

DOI: 10.3969/j.issn.1671-6795.2021.03.005

铝合金型材喇叭状 V 形坡口自动 MIG 焊工艺研究

康 铭,林相远,邓 鑫,金文福

(辽宁忠旺集团有限公司,辽宁 辽阳 111003)

摘 要: 针对铝合金型材喇叭状 V 形坡口进行焊接工艺参数优化研究,从焊丝干伸长、焊枪后倾角以及焊接电流三个方向进行优化,焊后进行外观检测、渗透检测、宏观金相观察以及拉伸性能检测。结果表明,焊丝干伸长过长以及焊枪后倾角过大均会致使接头有效连接厚度变小、气孔率增加;随着焊接电流的增大,接头有效连接厚度逐渐增加,当焊接电流过大时则易出现焊瘤。对于拉伸断裂结果而言,有效连接厚度超过母材壁厚的接头均在热影响区断裂且最大拉伸载荷较高,有效连接厚度小于母材壁厚的接头可能在焊缝金属处断裂且最大拉伸载荷较低。

关键词: 铝合金型材;喇叭状 V 形坡口;MIG;工艺优化;有效连接厚度

中图分类号: TG457.14 **文献标识码:** A **文章编号:** 1671-6795(2021)03-0019-05

铝合金型材喇叭状 V 形坡口是铝合金焊接产品中常见的焊接接头形式^[1]。在产品中,通常焊后需对其余高进行打磨,以保证后续装配的顺利进行。余高为焊缝强度的保证措施之一,对于无余高的焊道,则其焊缝强度主要依靠焊缝的内部质量来进行保证。当无余高焊道的焊接工艺不合理时,极易发生接头强度低于设计强度进而发生失效断裂的情况。因此,合理的焊接工艺参数是保证焊接产品质量的必要条件。现针对铝合金型材 V 形坡口喇叭接头进行焊接工艺优化研究,旨在为焊接从业者提供数据参考。

1 实验材料与方法

实验母材为 6063-T6 挤压型材,母材壁厚

2.5mm,母材的抗拉强度大于 215MPa,屈服强度大于 170MPa,伸长率大于 6%,满足 GB/T 6892 标准;母材成分(质量分数,%)为 Si 0.2~0.6, Mg 0.45~0.9, Fe 0.35, Cu 0.10, Mn 0.10, Cr 0.10, Ti 0.10, Zn 0.10, Ni 0.10, Al 及其它为余量,满足 GB/T 3190-2008 标准要求。

焊接方法为单脉冲自动 MIG 焊,焊接设备为 Fronius TPS5000CMT 逆变式数字化铝焊机,机器人手臂为 KUKA KR90,焊丝为 EN ISO 18273:S Al 5356。焊接接头如图 1 所示,焊枪角度描述如图 2 所示。

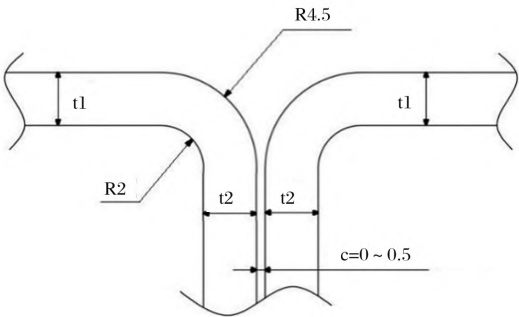


图 1 焊接接头
Fig.1 Welded joints

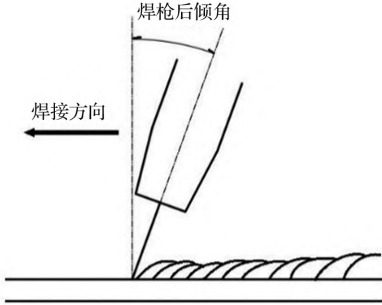


图 2 焊枪角度
Fig.2 Welding torch angle

型材壁厚 t_1 与 t_2 相同,均为 2.5mm;焊接速度均为 12.2mm/s,气体流量为 25L/min。本次试验采用控制变量法来进行,表 1 中,序号 1~序号 3 为研究焊丝干伸长对接头质量的影响,序号 4~序号 6 为研究焊枪后倾角对接头质量的影响,序号 7~序号 14 为研究焊接电流对接头质量的影响。焊接完成后依次进行目视检测、渗透检测、宏观金相观察及拉伸性能检测,通过试验结果来对各因素进行分析。

