

单一活性剂对 AZ31B 镁合金薄板 A-TIG 焊的影响

姚 军, 李仕臣, 崔反东

(内蒙古工业大学材料科学与工程学院, 内蒙古自治区 呼和浩特 010051)

摘 要:针对镁合金 AZ31B, 选取氧化物 Al_2O_3 、氯化物 CdCl_2 、氟化物 AlF_3 为活性剂进行活性焊接试验。通过涂覆不同活性剂后, 分别采用 5 mm 板材表面堆焊和 2 mm 板对接焊试验分析其对焊缝熔深、表面形貌和焊接接头微观组织及力学性能的影响。试验结果表明, 堆焊试验中所选活性剂对焊缝表面成型影响各不相同, 但均能增加焊缝熔深, 其中 CdCl_2 效果最好; 对接焊试验中, 活性焊接头强度与普通 TIG 焊相当, 所有拉伸试件均在热影响区断裂; 焊接接头仍然为混合断裂方式。

关键词: 镁合金; A-TIG 焊; 活性剂; 熔深; 力学性能

DOI: 10.14158/j.cnki.1001-3814.2016.03.014

中图分类号: TG457.19

文献标识码: A

文章编号: 1001-3814(2016)03-0052-03

Effects of Activating Flux with Single Component on A-TIG Welding of AZ31B Alloy Sheet

YAO Jun, LI Shichen, CUI Fandong

(College of Materials Science and Engineering, Inner Mongolia University of Technology, Hohhot 010051, China)

Abstract: On account of magnesium alloy AZ31B, selecting oxide, chloride and fluoride as the fluxes, A-TIG welding test was carried out. After coated with different fluxes, 5mm Surfacing welding and 2mm butt welding test were used respectively to study influence of the fluxes works on the weld penetration, surface morphology, the microstructure and mechanical properties of the welded joint. The results show that the fluxes selected in surfacing welding experiment have totally different effects on weld surface molding, but all the weld penetration increases, of which CdCl_2 works best. In butt welding experiment, active welding head strength is equivalent to ordinary TIG welding, and all the tensile specimens crack in heat affected zone. The welded joint is still mixed fracture.

Key words: magnesium alloy; A-TIG welding; activating flux; penetration; mechanical properties

21 世纪以来,随着高科技的迅速发展与不可再生资源急剧减少,节约资源与控制环境污染是人类当前最重要的问题。因此金属镁及其合金吸引了人们的目光,被称为 21 世纪最具开发潜力的“绿色材料”^[1]。镁及其合金因其具有较多的优点^[2-3],现世界各国越来越重视对镁的开发利用。在我国随着镁技术的日臻完善,镁合金用量快速增长,每年 25% 的增长率已经远远超过钢铁、铝、锌等材料,取得了明显的经济效益。因此,镁及镁合金材料在未来的机械制造和高新技术产业中具有很好的应用前景^[4-5]。

目前,镁合金 TIG 焊在实际生产中被广泛使用,该方法操作简便,焊缝的表面成形及焊接接头质

量好,但 TIG 焊也存在其他缺陷:焊接所得焊缝的熔深较浅,晶粒粗大,对较厚焊件焊接时需采用多次焊接工艺,导致生产效率大大降低。因此,为扩大镁合金材料的应用范围,A-TIG 焊作为一种全新高效的方法,正逐渐受到各国的密切关注,而该技术的开发和研究,利于提升和扩大镁合金在工业领域的应用范围和前景。

1 试验材料与方法

试验材料为镁合金 AZ31B,其尺寸分别取:100 mm×50 mm×5 mm,对其表面进行不填焊丝的堆焊;100 mm×100 mm×2 mm,进行对接焊试验,选用与母材成分相同的焊丝。采用美国米勒 Miller Dynasty 700 焊机对焊件进行交流 TIG 焊。焊前将板材表面的氧化膜用钢刷和砂纸打磨掉,然后用丙酮清洗其表面油污,直到板材表面露出金属光泽,再放入干燥

