

铝合金 T 形接头双侧脉冲 MIG 单道焊接工艺

陈树君¹, 董海洋¹, 张海沧^{2,3}, 闫朝阳¹

(1. 北京工业大学, 北京 100124; 2. 吉林大学, 吉林 130022; 3. 中车长春轨道客车股份有限公司, 吉林 130062)

摘要: 采用自适应熔覆量的方法, 对 15 mm 厚的 6082 铝合金 T 形接头进行了双侧脉冲熔化极惰性气体保护焊(MIG)单道焊接工艺的研究。在单热源单边焊接条件下, 分析预留间隙、焊枪角度、送丝速度及行走速度等参数对焊缝成形的影响, 并根据焊缝成形及表面质量, 确定最优焊接工艺参数区间。在此基础上, 对 T 形接头进行双侧对称热源和双侧非对称热源焊接。试验结果表明, 当预留间隙为 0 mm 或 1 mm、焊枪行走角为 15°左右时, 焊缝饱满且无咬边现象; 当送丝速度为 9.5 m/min 时, 焊缝成形良好并能实现根部完全熔合。

关键词: T 形接头; 脉冲 MIG; 焊接工艺参数; 焊缝成形; 根部熔合

中图分类号: TG444

0 前言

铝合金以其良好的比强度、耐腐蚀性等优点, 在高铁、轨道客车等领域得到了广泛的应用^[1]。工业经济的飞速发展, 对铝合金焊接结构件的需求日益增多。铝合金 T 形接头作为最为常见的焊接结构之一, 在实际焊接过程中存在接头处熔合质量差、焊接效率低等缺陷^[2-4]。随着“十四五规划”中加强建设交通强国, 完善综合交通枢纽等建设性意见的提出, 如何在保证焊接质量的前提下提高 T 形接头的焊接效率会逐渐成为国内外学者研究的重点。

自 1998 年美国 Kentucky 大学的 Zhang 等人^[5]首次提出: 相较于其他焊接方法, 双热源焊接具有焊接效率高、熔深大等优点后, 国内在中厚板铝合金 T 形接头焊接领域所普遍采用双热源多层多道焊接方式。高大伟^[6]采用双热源 TIG 打底 + 填丝的焊接方法对 15 mm 厚的 5083 铝合金 T 形接头进行焊接, 通过调整交流正负半波波形来优化焊接过程的稳定性、提升焊接质量。李宇昕^[7]采用双热源 MIG 打底、双侧 MIG 填充 + 盖面的方式对 15 mm、20 mm、30 mm 的 6082-T6 铝合金 T 形接头进行自动化焊接, 在一定程度上提高了焊接效率, 但增加了过程复杂性。Kwon 等人^[8]以 AA5182 铝

合金为型材, 应用激光 - TIG 双面焊接方式进行焊接试验, 改善了焊接质量。同时, 针对激光 - TIG 双面焊的工艺研究还包括了焊接工艺、焊缝组织及接头性能等^[9]。中车唐山机车车辆有限公司的郭丽娟等人^[10]以 2.5 mm + 3 mm 的碳钢 T 形接头为研究对象, 应用大角度激光填丝焊的焊接方式进行双侧焊接, 通过改变光斑在立板上的位置及激光输入功率, 改善了接头焊接质量, 实现了焊缝根部的全熔透。截至目前, 在多层多道焊的焊接过程中, 仍存在焊缝不易跟踪、机器人编程困难、自动化效率低且焊缝同底板熔合质量差等缺点。

为提升中厚板焊接质量和效率, 文中以 15 mm 厚的 6082 铝合金为研究对象, 以脉冲 MIG 为工艺基础, 对 T 形接头进行双侧热源单道焊接成形的研究。进行单热源焊接试验, 确定预留间隙、焊枪角度、送丝速度及行走速度等参数的最优工艺参数区间。以双热源对称及非对称焊接进行工艺验证, 以期实现 15 mm 厚铝合金 T 形接头的单道成形, 为中厚板铝合金 T 形接头单道焊接双面成形奠定工艺及理论基础。

1 试验材料与方法

1.1 试验材料及接头形式

试验中母材为 6082 铝合金, 填充材料选择直径为 1.6 mm 的 ER5087 焊丝, 其化学成分见表 1。待焊件的接头形式及尺寸如图 1 所示, 立板同底板尺寸均为 15 mm × 180 mm × 400 mm, 立板开 55°坡口并预留 2 mm 钝边。

收稿日期: 2021 - 04 - 23

基金项目: 国家自然科学基金资助项目联合基金重点支持项目(U1937207); 广东省重点领域研发项目(2018B090906004); 山东省重大科技创新项目(2019JZZY010452)。

doi: 10.12073/j.hj.20210423002

表1 母材及填充焊丝的化学成分(质量分数,%)

