

基于 PLC 的镁合金板 TIG 磁控焊接

孙 勤

(江苏省盐城技师学院, 江苏 盐城 224002)

摘 要: 基于 PLC 技术, 采用 TIG 磁控焊接方法, 进行了 AZ31 镁合金板的焊接试验, 并进行 X 光无损检测以及显微组织、物相组成、力学性能和疲劳性能的测试与分析。结果表明, TIG 磁控焊接接头具有较佳的成形性、力学性能和疲劳性能, 在室温、150℃ 和 300℃ 的接头效率分别达 92.5%、91.6%、93.5%, 接头的疲劳寿命达到母材的 92.7%。

关键词: TIG 磁控焊接; 镁合金; PLC 技术; 力学性能; 疲劳性能

DOI: 10.14158/j.cnki.1001-3814.2015.11.069

中图分类号: TG401

文献标识码: A

文章编号: 1001-3814(2015)11-0228-03

TIG-Magnetic-Controlling Welding of Magnesium Alloy Plate Based on PLC

SUN Qin

(YanCheng Technician College Jiangsu Province, Yancheng 224002, China)

Abstract: Based on PLC technology, TIG welding magnetic control method was used in the welding test of AZ31 alloy plate, and X-ray nondestructive testing, the of testing and analysis microstructure, phase composition, mechanical properties and fatigue properties were used to study AZ31 alloy plate. The results show that TIG magnetic control welded joint has better formability, mechanical performance and fatigue properties. The coupling efficiency of welded joint at room temperature, 150℃ and 300℃ is 92.5%, 92.5% and 93.5%, respectively. The fatigue life of the welded joint reaches 92.7% of the matrix metal.

Key words: TIG-Magnetic-controlling welding; magnesium alloy; PLC technology; mechanical properties; fatigue properties

由于质量轻、减震降噪性好、电磁屏蔽性能佳、可回收性好等优点, 镁合金受到越来越广泛的关注和应用^[1-2]。随着镁合金应用范围的扩大, 镁合金板材间的焊接成为镁合金应用领域面临的一个重要技术问题^[3]。常规的熔化焊往往容易导致镁合金焊后形成较多的热裂纹、空洞、疏松等焊接缺陷, 为此人们对镁合金焊接方法和焊接工艺进行较多的研究, 也取得了一定的研究成果^[4-6], 但是这些焊接方法和焊接工艺距离商业化的应用还存在较多的问题, 还有待于人们进一步的研究和探索。TIG 磁控焊接作为一种新型的焊接方法吸引了较多科研工作者的研究兴趣, 为了进一步提高 TIG 磁控焊接的焊接效果, 本试验基于 PLC (Programmable Logic Controller, 简称 PLC) 技术进行了 AZ31 镁合金板材 TIG 磁控

焊接研究, 并对焊缝的显微组织、物相组成、显微硬度、力学性能和疲劳性能进行了测试与分析。

1 试验材料与方法

试验材料为轧制态 AZ31 镁合金板材, 试样尺寸为 300 mm×70 mm×12 mm, 其室温力学性能为: $\sigma_b=258.6\text{ MPa}$, $\sigma_s=168.2\text{ MPa}$, $\delta=9.6\%$ 。

本试验基于 PLC 技术, 采用 TIG 磁控焊接方法进行对接焊, 焊接示意图见图 1。其中, PLC 控制装置采用国际通用的梯形图语言, 主要由 PLC 硬件部

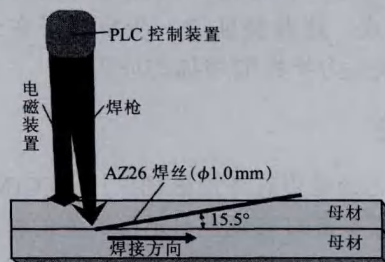


图 1 基于 PLC 的 TIG 磁控焊接示意图
Fig.1 Diagram of TIG magnetic control welding based on PLC

收稿日期: 2014-07-25

作者简介: 孙勤(1974-), 女, 江苏泰州人, 讲师, 工程硕士, 主要研究方向: 自动化与热处理、焊接技术; 电话: 18705105106;
E-mail: wenxiangcn@163.com

分和软件部分共同组成;PLC 硬件部分由输入信号、PLC 器件与输出信号三部分组成,PLC 软件部分则主要由调用程序、子程序、定时程序、计数程序、中断程序等组成。试验采用的主要焊接工艺参数如表 1 所示。

