

机械振动对 AZ31 合金 TIG 接头组织与性能的影响

廉冰娴¹, 许兵¹, 赵文斌²

(1.山西机电职业技术学院 机械工程系, 山西 长治 046000; 2.兰州理工大学 金属材料工程系, 甘肃 兰州 730000)

摘 要:在 AZ31 合金焊接过程中施加机械振动的方法,考察了非熔化极惰性气体钨极保护焊(TIG)、垂直振动焊和水平振动焊对 AZ31 合金焊接接头显微组织和力学性能的影响。结果表明,无论是垂直振动还是水平振动,不同坡口角度的焊接接头的焊缝区和热影响区的晶粒都得到明显细化,力学性能都有不同程度的提高;垂直振动方式下坡口角度增加晶粒尺寸逐渐粗化,而水平振动方式下的坡口角度对焊缝区和热影响区的晶粒尺寸的影响较小。

关键词:机械振动;AZ31;焊接接头;组织;力学性能

中图分类号: TG113

文献标识码: A

文章编号: 1000-8365(2016)11-2449-05

Effect of Mechanical Vibration on Microstructure and Properties of TIG Weld Joint of AZ31 Alloy

LIAN Bingxian¹, XU Bing¹, ZHAO Wenbin²

(1. Dept. of Mechanical Engineering Shanxi Institute of Mechanical and Electrical Engineering, Changzhi 046000, China;
2. School of Material Engineering, Lanzhou University of Technology, Lanzhou 730000, China)

Abstract: The effect of mechanical vibration on the microstructure and mechanical properties of AZ31 alloy welded joint was investigated by means of mechanical vibration during the welding process of AZ31 alloy, and the microstructure and mechanical properties of the welded joint in non-consumable tungsten inert gas (TIG), vertical vibration and horizontal vibration were investigated. The results show that, both vertical vibration and horizontal vibration, the grains of weld zone and heat affected zone of welding joints at different groove angle obviously refine, the mechanical properties increase; under the mode of vertical vibration, the grain size coarsens gradually with groove angle increasing, while under the mode of horizontal vibration, the groove angle has little effect on grain size in weld zone and heat affected zone.

Key words: mechanical vibration; AZ31; welded joint; microstructure; mechanical properties

AZ31B 镁合金按制造工艺可分为两大类:变形镁合金和铸造镁合金。铸造镁合金在室温和高温下具有良好的力学性能,AZ31B 铸造镁合金主要用于汽车零件、机件壳罩和通信设备等^[1]。与铸造镁合金相比,AZ31B 变形镁合金具有更高的强度、更好的塑性,主要用于薄板、挤压件和锻件等。随着 AZ31 镁合金的应用范围的不断扩展,不可避免的需要链接问题上提出越来越高的要求,而最新的研究表明,将机械振动施加在钢铁等金属材料的焊接过程中,可以起到提高材料综合性能的作用,而直到目前为止,在镁合金的焊接过程中施加机械振动的研究较少^[2],相关的应用问题的认识仍然不够清楚。本文以常用 AZ31 镁合金为研究对象,通过施加垂直振动和水平振动的方法考察了合金焊缝区和热

影响区的显微组织变化,并对合金力学性能进行了研究。

1 试验材料与方法

试验用材为 AZ31 镁合金板材,状态为轧制退火态,板厚为 3 mm,具体化学成分 $w(\%)$ 为:3.2 Al、1.2 Zn、0.3 Mn、0.08 Si、0.003 Fe、0.01 Cu,余量为 Mg。常温抗拉强度为 280 MPa、断后伸长率为 12.41%。

采用非熔化极惰性气体钨极保护焊 (TIG) 对 AZ31 合金进行了焊接处理,部分焊接板材进行开 V 型坡口,并预留 0.4 mm 高的钝边和 0.15 mm 宽的焊接接头间隙,具体工艺参数如表 1。共分为 3 种焊接方式^[3],一种为传统 TIG 焊接,一种是在焊接过程中施加垂直振动,另一种为焊接过程中施加水平振动。