材料	Si	Mn	Mg	Fe	Cu	Ti	Cr	Al
6082-T6	0.95	0.86	0.57	0.31	0.06	0.02	0.02	余量
ER5087	0.06	0.77	4.89	0.28	0.02	0.07	0.10	余量

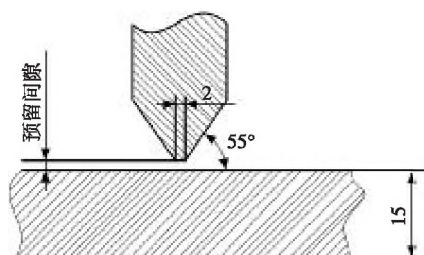


图1 T形接头示意图

1.2 焊接系统

文中选择具有低飞溅、恒熔深、电弧稳定性高、熔滴过渡稳定等优势 的福尼斯 TPS500i 焊机作为焊接热源,其中使用两套焊接电源,焊枪分别固定于 T 形接头两侧,所搭建焊接系统如图 2 所示。通过电压电流传感器实时采集焊接过程中的电信号,高速摄像拍摄焊接过程中电弧形态及熔池行为,分析不同焊接参数在焊接过程中对焊缝表面成形及根部熔合的影响。

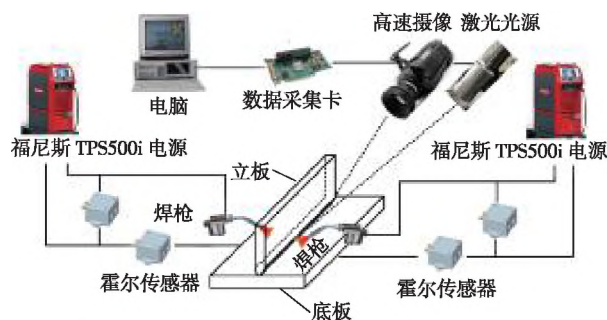


图2 铝合金 T 形接头双侧脉冲 MIG 焊接系统

1.3 焊接方式

在 T 形接头双侧脉冲 MIG 焊的焊接过程中,工作角及行走角对熔滴过渡方式及熔池金属流动性具有较大影响。其中工作角 α 的定义为焊枪轴线在焊缝法平面上的投影同底板之间的角度,由于立板开坡口为 55° ,所以选择工作角为与之垂直的 35° ,这样可以保证焊接过程中,熔滴靠近焊缝根部,有利于焊缝根部的熔合。行走角 β 的定义为焊枪轴线同焊缝法平面之间的角度^[11],如图 3 所示,采用双侧脉冲 MIG 进行焊接,焊接过程中两侧焊枪保持相同的工作角及行走角。通过外部 IO 连接两台焊机控制柜,控制两侧机器人同步运

动,且用倍福模块实现两台焊机同步起弧。

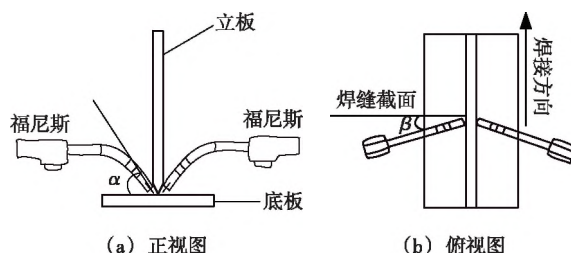


图3 焊枪姿态示意图

1.4 自适应熔覆量法

自适应熔敷量是根据待焊工况尺寸、坡口、截面等状态计算出最小熔敷量的方法。采用自适应熔覆量方法进行焊缝填充,可以保证单位体积熔质所提供的功率是填满焊缝的极小值,有效降低焊缝的热输入、减小中厚板铝合金 T 形接头焊缝变形量。在焊接过程中,通过固定焊枪的姿态,拟定焊缝形貌为平行于焊丝法平面的平焊缝,则通过焊缝截面与焊丝截面面积之间的比值,计算出给定送丝速度下焊接速度,具体表达式如式(1)所示:

$$W_{FS} \times t \times S_1 = T_s \times t \times S_2 \quad (1)$$

式中: W_{FS} 为送丝速度; T_s 为机器人行走速度; t 为焊接时间; S_1 为焊丝截面面积; S_2 为焊缝截面面积。随着间隙的增加, T 形接头焊缝截面面积由 S_2 增大到 S_3 ,如图 4 所示,焊缝金属填充量增加,对应相同送丝速度