收稿日期:2015-04-08

作者简介:姚军(1961-),男,内蒙古兴和人,副教授,博士,主要研究方向:镁合金焊接、表面功能材料,E-mail:513807947@qq.com

箱中干燥预热。

选取氧化物 Al_2O_3 、氯化物 CdCl_2 、氟化物 AlF_3 为活性剂,焊前将活性剂充分研磨成粉末,再与丙酮混合成悬浊液,用胶头滴管将其均匀涂覆在预热后的焊件表面。

2 试验结果及讨论

2.1 堆焊试验

堆焊试验选取焊接参数为焊接电流 120 A、焊接速度 350 mm/min、弧长 2 mm、保护气流量 10 L/min。图 1 为无活性剂及涂覆活性剂焊缝的熔深图。从图中可看出,与普通 TIG 焊相比较,所涂覆活性剂焊缝熔深均有所增加,其中涂覆 CdCl_2 增大熔深效果最好,可达到 248%;其次为涂覆 Al_2O_3 和 AlF_3 活性剂,可分别使焊缝熔深达到 201%和 180%。

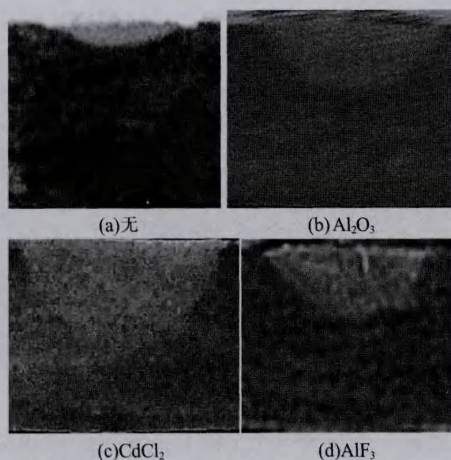


图 1 无活性剂及涂覆活性剂的焊缝熔深

Fig.1 Weld penetration without and with activating flux

2.2 焊接电流的影响

图 2 是焊接速度为 350 mm/min、弧长为 2 mm 固定不变,焊接电流的变化对焊缝熔深比(涂覆活性剂与无活性剂的焊缝熔深比值)的影响规律。如图所示,涂敷三种不同活性剂后的熔深比变化趋势不同,其中涂覆活性剂 CdCl_2 的焊缝熔深比在焊接电流为 100 A 时达到最大值 318%;当涂敷 AlF_3 活性剂时,熔深比随焊接电流的增大而增加,且在电流达到 120 A 时达到最大值 180%;活性剂 Al_2O_3 在焊接电流为 90 A 时熔深比达到最大值 238%,随后熔深比下降。这种现象可能与表面的活性剂分解、电离甚至蒸发有关。随着电流增大热输入也在增加,活性剂分解并引起电弧收缩或表面张力改变,从而增大焊

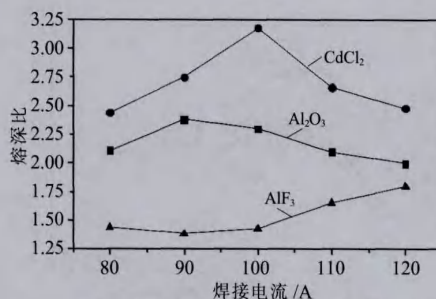


图 2 焊接电流对活性剂熔深比的影响

Fig.2 Influence of welding current on penetration ratio

缝熔深。但随着焊接电流进一步增大,由于电弧膨胀,使得活性剂原子被排挤到离电弧相对较远的地方,降低甚至消除其作用效果。

2.3 焊接速度的影响

热输入的大小是影响镁合金 TIG 焊熔深的决定因素。随着焊接速度增大而热输入减小,焊缝熔深随之减小;随着焊接速度减小热输入增大,焊缝熔深则随之增大,且增加效果越来越明显。图 3 是在焊接电流为 120 A、弧长为 2 mm 下,焊接速度对焊缝熔深比的影响。如图所示,在试验条件下焊缝熔深比均随焊接速度的增大而不断下降。与未涂活性剂焊缝熔深相比,随着焊速增大,涂覆 CdCl_2 活性剂的焊缝熔深比则由 344%降为 243%,而 AlF_3 和 Al_2O_3 活性剂则分别是由 188%降到 120%和 243%降到 175%。活性剂可能是通过影响熔池流动而增加焊缝熔深的,所以焊接速度增大时,减弱了活性剂对熔池的流动的作用效果,使其在高速条件下的作用效果变得有限。所以降低焊速增大焊接热输入,提高熔池温度及延长熔池结晶时间对熔深的增大是有益的。