焊接接头试样切割成 15 mm×15 mm×3 mm 块状,经过砂纸逐层打磨、机械抛光后,采用苦味酸溶液进行腐蚀 35 s 后,用清水清洗并吹干,置于蔡司 LSM 510 金相显微镜下观察焊缝区和热影响区金相

收稿日期:2015-12-24

作者简介:廉冰娴(1980-),女,山西高平人,硕士,讲师。研究方向:工程材料等,电话:15340831888

表1 AZ31合金焊接工艺参数表
Tab.1 Welding parameters of AZ31 alloy

焊接方式	振动参数	坡口角度/(°)
传统 TIG 焊接	无振动	无
垂直振动	焊接电流 45 A、焊接速度 15 cm/min、氩气流量 15 L/min、电弧长度 2 mm、25%最大振幅	20
		40
		60
		无坡口
水平振动	焊接电流 45 A、焊接速度 15 cm/min、氩气流量 15 L/min、电弧长度 2 mm、25%最大振幅	20
		40
		60
		无坡口

组织,并用附带 Image Pro Plus 软件对不同状态的金相组织进行平均晶粒尺寸统计分析^[4];焊接接头力学性能在 MTS-810 型电子万能拉伸试验机上按照国标 GB2649-89《焊接接头机械性能试验取样方法》进行测量,拉伸速率为 2 mm/min。

2 实验结果与分析

图 1 为未施加振动的传统 TIG 焊接工艺得到

的 AZ31 合金焊缝区和热影响区的金相组织。AZ31 合金的焊缝区和热影响组织主要为 α -Mg 初生相和 β -Mg₁₇Al₁₂ 相,其中 β -Mg₁₇Al₁₂ 相在晶内和晶界都有分布。对比 TIG 焊接接头焊缝和热影响区金相组织可见,热影响区中的晶粒尺寸相对焊缝区有所增大。

图 2 为施加垂直振动方式下不同坡口角度的 AZ31 合金焊接接头的焊缝区金相组织。对比分析可见,垂直振动方式下不同坡口角度的 AZ31 合金焊接接头组织中的物相组成并没有明显变化,但是在晶界析出的 β -Mg₁₇Al₁₂ 相的数量有所减少,且施加振动的合金的晶粒尺寸都相比传统 TIG 焊接工艺下得到的焊缝组织更加细小,且随着坡口角度的增加,合金晶粒尺寸有逐渐增加的趋势,坡口为 20° 时可取得最为细小的等轴晶粒组织。

图 3 为施加垂直振动方式下不同坡口角度的 AZ31 合金焊接接头的热影响区金相组织。对比分析可见,垂直振动方式下不同坡口角度的 AZ31 合金焊接接头热影响区中的颗粒状析出物的数量明显

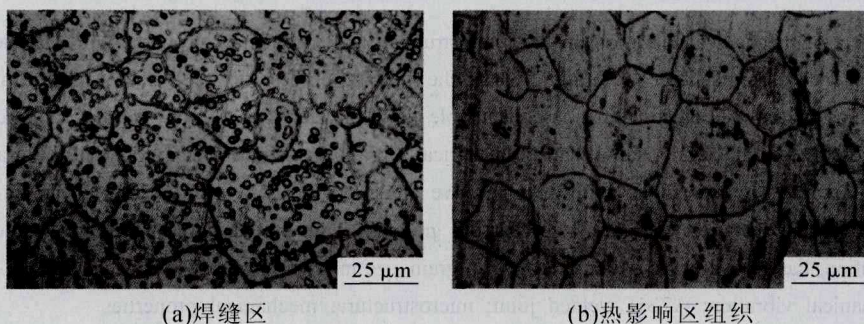


图 1 传统 TIG 焊接工艺下 AZ31 合金焊接头的焊缝区和热影响区组织
Fig.1 Microstructure of AZ31 alloy in weld zone and heat affected zone under conventional TIG welding

