

加热对铜钛复合板界面强度的影响^①

赵应富

(昆明理工大学材料系, 昆明 650093)

李维庚

(云南省物资总公司, 650031)

摘要 研究了加热温度和时间对铜钛爆炸复合板界面结合强度的影响, 试验研究结果表明: 加热温度是影响界面结合强度的主要因素, 加热时间为次要因素。铜钛爆炸复合板只在 700 ℃ 以下短时加热, 界面结合强度牺牲较少, 才可保证复合板结构件的安全使用。

关键词 铜钛复合板 结合强度 加热

现代科技和工业的迅猛发展, 对材料性能提出了越来越高的要求, 而且往往要求能将几种优良性能集中于一种材料。于是, 集不同材料的物理、化学、力学性能和价格优势于一体的复合材料便应运而生, 它能真正做到“扬长避短”、获得综合性能极佳的新型优质材料。由于复合材料能做到根据需要设计一系列的优良综合性能, 所以受到了国内外科技和企业界的高度重视, 已研制开发出一系列高性能复合材料, 并应用于生产, 满足了现代科技和工业界的需求, 产生了较大的社会效益。因此, 复合材料正向着深度和广度方向发展。

具有高耐蚀性的钛材及复合材料, 已广泛应用于电冶金(电解铜、镍、钴、锰等)、制盐和化工等生产中。目前, 铜钛复合板一般采用爆炸复合方法生产, 铜钛爆炸复合板及其结构件生产过程中, 需经退火、剪切、冲压(或冷弯)成形和焊接等工序。退火和焊接使复合板经受冷热循环(热冲击或热振动)作用, 加之铜钛间热膨胀系数差异较大, 复合板结合界面上必然产生很大的热应力。其次, 在加热条件下铜钛原子均有向对方扩散的趋势, 如果达到一定的加热温度和时间, 复合界面上就可能形成固溶体或金属化合物, 致使复合界面变得硬而脆。热应力作用在硬而脆的复合界面上, 必将

导致界面结合强度大大下降, 甚至引起分层和开裂而报废。

加热条件对铜钛复合板界面强度的影响, 至今研究较少, 很少有实际报道。因此, 开展这方面的试验研究工作, 必将具有较大的理论意义和实用价值。

1 实验方法

1.1 材料及加热处理

选择合格的 Cu/Ti/Cu 三层爆炸复合板材料, 分别加热到不同温度, 保温不同时间, 然后进行空冷。

1.2 试样的制备

将经过不同温度和不同保温时间处理过的铜钛复合板, 采用线切割方法制成拉剪强度试样(形状尺寸见图1)和金相试样。

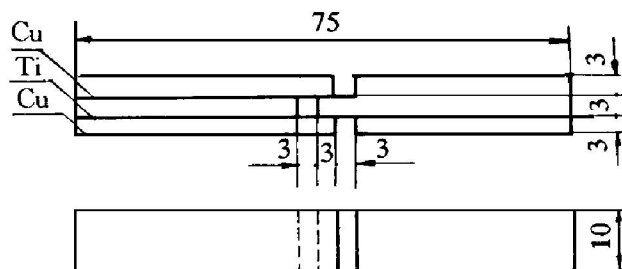


图1 铜钛复合板拉剪试样(单位: mm)

① 昆明理工大学科研基金资助项目 收稿日期: 1996- 05- 10; 修回日期: 1996- 07- 24
赵应富, 男, 57岁, 教授

1.3 结合强度检测

采用拉剪法^[1]测定界面剪切强度。

1.4 显微硬度测量

在 Hx-1 型显微硬度计上测量不同加热条件下的显微硬度值。

1.5 界面显微组织形貌观察和扩散层宽度测量

在 Axiphot 型大型万能金相显微镜下, 观察复合界面的组织形貌和扩散层变化, 并测量扩散层宽度。

1.6 波谱和能谱分析

在 EPMA-8705 电子探针电镜下观察界面组织形貌和扩散状况, 采用波谱法作出界面两侧铜钛浓度变化曲线, 采用能谱测出等距离点铜钛微观成份(含量)。

2 实验结果及讨论

2.1 界面剪切强度与加热条件的关系

界面剪切强度随加热温度(保温时间均为 10 min)变化情况如图 2 所示。从图中曲线可看出: 随加热温度升高, 界面剪切强度急剧下降。界面剪切强度随加热时间(加热温度分别为 600 °C 和 800 °C)变化情况见图 3。从图 3 可以看出: 两种温度加热都是随加热时间延长, 界面剪切强度下降先快后慢, 10 min 以后趋于缓慢; 800 °C 加热后界面剪切强度较 600 °C 加热后降低得多些, 说明在本试验条件下加热温度是使界面强度下降的重要因素; 加热 10 min 后, 界面强度降低缓慢, 说明加热时间是影响界面强度的次要因素。

