

铝合金薄板长焊缝脉冲 TIG 自动焊 在专用汽车制造中的应用

开封空分集团有限公司 (河南 475002) 曾传勇 曾辉 裴红利 唐莉
开封大学 (河南 475002) 黄红富

本文分析了铝合金 3003HX8 薄板 ($\delta = 1.2 \sim 1.8\text{mm}$) 长焊缝 (2~2.4m) 焊接的工艺特点, 找出了三个焊接难点: 薄板焊接容易烧穿; 焊接变形大, 特别是波浪变形很难矫正; 焊缝质量均一性差。为克服以上难点进行了大量的试验研究, 通过试验探索出用脉冲 TIG 自动焊获得成功, 并把这一技术在专用汽车制造中推广应用, 生产效率提高 3 倍以上, 使焊接质量达到国际同行业的先进水平。

铝合金具有密度小, 耐腐蚀, 比强度高, 容易加工等诸多优点, 因而在工业生产和社会生活中得到广泛应用。其中薄铝板 (板厚 2mm 以下) 在专用汽车制造中 (如冷藏车、邮政车、电视转播车等) 应用尤为广泛, 已完全取代了薄钢板, 这类车辆制造中一般采用铆接或焊接。

近年来, 几个发达国家已经采用了自动焊接技术, 使产品质量显著提高, 主要优点是: 密封性好, 表面平滑美观, 成本低等。但制造中需大尺寸 (2400mm × 1200mm × 1.8mm) 薄板专用焊接技术, 其焊缝长度一般在 2~2.4m, 这道长焊缝能否焊好是成败的关键。为追赶国际先进水平, 1999 年我们与北京某专用汽车改装厂合作, 为攻克铝合金薄板长焊缝的焊接难题做了大量的工作: 如进行了手工 TIG 焊、自动 TIG 焊、脉冲 TIG 自动焊三种焊接方法的对比试验, 进行了焊接接头的力学性能试验、轧槽试验及折弯试验等, 最后采用脉冲 TIG 自动焊获得成功。

一、专用汽车舱壳结构及薄板焊接特点

专用汽车 (以冷藏车为例) 其工作舱一般尺寸为 5m × 2.2m × 2m, 其舱壳骨架用铝合金型材制成, 四周镶嵌薄铝板为蒙皮的保温板。蒙皮的材料一般为铝锰合金 3003HX8, 厚度为 $\delta = 1.2 \sim 1.8\text{mm}$, 每个侧壁用 4~5 块标准板材 (2400mm × 1200mm × 1.8mm) 焊接而成。

3003HX8 的焊接性良好, 但对于薄板长焊缝

还存在一些困难, 主要有以下三点:

(1) 容易烧穿是薄板焊接中的一个难题 由于铝合金熔点低, 且高温强度低, 所以熔池就更容易出现下塌或烧穿。

(2) 变形大, 焊接中材料受热很不均匀 由于薄板自身拘束度小, 再加上铝合金热胀系数较大, 会促使焊接变形加大, 特别是波浪变形很难矫正。

(3) 焊缝质量均一性差 由于焊缝长, 焊接中板材受热不均匀, 对缝间隙、夹紧压力都随时变化, 直接影响电弧的稳定性, 所以在焊缝起始段容易出现断续未焊透, 中后段出现间隙变大、熔池下塌、甚至烧穿等缺陷。

要想获得满意的焊缝必须采取相应的措施: 第一, 必须采用能量集中, 热输入量可严格控制的焊接电源。第二, 要设计高精度、适应长焊缝的工装夹具。第三, 选择合理的焊接方法及焊接规范参数。

二、焊接设备及焊接方法的选择

1. 焊接设备的选择

根据国内外考察我们选取了漳州产 WD-ZZH99 型自动纵缝焊接机床, 其床身为琴键式高精度夹紧结构, 可完成板厚 0.5~3mm, 最大长度为 2.6m 板材的装夹, 并配有 2.6m 长焊缝背面衬垫, 可实现背面送气保护。焊接电源为交直流两用的 WP500 型氩弧焊机, 可进行 TIG 自动焊及脉冲 TIG 自动焊。另外, 还专门配置了水冷式焊枪, 以



防止长时间焊接时焊枪过热、甚至烧毁。

2. 焊接方法的选择

为尽快找到比较理想的焊接方法和进一步了解手工焊与自动焊的差异,我们专门进行了手工 TIG 焊、自动 TIG 焊和脉冲 TIG 自动焊三种焊接方法的对比试验。主要情况如下:

(1) 试验设备 手工焊使用 WS—300 钨极交流 TIG 氩弧焊机,配合本厂自制 2.5m 仿日纵缝焊接工装。自动焊机选用 WD—ZZH99 型自动纵缝焊接机床,供 TIG 自动焊和脉冲 TIG 自动焊使用。

(2) 试件 材质为铝锰合金 3003HX8,试件尺寸为 2000mm×300mm×1.8mm 共 12 块。引弧板和熄弧板尺寸为 100mm×150mm×1.8mm 共 12 块。

(3) 焊前准备 将试件待焊处 20~30mm 范围内用不锈钢细丝刷打磨干净呈金属光泽,然后将试板用夹具安装固定,对缝间隙为 0~0.5mm。

(4) 分别用上述三种方法采用自熔焊方式各焊两块试板,其规范参数见表 1。焊缝外观质量及焊接情况见表 2、图 1。

表 1 铝合金手工 TIG、自动 TIG、脉冲 TIG 自动焊规范参数 (自熔焊)

焊接方法	接头形式	板材厚度/mm	间隙/mm	焊接电流/A	基值电流/A	脉冲电流/A	脉冲频率/Hz	钨极直径/mm	氩气流量/L·min ⁻¹	焊接速度/cm·min ⁻¹
手工 TIG	对接平焊	1.8	0~0.5	100~120	—	—	—	3	8~10	15~20
自动 TIG	对接平焊	1.8	0~0.5	130~150	—	—	—	4	10~12	25~30
脉冲 TIG 自动	对接平焊	1.8	0~0.5	—	60	180	2.5	4	16	40~45

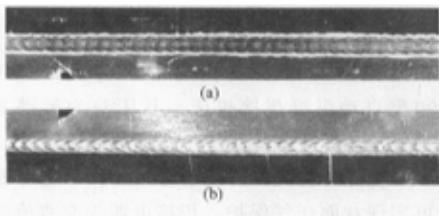


图 1 焊缝外观

(a) 正面焊缝 (b) 背面成形

表 2 铝合金手工 TIG、自动 TIG、脉冲 TIG 自动焊焊缝外观质量及焊接情况 (自熔焊)

焊接方法	焊接方式	焊缝成形	背面成形	棱角变形/mm	施焊情况	焊 2m 焊缝时间/min
手工 TIG	分段跳焊	一般	有 4 个接头处未熔透	5~8	跪爬式劳动强度大	20
自动 TIG	连续焊	良	起焊端一处未焊透,后半段有 2 个穿孔	3~4	后半段需调节焊速	8
脉冲 TIG 自动	连续脉冲焊	优	均匀、整齐无缺陷	0~1	基本不调节	5

从表 2 和图 1 明显看出,脉冲 TIG 自动焊电弧稳定,焊缝正反两面成形美观,变形小,焊接速度快,故采用脉冲 TIG 自动焊。

三、焊接接头力学性能试验、工艺性能试验和金相检验

1. 力学性能试验

选取上述脉冲 TIG 自动焊试板,对焊缝进行 X 射线探伤合格率为 100%,然后按 ASME IX 标准进行拉伸、弯曲试验。试验结果见表 3,各项指标完全符合标准要求。

表 3 焊接接头力学性能试验结果

试件号	抗拉强度/MPa	断裂部位	面弯 180°	背弯 180°	结论
01	202	母材	无缺陷	无缺陷	合格
02	185	热影响区	无缺陷	无缺陷	合格

2. 工艺性能试验

(1) 轧槽试验 剪切下料试板两块,尺寸为 500mm×500mm×1.2mm,用脉冲 TIG 自动焊拼接起来,沿焊缝横向按产品工作舱外壳波纹板的要求在轧槽机上轧出 V 形槽 10 条,槽深 5mm,槽宽 16mm,槽间距 42mm。用 20 倍放大镜检查焊缝被轧弯的 30 个部位,未发现裂纹、起皱等缺陷。

(2) 焊接背面折弯试验 TIG 自熔焊焊缝表面都略低于母材,一般用焊缝背面作为工作表面,故进行背面折弯试验。本试验根据现场情况直接以邮政车顶盖为例,其顶盖用 2400mm×1200mm×1.8mm 铝合金板 4 块拼成,其 2.4m 长的焊缝均采用上述脉冲 TIG 焊成,然后将焊缝背面磨平抛光,再将四边折起 100mm,形成长 4600mm×宽

