

铝合金车体车钩梁焊缝链状气孔 分析与控制

唐山轨道客车有限责任公司 (河北 063035) 陈占峰 王广英

【摘要】 高速列车铝合金车体车钩梁在MIG焊接过程中, 焊缝起弧端容易产生链状气孔缺陷而产生较高的返修率。针对这一问题, 对所产生气孔的类型及特点进行了分析研究, 并逐项排除了焊材、保护气体和焊机等因素。分析认为: 起弧时的瞬时气体流量过大且焊枪软管内空气及冷凝水清除不彻底是产生起弧端气孔的主要原因, 因此采用“焊前热枪”的方法能够有效防止起弧端链状气孔的产生, 使首次射线检测合格率由64%提升至100%。

1. 概述

随着铁路现代化建设的高速发展, 铝合金车体焊接结构已在轨道交通装备制造业获得广泛应用。随着国家对高铁政策的调整, 安全已经成为高铁发展的首要问题。在动车组各车体之间连接处, 车钩梁是动力传递的关键部位, 列车运行及制动时承受主要的拉伸及冲击载荷。而焊缝质量的优劣直接影响车体的性能, 乃至列车的行车安全。因此, 车钩梁焊接的质量对于高速列车的行车安全具有重要意义。

MIG焊接由于具有电弧功率大、热量集中、焊接速度快、热影响区小和生产效率高等优点, 在铝合金车体焊接生产中已得到广泛应用, 但焊接过程中极易产生焊缝气孔。在实际的焊接过程中, 由于在车钩梁的起弧端频繁出现气孔缺陷, 所以造成极高的返修率, 而焊缝最多只允许两次返修, 否则将会严重影响焊缝的力学性能。因此有必要对这一问题进行研究, 以提高一次焊接合格率。

2. 气孔问题分析

车钩梁组成的材质为6005A-T6铝合金, 采用 $\phi 1.2\text{ mm}$, ER5087焊丝进行填充, 70%Ar+30%He+0.015%N₂混合气体作为保护气体。

我们按照同一焊接参数(见表1)连续焊接了92件车钩梁。通过对92件车钩梁的10mm熔深的V形坡口对接平焊缝(见图1、图2)进行射线检测, 统计发现气孔多集中于起弧端100mm内, 如表2所示。由2可看出, 链状气孔产生的几率最高, 而其他类型的气孔比例很低, 而且在一定的范围可以不用处理, 因此, 链状气孔问题是亟待解决的问题。

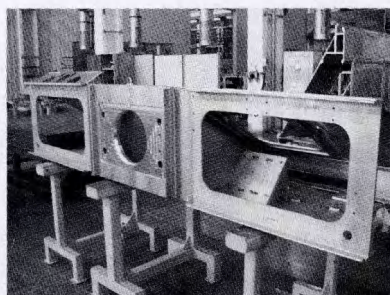


图1 车钩梁实物

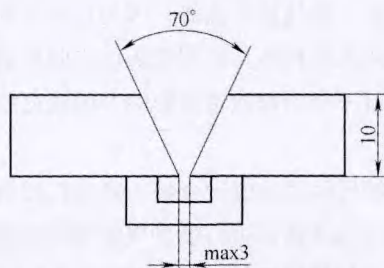


图2 车钩梁V形坡口对接焊缝示意

表1 车钩梁对接平焊焊缝焊接参数

焊道	焊接电流 /A	电弧电压 /V	气体流量 /L·min ⁻¹	焊接速度 /mm·s ⁻¹	热输入 /kJ·mm ⁻¹
1	225	23.5	17	11	0.38
2	225	24.0	17	8	0.54
3	220	24.5	17	9	0.48

