

# 轨道车辆端部底架中厚板铝合金焊接工艺研究

许凯

(山西电子科技学院,山西省临汾市,041000)

**摘要** 本文对轨道车辆端部底架厚板焊接工艺做了分析研究,内容主要包括6005A铝合金的成分分析,铝合金焊接工艺参数对焊接质量的影响及选取,焊接试验结果分析及工艺改进等。首先对6005A铝合金的基本性能进行分析,确定这种材料的焊接性,然后通过实验以及理论分析得到了6005A铝合金厚板的焊接工艺,实验过程中发现,自动MIG焊较为符合生产要求,焊接过程中使用四层八道焊,采用的焊接保护气为Ar100%,焊丝则选用ER5356  $\phi$ 1.6,后续的检验结果证明制定的焊接工艺切实可行。

**关键字** 端部底架;枕梁;焊接工艺;6005A铝合金

中图分类号: TG457.1 文献标识码: B  
文章编号: 1008-0899(2025)08-0054-03

对于轨道车辆而言,端部底架起到了非常重要的连接作用,它位于车体的底部,处于转向架与车体中间,承受着车体的绝大部分重量,并且与转向架相连接,在列车运行过程中会受到很大程度的冲击力与交变载荷<sup>[1-3]</sup>。因此,在端部底架的制造过程中,焊接质量很大程度影响着端部底架的整体质量,对列车的行驶安全起着及其重要的作用。端部底架主要包括缓冲梁、牵引梁以及枕梁等部位,此次使用的端部底架枕梁处主要材料为6005A铝合金。

本文主要研究地铁枕梁铝合金厚板焊接工艺,首先对6005A铝合金的焊接性进行系统分析,根据材料特性,选用全机械熔化极惰性气体保护焊进行焊接,根据实际情况制定了合适的焊接参数,保证了焊接接头性能,达到质量控制与工艺优化的目的。之前生产中尚未采用MIG焊焊接18mm厚铝合金板,因此此次工艺研究对今后工作的开展也具有重要意义。

## 1 6005A铝合金焊接工艺参数选取

6005A铝合金是一种使用广泛的中等强度铝合

基金项目:山西省高等学校科技创新项目(项目编号:2022L633)。

作者简介:许凯(1992~),男,山西临汾人,硕士,助教,研究方向:材料科学与工程。

金,属于Al-Mg-Si系,易于成型、焊接性较好,并具有一定的经济性,现已被广泛应用于国产新型地铁端部底架枕梁上,枕梁厚度范围为:10~18mm。根据ISO15614规定的内容,选择了18mm厚6005A对接头作为此次端部底架焊接的评定对象。

### 1.1 6005A铝合金性能

端部底架使用的母材6005A供货状态为T6态(固溶处理,人工时效),属于Al-Mg-Si系铝合金。6005A含有不到1%的Mn,以及少量的Ti,主要强化相为 $Mg_2Si^{[4-6]}$ 。Mn和Ti的存在可以改善铝合金的焊接性,并且Ti可以细化晶粒,避免焊后出现热裂纹。而强化相 $Mg_2Si$ 的存在则容易在较高温度下在晶粒边界形成,成为较为薄弱的部位,容易转变为结晶裂纹<sup>[7]</sup>。

6005A是一种比较适宜焊接的材料,但是在焊接的过程中容易因为成分偏析出现热裂纹,这种裂纹主要由于材料成分引起。而焊接过程中出现的气孔则是铝合金焊接的通病,主要由于在焊接过程中焊缝熔池吸收了气体,难以排出而形成。铝合金的裂纹敏感性受填充金属影响,因此选用一种与6005A铝合金相匹配的焊丝材料可降低焊缝部位的裂纹敏感性,工艺制定时应充分考虑。

### 1.2 各种焊接工艺参数对焊接质量的影响及选取

按照图纸要求,此次研究中厚度铝板焊接时采用V形坡口,坡口角度为 $70^\circ$ ,根部间隙正面2mm,背面4mm,钝边1mm。

#### 1.2.1 焊接方法

保证焊缝质量是铝合金焊接方式的首要要求,同时还要求在焊接过程中满足一定的效率和经济性,降低劳动强度,生产中,铝合金焊接工艺主要采用TIG焊、手工MIG焊和自动MIG焊。