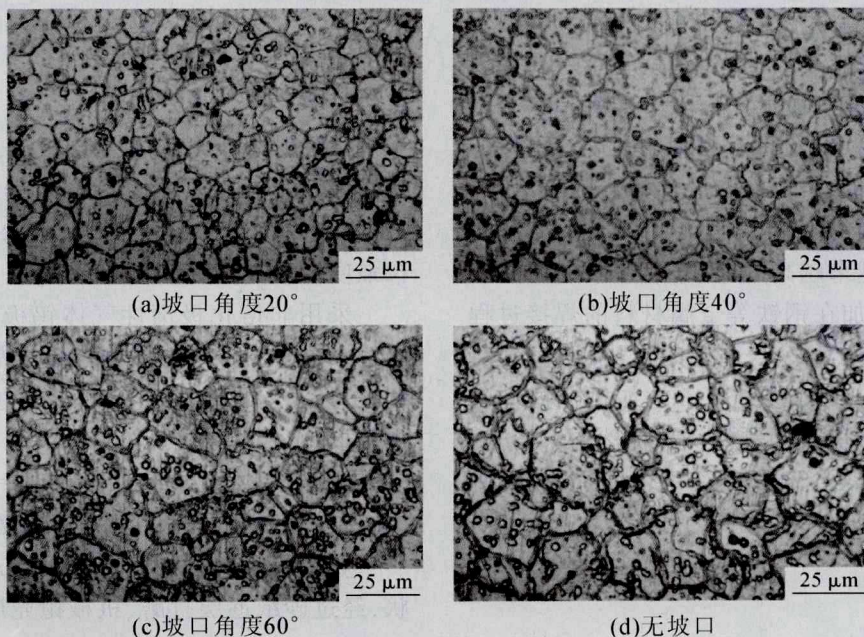


图 2 垂直振动焊缝区金相组织
Fig.2 Microstructure of weld zone under vertical vibration

比焊缝区要少,且相同坡口角度下的热影响区中的晶粒尺寸要比焊缝区中更大。这主要是由于在热影响区中的 Mg 元素的烧损量和蒸发量都要小于焊缝区,使得焊缝中的 $\beta\text{-Mg}_{17}\text{Al}_{12}$ 相的数量要相对更多^[5]。

对 4 种垂直振动方式下的 AZ31 合金焊接接头的力学性能进行测试,结果如表 2。当坡口角度分别为 20° 、 40° 和 60° 时,AZ31 合金焊接接头的抗拉强度分别为 284 MPa、276 MPa 和 263 MPa,断后伸长率分别为 9.9%、8.9%和 7.4%,而无坡口的试样的抗拉强度和断后伸长率分别为 260 MPa 和 7.1%,前 3

种坡口试样的断裂位置都在热影响区,而无坡口试样断裂在焊缝区。无坡口试样的抗拉强度和断后伸长率都小于开坡口试样,且随着坡口角度增加,AZ31 合金焊接接头抗拉强度和断后伸长率都逐渐上升。

图 4 为施加水平振动方式下不同坡口角度的 AZ31 合金焊缝区金相组织。对比分析可见,水平振动方式下不同坡口角度的 AZ31 合金焊接接头中的焊缝组织仍然都是等轴晶,与传统 TIG 焊接接头焊缝区晶粒尺寸相比,水平振动方式下得到的焊缝晶粒尺寸更加细小,但是对比垂直振动方式下的焊缝