2.2 界面金相分析

不同加热条件下铜钛复合界面形貌和扩散层状况见图 4。从图 4 可以看出: 500 °C 加热 10 min 后, 界面仍保留未加热状态下的规则“锯齿”状(铜锯齿向内卷曲); 600 °C 加热 20 min 后, 由于原子的相互扩散和界面应力松弛的结果, 使“锯齿”变粗变钝; 随着加热温度的提高和时间的延长, 扩散层逐渐加宽(600 °C、20 min 达到 1~2 μm, 600 °C、60 min 达到 3~5

μm, 800 °C、10 min 达到 8~10 μm); 900 °C、10 min 加热时, 原子扩散和生成金属化合物的速度都加快, 界面“锯齿”状完全消失, 界面两侧铜钛基体几乎全部被各种金属化合物所取代, 界面结合强度大大降低, 稍微敲打就会引起分层和开裂。

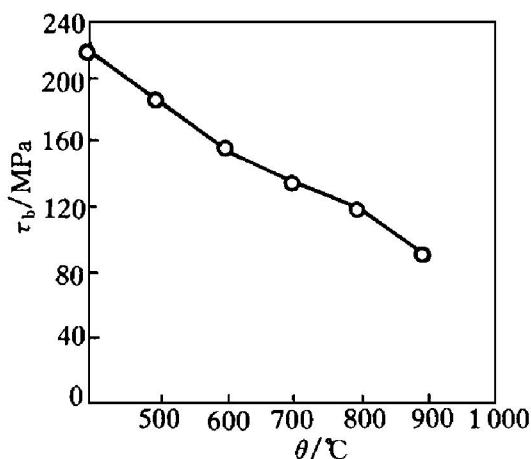


图2 加热温度与剪切强度的关系

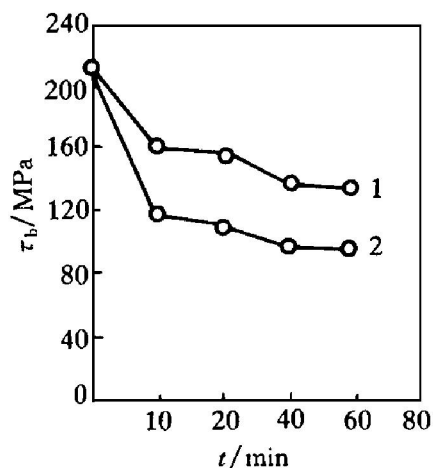


图3 加热时间与剪切强度的关系

1—600 °C 加热; 2—800 °C 加热

2.3 界面结合区显微硬度分析

图 5 为不同加热温度和时间条件下, 界面结合区显微硬度变化情况。由图可见: 600 °C 加热 20 min, 界面结合区硬度值略有升高, 这是由于爆炸复合时界面加工硬化作用不但未完全消除, 而且还附加上固溶强化作用; 600 °C 加热 60 min 和 800 °C 加热 10 min 后, 界面硬度大幅度升高, 显微硬度值达到 3500 MPa 以上, 说明界面结合区形成了大量铜钛金属化合物;

由于加热温度的提高或加热时间的延长, 界面两侧铜钛层基体加工硬化作用完全消除, 显微硬度值(HV) 都有所下降, 并逐渐恢复到正常硬度值。

2.4 波谱分析结果

图 6 为不同加热条件下, 铜钛复合板界面

的扩散情况和波谱曲线。从图可以看出: 500 ℃加热 10 min 几乎没有扩散层; 600 ℃加热 20 min 稍有扩散, 宽度在 2 μm 以下; 600 ℃加热 60 min 扩散层宽度达到 3~ 5 μm; 800 ℃加热 10 min 就可清晰地观察到几层中间相, 宽度达到 8 μm 以上。从此再次证明影响铜