表 1 自动 MIG 焊接参数

Tab.1 Automatic MIG welding parameters

序号	焊丝干伸长/mm	焊枪后倾角/°	焊接电流/A	焊接电压/V
1	10	30	140	21.0
2	15	30	140	21.0
3	20	30	140	21.0
4	10	0	140	21.0
5	10	30	140	21.0
6	10	45	140	21.0
7	10	30	90	18.5
8	10	30	100	19.0
9	10	30	110	19.5
10	10	30	120	20.0
11	10	30	130	20.5
12	10	30	140	21.0
13	10	30	150	21.5
14	10	30	160	22.0

2 实验结果及分析

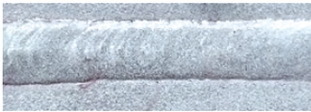
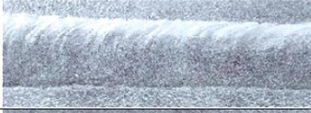
2.1 焊丝干伸长的影响

焊丝干伸长的研究采用表 1 中序号 1~序号 3 的焊接参数来进行。由实验结果可知,当焊丝干伸长为 10mm 与 15mm 时,目视检测与渗透检测均可满足 ISO 10042 B 级以及 ISO 23277 1 级标准要求(表 2)。但当焊丝干伸长为 20mm 时,焊趾处出现链状气孔,因此无法满足标准要求。但在去除余高的接头中,焊丝干伸长为 10mm 与 20mm 的焊道表面无宏观气孔存在,但焊丝干伸长为 15mm 的焊道表面存在密集气孔。这是由于焊丝干伸长越长,气体对焊道的保护效果越差所致。而当焊丝干伸长为 20mm 时,焊道有效连接厚度较其它两种干伸长参数要浅,故气体更容易向上溢出,打磨余高后刚好可以去除。

如图 3 宏观金相观察结果所示,当焊丝干伸长为 10mm 及 15mm 时,焊缝有效连接厚度分别为 3.2mm 和 2.6mm,均大于母材壁厚的 2.5mm;当焊丝干伸长为 20mm 时,焊缝有效连接厚度为 2.2mm,小于母材的 2.5mm。通过表 3 的拉伸断裂结果可知,三种焊丝干伸长下的最大拉伸载荷几乎一致且均因焊接造成的过时效作用而在热影响区断裂。虽然焊丝干伸长为 20mm 时接头存在缺陷,但是其有效连接厚度为 2.2mm,具有一定连接强度,与焊接母材热影响区位置厚度 2.5mm 相差不大,其母材合金为 6063,本身强度不高,对比热输入影响,热影响区处强度损失较大,因此断裂位置为热影响区。图 3(c)有效连接厚度小的情况可能为局部情况,并未贯穿整道焊缝。综上所述,焊丝干伸长为 10mm 时焊道质量最佳。

