与氧化膜的反应更加的充分.

2.2 X 射线衍射结果

对 CsF-AlF₃, KF-AlF₃ 钎剂以及样品 1~5 号进行 X 射线衍射分析,结果如图 1 所示. 从图 1 可以看出,钎剂与试样的 X 射线衍射峰完全不同,这说明在加热后,钎剂已与 6063 铝合金试板的表面发生

了充分的化学反应.

3 CsF-AlF₃ 钎剂与氧化膜的反应机制

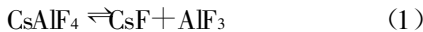
3.1 CsF-AlF₃ 钎剂与氧化膜的反应产物分析

从图 1a 中可以看出,经过 570 ℃, 15 min 氧化后,氧化膜的衍射峰中主要是由基体相 Al 和 MgO 以及少量的 Mg₂Si, MgAl₂O₄ 组成. 铝合金表面的氧化膜中含有 Al₂O₃,但是图 1 中并没有出现 Al₂O₃ 的衍射峰,从而可知在 530~610 ℃范围内,6063 铝合金表面氧化膜中的 Al₂O₃ 是以非晶态的形式存在的. 从表 2 中可以看出,在 530 和 570 ℃时反应的产物基本相同,有所区别的是 530 ℃时的产物是 MgAl₂Si₃O₁₀,而 570 ℃的产物是 MgO·Al₂O₃·SiO₂. 从图 1d 的衍射峰中也可以看出,在 570 ℃时的产物 MgO·Al₂O₃·SiO₂ 含量最多,这说明在 530~570 ℃条件下,温度越高,反应进行的越充分.

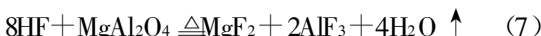
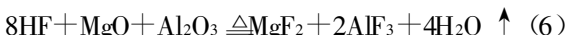
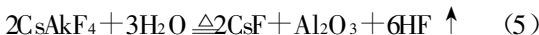
3.2 CsF-AlF₃ 钎剂去膜机制

有研究表明^[2,4,5],钎剂的作用可以分为三个部分:基体物质、去膜剂、界面活性剂. 早期的研究认为:钎焊时,铝的氧化膜是以溶于以氯化物为基体的钎剂中而被去除的. 而关于 Nocolok 钎剂中氧化膜的去膜行为,是一种被反应、溶解的过程,其较强的去除氧化膜的能力及活性与钎剂中存在的 SiF₆²⁻, Zn²⁺ 等有关. CsF-AlF₃ 钎剂属于 Nocolok 钎剂所用的 KF-AlF₃ 钎剂的改进型,因此, CsF-AlF₃ 钎剂去除氧化膜的机制类似于 KF-AlF₃ 钎剂,即是以反应、溶解方式去除的.

6063 铝合金在 530~570 ℃高温下,铝合金表面的镁、硅、锰元素易被氧化,同时与 Al₂O₃ 膜形成新的复合氧化物. 根据化学反应的基本原理^[9],涂敷在 6063 铝合金试板表面的 CsF-AlF₃ 钎剂在 530~570 ℃条件下,进行如下反应,即



试验所用钎剂在合成过程中残存有少量的 NH₄AlF₄ 和 NH₄F, NH₄AlF₄ 和 NH₄F 在高温下不稳定而分解出 HF,分解出的 HF 可诱发并加速反应,反应式如下所示,即