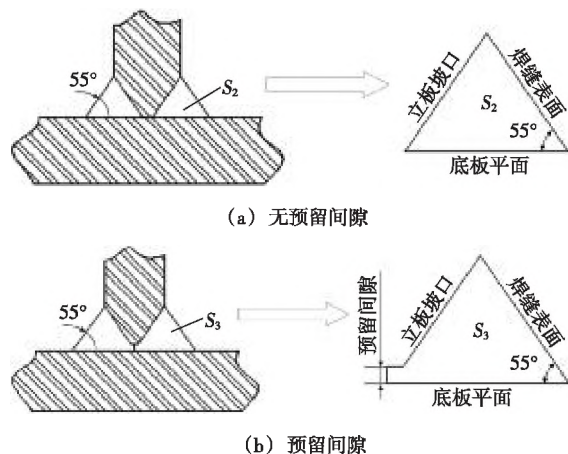


图4 有无预留间隙下截面面积

条件下的行走速度降低。根据预留间隙、行走速度和送丝速度进行正交试验,试验参数见表2。

预留间隙	送丝速度 $v_f/(\text{m} \cdot \text{min}^{-1})$				
b/mm	6	7	8	9	10
0	3.5	4.0	4.6	5.2	5.8
1	2.9	3.3	3.8	4.2	4.7
2	2.4	2.8	3.2	3.6	3.9
3	2.0	2.4	2.7	3.0	3.4

2 单热源焊接工艺优化

2.1 预留间隙试验

在实际的焊接过程中,预留间隙的增加会增大焊缝金属的填充量,同时也会改变熔池金属向对侧的流动性,从而影响焊缝表面成形质量。因此设定T形接头中立板与底板的预留间隙分别为0 mm,1 mm,2 mm,3 mm,保持焊枪行走角为 0° ,送丝速度为8 m/min进行单侧焊接试验,试验结果如图5所示。当预留间隙为0 mm时,电弧加热熔池根部受阻,液态金属难以同根部熔合,大量填充金属堆积于焊缝表层处,以致形成凸起状,如图5a所示。当预留间隙为1 mm时,焊缝表面成形均匀连续,表面凸起程度较小。随着预留间隙增加至2~3 mm时,焊缝熔池向对侧偏置严重,无法在焊接侧形成稳定的焊缝,如图5c~图5d所示。



(a) 预留间隙 0 mm



(b) 预留间隙 1 mm



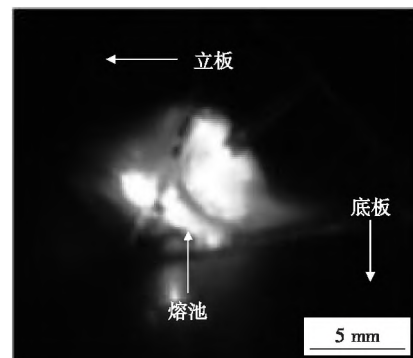
(c) 预留间隙 2 mm



(d) 预留间隙 3 mm

图5 不同预留间隙对焊缝成形的影响

观察不同预留间隙下高速摄像监测到的熔滴过渡形态及熔池流动特性可知,当预留间隙为0 mm时,焊缝截面面积较小而电弧形态呈发散状,电弧主要作用于立板坡口侧壁,以及底板远离焊缝根部位置,焊缝根部受热较小未熔化。作用于熔池表面的电弧力较小,且焊缝根部较小的间隙进一步阻碍了液态金属向焊缝根部流动,如图6a所示。液态金属主要集中于焊缝表面处,焊缝表面呈凸起状。当预留间隙为2 mm时,焊接电弧同立板作用位置靠近立板坡口最底端,加速钝边处熔化,熔质液态金属向对侧焊缝流动性进一步增强,如图6b所示。



(a) 预留间隙 1 mm

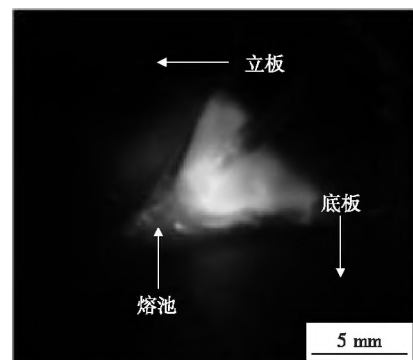


图6 不同预留间隙的熔池形态

对比不同预留间隙下的熔池流动特性及焊缝表面成型特征可以得出:随着预留间隙的增加,电弧加热熔池根部能力增强,液态金属能与根部完成熔合。随着预留间隙的进一步加大,根部钝边熔化严重,液态金属向对侧流淌,以致在焊接侧无焊缝成形。如果在双热源焊接时,预留间隙过大两侧熔池金属会相互影响,导致熔池失稳。综合考虑,在单热源焊接过程中预留间隙为0 mm,1 mm时焊缝成形良好。