表 1 焊接工艺参数
Tab.1 Welding process parameters

电弧长度 /mm	焊接速度 (m·h ⁻¹)	焊接电流 /A	磁场强度 /mT	磁场频率 /Hz
2.5	4.8	300	8.5	11

焊后对所获得的焊接接头,采用 HT300 型 X 光无损探伤设备进行内部缺陷检测,采用 PG-15 型金相显微镜和 EM3900 型扫描电镜进行显微组织观察;采用 Rigaku D/MAX-2500PX 射线衍射仪进行物相组成分析,扫描角度为 20°~80°、扫描速度为 3°/min、靶材为 Cu 靶、加速电压为 40kV、灯丝电流为 150mA、额定功率为 6kW;采用 CMT4000 型电子万能试验机进行拉伸试验,测试温度分别为室温、150 和 300℃,并采用扫描电镜观察分析其断口形貌;采用 WPG-100KN 型疲劳试验机进行疲劳性能测试,加载频率为 50Hz 的正弦波、载荷比为 0.1,测试温度为室温,以试件完全断裂时的载荷循环数目定义为试件疲劳寿命。

2 试验结果及讨论

2.1 接头的 X 光无损检测

焊接接头的 X 光无损检测结果如图 2 所示。可看出,焊接接头具有较好的成形性,无明显的裂纹、孔洞、疏松等焊接缺陷。



图 2 接头 X 光无损检测结果
Fig.2 X-ray nondestructive testing results of welded joint

2.2 接头的 XRD 分析

焊接接头的 XRD 图谱如图 3 所示。可看出,焊接

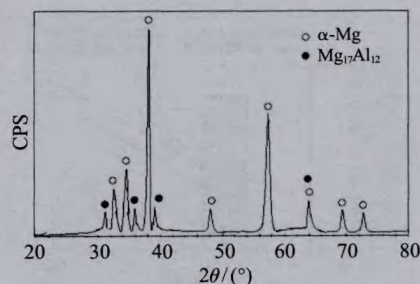


图 3 接头 XRD 图谱
Fig.3 XRD pattern of welded joint

接头由大量的 α -Mg 基体和少量的 $Mg_{17}Al_{12}$ 第二相等组成。

2.3 接头的显微组织

图 4、5 分别是焊接接头的金相照片和焊缝 SEM 照片。可看出,本试验获得的 AZ31 镁合金板 TIG 磁控焊接接头成形较好,无明显的裂纹、孔洞等缺陷,接头组织较为细小。

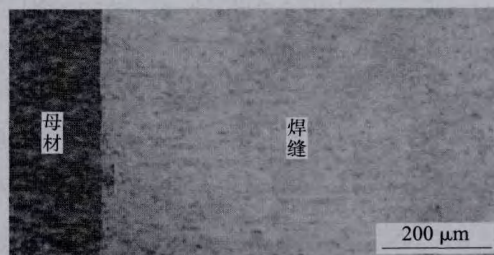


图 4 接头的显微组织
Fig.4 Microstructure of welded joint

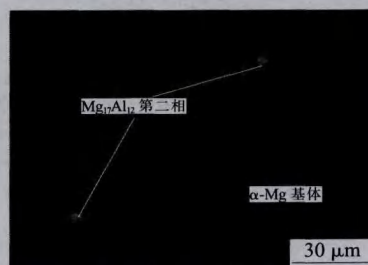


图 5 焊缝显微组织 SEM 照片
Fig.5 SEM photo of microstructure of welding seam

2.4 力学性能

焊接接头的拉伸试验结果如图 6 所示。可看出,与母材相比,焊接接头的抗拉强度和伸长率虽有所下降,但下降幅度较小。其中,室温抗拉强度从 258.6MPa 减小至 239.2MPa,室温接头效率(接头抗拉强度与母材抗拉强度的比值)达 92.5%,接头室温伸长率从 9.6%减小至 6.3%,减小了 3.3%;接头 150℃抗拉强度从 198.7MPa 减小至 182.1MPa,150℃接头效率达 91.6%,接头 150℃伸长率从

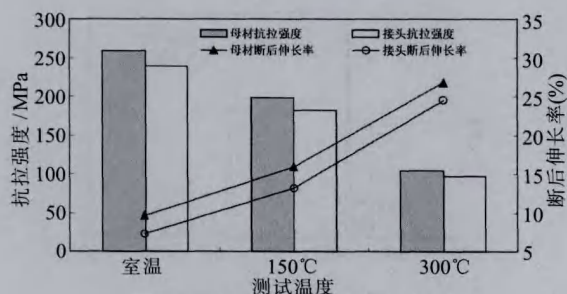


图6 母材及接头的拉伸试验结果
Fig.6 Tensile experimental results of matrix material and welded joint