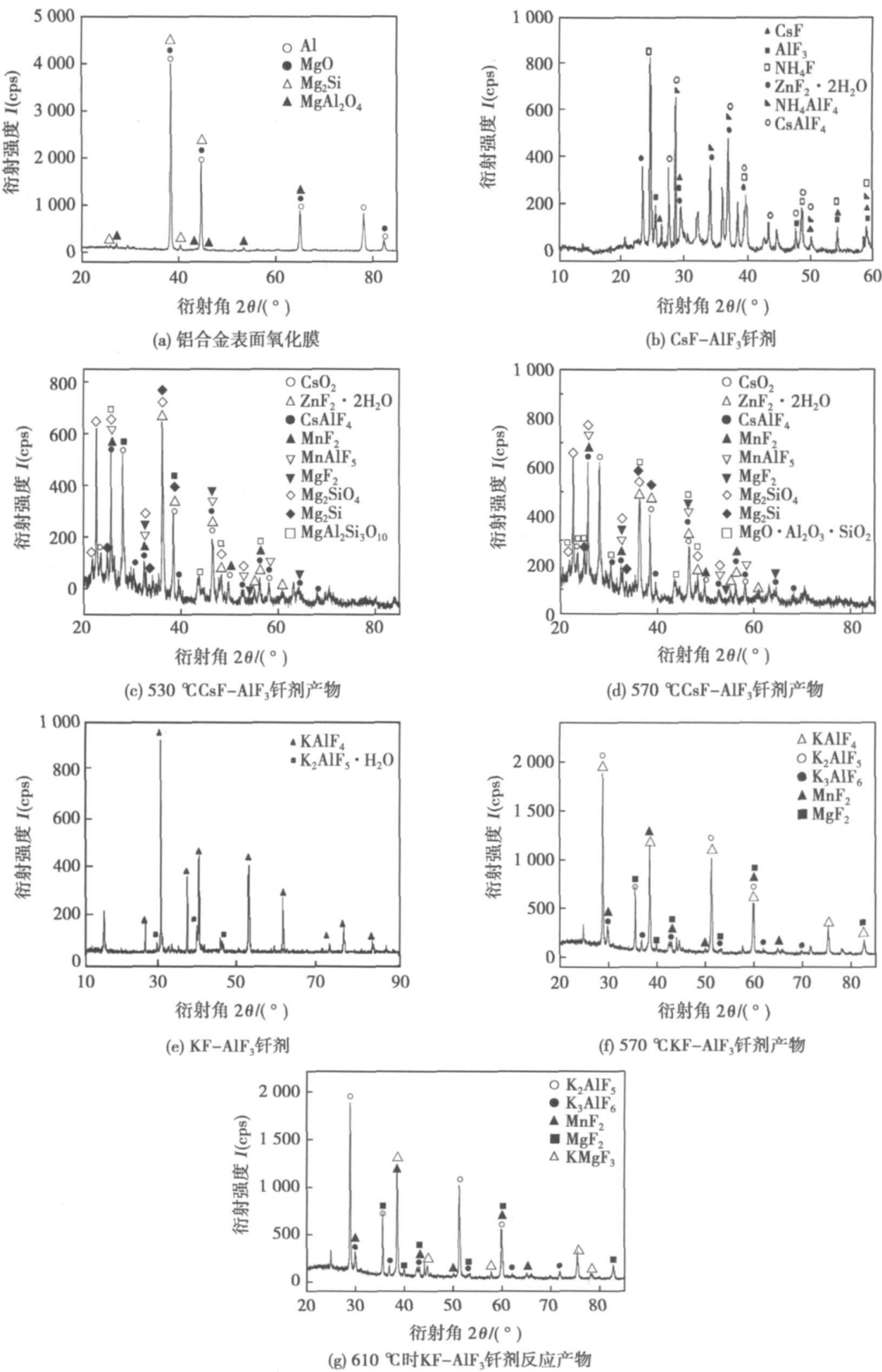


图 1 试样的 XRD 衍射图谱

Fig 1 XRD patterns of samples

$MnAl_6 + 20HF \triangleq MnF_2 + 6AlF_3 + 10H_2 \uparrow$ (8)

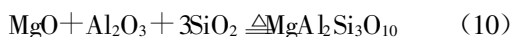
通过上述的反应可知, CsF-AlF₃ 钎剂之所以对 6063 铝合金具有很高的钎焊活性, 主要是 NH₄F 的存在, NH₄F 在高温下生成的 HF 是 CsF-AlF₃ 钎剂去

膜的关键化合物. 从反应式(6)~式(8)中可以看出, CsF-AlF₃ 钎剂和 6063 铝合金表面氧化膜的反应均与 HF 的生成、析出有关, HF 和 6063 铝合金表面氧化膜中的镁、锰化物都可以发生反应生成氟化物.