2.2 焊枪角度试验

在实际的焊接过程中,工作角及行走角对焊缝成

形有较大影响,因此需掌握工作角及行走角对焊缝成形的影响规律。文中设定工作角为 35° ,设计行走角为 $0^\circ \sim 25^\circ$ 每间隔 5° 为一组试验参数,预留间隙为 1 mm ,送丝速度为 8 m/min ,对T形接头进行单热源焊接工艺试验,分析此工况下最佳行走角的工艺区间。

对比不同行走角下的焊缝成形可知,当保持行走角为 $0^\circ \sim 5^\circ$ 时,即焊枪轴线平行于焊缝截面,熔滴垂直滴入焊缝,且电弧作用范围较广,电弧力压迫液态金属向熔池后端流动并在重力的影响下有下淌的趋势,使得焊缝下表面呈凸起状,且焊缝存在咬边现象,如图7a~图7b所示。当行走角为 $10^\circ \sim 15^\circ$ 时,电弧推着熔池前进,且直接作用于熔池的力为电弧力在轴向上的分力;斜向的电弧增强了熔池段的热力梯度,使得液态金属在表面张力的作用下易于完成立板与底板的连接,此时焊缝成形均匀平滑且无咬边缺,如图7c~图7d所示。当行走角增大至 $20^\circ \sim 25^\circ$ 时,增加了电弧的等效长度,电弧发散、熔滴过渡失稳,热源一直工作在非稳态,破坏了熔池的稳定性,焊缝出现断续连接,如图7e~图7f所示。综上所述,当工作角为 35° 时,行走角工作在 $10^\circ \sim 15^\circ$ 之间熔池较稳定,焊缝成形良好。

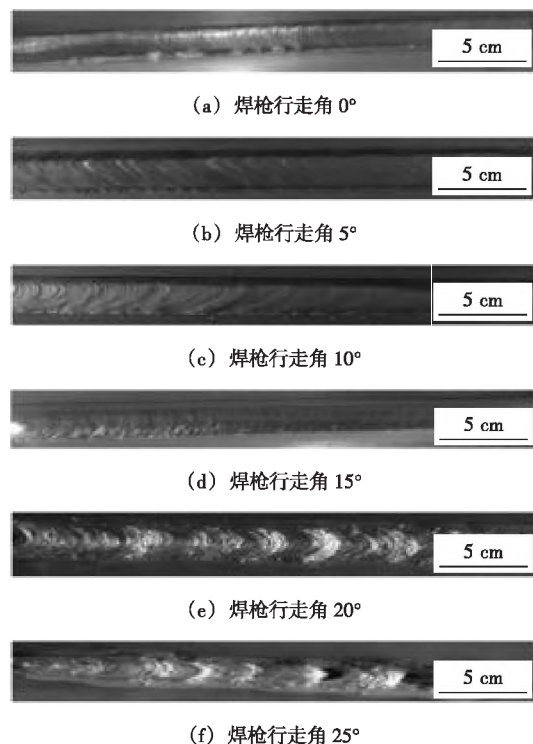


图7 不同焊枪行走角对焊缝成形的影响

2.3 送丝速度及行走试验

由于脉冲MIG焊接工艺的一元化和热质耦合特

性,送丝速度的改变不仅会影响熔敷效率,而且会决定传输热量的大小,对焊缝表面成形及根部熔合影响较大,因此需掌握送丝速度对缝表面成形及根部熔合影响规律。该试验设计送丝速度由 6 m/min 增加至 10 m/min ,每隔 1 m/min 为一组试验参数,预留间隙为 1 mm 、保持焊枪工作角为 35° ,行走角 15° 进行T形接头单热源焊接试验,分析不同送丝速度下的焊缝成形质量,确定送丝速度的最佳工艺区间。

观察在不同送丝速度及其匹配的行走速度条件下的焊缝成形可以得出,当送丝速度为 $6 \sim 7\text{ m/min}$ 时,电弧热输入较小,焊缝同立板与底板存在咬边缺陷,成形质量较差,如图8d~图8e所示。当送丝速度为 $8 \sim 9\text{ m/min}$ 时,焊缝表面均匀连续,成形质量良好,如图8b~图8c所示。当送丝速度为 10 m/min 时,电弧温度较高,焊缝表面存在烧损缺陷,如图8a所示。