15.9%减小至 13.2%，减小了 2.7%；接头 300℃抗拉强度从 104.4MPa 减小至 97.6MPa，300℃接头效率达 93.5%，接头 300℃伸长率从 26.8%减小至 24.5%，减小了 2.3%。由此可见，在本试验工艺参数下，基于 PLC 获得的 AZ31 镁合金板 TIG 磁控焊接接头质量较高，接头力学性能较佳。

母材及焊接接头的室温拉伸断口形貌分别如图 7 所示。可看出，母材及焊接接头的拉伸断口均由韧窝和撕裂棱组成，呈现出韧性断裂和解理断裂的混合断裂特征。但与母材相比，焊接接头的韧窝尺寸稍有变大，撕裂棱稍多。这与材料的拉伸试验结果一致。

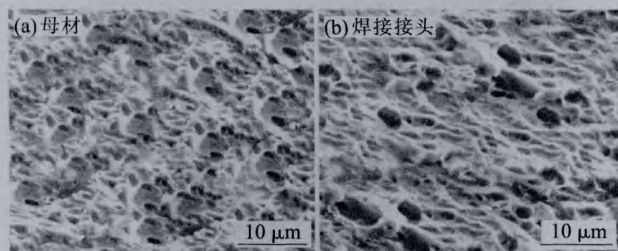


图7 母材及焊接接头的室温拉伸断口形貌
Fig.7 Tensile fracture morphologies of matrix material and welded joint at room temperature

2.5 接头的疲劳性能

母材及焊接接头的疲劳性能测试结果如表 2 所示。可看出，与母材相比，焊接接头的疲劳寿命虽有

表 2 疲劳性能测试结果
Tab.2 Test results of fatigue properties

疲劳寿命(次)	试件 1	试件 2	试件 3	试件 4	试件 5	平均
母材	15233	15327	15189	15342	15275	15273
接头	14363	14232	13978	14038	14175	14157

所降低，但降低幅度较小，接头的平均疲劳寿命达到母材的 92.7%。因此可以看出，基于 PLC 技术获得的 AZ31 镁合金板 TIG 磁控焊接接头具有较佳的疲劳寿命。

3 结论

(1) 基于 PLC 技术，在合适的工艺参数下可以获得成形性较好、无明显焊接缺陷、力学性能和疲劳性能均较佳的 AZ31 镁合金板 TIG 磁控焊接接头。

(2) 基于 PLC 的 AZ31 镁合金板 TIG 磁控焊接接头由大量的 α -Mg 基体和少量的 $Mg_{17}Al_{12}$ 第二相组成。

(3) 与 AZ31 镁合金母材，基于 PLC 获得的 AZ31 镁合金板 TIG 磁控焊接接头的抗拉强度、屈服强度和伸长率虽有所下降，但降低幅度较小，其中室温接头效率达 92.5%、伸长率减小 3.3%；150℃接头效率达 91.6%、伸长率减小 2.7%；300℃接头效率达 93.5%、伸长率减小 2.3%。

(4) 与 AZ31 镁合金母材相比，TIG 磁控焊接接头的疲劳寿命虽有所下降，但降低幅度较小，接头的疲劳寿命达到母材的 92.7%。

参考文献:

- [1] 孟宪宝,毛红奎,徐宏,等. Nd 含量对 ZM6 镁合金力学性能的影响[J]. 热加工工艺,2013,42(6):8-9.
- [2] Wu Chaoyun, Zhang Jin. State-of-art on corrosion and protection of magnesium alloys based on patent literatures [J]. Trans. Non-ferrous Met. Soc. China, 2011, (21): 892-902.
- [3] 彭勇,王顺成,郑开宏,等. 高性能镁合金铸造技术研究进展[J]. 铸造技术,2013,38(2):203-207.
- [4] 吕赞,王琳,岳玉梅,等. 搅拌头压入速度和停留时间对 2024 铝合金搅拌摩擦焊接温度场的影响[J]. 热加工工艺,2013,42(1):171-173.
- [5] Yan Yong, Zhang Da-tong, Qiu Cheng, et al. Dissimilar friction stir welding between 5052 aluminum alloy and AZ31 magnesium alloy [J]. Trans. Nonferrous Met. Soc. China. 2010, (20): 619-623.
- [6] Masayuki Aonuma, Kazuhiro Nakata. Dissimilar metal joining of ZK60 magnesium alloy and titanium by friction stir welding [J]. Materials Science and Engineering B, 2012, 177: 543-548. H