3.3 钎剂的活性分析

有研究表明^[7], H_2O 的存在会对 Nocolok 钎剂的去膜效果产生不利影响, 造成钎剂的浪费以及钎焊接头不美观. 但从反应式(5)~式(6)中可以看出, H_2O 与 CsF-AlF_3 钎剂在高温下进行反应, 产生了 HF 气体, 因此, H_2O 的存在或形成促进了 HF 的生成, 从而加速了钎剂的去膜进程. 同时, 6063 铝合金表面少量的 Al_2O_3 被 CsF-AlF_3 钎剂溶解, 形成的致密、均匀的溶渣覆盖于铝合金的表面, 保护新生的 6063 铝合金表面不被氧化.

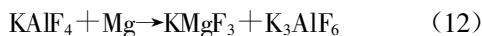
通过 2 号和 3 号试样的 X 射线衍射谱可以看出, 在钎剂反应产物中没有发现 CsF 和 AlF_3 , 只有少量的 CsAlF_4 存在. 一方面是因为钎焊过程中 CsAlF_4 的消耗量少, 另一方面是说明上述反应是可逆反应, 在钎焊过程中, 加热阶段, CsAlF_4 分解生成 CsF 与 AlF_3 , 冷却阶段, CsF 又与 AlF_3 反应生成了 CsAlF_4 . 通过衍射图可知, 在 $530\text{ }^\circ\text{C}$ 的条件下出现了 $\text{MgAl}_2\text{Si}_3\text{O}_{10}$, 而在 $570\text{ }^\circ\text{C}$ 反应条件下生成的却是 $\text{MgO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$. 经过分析, 一方面是由于 Mg_2Si 作用过程中与 Al_2O_3 发生了反应, 另一方面, 在 $570\text{ }^\circ\text{C}$ 的条件下, SiF_4 的大量生成并挥发造成 SiO_2 生成量变少的缘故, 反应式如下所示^[8,9], 即



4 KF-AlF₃ 钎剂与氧化膜的反应机制

4.1 温度对反应产物的影响

通过图 1f, g 可知, 在 570 和 $610\text{ }^\circ\text{C}$ 的温度下, X 射线衍射图有些差异. 根据谱线强度, 可以看出在 $570\text{ }^\circ\text{C}$ 下, 反应产物中以 KAIF_4 为主, 而在 $610\text{ }^\circ\text{C}$ 条件下, KAIF_4 已不存在, 有少量的 KMgF_3 生成. 因此, 根据钎剂在高温和母材作用前后的组成变化, 对比图 1e 和图 1g 可以推断其作用机理, 进行如下反应, 即



此外, 由于在 $570\text{ }^\circ\text{C}$ 的反应产物中不存在 KMgF_3 , 而在 $610\text{ }^\circ\text{C}$ 时却发现, 故可判断 KAIF_4 和 Mg 的反应必须高于 $570\text{ }^\circ\text{C}$ 条件下才可以进行.

4.2 KF-AlF₃ 钎剂的失效机理

从图 1 中可知 4 号试样和 5 号试样都含有 MgF_2 和 MnF_2 反应产物, 它们的产生机理是由于钎剂去除氧化膜后, 在氧化膜与基体金属的过渡区存在尚

未脱离金属晶格结点的 Mg^{2+} , Mn^{2+} , 它吸附熔融钎剂中的 F^- 而形成 MgF_2 , MnF_2 . 当温度达到 $610\text{ }^\circ\text{C}$ 时, 随着 Mn^{2+} , Mg^{2+} 熔融钎剂中的 F 元素结合生成 MgF_2 和 MnF_2 , 即钎剂和 Mg , Mn 元素的相互作用, Mg , Mn 元素和 KAIF_4 将逐渐的消耗掉, 使得钎剂失效. 根据 KF-AlF_3 相图^[3] 可知, 随着 KAIF_4 的减少, 钎剂熔点将急剧升高, 这将导致钎剂在钎焊 6063 铝合金时, 流动性变差, 从而无法填缝成形.

5 结 论

(1) CsF-AlF_3 钎剂是以反应、溶解的机制去除 6063 铝合金表面氧化膜. NH_4F 在高温下生成的 HF 是 CsF-AlF_3 钎剂去膜的关键化合物. H_2O 的存在促进了 HF 的生成, 加速钎剂去膜进程.