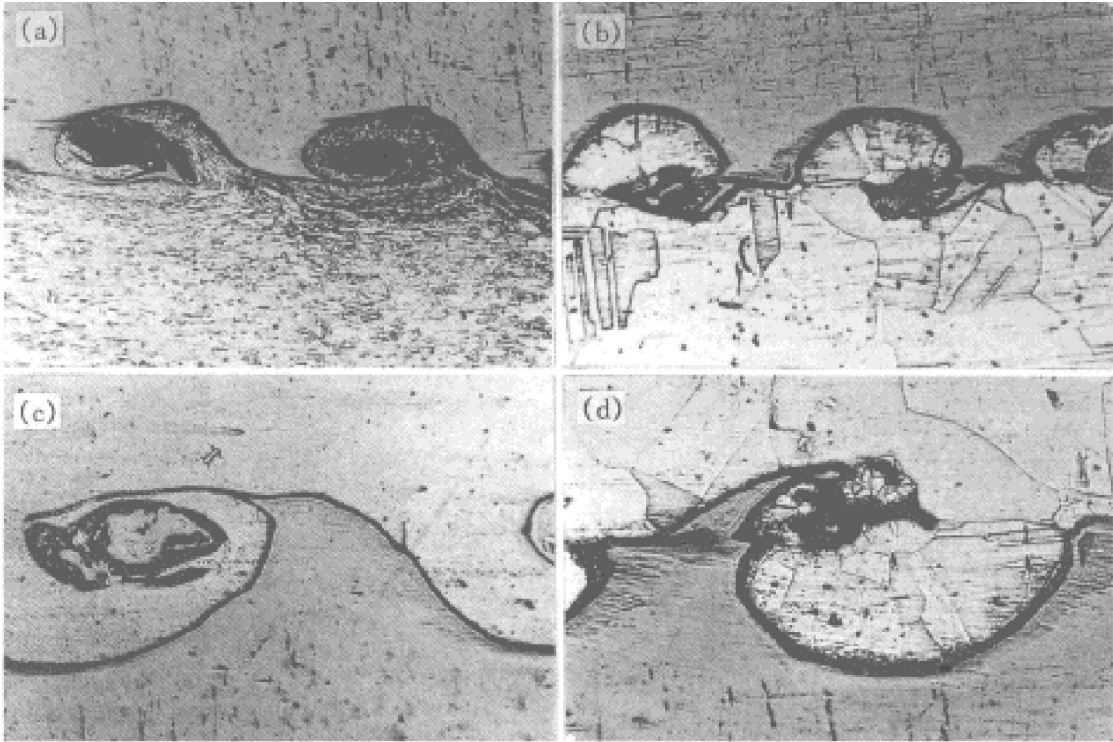


图 4 界面组织形貌及扩散层状况

(图中深色为钛层) (a) -500 ℃, 10 min; (b) -600 ℃, 20 min; (c) -600 ℃, 60 min; (d) -800 ℃, 10 min