2200mm×深100mm 槽形顶盖。其中有6处正好沿焊缝背面横向折弯90°，用20倍放大镜检查未发生裂纹、起皱等缺陷。

3. 金相检验

在上述顶盖边缘部分截取带有焊缝的试板两块，尺寸为10mm×20mm，然后进行金相检验，其宏观及显微组织分别见图2、图3。

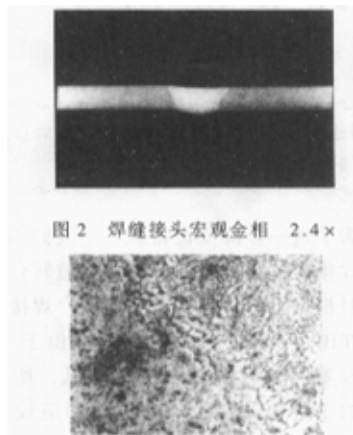


图2 焊缝接头宏观金相 2.4×

图3 焊缝接头显微组织 100×

从图2中可看出焊缝宽度5mm，熔池表面低于母材约0.10mm，背面熔透良好，余高为0.5mm。

图3为熔池左上角的显微组织，图3中从左下到右上依次为母材、热影响区、熔合区和焊缝。从中看出焊缝区基本为细小的等轴晶，与母材基本一致，熔合区是由较细小的柱状晶和等轴晶交织在一起。热影响区晶粒比其他各区稍大，而沿熔合线由上向下逐渐变宽，常易成为力学性能和耐腐蚀性能的薄弱环节。

四、专用汽车制造和使用概况

1999年底我们将脉冲TIG自动焊全面运用于各种专用汽车的制造。生产中按车型将5~6块标准板材（规格为2400mm×120mm×1.2~1.8mm）采用脉冲TIG自动焊接，然后对焊缝进行着色探伤，合格后将焊缝背面磨平抛光，再根据需要进行轧槽或折边，直至完成车体的制造。

据初步统计到目前为止，已生产各种专用汽车120多台，经用户使用，性能很好。早期产品已使用两年多，其焊缝及热影响区均完好无损，表面光

滑美观。

五、结语

(1) 铝合金薄板长焊缝脉冲TIG自动焊是比较理想的焊接方法，焊缝接头性能良好，成形美观，变形小，生产效率很高，比手工焊提高了3倍以上，比TIG自动焊更加有效地防止穿孔和变形。

(2) 对于薄板长焊缝脉冲TIG自动焊，必须配有大型高精度工装夹具或采用专用机床。

(3) 脉冲TIG自动焊自熔焊时，焊缝表面略低于母材，控制得当时焊缝厚度基本与母材相同，一般能保证使用要求。如果对焊缝要求更高，可采用填丝焊或背面加气体保护等措施。

(4) 焊缝热影响区是接头性能的薄弱环节，尽量采取措施使热影响区宽度越窄越好。

(20030528)

(上接第20页)

高层建筑多，而高层建筑的构架主要是钢结构。因此，国外的钢结构制造工业始终是一个比较活跃而稳定的行业。

中国由贫钢国一跃成为世界第一大产钢国后国家政策也从限制采用钢结构变为鼓励钢结构发展。由于钢结构具有其他材料无法与之相比的优越性，在建筑、桥梁等领域迅速得到了蓬勃发展，势不可挡，市场空间之巨大令人难以估量，一个新兴的朝阳产业在中国兴起。与此同时，一些其他行业的企业很快转产钢结构。据统计，我国建筑钢结构用钢2000年消耗量220万t，占钢产量的1.3%，而H型钢占钢产量0.4%，还远低于美国8%的比例。我国建筑中采用钢结构设计的份额只达到整个建筑市场的5%，这与我国钢产量很不匹配。这又说明，建筑上采用钢结构的广阔市场空间极其广大。

钢结构行业的发展，必然促进对先进制造技术的需求。谁拥有更先进的制造技术，谁就占有市场竞争优势，上项目要高起点已是国内有远见的企业家们的共识。钢结构行业也不例外，谁占有技术优势，谁就能在未来的市场竞争中立于不败之地。我们有理由相信，哈尔滨四海集团开发的数控变截面H型钢自动生产线将是H型钢制造商们的最佳选择，是制造钢结构的真正现代化利器。

(20030428)