(2) CsF-AlF_3 钎剂反应产物中没有发现 CsF 和 AlF_3 , 只有少量的 CsAlF_4 存在. 在 $530\text{ }^\circ\text{C}$ 的条件下出现了 $\text{MgAl}_2\text{Si}_3\text{O}_{10}$, 而在 $570\text{ }^\circ\text{C}$ 反应条件下生成的却是 $\text{MgO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$.

(3) 在 $570\text{ }^\circ\text{C}$, KF-AlF_3 钎剂反应产物中以 KAIF_4 为主, 而在 $610\text{ }^\circ\text{C}$ KAIF_4 已不存在, 有少量的 KMgF_3 生成. 温度在 $610\text{ }^\circ\text{C}$ 时, Mg , Mn 元素和 KAIF_4 将逐渐的消耗掉, 使得钎剂熔点急剧升高, 导致钎剂流动性变差.

参考文献:

- [1] 浦 娟, 吴铭方, 袁 媛, 等. 6063 铝合金接触反应钎焊接头组织及晶界渗透行为研究[J]. 稀有金属材料与工程, 2007, 36(3): 41-44.
Pu Juan, Wu Mingfang, Yuan Yuan, et al. Study of joint microstructure and grain boundary penetration behavior in 6063 Al alloy contact reactive brazing[J]. Rare Metal Materials and Engineering, 2007, 36(3): 41-44.
- [2] 张启运, 刘淑祺, 高念宗. 氟铝酸钾高温铝钎剂的湿法合成及其在钎焊时的作用机理[J]. 焊接学报, 1982, 3(4): 153-157.
Zhang Qiyun, Liu Shuqi, Gao Nianzong. The solution synthesis of potassium fluoroaluminate flux and its brazing mechanism[J]. Transactions of the China Welding Institution, 1982, 3(4): 153-157.
- [3] 钱海东, 高海燕, 王 俊, 等. 铝用钎剂研究现状及展望[J]. 材料导报, 2007, 21(12): 76-78.
Qian Haidong, Gao Haiyan, Wang Jun, et al. Recent researches and development of brazing flux for aluminum[J]. Material Review, 2007, 21(12): 76-78.
- [4] 张启运, 庄鸿寿. 钎焊手册[M]. 北京: 机械工业出版社, 1998.

参考文献:

[1] Gale W F, Butts D A. Transient liquid phase bonding[J] . Science and Technology of Welding and Joining, 2004, 9(4): 283—300.

[2] Arafin M A, Medraj M, Tumer D P, *et al.* Transient liquid phase bonding of inconel 718 and inconel 625 with BNi-2: modeling and experimental investigations[J] . Materials Science and Engineering A, 2007(447): 125—133.

[3] 侯金保, 张 蕾, 魏友辉. IC10 合金 TLP 扩散焊接头组织与强度分析[J] . 焊接学报, 2008, 29(3): 89—92.

Hou Jinbao, Zhang Lei, Wei Youhui. Microstructure and strength analysis of IC10 alloy TLP-DB joint[J] . Transactions of the China Welding Institution, 2008, 29(3): 89—92.

[4] 井晓天, 陈思杰, 卢俊峰, 等. TP304H/12Cr1MoV 异种钢管的瞬时液相扩散连接[J] . 焊接学报, 2006, 27(2): 97—101.

Jing Xiaotian, Chen Si-jie, Lu Junfeng *et al.* Transient liquid-phase bonding of TP304H/12Cr1MoV dissimilar steel tube[J] . Transactions of the China Welding Institution, 2006, 27(2): 97—101.

[5] Khan T I, Kabir M H, Bulpett R. Effects of transient liquid-phase bonding variables on the properties of a micro-duplex stainless steel [J] . Materials Science and Engineering A, 2004(372): 290—295.

[6] 王学刚, 严 黔, 李辛庚. 20 钢管高温钎焊与瞬时液相扩散焊接组织与性能[J] . 焊接学报, 2005, 26(5): 56—60.

Wang Xuegang, Yan Qian, Li Xingeng. Microstructure and proper-

ties of 20 steel pipe joints by transient liquid phase bonding and high temperature brazing[J] . Transactions of the China Welding Institution, 2005, 26(5): 56—60.