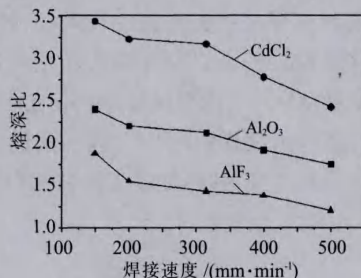


图 3 焊接速度对熔深比的影响

Fig.3 Influence of welding speed on penetration ratio

2.4 活性剂涂覆量的影响

图 4 为三种活性剂涂敷量的变化对焊缝熔深的影响。由图可知:三种活性剂在涂敷量较小时,焊缝熔深均随涂敷量的增大而不断变大,但此三种活性剂的熔深增加曲线均有一个最大值,当焊缝熔深超

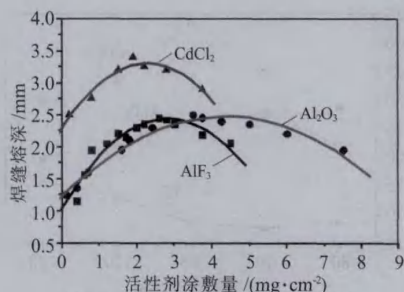


图4 活性剂涂敷量对熔深的影响

Fig.4 Influence of coating amount of fluxes on the weld penetration

过最大值后, 熔深值逐渐减小。在本试验焊接条件下, 焊缝熔深在 CdCl_2 、 Al_2O_3 和 AlF_3 活性剂涂敷量分别达到 2.3、4.5 和 2.83 mg/cm^2 时达到最大值。

2.5 对接接头力学性能试验

焊接参数为: 焊接电流 100 A, 焊接速度 410 mm/min , 弧长 2 mm, 保护气流量 10 L/min 。焊后待焊件自然冷却后, 去除焊缝余高及表面塌陷等表面因素后, 对接头进行力学性能测试, 结果如表 1 所

表 1 接头力学性能
Tab.1 Mechanical properties of welded joint

	母材	无	CdCl_2	AlF_3	Al_2O_3
抗拉强度 /MPa	260	241.3	230.8	217.5	223.7

示。试验结果表明, 活性 TIG 焊对接接头的抗拉强度与普通 TIG 接头强度相差不多。普通 TIG 焊的接头抗拉强度能达到母材的 90% 左右, 而涂覆活性剂 CdCl_2 、 Al_2O_3 、 AlF_3 接头的抗拉强度分别可达到母材的 88.8%、86%、83.6% 左右, 达到普通 TIG 焊接头的 95.6%、90.1% 和 92.7% 左右。并且拉伸试验中所有的拉伸试样均在焊接接头的热影响区处断裂。

2.6 断口形貌分析

图 5 为不涂活性剂及涂敷 AlF_3 、 CdCl_2 、 Al_2O_3 活性剂后拉伸试样的断口形貌。可以看出, 所有焊接接头的断口均为韧窝断裂和解理断裂的混合形貌, 但是在其断口形貌中, 韧窝断裂和解理断裂所占比例不相同。无活性剂试样(图 5(a))的断口韧窝比较明显且比例较大, 而解理纹较少; 涂敷 AlF_3 活性剂试

