文章编号：1000-7466(2013)01-0005-04

铝镁合金5083的TIG焊工艺试验

李树勋，陈 晶，王 麒，向 凯，苗 刚
（甘肃蓝科石化高新装备股份有限公司，甘肃 兰州 730070）

摘要：对厚度为30 mm的铝镁合金5083进行了焊接分析研究，制定了焊接工艺。通过焊接试验和焊接工艺评定确定了适宜的焊接工艺参数，并解决了产品焊接中出现的问题。

关键词：铝镁合金；焊接工艺；TIG焊
中图分类号：TQ 050.4；TG 406 **文献标志码**：B **doi**:10.3969/j.issn.1000-7466.2013.01.002

TIG Welding Procedure Test of Aluminum Magnesium Alloy 5083

LI Shu-xun, CHEN Jing, WANG Qi, XIANG Kai, MIAO Gang
(Lanpec Technologies Limited, Lanzhou 730070, China)

Abstract: The 5083 weldability was analyzed, and the TIG welding technology of 30 mm 5083 was studied. Based on the welding test and welding procedure qualification, welding parameter was determined. The problems appearing in product welding was analyzed, the satisfactory welding joints were made at last.

Key words: aluminum magnesium alloy; welding procedure; TIG welding

铝及铝合金具有优良的物理性能，不仅在国民经济各行业中得到了广泛应用，而且在航空、航天、汽车、机械制造、船舶及化学工业中已大量应用。近年来，科学技术及工业经济的迅速发展，对铝及铝合金焊接构件的需求大幅增加，对其焊接性的研究也日益深入。伴随着铝及铝合金焊接技术的高速发展和应用领域范围的不断扩大，关于其焊接性问题已成为现今焊接技术研究的热点之一。目前，铝-镁系合金、铝-锰系合金是焊接结构中应用最广的两类铝合金[1-5]。

文中对厚度为30 mm的铝镁合金5083进行了焊接性试验，并应用于相应的产品制造当中。

and Heat Transfer under Influence of Magnetic Fluid Coating[J]. Magnetic Materials, 1990, (85): 190-195.

[7] Takahashi M, Shinbo K, Ohkawa R, et al. Nuckeate Pool Boiling Heat Transfer of Magnetic Fluid in a Magnetic field[J]. Magnetic and Magnetic Materials, 1993, (122): 301-304.

[8] Takahashi M, Yamazaki Y, Inoue A. Liquid Single and Gas-liquid Two-Phase Flows of Magnetic Fluid in the Presence of a High Non-uniform Parallel Magnetic Field[J]. International Journal of Mtlltiphase Flow, 1994, 20(6): 1095-1107.

[9] Asadolah Malekzadehl, AmirHeydarinasab, Bahram Dabir. Magnetic Field Effect on Fluid Flow Characteristics in a Pipe for Laminar Flow[J]. Journal of Mechanical Science and Technology, 2011, 25(2): 333-339.

[10] 黄大鹏. 矩形微细通道相变传热与流阻研究[D]. 广州：华南理工大学，2009.
(HUANG Da-peng. Rectangular Microchannels Phase Change Heat Transfer and Flow Resistance Research [D]. Guangzhou: South China University of Technology, 2009.)

（许编）

收稿日期：2012-07-02

作者简介：李树勋(1973-)，男，甘肃陇西人，高级工程师，学士，多年从事压力容器的焊接技术工作。

1 可焊性分析

5083属于非热处理强化铝镁合金，具有强度高、耐蚀性及熔接性好的显著特性，主要用于抗蚀性高、可焊性良好及中等强度的场合，其化学成分：$w(Si) \leqslant 0.40\%$，$w(Fe) \leqslant 0.40\%$，$w(Cu) \leqslant 0.10\%$，$w(Mn) = 0.40\% \sim 1.00\%$，$w(Mg) = 4.0\% \sim 4.9\%$，$w(Cr) = 0.05 \sim 0.25\%$，$w(Zn) \leqslant 0.25\%$，$w(Ti) \leqslant 0.15\%$。力学性能：$R_{p0.2} = 137.8 \sim 151.6$ MPa，$R_m = 268.7 \sim 289.6$ MPa，$A \geqslant 14\%$。

5083焊接时，主要存在以下问题[6,7]。

(1)化学活泼性很强，表面易形成难熔的氧化膜。Al_2O_3 熔点为2 050 ℃，MgO熔点为2 500 ℃。焊接时，氧化膜会阻碍金属之间的良好熔合，从而形成夹杂。