[7] Liu J D, Jin T, Zhao N R, *et al.* Effect of transient liquid phase (TLP) bonding on the ductility of a Ni-base single crystal superalloy in a stress rupture test[J] . Materials Characterization, 2008(59): 68—73.

[8] 王永达, 谢仕柜. 低合金钢焊接基本数据手册[M] . 北京: 冶金工业出版社, 1998.

[9] 张 翔, 陈汝淑, 刘德义, 等. 碳钢/不锈钢的瞬时液相扩散复合[J] . 热加工工艺, 2007, 36(3): 31—32.

Zhang Xiang, Chen Rushu, Liu Deyi, *et al.* Transient liquid phase diffusion bonding of carbon steel/stainless steel[J] . Hot Working Technology, 2007, 36(3): 31—32.

[10] Massalski T B, Murray J L, Bennett L H, *et al.* Ternary alloy phase diagrams[M] . USA: ASM International, 1986.

[11] 徐锦锋, 魏炳波. 急冷快速凝固过程中液相流动与组织形成的相关规律[J] . 物理学报, 2004, 53(6): 160—166.

Xu Jinfeng, Wei Bingbo. Liquid phase flow and microstructure formation during rapid solidification[J] . Acta Physica Sinica, 2004, 53(6): 160—166.

作者简介: 翟秋亚, 女, 1963 年出生, 博士, 副教授. 主要从事先进材料焊接方面的研究. 发表论文 50 余篇.

Email: qiuayazhai@xaut.edu.cn

[上接第 16 页]

[5] 薛松柏, 董 健, 吕晓春, 等. LY12 铝合金中温焊接技术[J] . 焊接学报, 2003, 24(3): 21—22.

Xue Songbai, Dongjian, Lv Xiaochun, *et al.* Study on brazing material and technology of LY12 Al-falloy[J] . Transaction of the China Welding Institution, 2003, 24(3): 21—22.

[6] 戴安邦, 尹敬执, 严志弦, 等. 无机化学教程(下)[M] . 北京: 高等教育出版社, 1958.

[7] 张启运, 刘淑祺, 郭 海, 等. 铝及其铝合金的无腐蚀不溶性钎剂[J] . 焊接, 1995(10): 2—6.

Zhang Qiyun, Liu Shuqi, Guo Hai, *et al.* Corosion-free and non-dissolve flux for brazing aluminum and its alloy[J] . Welding and Joining, 1995(10): 2—6.

[8] Haramaki T, Shiota K, Matsuzaka T, *et al.* Investigation of non-corrosive fluxes for brazing of aluminum forming a corrosive resistant layer with zinc content during brazing[J] . Journal of Light Metal Welding and Construction, 1997, 24(7): 305—309.

[9] Takemoto T, Shibutani T, Matsunawa A. Chemical reaction of non-corrosive flux with magnesium containing aluminum alloys and the improvement of brazability[J] . Journal of Light Metal Welding and Construction, 1997, 35(1): 2—6.

作者简介: 朱 宏, 男, 1967 年出生, 博士研究生, 高级工程师. 主要从事新型焊接材料与焊接工艺研究. 发表论文 10 余篇.

Email: zhshz199@sohu.com

MAIN TOPICS, ABSTRACTS & KEY WORDS

Time-sharing controlled frequency multiplication of IGBT based 180 kHz/50 kW high frequency induction soldering power supply

SHEN Jinfei, HUI Jing, WU Lei, YAN Wenxu (School of Communication and Control engineering, Jiangnan University, Wuxi 214122, Jiangsu, China). p 1—4

Abstract: In order to increase the inverter of output frequency of an IGBT based, the IGBT current must be enlarged extremely, however, nowadays, the increase of output frequency is limited. Carrying on two groups of inverters by the time-sharing controlled technology may multiply the output frequency of IGBT based inverter. A novel 180 kHz IGBT based high frequency soldering power supply was presented, which applied by frequency multiplication and time-sharing control. The power supply has two paralleled IGBTs in each inverter bridge arm in charged by the time-sharing control, therefore each IGBT operates at half frequency, and the switch loss reduces half too. The inverter operates at double times of each inverter group and achieves at the frequency of 180 kHz. While the load of soldering power of 50 kW in series-resonance conditions, each IGBT operates under the condition of ZCZVS turn-on and ZVS turn-off. Working principles and the parameters of main circuit and the control frames and the experiment waveforms are given.