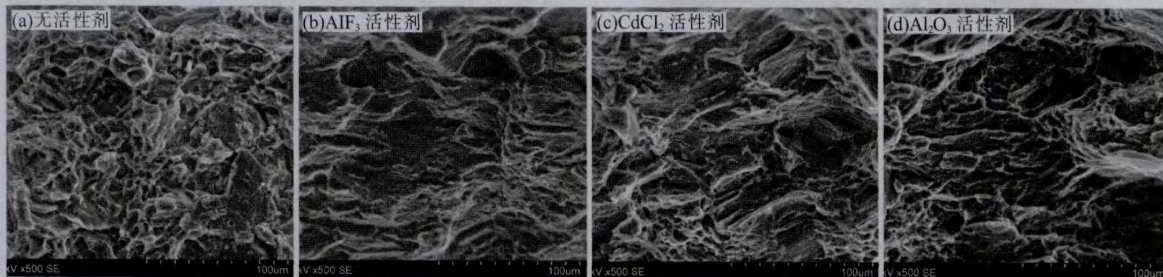


图5 无活性剂及涂敷活性剂接头的断口形貌

Fig.5 SEM images of fracture of the sample with and without fluxes

样(图 5(b))的断口形貌与无活性剂断口差别较大, 其形貌主要是呈解理断裂的河流花样, 而韧窝所占比例很少, 说明该焊接接头的韧性较差; 涂敷 CdCl_2 活性剂试样(图 5(c))的断口存在韧窝和呈河流花样的解理纹; 涂敷 Al_2O_3 活性剂试样(图 5(d))的断口相比涂敷 AlF_3 活性剂试样的断口, 其韧窝的数量增加, 也存在部分解理纹, 其焊接接头的韧性介于无活性剂与涂敷 AlF_3 活性剂之间。

3 结论

(1) 5 mm 平板堆焊试验所选活性剂均可增加焊缝熔深, 其中涂覆 CdCl_2 、 Al_2O_3 、 AlF_3 的焊缝熔深可达到普通 TIG 焊熔深的 248%、201%、180%。

(2) 在不同焊接参数下, 各活性剂对焊缝熔深及熔深增加比的影响不同。在其他焊接参数不变的情况下, 三种活性剂 A-TIG 焊的焊缝熔深均随着焊

接电流增大而增大, 但 CdCl_2 活性剂的焊缝熔深比在 100 A 时达到最大值 318%, 活性剂 AlF_3 在电流为 120 A 时达到最大值 180%, 活性剂 Al_2O_3 在电流为 90 A 时达到最大值 238%; 随着焊接速度增大, 焊缝的熔深及熔深比则会减小; 焊缝熔深在活性剂 CdCl_2 、 Al_2O_3 和 AlF_3 涂敷量为 2.3、4.5 和 2.83 mg/cm^2 时达到最大值。

(3) 2 mm 镁合金 A-TIG 焊对接接头的抗拉强度与普通 TIG 接头强度相差不多, 可达到普通 TIG 焊接头 95.6%、90.1% 和 92.7% 左右, 并且拉伸试验中所有的拉伸试样均在焊接接头的热影响区处断裂。

(4) 无论涂覆活性剂与否, 镁合金 TIG 焊接头断裂均为韧窝断裂和解理断裂的混合断裂形貌, 只是涂敷不同活性剂试样的断口形貌中, 韧窝和解理纹各占的比例不同。

(下转第 60 页)

(3) 陶瓷环因素: 陶瓷环在螺柱焊接中扮演着至关重要的角色, 如果陶瓷环材料选择不当或者加工尺寸不准确都会严重影响螺柱的焊接质量。譬如, 陶瓷环材料选择不当时, 在焊接高温的作用下将会产生气体, 这就增加了焊缝中气孔产生的倾向性。如果陶瓷环尺寸加工不准确将不能够很好地对螺柱起到保护作用, 有可能使较多的外部空气侵入到焊接熔池内或者是已熔化的液态金属流淌到熔池外部, 这都将对螺柱的焊接质量产生非常严重的影响。

(4) 引弧结的影响因素: 引弧结的尺寸和形状对螺柱焊接的质量也有相当的影响^[9]。引弧结尺寸过长或者直径过大都将增加金属被氧化的可能性; 引弧结尺寸过小或者直径过小都将影响螺柱熔化端面的熔化情况, 继而影响螺柱的焊接质量。再者, 引弧结的外部形状如果不均匀、不对称或者偏心严重都会对螺柱的焊接质量造成非常严重的影响。

(5) 焊接过程的不确定因素: 焊接过程中焊接电源的使用情况以及焊接工艺参数的正确设置、焊枪自身结构的限制、焊接电源的性能、焊接电缆的可靠连接等等因素, 都将对螺柱焊接的质量产生影响^[10]。