(2) 线膨胀系数大，导热性强，焊接时容易产生翘曲变形。铝及铝合金的热导率与比热容大约比钢的大1倍，故焊接时所消耗的热能也比钢大1倍。因此，必须采用能量更集中的热源，厚板则需进行预热处理。

(3)容易产生氢气孔。氢的来源主要是弧柱气氛中的水分、焊接材料以及母材所吸附的水分。因此，对焊接时使用的焊接材料(包括保护气体、焊丝、焊条等)要严格限制其含水量，使用前均需进行干燥处理。

(4) 焊接时易出现热裂纹。主要是焊缝金属凝固裂纹铝与铝合金的线膨胀系数比钢大1倍，凝固时的体积收缩率比钢大2倍，巨大的收缩内应力易导致在脆性温度区间引起热裂纹。

(5)固液转变无明显变化。铝及铝合金由固态转变为液态时无色泽变化，再加上铝及铝合金的高温强度和塑性都很低，易导致缺陷或者烧穿，操作难度增加。

(6)合金成分的蒸发和烧损主要是低熔点合金成分镁、锌等易在电弧高温下蒸发和烧损，导致接头性能的下降。

2 焊接工艺

2.1 焊接方法

钨极氩弧焊(简称TIG焊)是钨极惰性气体保护焊的一种，电焊燃烧过程中，电极不熔化，电弧稳定。采用交流TIG焊焊接铝及铝合金时，电极是交变的。因此，交流TIG焊一方面具有阴极雾化作用，另一方面又不致钨极过热而大量损耗，但采用传统的正弦交流焊接时存在电弧不稳定和有局部整流作用的问题。

采用方波交流TIG焊焊接铝及铝合金时，其输出电流的极性呈周期性变换，从而能合理地分配钨极和工件间的热量，这样既能保证阴极清理的效果，又能改善交流电弧的稳定性，减少钨极烧损的同时也可获得较大的熔池和熔深，适于与铝镁合金的焊接[8]。

本文使用松下YC-500WX型焊机，采用方波交流TIG施焊。

2.2 焊接材料选择

焊丝采用ER5183，材质符合ASME Code，Section Ⅱ，Part C，Specifications for Welding Rods，Electrodes，and Filler Metals Nonferrous Material Specification，2010 Edition要求[9]，化学成分：$w(Si) \leqslant 0.40\%$，$w(Fe) \leqslant 0.40\%$，$w(Cu) \leqslant 0.10\%$，$w(Mn) = 0.50\% \sim 1.00\%$，$w(Mg) = 4.3\% \sim 5.2\%$，$w(Cr) = 0.05\% \sim 0.25\%$，$w(Zn) \leqslant 0.25\%$，$w(Ti) \leqslant 0.15\%$。