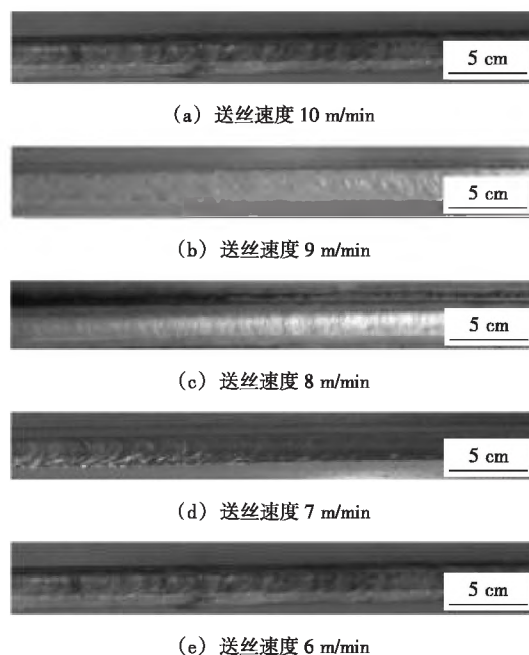
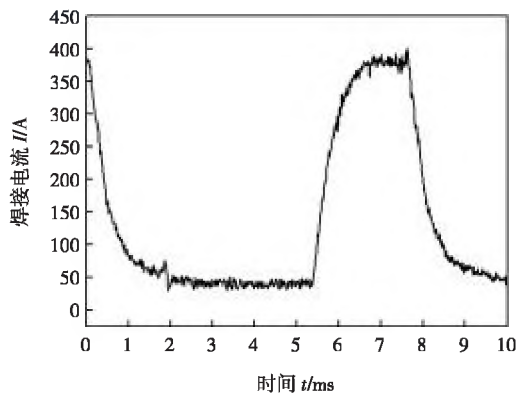
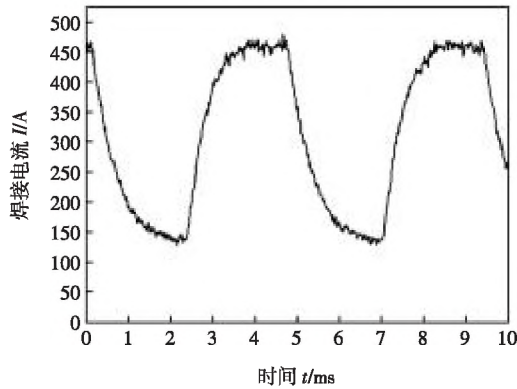


图8 不同送丝速度对焊缝成形的影响

测量单热源焊接过程中不同送丝速度条件下的电流波形如图9所示。当送丝速度由 6 m/min 增加至 10 m/min 时,焊接电流脉冲周期由 7.6 ms 降低至 4.6 ms ,频率由 132 Hz 增加至 217 Hz ,焊接电流峰值由 400 A 增加至 470 A 。通过对焊接过程中电信号平均值的计算可得,焊接电流的平均值由 185 A 增加至 300 A ,焊接电压的平均值由 20.4 V 均匀增加至 25.2 V ,焊缝热输入显著增强,有利于增大焊缝熔深。不同送丝速度条件下焊接热源的平均功率如图10所示。



(a) 送丝速度 6 m/min



(b) 送丝速度 10 m/min

图9 不同送丝速度电流脉冲波形

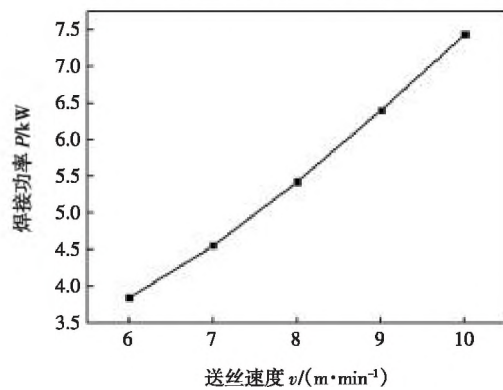


图10 不同送丝速度下的焊接功率

随送丝速度的增加,焊接热源匹配的功率加速上升,根据热输入公式(2)可知^[12]

$$E = \frac{UI}{v}\eta \quad (2)$$

式中: E 为热输入; U 为电弧电压; I 为焊接电流; η 为热效率; v 为焊接速度。随着热输入的增大、熔池温度增加,液态金属的粘度降低,熔池向焊缝根部的流动性增

加。另外焊接热输入的增大,会加快母材金属的熔化,增加焊缝根部的熔合质量。综上所述,当送丝速度区间为9~10 m/min时,可以在保证焊缝成形质量良好的前提下增加焊缝熔深。