表 2 不同干伸长的焊道

Tab.2 Weld paths with different dry elongation

焊丝干伸长/mm	目视	渗透	余高去除
10			
15			
20			

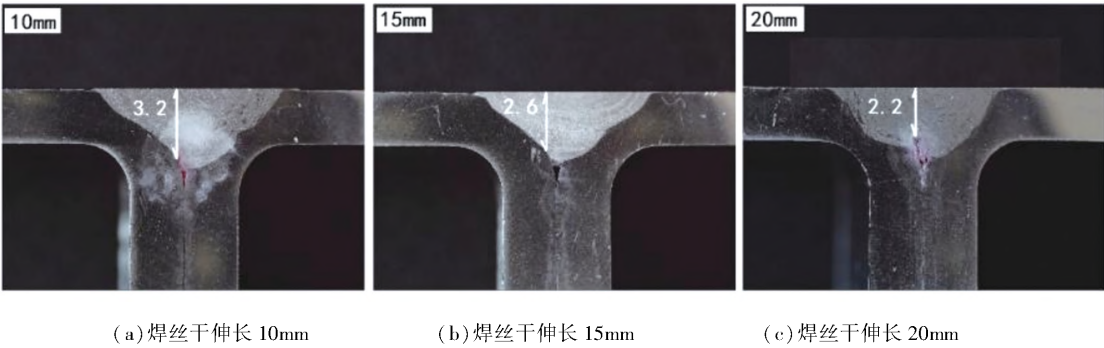


图 3 不同干伸长的接头宏观金相

Fig.3 Macroscopical metallography of joints with different dry elongation

表 3 不同干伸长的拉伸断裂结果

Tab.3 Tensile fracture results of different dry elongation

焊丝干伸长/mm	最大拉伸载荷/N	断裂位置
10	10413	热影响区
15	10276	热影响区
20	10112	热影响区

2.2 焊枪后倾角的影响

焊枪后倾角的研究采用表 1 中序号 4~序号 6 的焊接参数来进行。由实验结果可知,当焊枪后倾角度

分别为 0°、30°、45°时,焊道目视检测以及渗透检测均满足 ISO 10042 B 级以及 ISO 23277 1 级标准要求(表 4)。但当焊枪后倾角为 0°时,焊道表面存在多个小尺寸单气孔缺欠,这可能是由于保护气体在焊接行进过程中被吹向后方而使前部焊道保护效果减弱所致。对其进行余高打磨后,焊枪后倾角为 45°时的焊道表面出现密集气孔,可见过大的焊枪后倾角亦会使气体保护效果减弱。图 4 为不同焊枪角度的接头宏观金相。

表 4 不同焊枪角度的焊道

Tab.4 Weld paths with different torch angles

焊枪角度/°	目视	渗透	余高去除
0			
30			
45			

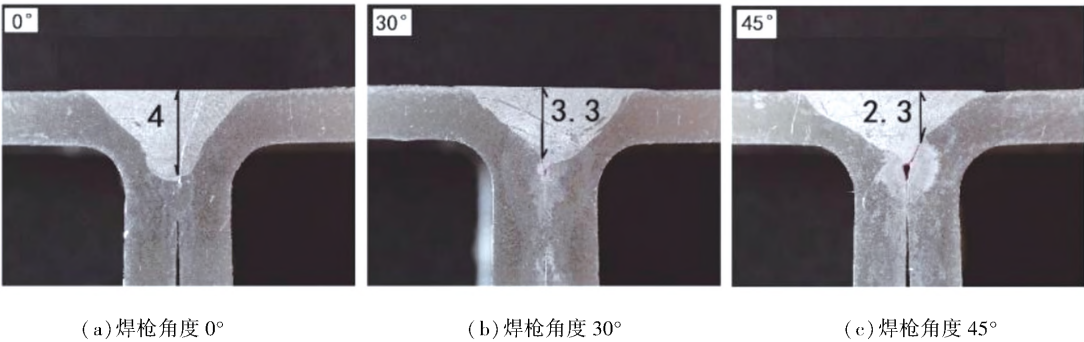


图 4 不同焊枪角度的接头宏观金相

Fig.4 Macroscopical metallography of joints with different welding torch angles

如图 4 所示,当焊枪后倾角为 0°时接头有效连接厚度为 4.0mm,当焊枪后倾角为 30°时接头有效连接厚度为 3.3mm,均大于母材壁厚的 2.5mm;但当焊枪后倾角为 45°时接头有效连接厚度仅为 2.3mm,小于母材壁厚,故焊缝金属区域可能将成为接头最薄弱区域。由拉伸断裂结果(表 5)可知,当焊枪后倾角为 0°及 30°时均因焊接的过时效作用而在热影响区断裂;而当焊枪后倾角为 45°时,接头在焊缝金属区域断裂且其最大拉伸载荷值在三种参数中最低,因此这极可能是由于该处有效连接厚度过小而导致的。综上所述,当焊枪后倾角为 30°时,焊道质量最佳。

表 5 不同焊枪角度的拉伸断裂结果

Tab.5 Tensile fracture results of different welding torch angles

焊枪角度/°	最大拉伸载荷/N	断裂位置
0	10442	热影响区
30	10001	热影响区
45	9366	焊缝金属

2.3 焊接电流的影响

焊接电流的研究采用表 1 中序号 7~序号 14 的焊接参数来进行。不同焊接电流对应的焊后接头有效连接厚度值如图 5 所示。可见焊接电流在 120A 及以上时接头的有效连接厚度大于母材壁厚(2.5mm)。不同焊接电流对应的接头拉伸断裂结果如表 6 所示。可见接头有效连接厚度值在 2.5mm 以上时,接头强度较高,拉伸断裂位置均位于热影响区。因此,对焊接电流分别为 120A、130A、140A、150A、160A

下的焊道参考 ISO 10042 B 级以及 ISO 23277 1 级要求进行目视检测与渗透检测,同时将余高打磨后进行焊道表面气孔数量观察,结果均如表 7 所示。