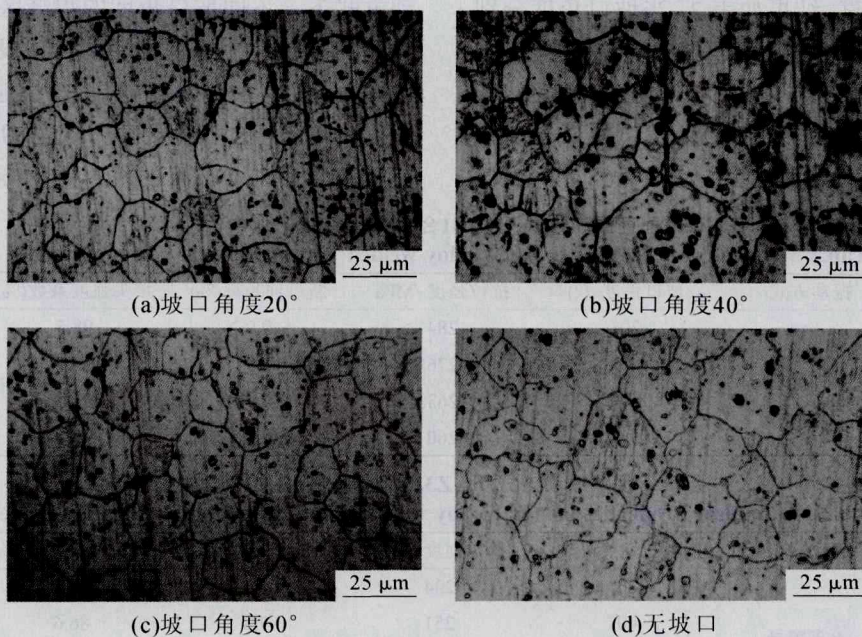


图 3 垂直振动下不同坡口角度的热影响区金相组织

Fig.3 HAZ microstructure under vertical vibration with different groove angle

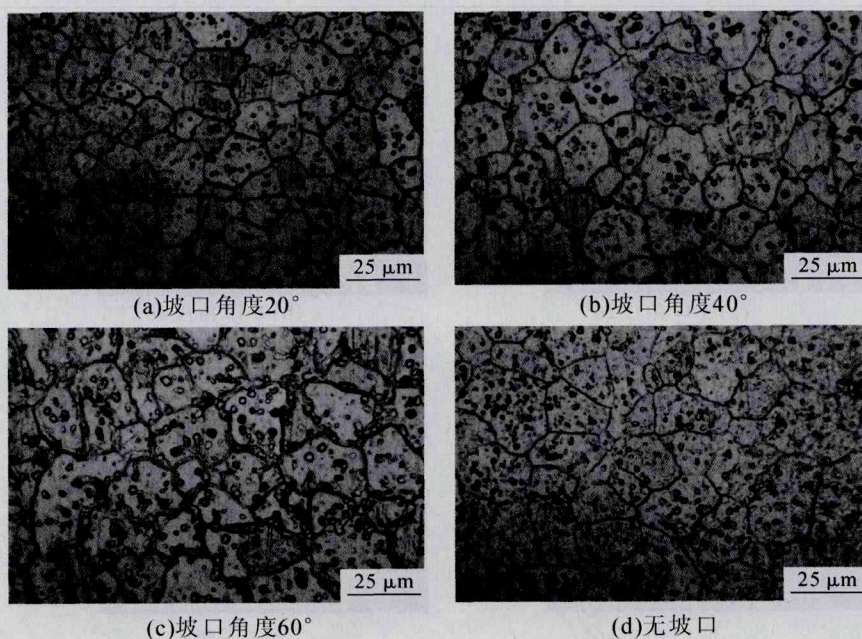


图 4 水平振动下不同坡口角度的焊缝区金相组织

Fig.4 Microstructure of weld joints in weld zone under horizontal vibration with different groove angle

可见,水平振动方式下的焊缝晶粒组织稍大。

图 5 为施加水平振动方式下不同坡口角度的 AZ31 合金焊接接头的热影响区金相组织。对比分析可见,水平振动方式下不同坡口角度的 AZ31 合金焊接接头热影响区中的颗粒状析出物的数量明显比焊缝区要少,且相同坡口角度下的热影响区中的晶粒尺寸要比焊缝区中更大。热影响区晶粒相对传统 TIG 工艺下的晶粒尺寸更加细小,这主要是由于振动方式下的机械效应使得熔体中的合金元素起到了热传递作用^[6]。

对 4 种水平振动方式下的 AZ31 合金焊接接头的力学性能进行测试,结果如表 2。当坡口角度分别为 20°、40°和 60°时,AZ31 合金焊接接头的抗拉强度分别为 234 MPa、251 MPa 和 238 MPa,断后伸长率分别为 4.3%、7.3%和 7.4%,而无坡口的试样的抗拉强度和断后伸长率分别为 255 MPa 和 5.1%,坡口

角度为 20°和 60°试样的断裂位置在热影响区,而坡口角度为 40°和无坡口试样断裂在焊缝区。水平振动方式下坡口角度对合金力学性能的影响并没有呈现出规律性,这可能是由于焊接接头热影响区组织粗大且分布不均匀所致。