表2 92件车钩梁焊缝产生气孔类型统计

产生气孔类型	主要出现位置	产生对应气孔的工件数量
链状气孔	焊缝打底层	33
密集气孔	层间	2
均部气孔	层间	6
单个大气孔	焊缝表层	2

按铝合金车体焊接检测标准ISO 10042规定,在均布气孔和单个大气孔不超标情况下可以不必进行焊接返修焊,而链状气孔多位于焊缝打底层,必须去除气孔后补焊,如图3所示。



图3 起弧端打底层焊后打磨发现链状气孔

3. 气孔产生成因分析

气孔的生成机理是很复杂的。但大量的试验研究已证明:在铝合金焊缝中产生的气孔为氢致扩散气孔,而氢源主要有母材、焊丝、弧柱气氛几个方面,经验表明,母材及焊丝的氢源是导致焊缝内产生气孔的主要因素。

由于超标气孔位置只集中在起弧端,且并不是整道焊缝都存在超标气孔,所以可以排除母材及焊丝的氢源是导致起弧端内产生气孔的主要因素。由于整条焊缝都采用一致的焊接参数和操作手法,也可排除焊枪角度和喷嘴高度的影响。因此必须从影响起始焊接的因素着手,其中包括工件焊前温度低、引弧板未进行焊前清理、保护气体流量过大或过小、保护气体纯度不高等,因为铝合金厚板焊接焊前已采用火焰预热,且引弧板已去除掉氧化膜,所以两者都不会对焊接造成影响,因此这些因素可以排除。

从保护气体流量进行分析,发现在焊前准备过程中使用气体流量计进行保护气流量检测时,当按下焊机“气体测试按键”时,流量计内钢球瞬间升至顶端(流量计顶端检测值显示为25L/min)。分

析认为,由于铝合金焊接时需要进行仔细的层间清理,以及在生产现场进行的修补焊,都将使停弧时间较长,焊接操作不能连续进行。而焊机与送丝机之间的气体管路内(长度10m)压力随着焊枪停弧时间的延长而逐渐加大,并达到一个最大值(大于25L/min),起弧后恢复到设定流量并达到稳定状态至少要5min。这段时间将造成MIG焊接的初始阶段气体流量较大且很不稳定,并容易造成一种接近于紊流的较薄层流,把外界空气卷入气体保护区内,破坏保护作用。此外,过强的气体流量不仅会使焊接质量降低,产生焊缝气孔,同时也不利于焊缝成形。

同时由于焊接初始阶段送丝机至焊枪之间的软管内(长度1.5m)空气未得到充分置换,且当环境温度较大时软管内存在冷凝水都会使保护气体纯度不高而产生焊缝气孔。因此,起弧时的瞬时气体流量过大且焊枪软管内空气及冷凝水清除不彻底,可能是造成起弧端频繁产生气孔的原因。

为了解决此问题,笔者提出了一种“焊前热枪”的方法,其作用是:

第一,管路气体置换:确保保护气体在焊接时的畅通和清洁。

第二,调节气体流量:正常焊接过程中,从喷嘴喷出的气体应为层流,截面呈圆锥形,均匀覆盖在熔池表面,避免焊接过程受外界因素干扰。“焊前热枪”维持15s以上后气体流量可恢复到稳定状态,然后立刻进行焊接工作,可以最大限度地减少焊缝气孔产生。

第三,加热焊枪:当环境温度较大或停弧时间较长时,会在气体管路的管壁及焊枪内部附着水分。“焊前热枪”可加热喷嘴、导电嘴及其他焊枪内部元件,清除焊枪及气体管路内的冷凝水。

4. 工艺改进与验证

为了对以上的推断进行验证,我们采用焊前热枪的方法。焊前准备一块尺寸为300mm×150mm并与工件厚度大致相同的焊接试板,采用与待焊工件相同的焊接参数进行焊接,目的是通过施焊,消耗清除焊枪和软管内的冷凝水,降低起弧焊接时管路内气体压力至正常范围,将可能产生的气孔排除到试板之上(见图4),保证每次正式焊接时保护气体流量的稳定,从而起到“焊前热枪”的效果。