对于铝合金焊接而言,TIG焊熔深小,熔敷速度过慢,不适宜厚板长焊缝。采用手工MIG焊时,焊接生产效率较低,厚板长焊缝焊接时焊工劳动强度大,焊接效果波动性较大。而使用自动MIG焊时,焊缝内在成形好,表面成形美观,生产效率高,但是自动焊在焊接过程中容易出现焊枪轨迹偏离焊道的现象,每次焊接前都需要进行编程,重新寻找焊缝,焊接间隙调整较为繁琐。综合考虑,自动MIG焊较为符合生产要求。

### 1.2.2 焊接电流及电压

焊接电流、电压是焊接过程中最为重要的参数,这两个参数的大小直接影响焊缝质量和焊缝尺寸,焊接电流主要影响焊缝熔深的大小,焊接电压主要影响焊缝的宽度,它们与焊速一起影响焊接线能量,因此根据表1的实验结果对电流电压参数进行了选择。

表1 不同焊接电流电压实验表

| 序号 | 焊前温度/℃ | 电流(A) | 电压(V) |
|----|--------|-------|-------|
| 1  | 70     | 245   | 25.5  |
|    | 68     | 260   | 25    |
|    | 70     | 280   | 23    |
| 2  | 67     | 260   | 25    |
|    | 68     | 270   | 23    |
|    | 67     | 275   | 22    |
| 3  | 69     | 275   | 24.5  |
|    | 70     | 280   | 23.5  |
|    | 67     | 290   | 23    |

实验过程中发现,当第一层打底焊电流为260A时,焊缝成形较好,继续增大焊接电流发现试件会出现烧穿的现象,而焊接电流过低则出现了成形较差和未焊透的迹象。在填充层焊接过程中,270A的电流的电流焊缝成形较好,继续增大电流时,焊接完成后试件变形较大,当电流低于270A时,焊缝熔合情况较270A时差。

因此,根据实验结果,采用以下焊接参数比较合适:第1层打底焊电流为260A,第2-3层电流为270A。为改善材料的焊接性,防止焊缝中裂纹的产

生,需在焊前进行预热,预热温度为70℃。

### 1.2.3 保护气体的选用

在焊接过程中,选用合适的保护气,一方面可以提高焊接质量,另一方面可以提高焊接速度。焊接气体的选用应该满足以下条件:①保护气体首先应当可以提供电弧稳定燃烧的条件,不与熔池或者电弧发生反应。②其次应当形成一层气体屏障,避免空气进入焊接区域,保护焊缝金属,避免焊缝金属被氧化,也避免气孔的产生。③保护气的流速也至关重要,保护气体流速过小,难以起到保护作用,其次保护气体流速过大,会导致焊缝周边的气体形成紊流,熔池保护不佳,降低焊缝性能<sup>[8]</sup>。

根据以上原则以及生产经验我们选用流量为21~25L/min的Ar100%作为保护气,它的特点是:①电弧稳定、引弧方便,焊接时没有飞溅或最小飞溅。②密度大于空气,保护效果较好。

### 1.2.4 焊丝的选用

铝合金焊接过程中,焊缝填充金属的成分是裂纹敏感性的一个重要影响因素,选用合适的焊丝,可大大降低焊缝的裂纹敏感性<sup>[9]</sup>。

对于6005A母材来说,采用等成分原则,选用焊丝的牌号为ER5356,ER5356焊丝成分与6005A母材相近,不同的是焊丝含有较多的Mg,可以降低裂纹敏感性,减少Mg的烧损。焊丝中含有微量的Cr和Ti可以提高焊缝的结合强度,降低裂纹倾向。

不同的焊丝规格对焊接过程中金属熔覆速度影响较大,对于直径较粗的焊丝,其表面积相对较小,受到污染的金属较少,氧化区域也较少。因此在焊接过程中优先用直径较粗的焊丝,当母材厚度在8mm以下时,一般采用1.2mm直径的焊丝;而当母材厚度大于8mm时,采用1.6mm直径的焊丝。因此在研究过程中采用ER5356 $\phi$ 1.6的焊丝。

