

文章编号: 1007-2683(2000)05-0035-04

CuZnAl 合金氩弧焊焊接性能研究

郭立伟, 邱平善, 赵 密

(哈尔滨理工大学 机械动力工程学院, 黑龙江 哈尔滨 150080)

TG139.6

TG444.74

摘 要: 采用与母材同质的焊丝, 研究了铜合金 CuZnAl 氩弧焊的焊接性能, 并利用金相显微镜、扫描电镜、电子探针对接头进行了金相检验、力学试验和成分分析。结果表明, 接头强度与母材接近, 断口呈浅韧窝状, 塑性较好; 但在焊接时, 由于 Zn, Al 挥发强烈, 焊缝成分发生变化, 对其形状记忆效应略有影响。

关键词: CuZnAl; 形状记忆; 氩弧焊**中图分类号:** TG139.6 TG444.74**文献标识码:** A

焊接性能

铜合金

Study of Welding Properties of Alloy TIG Welding of CuZnAl

GUO Li-wei, QIU Ping-shan, ZHAO Mi

(Mechanical & Power Engineering College, Harbin Univ. Sci. Tech., Harbin 150080, China)

Abstract: The welding properties of CuZnAl TIG welding was studied adopting the welding rod which is of the same materials as the workpiece. The results show that the resistance strength of joint is nearly equal to that of the workpiece. The breakage has shallow and good plasticity. However, the Zn and Al volatilize strongly and make the composition of curves welding seam change, thus the shape memory property of the alloy is influenced.

Key words: CuZnAl; shape memory; TIG welding

CuZnAl 形状记忆合金作为功能材料, 与 NiTi 记忆合金相比, 其成本低廉且加工容易, 对温度特别敏感且电阻值低。目前实用的形状记忆合金器件, 主要是 NiTi 和 Cu 基形状记忆合金制造的形状简单的工业单件, 为扩大其应用范围, 将其焊接成更加复杂的形状是一个重要途径。人们对形状记忆合金的成分、组织与性能的关系研究较多, 而对其焊接性的研究仅见有 NiTi 材料的报道^[1, 2], 而对于 CuZnAl 合金的焊接性的研究则未见报道, 本文针对这一题目进行了探讨。

1 材料的制备及试验方法

1) 样品制备 Cu-1 电解铜, Zn-1 锌锭, Al-0 铝锭, 在硅碳棒坩埚炉中熔炼后铸锭, 经 780 ℃均匀化 5 h 后轧制成 6 mm 和 2 mm 厚的板材, 再把 6 mm 厚板材加工成 60 mm × 30 mm 的对接试样, 边缘开 60° 的双“V”型坡口, 并在焊前用丙酮清洗坡口及焊丝。

收稿日期: 2000-01-18

作者简介: 郭立伟 (1971-), 女, 哈尔滨理工大学讲师。

2) 焊接方法 用 WSM-300 方波交流脉冲钨极氩弧焊机进行焊接, 焊接电流为 150 A, 焊接电压为 30V, 保护气体 (Ar) 流量为 10L/min. 焊后进行淬火+时效处理以得到具有形状记忆效应的马氏体组织, 其热处理规范如图 1.

3) 力学性能测试 将焊好的试样沿垂直焊缝方向切割成条状, 然后在 INSTRON MODEL1186 拉伸机上进行强度测试.

4) 成分分析 用 EDAX 电子探针分析焊缝区、焊缝热影响区、基体成分变化情况.

5) 组织观察 利用光学显微镜和 S570 扫描电镜进行焊缝组织和拉伸断口的观察.

6) SME 测试 取 2mm 厚板材焊接后切割成丝, 用电阻桥法测试其相变点, 即 M_s , M_f , A_s , A_f ; 测试焊缝附近的单向恢复率.

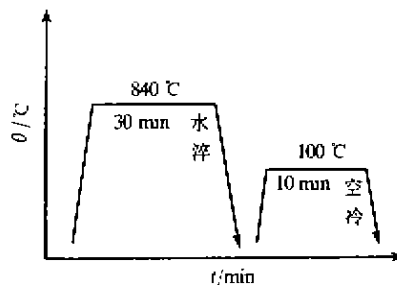


图 1 热处理工艺

2 试验结果及分析

表 1 CuZnAl 焊接接头抗拉强度

试样	截面/mm ²	拉伸力/kN	抗拉强度/MPa	平均值/MPa
1	7.36×10.6	15.75	201.88	237.1
2	7.7×10.44	20.875	259.678	
3	8.68×10.5	19.6	215.054	
4	6.9×10.44	19.6	272.086	
母材			240	240