保护气体采用体积分数不低于99.99%的氩气，钨极采用铈钨极。

2.3 焊前清理

施焊前，用机械方法去除焊件坡口内外表面及两侧20 mm范围的油、锈、水及氧化皮等，并打磨出金属光泽。

3 焊接工艺评定

3.1 焊接工艺评定标准

依照ASME Code，Section Ⅸ，Welding and Brazing Qualifications 2010 Edition进行[10]。

3.2 焊接工艺评定试板

试板选用厚度为30 mm的SB-247 5083，试板规格为300 mm×150 mm×30 mm，采用单面坡口，坡口形式见图1。

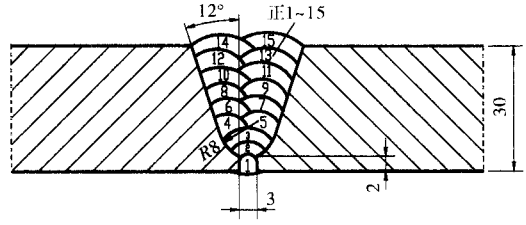


图1 焊接评定试件接头型式

3.3 焊接要求

(1)焊前预热至120～150 ℃，控制层间温度不

超过 200 ℃。

(2)鉴于铝镁合金的强氧化性，在施焊打底焊道时，增加背面氩气保护，保证打底层焊缝质量。

(3)每焊完一道，进行下一道焊缝焊接时，用风铲去除焊接缺陷，并用不锈钢丝刷去除焊道表面氧化膜，以免形成夹渣、未熔合等缺陷。

焊接工艺参数见表 1。

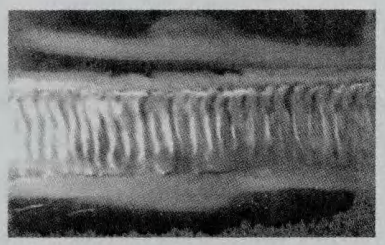
表 1　焊接工艺参数

焊道次序	焊接方法	焊丝种类	焊丝直径/mm	焊接电流/A	气体流量/L·min^{-1}
1	TIG	ER5183	2.4	270	15(正面)、20(背面)
2～10	TIG	ER5183	2.4	270	15(正面)
11～13	TIG	ER5183	2.4	240	15(正面)
14	TIG	ER5183	2.4	220	15(正面)
15	TIG	ER5183	2.4	220	15(正面)

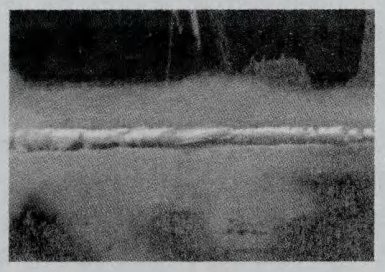
3.4　焊接工艺评定试板检验与检测

焊接工艺评定试板焊缝成形见图 2，并进行了如下检验。

(1)外观检查　焊缝外观成形良好，无裂纹、未熔合、气孔、焊瘤等缺陷，见图 2。



(a) 正面



(b) 背面

图 2　焊接工艺评定试板焊缝成形外形示图

(2)无损检测　依据 ANSI B31.3—2000《American National Standards Institute》[11]对焊缝分别进行 PT、RT 检测，PT 检测达到Ⅰ级合格指标，RT 检测达到Ⅱ级合格指标。

(3)力学性能检测　依据文献[9]的规定进行了力学性能检测，拉伸性能检测结果见表 2。结果表明，焊接接头强度与原始母材的强度基本相当。横向侧弯 4 件，试样厚度 10 mm，弯轴直径 $D=38.1$ mm，弯角 180°，试样弯曲到规定的角度后，其弯曲面上没有超标的开口缺陷。拉伸性能、横向侧弯检测均满足标准要求。

表 2　工艺评定试板拉伸性能检测结果

试样号	接头形式	试样宽度/mm	试样厚度/mm	抗拉强度 R_m/MPa	断裂部位
1	对接接头	19.20	30.12	269	断于焊缝
2	对接接头	19.12	30.31	271	断于焊缝

4　产品施焊

4.1　焊接接头

某产品焊接接头形式主要为厚壁管的对接接头(图 3)及角接接头(图 4)。

对接接头焊缝须 100%射线检验，角接接头焊缝须 100%磁粉或渗透检测，产品须进行 12.0 MPa 水压试验。

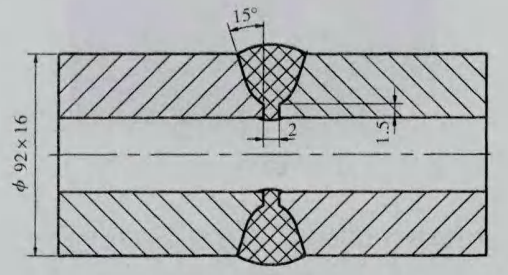


图 3　产品对接接头形式

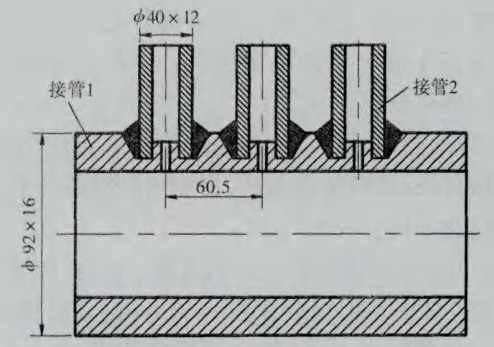


图 4　产品角接接头形式

4.2　焊接及检验

根据焊接工艺评定制定的焊接工艺对该产品进行了施焊，对接接头(图 3)的施焊较顺利。角接接头(图 4)中的接管 1 为直径 92 mm、壁厚 16 mm，接管 2 为直径 40 mm、壁厚 12 mm，接管 1 上的加工凸台，接管 2 则插入接管 1 中，接管 2 两管外壁间的间距为 40 mm。

手工钨极氩弧焊施焊时，因作业空间狭小，氩气无法保护熔池，如按图5所示焊枪沿A-B-C方向施焊，则C点出现弧坑裂纹，且不易去除缺陷，同时出现了焊缝氧化严重、根部未熔合等缺陷。