3 双热源焊接工艺验证

以单热源焊接条件下得到的最优焊接工艺参数进行双热源单道焊接试验,验证该工艺参数在双热源焊接过程中的适用性。当预留间隙为1 mm,保持送丝速度为9 m/min,行走速度为4.2 mm/s,工作角为35°,行走角为15°进行双热源焊接时,两侧电弧相互干扰,导致焊缝产生断续,或一侧凸起、一侧凹陷等表面缺陷,焊缝成形质量较差。为解决双热源焊接过程中双侧电弧互相干扰的缺陷,在双热源单道焊接过程中提出两种不同的焊接方式:当预留间隙为0 mm时,进行双热源对称焊接。当预留间隙为1 mm时,进行双热源非对称焊接。

3.1 双热源对称焊接

当预留间隙为0 mm时,送丝速度由9 m/min增加至10 m/min,间隔0.5 m/min为一组试验参数,进行双热源对称焊接试验,得到不同送丝速度条件下的焊缝成形及根部熔合见表3。对比不同送丝速度条件下的焊缝表面成形及根部熔合质量可以得出,当送丝速度为9 m/min时,电弧热输入较小,与底板熔合较差。当送丝速度增加至10 m/min时,T形接头坡口处完全熔透,两侧熔池贯通性良好,但随着焊接过程中热量的不断积累及对侧熔池对工件的热强化作用^[13],焊缝表面易出现烧损及断续等表面缺陷。当送丝速度为9.5 m/min时,铝合金T形接头两侧熔池贯通性良好,焊缝表面成形均匀连续,且根部熔合质量好。

3.2 双热源非对称焊接

当预留间隙为1 mm,送丝速度为9.5 m/min,焊枪前后间距由10 mm增加至20 mm,间隔5 mm为一组试验参数,进行双热源非对称焊接试验,得到焊缝形貌及根部熔合情况见表4。当两侧焊枪的前后间距为10 mm时,焊接过程中前侧电弧加热立板至固液共存态,伴随着后侧电弧热量的持续输入,坡口上沿处会严重烧损。保持两侧焊枪的前后间距为20 mm,前端熔池的凝固侧超过后侧熔池的熔合侧,即两侧熔池没有交叉点,前侧电弧对后侧电弧的预热效果不明显,焊缝成形效果近似于单热源焊接,失去双热源共同焊接的意义。因此保持前后枪间距为15 mm,两侧熔池贯通且不存在干涉,焊缝外观均匀连续。

表3 不同送丝速度下的焊缝形貌

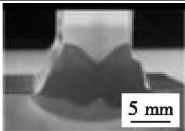
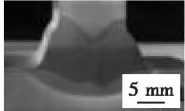
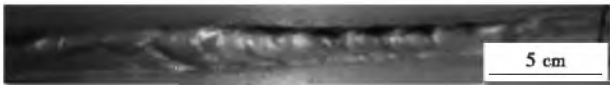
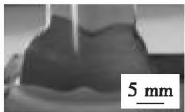
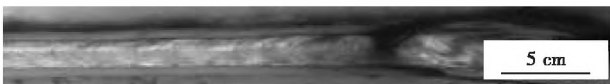
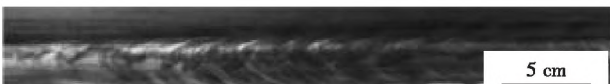
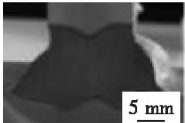
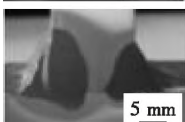
送丝速度 $v_f/(m \cdot min^{-1})$	焊缝成形	焊缝熔合
9		
9.5		
10		

表4 前后间距对焊缝成形的影响

焊枪前后间距 L/mm	焊缝形貌	焊缝截面
10		
15		
20		

4 结论

(1)在 T 形接头单热源焊接过程中,预留间隙及焊枪角度对焊缝表面成形影响较大,焊接热输入的大小决定焊缝根部的熔合质量。

(2)在 T 形接头双热源焊接过程中,送丝速度为 9.5 m/min 对应的焊缝热输入是保证焊缝表面成形良好的极大值,前后焊枪间距为 15 mm 是两侧焊缝共熔池的边界条件。

(3)以单热源焊接条件下得到的最优焊接工艺参数为基础,通过双侧对称热源和双侧非对称热源两种不同的焊接方式,可以实现 15 mm 厚铝合金 T 形接头单道焊双面成形,提高了自动化焊接效率,且焊缝成形均匀连续、根部熔合良好。

参考文献

[1] 雷玉成,崔展祥,路广遥,等. 超声电弧对 6061 铝合金

MIG 焊接头组织和性能的影响[J]. 焊接学报, 2020, 41(2):33-38.

