

# 铜磷基钎料用于铜与低碳钢 钎焊的研究\*

韩上海 张卫红 潘继民\*\*

(郑州工学院材料研究中心)

(机械系)

**摘 要:** 本文用铜磷基钎料钎焊铜与低碳钢, 对接头剪切强度和焊缝组织进行了分析。得出焊缝中镍元素的存在和在低碳钢上预镀铜层的共同作用, 可使接头获得较高的强度。

**关键词:** 铜磷钎料, 铜铁钎焊

通常铜磷基钎料仅限于有色金属的钎焊, 不能用来钎焊钢件。这主要是由于磷的存在, 在钢件的界面上会形成连续分布脆性的磷化铁同时铜磷钎料在钢件上的润湿性较差, 使得接头强度较低不能满足使用要求。因此钢铁件的低温钎焊主要采用昂贵的银基焊料。但在某些工业场合使用了铜磷基钎料代替银基钎料来钎焊铜与低碳钢。一些研究人员在提高铜磷钎料钎焊铜与低碳钢接头强度方面作了一些试验, 有一些进展<sup>[2]</sup>。如在真空炉中用 Cu-Ni-Sn-P 钎料钎焊铜与低碳钢获得了较高的剪切强度。但使用真空炉局限性太大难以广泛采用。本文试图在低碳钢上预镀铜, 以改善钎料在其上的润湿性和改善焊缝组织分布, 来获得较高的接头剪切强度。

## 1 试验过程

采用板状搭接试样。试样尺寸为  $24 \times 100 \times 3.5$ , 单位 mm。材料纯铜、低碳钢 ( $A_3$ ), 在低碳钢上预镀三组不同厚度的铜层。

工艺: 搭接长度 8mm, 接头间隙 0.09mm, 钎焊温度  $700^\circ\text{C}$ , 保温 15min。采用含镍的铜磷基钎料 Cu-Ni-Sn-P。钎料熔点  $630^\circ\text{C}$ <sup>[1]</sup>。

焊好的试件在材料试验机上加载至破坏, 分析强度数据并应用扫描电镜和 x-ray 能谱仪对焊缝组织进行分析。

## 2 结果与分析

几组试样的剪切强度数据如表 1。可看出低碳钢直接与铜钎焊其接头剪切强度较低,

\* 收稿日期: 1990.04

\*\* 刘仁泽、吕小松、焦怀琴参加了工作。

经预镀铜的三组试样其剪切强度显著提高。由于采用同种钎料, 强度提高的关键就是低碳钢上预镀的铜层。观察钎焊试样的焊缝金相组织, 发现未经预镀铜试样在 Fe 界面上有断续分布的少量空隙, 而经预镀铜的试样其焊缝连续致密。说明预镀铜层的作用之一大大改善了钎料在低碳钢上的润湿性, 提高了焊合面积, 从而使焊件的剪切强度提高。

表 1 钎焊接头机械性能

编 组 号	钎焊件接头形式	平均剪切强度 (MPa)
F	Cu / Fe	12.3
A	Cu / Fe (预镀铜层)	55.3
B	Cu / Fe (预镀铜层)	55.3
C	Cu / Fe (预镀铜层)	69.5

注: 预镀铜层厚度  $A < B < C$ 。

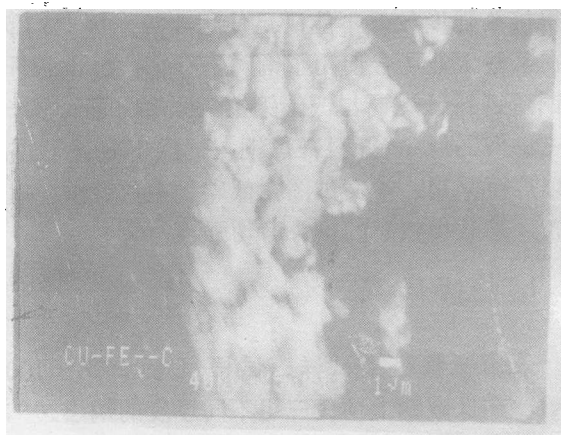
A、B 两组剪切强度较 C 组值小, 是由于这两组预镀铜层的厚度较 C 组薄, 对改善铜磷钎料在低碳钢上润湿性的贡献比 C 组小之缘故。

进一步分析焊缝组织特点, 对焊缝组织进行了扫描电镜观察。



FeCl<sub>3</sub>+HCl 腐蚀

图 1



FeCl<sub>3</sub>+HCl 腐蚀

图 2

扫描金相组织如图 1。其焊缝中间组织为 Cu<sub>3</sub>P、Ni<sub>3</sub>P 相及 Cu-Sn-P 共晶枝状组织, 靠铜一侧为 Cu-Sn 固溶体。在 Fe 的界面处是一条状的白色组织。由于影响低碳钢与铜钎接接头强度的关键是 Fe 界面处的组织结构与形态分布。本文重点讨论图 1 中 Fe 界面处的白色组织。对焊缝作的 X-ray 面分布分析得出焊缝中的白色组织是 (Fe、Ni) P 相断续分布在 Fe 基体上<sup>(4)</sup>。对白色组织进一步放大, 如图 2。看出低倍下连续的白色组织是由直径大约为 1μm 大小的微细颗粒堆积而成。这从微观上解释了白色组织硬而不脆。(白色组织显微硬度 Hv720、压痕齐整)。

在焊缝中没有形成连续脆性的磷化铁, 是钎料中含有一定镍的作用。钎料中的镍在钎焊过程破坏了连续的磷化铁的形成<sup>(3)</sup>。使得在 Fe 的界面处形成微细的 (Fe、Ni) P 相

分布在 Fe 基体上降低了接头的脆性, 提高了钎接接头的强度。

### 3 结 论

3.1 含镍的铜磷基钎料钎焊低碳钢, 在 Fe 界面上没有连续的磷化铁而是微细密集的 (Fe、Ni)  $3\text{P}$ 。

3.2 在低碳钢上预镀铜层可使接头强度提高。

3.3 在低碳钢上预镀一定厚度铜层, 并使用含镍的铜磷基钎料钎焊低碳钢与铜可获得较高的剪切强度。

### 参 考 文 献

- (1) A.Datta, A.Rabinkin and D.Bosc. Welding Journal. No.10, 1984
- (2) 黄乐等. Cu-Ni-Sn-P中温钎料及钎焊性能研究. 冶金系统第二届非晶会议论文集
- (3) R.D.Matran, A.S.Wronski and A.C.Chilton. Welding Journal. No.4, 1986
- (4) 张卫红等. X-射线面分布分析铜-铁钎焊焊缝的组织特点. 中南地区第七届电镜分析交流会论文集

## Brazing Copper to Mild Using Copper-Phosphorus Base Brazing Foil

Han Shanghai Zhang Wei hong Pan Jimin  
(ZhengZhou Institute of Technology)

**Abstract:** The method of brazing copper to mild by using copper-phosphorus base brazing foil was employed. The analyses for the joints shear strength and the joints structure have been carried out. A high joint strength can be obtained by Ni existing in joints and plating copper film on mild.

**Keywords:** Copper-Phosphorus Brazing Foil, Brazing Copper to Mild