4 结论

(1) 焊接电流与焊接时间对接头的成形情况有显著影响。当焊接电流为 2038 A、焊接时间为 0.80 s 时, 焊接接头的成形质量最为理想。

(2) 当焊接规范合适时, 接头宏观缺陷较少。接头处的显微组织主要是块状铁素体和珠光体, 在过热区的平均晶粒尺寸为 7~8 级, 过热区中有少量魏氏组织铁素体存在, 且复合螺柱中已存在的钎焊焊缝不受螺柱焊接过程的影响。因此, 当焊接规范合适时, 能够保证螺柱焊焊接接头有较高的性能。

参考文献:

- [1] 杜则裕, 陈邦固. 工程焊接冶金学 [M]. 北京: 机械工业出版社, 1993.
- [2] 刘志刚, 苏白兰, 韦弦. Q345 钢板焊接性能研究 [J]. 河南冶金, 2003, 11(1): 14-15.
- [3] 张立, 吴厚平. 国内外硬质合金产业状况 [J]. 硬质合金, 2009, 26(2): 122-126.
- [4] 张忠健, 李仁琼, 徐涛, 等. 中国硬质合金工业发展“十一五”回顾及“十二五”展望[J]. 硬质合金, 2011, 28(4): 256-260.
- [5] 徐涛. 硬质合金高端产品及新材料发展趋势分析 [J]. 硬质合金, 2011, 28(6): 395-402.
- [6] 徐滨士, 朱子新, 朱胜, 等. 电弧喷涂技术新进展[C]//2004 全国热喷涂技术研讨会论文集. 2004.
- [7] 池强, 张建勋, 付继飞. 电弧螺柱焊技术的发展与应用[J]. 焊接技术, 2003, 32(6): 18-20.
- [8] Chambers H A. Principles and practices of stud welding [J]. PCI Journal, 2001, 46(5): 46-58.
- [9] 郭振亮. 大直径螺柱焊焊接工艺 [J]. 焊接技术, 1998(2): 21-22.
- [10] 周东升, 刘大顺. 拉弧式电弧螺柱焊的常见质量影响因素分析[J]. 科技致富向导, 2012(32): 260. 

(上接第 51 页)

- alloys[J]. Mater Trans. JIM, 2000, 41(11): 1460-1462.
- [2] 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.
- [3] 党春梅; 谢卫东. 铝、镁合金材料在汽车工业中的应用[J]. 热加工工艺, 2011, 40(4): 1-4.
- [4] 杨振, 余欢, 严青松, 等. 真空度对液态 AZ91D 镁合金氧化燃烧及蒸发行为的影响[J]. 特种铸造及有色合金, 2013, 33(3): 276-279.

- [5] 王静. Mg-Y-LPC 合金组织和凝固行为的研究[J]. 铸造技术, 2013, 34(3): 254-255.
- [6] Frank Czerwinski. Magnesium Alloys-Design, Processing and Properties[M]. India: Intech, 2011.
- [7] 常森, 张宝红, 徐宏妍. 镁合金表面热喷涂铝的防腐蚀研究[J]. 热加工工艺, 2011, 40(14): 124-127.
- [8] 刘贵立. 镁合金电子结构与腐蚀特性研究 [J]. 物理学报, 2010, 59(4): 2708-2713. 

(上接第 54 页)

参考文献:

- [1] 曾荣昌, 柯伟, 徐永波, 等. Mg 合金的最新发展及应用前景 [J]. 金属学报, 2009, 37(7): 673-685.
- [2] 汤金蕾. AZ31B 镁合金非熔化极气体保护焊工艺[D]. 北京: 北京工业大学, 2009.
- [3] 孙德新. 镁合金(AZ91D、AZ31B)焊接性的研究[D]. 吉林: 吉

- 林大学, 2008.
- [4] 胡正衡, 李永安. 焊缝熔宽动态实时检测研究[J]. 北京工业大学学报, 1983, 9(4): 13-18.
- [5] 秦斌, 王宝森. 焊接速度对奥氏体不锈钢接头性能的影响 [J]. 钢铁钒钛, 2008, 29(2): 23-26. 