Key words: frequency multiplied inverter; soldering power supply; IGBT time-sharing control

Influence of elevated temperature holding time on microstructure and properties in heat affected zone of fine grained titanium alloy

WU Wei, GAO Hongming, CHENG Guangfu, WU Lin (State Laboratory of Advanced Welding Production Technology, Harbin Institute of Technology, Harbin 150001, China). p 5—8 & 12

Abstract: The influence of elevated temperature holding time (t_β) on grain growth, microstructure transformation and mechanical properties in heat affected zone of fine grained Ti-6Al-4V alloy with equiaxed crystal has been investigated using thermal simulation testing machine. Results show that grains in coarse grained region have been coarsened seriously and the intracrystalline α' is composed of orthogonally oriented martensitic plates which have a substructure containing predominately twins with longer t_β ; Grain growth tendency is relatively little and its morphological features of intracrystalline α' present lath martensites which have a substructure containing predominately dislocations with medium and shorter t_β ; Continued increases in t_β results in a reduction in the hardness of coarse grained region; Finer grains, intracrystalline α' martensites having dislocation substructure induced by shorter t_β result in higher mechanical properties than martensitic plates which have substructure containing twins with higher t_β in coarse grained region.

Key words: fine grained titanium alloy; coarse grained region; grain growth; martensite; substructure

Microstructures and properties of 7A52 aluminum alloy welded joint by vapor plasma arc welding

MA Shining, LUO Lin, QIU Ji, LIU Qian (1. Faculty of the Remanufacturing Engineering, Armored Engineering Institute, Beijing 100072, China). p 9—12

Abstract: 7A52 aluminum alloy plate of 10 mm was welded by vapor plasma arc welding with ER5356 filler and 40% acetone H₂O solution. The mechanical properties and microstructure of the welded joint were studied. The results indicate that the welded joint shows sound mechanical properties. Micrograph analysis shows that the tensile fracture exhibits large quantities of dimples, which indicates good ductility of the weld. There is a softening zone in the HAZ. No abnormal porosity, inclusions and micro-cracks were found in the welded joint. Therefore, vapor plasma arc welding of 7A52 aluminum alloy can obtain excellent welded joint.

Key words: 7A52 aluminum alloy; vapor plasma arc welding; welded joints; microstructure

Mechanism of CsF-AlF₃ and KF-AlF₃ fluxes reacting with oxide films of 6063 aluminum alloy

ZHU Hong^{1,2}, XUE Songbai¹, SHENG Zhong¹ (1. College of Materials Science and Technology, Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, Nanjing 210016, China; 2. 14th Research Institute, China Electronic Technology Group Corporation, Nanjing 210013, China). p 13—16, 20

Abstract: CsF-AlF₃ flux and KF-AmF₃ fluxes were selected, the effects of removing the oxides on the surface of 6063 aluminum alloy by these two fluxes were studied at different temperatures, and then the reaction mechanism between flux and surface oxide film of 6063 aluminum alloy was analyzed and discussed. It is discovered that the oxide film on the surface of 6063 aluminum alloy was removed by CsF-AlF₃ flux in a reacting and/or dissolving way, and the HF formed at high temperature from NH₄F was the critical compounds existed in the CsF-AlF₃ flux. In addition, the formation of HF was improved and accelerated due to the H₂O, hence the process of removing the oxides was accelerated by the flux. The CsF and AlF₃ were not found, and only a few amount of CsAlF₄ was found in the residual of CsF-AlF₃ flux, and also, the main residual of KF-AlF₃ flux was KAlF₄ at the 570 °C, KAlF₄ was not found at the 610 °C, which only a few amount of KMgF₃ was found. Results also indicated that in the residual of KF-AlF₃ flux, Mg, Mn and KAlF₄ would loss gradually, which lead to the melting point of flux increasing rapidly and the flux fluidity became poorer.

Key words: 6063 Al alloy; oxide film; flux; residual