[2] Fan H G, Tsai H L, Na S J. Heat transfer and fluid flow in a partially or fully penetrated weld pool in gas tungsten arc welding [J]. International Journal of Heat and Mass Transfer, 2001, 44(2): 417-428.

[3] Weld D S. An Introduction to least commitment planning [J]. AI Magazine, 1994, 15(4): 27-61.

[4] Zhao H, Debroy T. Pore formation during laser beam welding of die-cast magnesium alloy AM60B mechanism and remedy [J]. Welding Journal, 2001, 80(8): 204s-210s.

[5] Zhang Y M, Zhang S B. Double-sided arc welding increases weld joint penetration [J]. Welding Journal, 2000, 77(6):57-61.

[6] 高大伟. 中厚板铝合金双面双弧 MIG 焊关键工艺问题研究[D]. 吉林: 吉林大学硕士学位论文, 2017.

[7] 李宇昕. 中厚板 Al-Mg 铝合金双机器人双面双弧焊接工艺研究[D]. 南京: 南京理工大学硕士论文, 2017.

[下转第 28 页]

- 计的粘接层可靠性评价[J]. 电子质量, 2016(7): 25 - 31.
- [9] 孙磊, 张屹, 陈明和, 等. 3D 封装芯片焊点可靠性有限元分析[J]. 焊接学报, 2021, 42(1): 49 - 53, 100.
- [10] Jacobson D M, Ogilvy A J W, Leatham A. A new light-weight electronic packaging technology based on spray-formed silicon-aluminum [J]. Proceedings of International Symposium on Advanced Packaging Materials Processes, Properties and Interfaces, 2000(3): 295 - 299.
- [11] 徐骁, 刘艳, 陈洁民, 等. 电子封装用硅铝合金激光气密焊接研究[J]. 电子与封装, 2016, 16(8): 1 - 4.
- [12] 刘正春, 王志法, 姜国圣, 等. 金属基电子封装材料进展[J]. 兵器材料科学与工程, 2001, 24(2): 49 - 53.
- [13] 康雪晶, 秦连城. 叠层芯片封装元件热应力分析及焊点寿命预测[J]. 电子元件与材料, 2007, 26(5): 66 - 68.
- [14] 南旭惊, 刘晓艳, 陈雷达, 等. 温度循环对 CCGA 焊柱可靠性影响[J]. 焊接学报, 2021, 42(2): 81 - 85.
- [15] 高翔, 禹胜利, 张弛. 电容式湿度传感器多孔上电极受力可靠性分析[J]. 传感技术学报, 2018, 31(10): 1511 - 1515.

第一作者简介: 张杰, 1998 年出生, 硕士; 主要从事电子工艺、芯片封装的研究。

通信作者简介: 禹胜利, 1968 年出生, 博士, 教授; 主要从事电子机构与工艺、微联机技术、新型传感器、仪器装备及其集成技术等研究。

(编辑: 王龙权)

[上接第 6 页]

- [8] Kwon Y, Weckman D C. Double sided arc welding of AA5182 aluminum alloy sheet [J]. Science and Technology of Welding and Joining, 2008, 13(6): 485 - 495.
- [9] Chen Y B, Zhao Y B. Joint performance of laser-TIG double-side welded 5A06 aluminum alloy [J]. Transactions of Non-ferrous Metals of China, 2009, 19(1): 26 - 29.
- [10] 郭丽娟, 田慧, 李洋, 等. 大角度激光填丝双面焊碳钢车体 T 形接头工艺及性能研究[J]. 焊接, 2017(12): 56 - 60.
- [11] 陈树君, 蒋凡, 张俊林, 等. 铝合金变极性等离子弧穿孔横焊焊缝成形规律分析[J]. 焊接学报, 2013, 34(4): 1 - 6.
- [12] 房元斌, 瞿雪梅, 张华清, 等. 基于正交试验的 T 形接头焊接工艺优化[J]. 焊接学报, 2017, 38(8): 45 - 49.
- [13] 崔旭明, 李刘合, 张彦华. 双面电弧焊接熔透穿透机制[J]. 航空制造技术, 2008(18): 85 - 89.