对上述问题采取了以下措施。

(1)增加保护罩　经过反复试验，加工与接管1、2圆周匹配的铜质保护罩，通入氩气能很好地保护熔池，解决焊缝氧化问题。有无保护罩时焊接焊缝外观对比见图6。

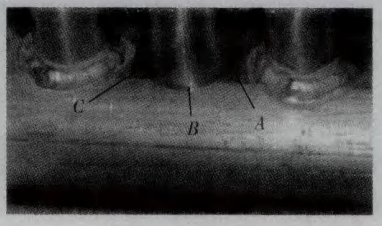


图5　焊枪运枪顺序

图6　有无保护罩时焊缝外观情况对比

(2)焊接次序调整　焊接时，每层焊缝的厚度控制在4～5 mm就会避免因焊缝较薄而在收缩时被厚壁管拉裂的可能。焊接操作时如图5所示，由A点起焊，至B点收弧，再从C点起焊，至B点收弧，这样B点不易产生弧坑裂纹，且A点、C点都能完全熔合根部母材。

(3)预热与后热　铝合金导热性能优良，熔池温度下降很快，采取焊前预热、焊后后热措施可有效防止裂纹及未熔合缺陷。

产品焊后根据图样要求按文献[11]对焊缝进行了PT和RT检测，分别达到了Ⅰ级和Ⅱ级合格指标。

产品进行了水压试验，试验压力为12.0 MPa，焊缝未渗漏、未可见变形、无异常声响，试压合格。

5　结语

铝镁合金5083的手工TIG焊接，须采取焊前清理待焊表面、焊前预热、焊后后热、焊接时的氩气保护以及多层多道焊时去除表面的氧化膜等措施，方能达到预期的目的。通过对铝镁合金5083的焊接工艺研究以及生产实践的应用，证实铝镁合金的焊接工艺参数是正确的，具有很好的推广价值。

参考文献：

[1] 中国机械工程学会焊接学会. 焊接手册[M]. 北京：机械工业出版社，2001.
(Chinese Mechanical Engineering Society of Welding Society. Welding Handbook[M]. Beijing: China Machine Press, 2001.)

[2] 陈祝年. 焊接工程师手册[M]. 北京：机械工业出版社，2002.
(CHEN Zhu-nian. Welding Engineer Manual[M]. Beijing: China Machine Press, 2002.)

[3] 李妙珍. 关于铝及铝合金的焊接工艺浅析[J]. 轻金属，2007,(9):66-69.
(LI Miao-zhen. Analysis of Aluminum and Aluminum Alloy Welding Technology[J]. Light Metals, 2007,(9):66-69.)

[4] 雷忠荣，付维军，杨永康，等. 大型钛制热交换器研究现状[J]. 石油化工设备，2011,40(1):56-59.
(LEI Zhong-rong, FU Wei-jun, YANG Yong-kang, et al. Introduction of Large-scale Titanium Heat Exchanger[J]. PETRO-CHEMICAL EQUIPMENT, 2011,40(1):42-46.)

[5] ASME Code, SectionⅡ, Part B, Nonferrous Material Specification, 2010 Edition[S].

[6] 杜国华. 新编焊接技术问答[M]. 北京：机械工业出版社，2008.
(DU Guo-hua. New Welding Technology Question-Answering[M]. Beijing: China Machine Press, 2008.)

[7] 周振丰. 焊接冶金学(金属焊接性)[M]. 北京：机械工业出版社，2005.
(ZHOU Zhen-feng. Welding Metallurgy(Weldability)[M]. Beijing: China Machine Press, 2005.)

[8] 李春旭，王　珊，郭学良. 数字化逆变交直流方波脉冲TIG焊机研制[J]. 电焊机，2006,31(10):31-35.
(LI Chun-xu, WANG Shan, GUO Xue-liang. Digital IGBT Invert AC/DC Plused TIG Welding Power Sources Based on DSP[J]. Electric Welding Machine, 2006,31(10):31-35.)

[9] ASME Code, SectionⅡ, Part C, Specifications for Welding Rods, Electrodes, and Filler Metals Nonferrous Material Specification, 2010 Edition[S].

[10] ASME Code, SectionⅨ, Welding and Brazing Qualifications, 2010 Edition[S].

[11] ANSI B31.3—2000, American National Standards Institute[S].

(许编)