对不同焊接条件下的焊接接头焊缝区的晶粒尺寸进行统计分析,结果如图 6。可以看出,传统 TIG 焊接工艺下得到的焊缝区晶粒尺寸最大,约为 48 μm ;在垂直振动方式下,随着坡口角度的增加,焊缝区晶粒尺寸呈现逐渐增大的趋势,未开坡口的垂直振动方式下的晶粒尺寸较大,约为 34.48 μm ;在水平振动方式下,不同坡口角度的焊缝区和未开坡口的焊缝区的晶粒尺寸的差异性不大。根据霍尔佩奇公式可知,晶粒越小则强度越高、塑性越好^[7],因此,坡口角度为 20°时的垂直振动方式下的焊接接头力学性能较高,而未开坡口的垂直振动方式下的焊接接头

表2 垂直振动方式下AZ31合金焊接接头的力学性能

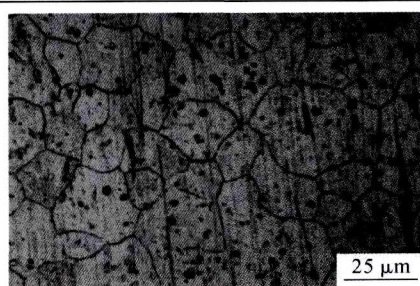
Tab.2 Mechanical properties of AZ31 alloy welded joint in vertical vibration mode

编号	振动方式	坡口角度/(°)	抗拉强度/MPa	断后伸长率(%)	接头强度系数(%)	断裂位置
V1	垂直振动	20°	284	9.9	98.5	热影响区
V2		40°	276	8.9	95.7	热影响区
V3		60°	263	7.4	91.0	热影响区
V4		无坡口	260	7.1	90.1	焊缝

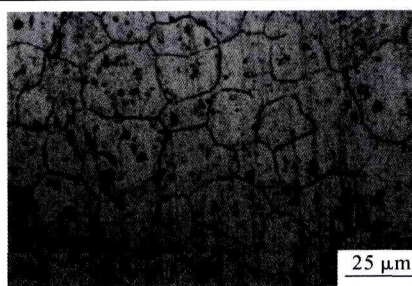
表3 水平振动方式下AZ31合金焊接接头的力学性能

Tab.3 Mechanical Properties of AZ31 alloy welded joint in horizontal vibration mode

编号	振动方式	坡口角度/(°)	抗拉强度/MPa	断后伸长率(%)	接头强度系数(%)	断裂位置
H1	水平振动	20°	234	5.1	80.8	热影响区
H2		40°	251	7.3	86.6	焊缝
H3		60°	238	7.4	82.0	热影响区
H4		无坡口	255	5.1	88.2	焊缝



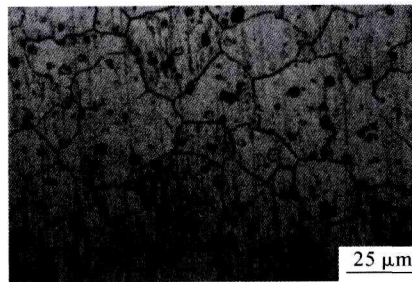
(a)坡口角度20°



(b)坡口角度40°



(c)坡口角度60°



(d)无坡口

图 5 水平振动下不同坡口角度的热影响区金相组织

Fig.5 HAZ microstructure under horizontal vibration with different groove angle

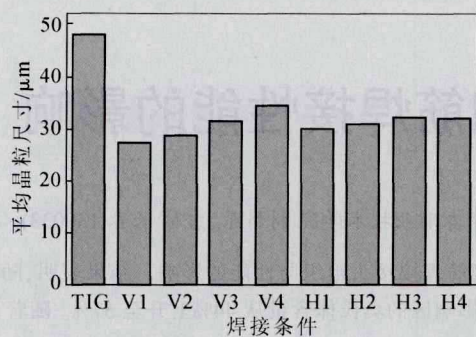


图6 不同焊接条件下的焊缝区晶粒尺寸统计图
Fig.6 Statistics grain size in the weld zone under different welding conditions