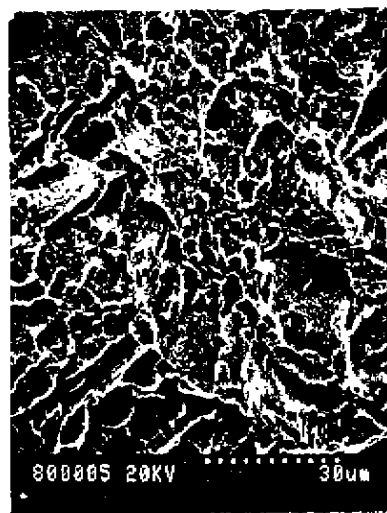
2.1 焊缝的拉伸强度及断口分析

4 个试样经拉伸, 其结果如表 1. 试样 1 断裂在焊接热影响区, 试样 2, 3 断裂在焊缝中心, 试样 4 断裂在基体, 4 个试样的平均抗拉强度与母材十分接近.

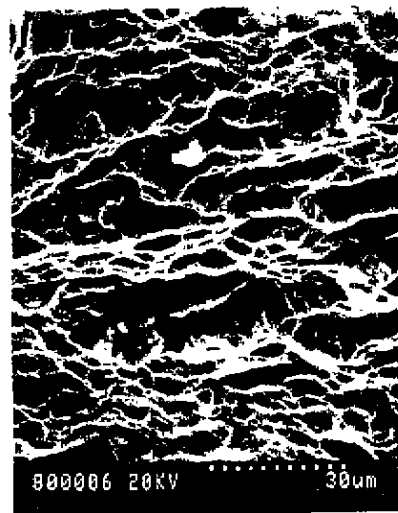
拉伸断口呈凸凹不平, 宏观显示为塑性断裂, 如图 2a. 图 2b 断口上等轴微坑与长形微坑交替出现, 在大的微坑周围群集小的微坑, 这主要是因为焊缝在焊接过程中受到快速加热、冷却, 温度梯度大, 其焊缝内部残余应力状态复杂所致. 图 2c 断口上主要呈长形韧窝, 这是因为焊接母材是轧制板材, 该处仍有轧制后残留的组织痕迹^[3].



(a) 宏观断口形貌



(b) 微观断口形貌



(c) 微观断口形貌

图 2 CuZnAl 氩弧焊接头断口形貌

2.2 焊缝的成分分布

在如图 3 的位置, 用电子探针探测由焊缝到母材的成分变化情况, 其结果如表 2.

由于焊接采用同质焊丝, 焊缝中没有出现其它元素, 且成分变化平缓, 说明焊缝成分分布均匀, 只是和母材相比, Zn, Al 均有所降低, 这是由于在高温下 Zn, Al 的挥发所致.

2.3 金相组织分析

图 4 是 CuZnAl 记忆合金在进行氩弧焊后的接头组织. 图 4a 是接头在抛光后显现的马氏体浮凸, 图 4b

表2 Cu, Zn, Al 氩弧焊接头成分与母材的比较

元素	质量分数(%)						母材
	A	B	C	D	E	F	
Cu	73.94	73.64	73.21	73.53	73.37	73.36	69.37
Zn	25.08	24.39	25.77	25.41	25.04	25.30	26.89
Al	0.85	1.97	1.02	0.95	1.52	1.03	2.95

是化学侵蚀后显现的基体中的马氏体及抛光表面的马氏体浮凸。图4c是焊接接头各区低倍组织形貌,从左到右依次为焊缝区组织,HAZ组织和基体组织。最左侧的焊缝区其温度在熔点以上,经冷却凝固,形成等轴状结晶和树枝晶,呈铸态组织,其中白色相为 α -固溶体,深灰色相为 β 相。焊缝区右侧是焊接热影响区,焊接时靠近基体冷却速度快,其中心和边缘有较大的温度梯度,致使柱状晶得到发展,如图4d。柱状区中靠焊缝处存在较细的等轴状结晶,这是焊缝区熔池刚开始结晶时形成的细晶区组织。图4c最右侧为基体组织,可以看出是板条状的马氏体^[4]。