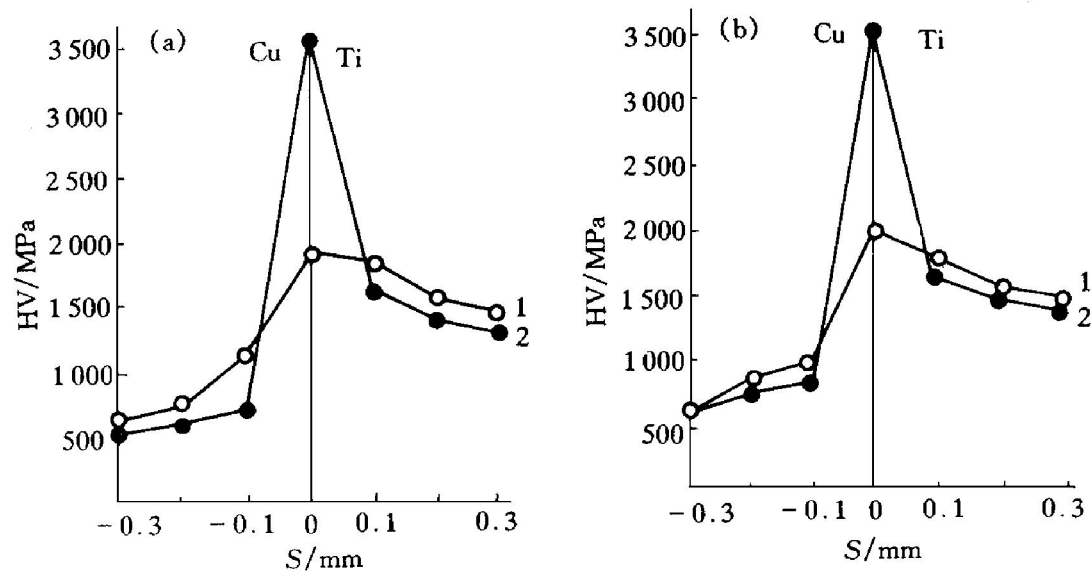


图 5 不同加热条件下, 界面结合区显微硬度变化

(a) -1- 爆炸复合态; 2-800 ℃加热 10 min; (b) -1-600 ℃加热 20 min; 2-600 ℃加热 60 min

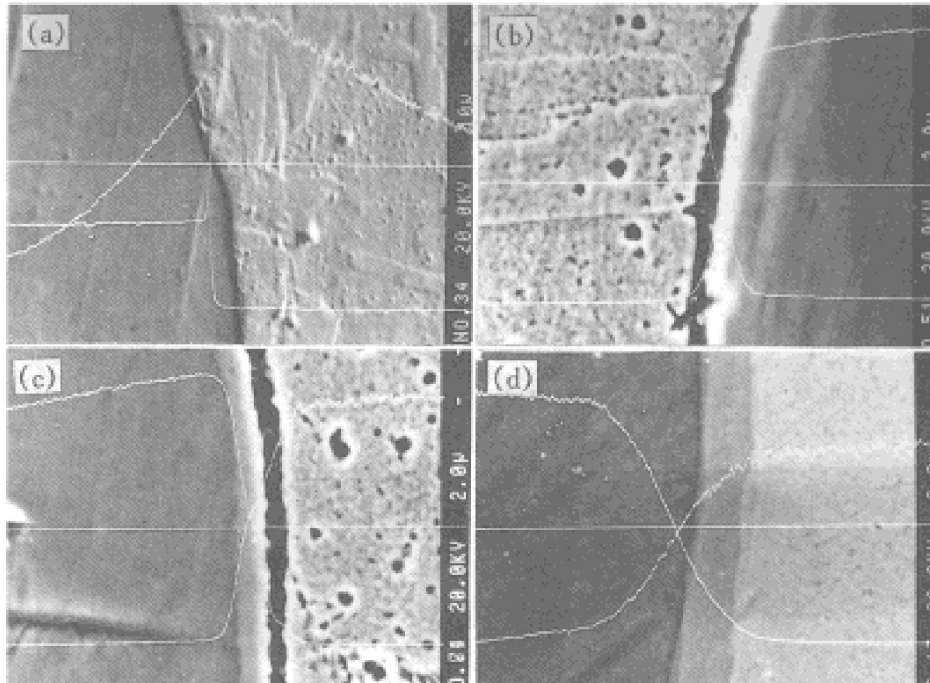


图6 界面形貌和两侧浓度分布

(a) $-500\text{ }^{\circ}\text{C}$, 10 min; (b) $-600\text{ }^{\circ}\text{C}$, 20 min; (c) $-600\text{ }^{\circ}\text{C}$, 60 min; (d) $-800\text{ }^{\circ}\text{C}$, 10 min

钛复合板界面强度的重要因素是加热温度。

3 结论

(1) 在本试验条件下, 影响铜钛爆炸复合板界面结合强度的主要因素是加热温度, 加热时间为次要因素; 10 min 内加热结合强度下降较快, 延长加热时间, 逐渐变得缓慢。

(2) 随着加热温度的提高, 保温时间的延长, 加速了结合区原子的扩散和金属化合物的

生成, 扩散层逐渐加宽, 界面结合强度逐渐下降。

(3) 铜钛爆炸复合板材加热温度最好控制在 $700\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以下, 尽可能短时加热, 否则将会造成复合板材或复合板结构件报废。

参考文献

- 1 Forster J A, Jha S, Amadruda A. JOM, 1993: 35– 38.
- 2 张胜华, 郭祖军, 中国有色金属学报, 1995, 5(4): 128– 132.

HEATING EFFECT ON BINDING STRENGTH OF INTERFACE OF Cu/ Ti COMPOSITE PLATES

Zhao Yingfu, Li Weigeng*

Kunming University of Science and Technology, Kunming 650093

* Yunnan General Corporation of Goods and Materials, Kunming 650031

ABSTRACT The effects of heating temperature and time on binding strength of interface of Cu/Ti composite plates made by explosion process were studied. The results showed that heating temperature is the main effective factor and heating time is the minor one. Only when Cu/ Ti composite plate is heated below $700\text{ }^{\circ}\text{C}$ for a short-time, and the binding strength of the interface decreases a little, can the use security of composite plate construction part be ensured.

Key words Cu/ Ti composite plate binding strength heating effect

(编辑 朱忠国)