的力学性能稍差,且水平振动方式下的焊接接头的力学性能的差异性不大。

3 结论

(1)AZ31合金的焊缝区和热影响组织主要为 α -Mg初生相和 β -Mg₁₇Al₁₂相,其中 β -Mg₁₇Al₁₂相在晶内和晶界都有分布。

(2)相比传统TIG焊接工艺,垂直振动方式得到的焊缝组织更加细小,且随着坡口角度的增加,合金晶粒尺寸有逐渐增加的趋势,坡口为20°时可取得最为细小的等轴晶粒组织;与传统TIG焊接接

头焊缝区晶粒尺寸相比,水平振动方式下得到的焊缝晶粒尺寸更加细小,但是对比垂直振动方式下的焊缝可见,水平振动方式下的焊缝晶粒组织稍大。

(3)坡口角度为20°时的垂直振动方式下的焊接接头力学性能较高,而未开坡口的垂直振动方式下的焊接接头的力学性能稍差,且水平振动方式下得到的焊接接头的力学性能的差异性不大。

参考文献:

- [1] 谢宏霖. 机械振动方式对无线自组网铸造合金组织及性能的影响[J]. 热加工工艺, 2015, 44(7): 113-116.
- [2] 范哲超, 丰洪微. PLC控制下AZ31镁合金焊接工艺的优化[J]. 铸造技术, 2015, 36(3): 751-753.
- [3] YURI T, OGATA T, SAITO M, et al. Effect of welding structure and δ -ferrite on fatigue properties for TIG welded austenitic stainless steels at cryogenic temperatures[J]. Cryogenics, 2000, 40(4-5): 251-259.
- [4] 彭必荣, 卢庆华, 何晓峰. 机械振动对激光焊接接头组织的影响[J]. 机械工程学报, 2015, 51(20): 94-99.
- [5] 张国福, 宋天民, 尹成江. 机械振动焊接对焊缝及热影响区金相组织的影响[J]. 焊接学报, 2001, 22(3): 85-87.
- [6] 姜兆栋, 陈丽丽. 振动幅度对2A12铝合金焊接接头组织及性能影响[J]. 现代焊接, 2015, 6: 32-33.
- [7] 平奇文, 马国红, 胡小武. AZ31B镁合金TIG-MIG双弧焊接组织分析[J]. 热加工工艺, 2015, 44(3): 196-198.



西安普胜机电设备有限公司

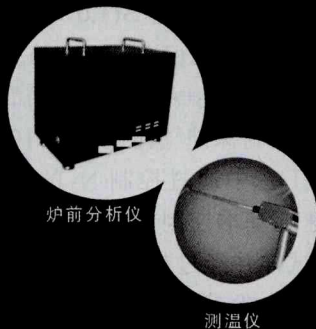
XIAN PUSHENG MECHANICAL & ELECTRICAL EQUIPMENT CO., LTD.,

西安普胜机电设备有限公司是专业从事仪器仪表、耗材、生产、销售、维护的科技公司。公司拥有高水平、高素质的科研生产团队和一流的销售、售后服务团队。

普胜公司秉承“诚信、务实、开拓、创新”的经营理念以满足客户的需要。以先进的技术和优质的服务,多年现场应用经验,为用户提供成熟的检测方案并为用户解决现场疑难问题。我们的坚持用户第一、信誉至上。

●主要产品 智能、高效、精确、快捷的型砂试验仪器

——实现您建造现代化型砂试验室的梦想!



高精度炉前分析仪
便携式智能测温仪
LXH-1冷芯盒制样机
SSZ震摆式筛砂机
SYS-B砂型表面硬度计
ZSL智能热湿拉测试仪

STZ直读式透气性测定仪
ZTY智能透气性测定仪
SHY树脂砂混砂机
SWY液压强度试验机
GET-11型智能发气性测定仪

●其他产品: 高精度样杯 高精度快速热电偶 在线式系列非接触红外测温仪

●维修服务: 测温仪、炉前分析仪及各种电路板维修。

地址: 710054西安市雁塔路南段99号

联系人: 王志兵 15009251710 电话/传真: 029-83255097

顾问: 西安理工大学教授 魏兵 13609155628

邮箱: zhuzaogy@163.com 仪器维修: 13309279348