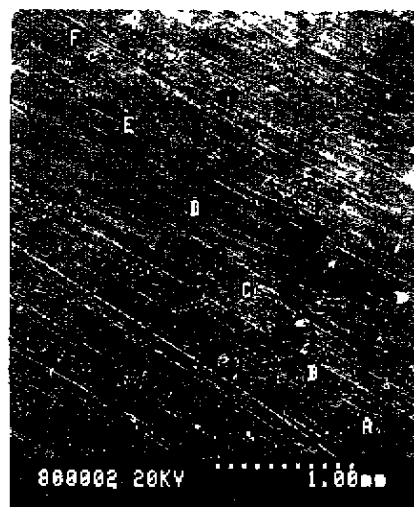


图3 成分探测点

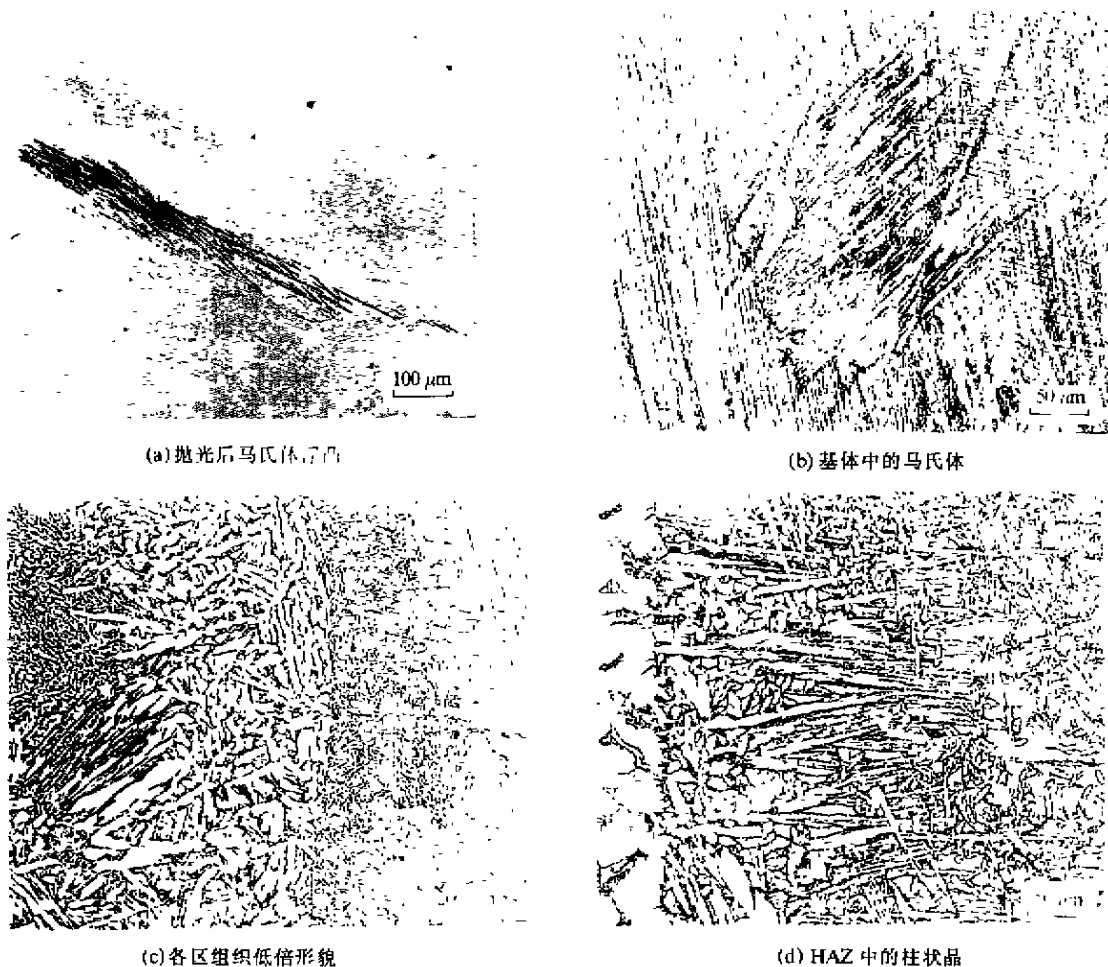


图4 CuZnAl 氩弧焊接头

2.4 SME 测试结果分析

1) 相变点测试 将焊后样品沿垂直焊缝方向切成条与未焊样品经淬火、时效后,进行相变点测试,温

度每变化 3°C 时, 测量样品电阻值的变化, 并绘制成 $R-\theta$ 曲线(见图 5)。由图 5 知, 在 A_s 点电阻由上升转为下降趋势, 说明在该点温度由马氏体开始向母相转变, 温度升至 A_f 点, 电阻又开始回升, 说明已完全处于母相状态; 降温时, 当温度降至 M_s 点, 电阻值下降转为上升, 即开始有马氏体生成, 随温度降低, 电阻值不断增大, 当温度降至 M_f 点时, 马氏体转变完毕, 曲线转为下降趋势。故由曲线知焊接前 $\theta(A_s)=10^{\circ}\text{C}$, $\theta(A_f)=44^{\circ}\text{C}$, $\theta(M_s)=36^{\circ}\text{C}$, $\theta(M_f)=8^{\circ}\text{C}$; 焊接后 $\theta(A_s)=7^{\circ}\text{C}$, $\theta(A_f)=41^{\circ}\text{C}$, $\theta(M_s)=31^{\circ}\text{C}$, $\theta(M_f)=3^{\circ}\text{C}$ 。焊接后的相变点比焊接前低, 这是因为焊接时, Zn, Al 的挥发使焊后样品的锌含量降低造成的。