## 1.3 焊接工艺参数

本次焊接采用自动MIG焊,焊接工艺参数如表2所示,焊前采取70℃进行预热。根据以上的工艺参数,制作了焊制试验试板,然后对焊接结果进行分析。

## 2 焊接试验结果分析

按照表2参数对试件焊接,按照标准对焊缝进行了外观检查,焊缝没有出现裂纹、气孔、夹渣、弧坑等缺陷。焊缝根部熔合良好,焊缝表面平滑,鱼

表2 焊接工艺参数

| 焊道              | 工艺方法                                 | 焊丝         | 电流强度(A)                   | 电弧电压(V)                              | 电流种类/极性    | 过渡形式 | 焊接速度(mm/s) | 热输入(KJ/mm)  |
|-----------------|--------------------------------------|------------|---------------------------|--------------------------------------|------------|------|------------|-------------|
| 1               | 131                                  | ER5356φ1.6 | 260±15                    | 23±1.5                               | DCEP/+     | 脉冲过渡 | 10.8±1     | 0.357-0.55  |
| 2,3             | 131                                  | ER5356φ1.6 | 270±15                    | 24±1.5                               | DCEP/+     | 脉冲过渡 | 11.7±1     | 0.361-0.543 |
| 4-8             | 131                                  | ER5356φ1.6 | 270±15                    | 25±1.5                               | DCEP/+     | 脉冲过渡 | 8.3±1      | 0.515-0.828 |
| 保护气体/焊剂Gas/Flux | 电弧保护<br>Shielding<br>根部保护<br>Backing | 999.999%Ar | 气体流量Gas flow rate (L/min) | 电弧保护<br>Shielding<br>根部保护<br>Backing | 21-25L/min | /    |            |             |

鳞纹清晰,没有咬边等现象,满足焊接要求。并且射线探伤结果表明焊缝中无裂纹等内部缺陷,仅仅存在少量的气孔,根据ISO10675,气孔数量符合要求,焊缝结果符合射线探伤要求。

因此对于18mm厚6005A铝合金而言,制定的焊接参数可以满足列车端部底架的生产要求,同时也为中厚板铝合金焊接积累了一定的生产经验。

### 3 结论

本文以地铁端部底架枕梁焊接工艺为主题,通过简单的实验以及理论分析得到了6005A铝合金厚板的焊接工艺,焊接过程中使用自动MIG焊,采用的焊接保护气为Ar100%,焊丝为ER5356 φ1.6。通过后续的实验及检验结果,证明了制定的焊接工艺切实可行。

### 参考文献

[1] 雷正龙,李颖,陈彦宾,等.双光束激光填丝焊工艺对铝合

金焊接气孔率的影响[J].焊接学报,2013,34(2):5.

- [2] 隋楚凡,刘政军,艾星宇.超声振动对6061铝合金焊接热裂纹影响[J].焊接学报,2023,44(1):122-128.
- [3] 马若群,李紫祎,朱忠尹.高寒列车用6005A-T6铝合金焊接接头低温性能研究[J].焊接技术,2022(001):051.
- [4] 姚梦,张文学,马康,等.锻造工艺对2219铝合金焊接法兰组织与性能的影响[J].塑性工程学报, 2022(004):029.
- [5] 孟祥瑞.轨道车辆铝合金地板铺装焊接变形研究[J].装备制造技术,2013,(02):88-89.
- [6] 田玉吉.铝合金底架端部地板组装预置反变形工艺分析[J].电力机车与城轨车辆,2024,47(01):88-91.
- [7] 刘明.铝合金底架端部结构牵引梁立板焊接方法[C]//金属加工杂志社.“伊萨杯”先进焊接技术交流会文集.湖南株洲联诚控股股份有限公司,2021:3.
- [8] 赵国新.低地板车体底架焊接变形与控制[J].黑龙江科技信息,2015,(05):25-26.
- [9] 王立夫,王金金,杨艳群,等.B型铝合金地铁底架制造工艺[J].金属加工(热加工),2012,(22):54-56.