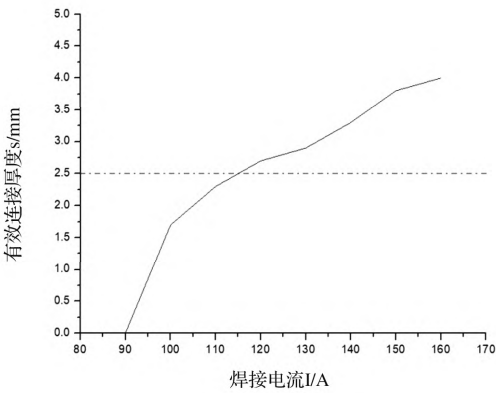


图 5 焊接电流与有效连接厚度的关系

Fig.5 Relationship between welding current and effective connection thickness

表 6 不同焊接电流的拉伸断裂结果

Tab.6 Tensile fracture results of different welding currents

焊接电流/A	最大拉伸载荷/N	断裂位置
90	0	熔合线
100	4208	熔合线
110	4397	熔合线
120	10052	热影响区
130	10252	热影响区
140	10213	热影响区
150	10228	热影响区
160	9788	热影响区

表 7 不同焊接电流的焊道

Tab.7 Weld paths with different welding currents

焊接电流/A	目视	渗透	余高去除
120			
130			
140			
150			
160			—

由实验结果可知,当焊接电流分别为 140A、150A、160A 时,焊道目视检测以及渗透检测均满足 ISO 10042 B 级以及 ISO 23277 1 级标准要求。但当焊接电流分别为 120A、130A 时,焊趾处出现链状气孔,无法满足标准要求,这可能是由于焊接热输入过小而使气体在溢出前,液态填充金属即凝固所致。当焊接电流为 150A 时,焊缝开始下榻,焊道背部出现焊泪,

如图 6(c) 所示。焊泪的存在可能引起其它缺陷的产生,因此是应当避免存在的。当焊接电流为 140A 时,焊道打磨余高后无宏观气孔存在,故焊道质量较好。高的焊接热输入将导致较大的焊接变形^[2],因此在实际产品生产中,选择焊接电流时应当尽量选择较小的电流以保证产品的精度,即 140A 是最佳焊接电流。



(a) 焊接电流 130A; (b) 焊接电流 140A; (c) 焊接电流 150A

图 6 不同焊接电流的接头宏观金相

Fig.6 Macroscopical metallography of joints with different welding currents

3 结论

(1) 焊丝干伸长过长以及焊枪后倾角过大均会使接头有效连接厚度变小、气孔率增加。当焊丝干伸长为 10mm、焊枪后倾角为 30° 时,焊道质量最佳。

(2) 随着焊接电流的增大,接头有效连接厚度逐渐增加,但当焊接电流过大时则易出现焊泪。对于拉伸断裂结果而言,有效连接厚度超过母材壁厚的接头均在热影响区断裂且最大拉伸载荷较高,有效连接厚

度小于母材壁厚的接头可能在焊缝金属处断裂且最大拉伸载荷较低。同时,大的焊接热输入亦可能增大产品的焊接变形,因此 140A 是最佳焊接电流。

参考文献

- [1] AWS A2.4[S].US: American Welding Society, 2007
- [2] 王胜伟,李曼德,刘显勇,等.焊接热输入对堆焊残余应力和变形的影响分析[J].焊管,2017,40(12):19-23.

Study on Automatic MIG Welding Process for Flare-V-Groove Joint of Aluminum Alloy Profile

Kang Ming, Lin Xiangyuan, Deng Xin, Jin Wenfu

(Liaoning Zhongwang Group Co., Ltd., Liaoyang 111003, China)

Abstract: In this paper, the optimization of welding process parameters for the flare-v-groove of aluminum alloy profile is studied. The optimization is carried out from three directions: dry elongation of welding wire, back inclination of welding torch and welding current. After welding, the appearance inspection, penetration inspection, macro metallographic observation and tensile property inspection are carried out. The results show that too long dry elongation of welding wire and too large dip angle of welding torch will decrease the effective joint thickness and increase the porosity. With the increase of welding current, the effective joint thickness increases gradually. When the welding current is too large, the welding stain is easy to appear. For the tensile fracture results, the joints with effective joint thickness greater than the wall thickness of the base metal are all fracture in the heat-affected zone and the maximum tensile load is higher, joints with effective joint thickness less than the wall thickness of the base metal may fracture at the weld metal and have a lower maximum tensile load.

Keywords: aluminum alloy profile; flare-v-groove; MIG; welding process optimization; effective connection thickness