第一作者简介: 陈树君, 1971 年出生, 博士, 教授, 博士生导师; 主要研究变极性等离子弧穿孔焊接工艺、逆变电源的设计与开发、电磁兼容性设计与测试、焊接过程自动化及质量控制等方面; 已发表论文 300 余篇。

(编辑: 王龙权)

[上接第 16 页]

- [12] 张雷, 王延杰, 孙宏海, 等. 采用核相关滤波器的自适应尺度目标跟踪[J]. 光学精密工程, 2016, 24(2): 448 - 459.
- [13] Henriques J F, Caseiro R, Martins P, et al. High-speed tracking with kernelized correlation filters[J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligent, 2015, 37(03): 583 - 596.
- [14] 翟亚芳, 顾钊源, 张大伟. 基于粒子滤波的微型移动机器人红外定位研究[J]. 郑州大学学报(理学版), 2019, 51(4): 63 - 67.
- [15] 秦川, 陶忠, 桑蔚, 等. 基于粒子滤波的运动目标光电定位仿真研究[J]. 应用光学, 2020, 41(1): 10 - 17.

第一作者简介: 杜健准, 1994 年出生, 硕士; 主要从事焊接自动化的研究。

通信作者简介: 高向东, 1963 年出生, 博士, 教授, 博士生导师; 主要从事机器人自动焊接、机器视觉与模式识别的研究; 已发表论文 290 余篇。

(编辑: 王龙权)

MAIN TOPICS, ABSTRACTS & KEY WORDS

T-joint of aluminium alloy by double-side pulsed MIG process

Chen Shujun¹, Dong Haiyang¹, Zhang Haicang^{2,3}, Yan Zhaoyang¹

(1. Beijing University of Technology, Beijing 100124, China; 2. Jilin University, Jilin 130022, China; 3. CRRC Changchun Railway Vehicles Co., Ltd., Jilin 130062, China). p1 – 6, 28

Abstract Double-side pulsed MIG process for 15 mm thick T-joint of 6082 aluminum alloy was investigated with adaptive deposition method. Under the condition of single heat source and unilateral welding, influences of parameters such as reserved clearance, angle of welding gun, wire feeding speed and traveling speed on formation of weld were analyzed. According to formation of weld and its surface quality, the optimum welding parameters were determined. On this basis, T-joints were welded with double-side symmetric heat source and double-side asymmetric heat source. The results showed that when the reserved clearance was 0 mm or 1 mm and angle of welding gun was about 15°, weld was full and without undercut. When the wire feeding speed was 9.5 m/min, the weld was well formed and the root could be fully fused.

Key words: T-joint, pulsed MIG, welding parameters, formation of weld, fusion of root

Simplified model of heat source shape parameters of double ellipsoid based on welding quality

Li Yana, Liu Jiahao

(Dalian Jiaotong University, Dalian 116028, Liaoning, China). p7 – 11

Abstract The shape parameters of the double ellipsoid heat source were mostly determined by measuring the shape of the molten pool, which existed a problem of high cost and low efficiency. Aiming at the problem, the shape parameters of the double ellipsoid heat source under different welding parameters, heat source parameters and plate thickness conditions were calculated by simulating the butt joint model of thin plates below 6 mm in this paper. Based on the simulation results, the mathematical model functions between the shape parameters of the double ellipsoid heat source and the plate thickness were established, which simplified the shape parameters of heat source, improved the efficiency of welding simulation, and then reduced the experimental cost.

Key words: double ellipsoid heat source, shape parameters, butt joint, mathematical model

Butt weld tracking method based on gaussian kernel correlation combined particle filtering

Du Jianzhun, Wang Jingjing, Zhang Yanxi, Gao Xiangdong

(Guangdong Provincial Welding Engineering Technology Research Center, Guangdong University of Technology, Guangzhou 510006, China). p12 – 16, 28

Abstract Aiming at the problem of low positioning accuracy of weld trajectory in automatic arc welding process, a weld tracking method based on gaussian kernel correlation and particle filter was proposed. Image processing technology was adopted to extract the initial feature area of the weld image. The weld feature area was tracked by the gaussian kernel correlation algorithm during welding and the center position of the weld was solved according to the weld feature area. In order to reduce the influence of dynamic noise and observation noise in the welding environment on the positioning accuracy of the weld trajectory, a particle filter model of the weld center position was established to estimate the actual position of the weld. The standard butt weld was tracked in the experiment. The experiment results showed that the gaussian kernel correlation combined particle filter algorithm could further improve the positioning accuracy of the weld trajectory under the interference of the welding ambient noise.

Key words: weld tracking, laser vision, gaussian kernel correlation, particle filter

Stress and strain analysis of the flame correction process of aluminum alloy ship hulls

Yuan Yinhui¹, Lu Hao¹, Hu Bo², Yan Dejun², Xing Liwei¹, Wang Longquan³

(1. Xi'an Shiyong University, Xi'an 710065, China; 2. CSSC Huangpu Wenchong Shipbuilding Co., Ltd., Key Laboratory of Advanced Shipbuilding Welding Technology Enterprise of Guangdong Province, Guangzhou 510715, China; 3. Harbin Welding Institute Limited Company,