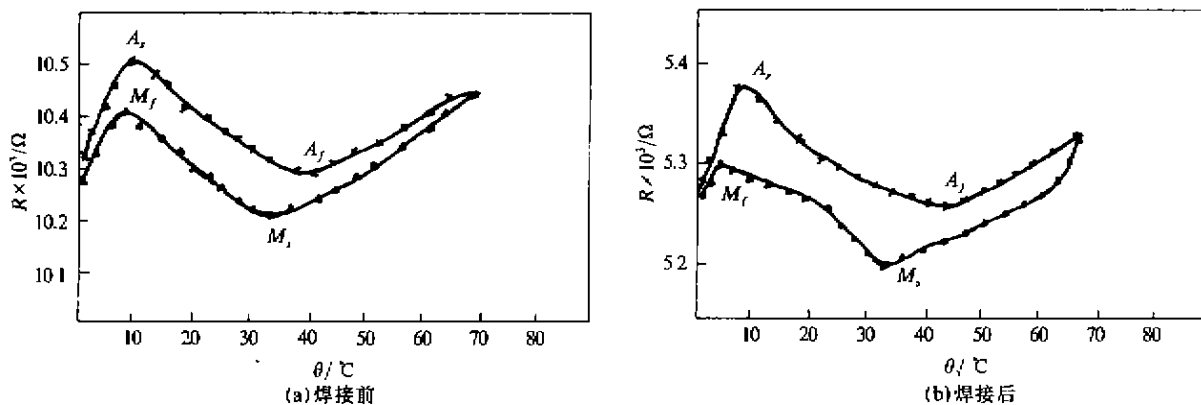


图 5 CuZnAl 合金 $R-\theta$ 图

2) 单向恢复率的测试 试样的形状记忆效应用压弯角的恢复率表示。图 6 为压弯试样宏观恢复示意图^[5], 其中: $\angle A$ 为初始压弯角; $\angle B$ 为由于弹性和伪弹性经恢复后的变形角; $\angle C$ 为将试样放在热水中经恢复后的变形角。利用量角器测出图 6 中的变形角, 其恢复率 $\varphi = \frac{\angle B - \angle C}{\angle B} \times 100\%$, 样

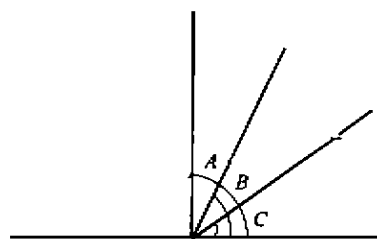


图 6 压弯试样宏观恢复示意图

品经淬火 + 时效处理后测得

焊接前	$\angle B = 72^{\circ}$	$\angle C = 31^{\circ}$	$\varphi = (72 - 31)/72 = 56.9\%$
焊接后	$\angle B = 65^{\circ}$	$\angle C = 35^{\circ}$	$\varphi = (65 - 35)/65 = 46.2\%$

焊接后样品的单向恢复率比焊接前低, 即焊件的形状记忆指数相当于母材的 81%, 这主要是因为焊接时 Zn, Al 挥发强烈使焊缝成分发生了变化, 此外焊接使焊缝区的组织转变成 α -固溶体和 β 相, 因此对样品的形状记忆效应产生影响。

3 结 论

根据金相检验、力学试验和成分分析测试结果, 证明了采用同质焊丝可成功地实现 CuZnAl 形状记忆合金的钨极氩弧焊接; 焊接后焊件的抗拉伸强度与母材接近; 焊件的形状记忆指数相当于母材的 81%。

参考文献:

- [1] WANG Ge. Welding of Nitinol to Stainless Steel[M]. Published by the International Organization on SMST. 1997.
- [2] PETER C Hall. Methods of Promoting Soler Wetting on Nitinol[M]. Published by the International Organization on SMST. 1997.
- [3] 上海交通大学《金属断口分析》编写组. 金属断口分析[M]. 北京: 国防工业出版社, 1994.
- [4] 周振丰. 焊接冶金学[M]. 北京: 机械工业出版社, 1997.
- [5] 舟久保, 熙 康. 形状记忆合金[M]. 北京: 机械工业出版社, 1992.

(审稿: 张九海教授, 孙凤莲教授; 编辑: 丛长福)