高速动车组车体焊缝打磨方法研究

唐山轨道客车有限责任公司 （河北 063035） 田新莉 聂丽丽 张明伟 邹侠明 刘东军

【摘要】铝合金由于其特性，已经成为高速动车组车体的主导材料，焊接前、后对焊缝进行合理的打磨可大大预防或减少焊接缺陷，提高铝合金车体焊接质量。目前，国内对铝合金车体焊缝打磨方法的研究还处于起步阶段。

1. 概述

铝合金具有密度低、强度高、挤压性能好、焊接性优良及加工性能好等特点，已经成为高速列车车体生产的主导材料，CRH3 高速动车组车体主要组成部件有底架、侧墙、车顶、端墙，这些部件的主体材料即为铝合金板材及挤压型材。它们在焊接前、后，需对其进行严格的打磨处理，以保证焊接质量。

2. 焊缝打磨方法

（1）焊前打磨 铝合金在空气中极易氧化，附表是铝合金及氧化铝的物理性能。

铝合金及氧化铝物理性能

铝合金密度 /g·cm^{-1}	氧化铝密度 /g·cm^{-1}	铝合金熔点 /℃	氧化铝熔点 /℃	铝合金固态时溶氢能力 /cm^3·100g^{-1}	铝合金导热性 /W·(cm·K)$^{-1}$	铝合金导电性 /s·m·mm^{-2}
2.7	3.4	660	2020	0.05	2.2	35

从表中可以看出，生成的氧化膜比重比铝合金高，在焊接过程中易生成夹渣、未熔合、未焊透等缺陷；氧化膜的熔点高且非常稳定，不易去除，阻碍母材的熔化和熔合。产生的氧化膜能吸附大量湿气，在焊接时湿气将产生氢，且将被熔池吸收，但在焊缝熔池的快速凝固前，这些氢很难彻底排出，最终将以气孔的方式留在焊缝中，因此在焊接前应严格清理工件表面氧化膜。

在 CRH3 车体生产过程中，焊接前要求把氧化膜打磨出金属光泽，保证焊缝 50mm 左右区域没有氧化膜。打磨纹路与焊缝方向平行且均匀。打磨母材深度≤0.2mm，打磨失效时间为 12h，超过此时间不进行焊接，需重新进行打磨。

（2）焊后打磨 铝合金焊接质量不仅取决于焊接前处理及焊接本身，焊后打磨也至关重要，高质量的焊后打磨可为后道工序，如涂装与安装，焊接零部件提供很好的表面质量，另外可提供良好的外观质量。

焊接夹渣、未焊透、未熔合、气孔等缺陷都可导致焊接接头处应力高度集中，而应力集中将直接导致焊缝发生疲劳破坏。焊缝局部打磨方式的不同，可消除焊缝应力集中及可能导致的焊缝质量问题，大大提高了焊缝的强度，预防焊缝裂纹的产生。如对接焊缝的余高进行局部打磨可减小局部应力集中系数，消除或降低应力集中；增加焊缝焊脚处的过渡直径可减少应力集中，改善焊接件疲劳失效。

铝合金车体焊后打磨主要包括：焊缝余高的打磨，去除焊接飞溅；焊缝接头的打磨。被打磨表面要求平滑，打磨出金属光泽，不伤母材，保证焊接区域没有飞溅物。被打磨表面需沿焊缝方向打磨，纹路要求一致。对焊缝接头及段焊起弧点、收弧点使用直磨机进行打磨，焊缝接头的打磨要求外形与焊缝余高一致，段焊起弧点、收弧点的打磨要求在去除焊接缺陷的情况下表面没有尖锐的棱角，不伤母材，以母材的被去除量≤0.2mm 为标准。

（下转第 69 页）

好，切割后挡片的平面度为1mm。但是在焊接的时候发现挡片发生严重的挠曲变形，并且焊缝处气孔也相当多。我们针对出现问题的原因进行了分析。

（1）薄板焊接变形具有复杂性、多元性的特点　焊接薄板构件时，在远离焊缝的区域中产生残余压应力，当该残余压应力的平均值大于薄板构件产生变形的临界压应力时就会产生挠曲变形。挠曲变形是国内外薄板焊接制造的一个技术难题。我们在焊接挡片时，点固焊后沿顺时针方向连续焊一圈，热量输入很不均匀，挡片产生的应力较大，各处应力交互作用产生了挠曲变形，并且没有采取防止变形的措施，致使焊后应力释放得不到应有的控制而使挡片焊后变形十分严重。

综上分析，挡片焊接产生变形是焊接顺序不合理，以及没有采取防止变形措施导致的。因此，我们采用对称分段焊的方法，每段焊缝长度100mm。采用螺旋式夹紧器进行固定，固定板的形状做成扇形，外圆弧长200mm，焊接前对每段焊接的部位进行强制固定。焊接设备为CO_2气体保护焊机，焊接电流≤120A、电弧电压≤19V，焊接后测量挡片的轴向圆跳动为1.3～1.8mm，有效地解决了挡片焊接变形的问题，外观满足了设计要求。

（2）焊缝气孔多的原因　经分析认为是切割后直接焊接，对切割边缘的熔渣处没有清理造成的。因此，我们用砂轮手工清理熔渣后再进行焊接，就没有出现气孔。我们也到外协厂做了用氮气代替空气进行等离子切割的试验。切割后直接焊接也不会出现气孔，但是成本有所上升，批量大时可以采用。

3. 结语

（1）应用等离子切割和焊接技术，针对结构设计遇到的问题进行细致的分析并逐个予以解决，实现了设计要求，满足了顾客要求。

（2）运用空气等离子切割和焊接工艺有效降低了零件及设备的重量，大幅降低了设备制造成本。

MW　（20120212）

（上接第56页）

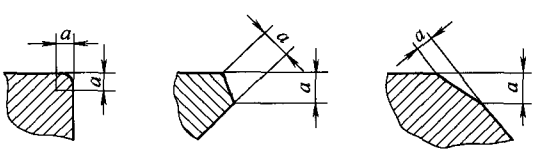
3. 打磨工具的选择

在高速动车组铝合金车体生产中采用的打磨工具主要有角磨机、直磨机、刮刀、不锈钢钢丝刷，根据不同工件，不同要求选择打磨工具。

（1）角磨机　根据需要安装千叶片或者不锈钢丝刷；安装千叶片可以进行焊接飞溅的打磨、表面磕碰划伤的打磨、焊缝余高的磨平及加工余高的打磨等；安装不锈钢丝刷可以进行长、大焊缝的焊前打磨，主要是去除焊接区域的氧化膜。

（2）直磨机　在直磨机上可以根据需要安装旋转锉、砂布轮等。安装锥头旋转锉可以进行焊缝接头的打磨、小空间内缺陷的打磨、深度磕伤的过渡打磨、狭窄空间的加工余高打磨、局部精细修磨等；安装砂布轮可以进行角磨机无法完成的小空间打磨抛光、圆角区域抛光等。

（3）刮刀　可进行棱角、毛刺的去除，使工件拐角区域圆滑过渡。焊接前需去除加工工件表面毛刺，被打磨表面要求平滑，无毛刺，打磨要求如附图所示。图中a为毛刺的尺寸，打磨标准为0.1～0.5mm之间。



打磨毛刺要求

（4）不锈钢钢丝刷　多层焊缝在焊接过程中会产生黑粉，在进行下一道焊缝之前，需严格清理上道焊缝焊接时产生的黑粉，为保证打磨质量，采用不锈钢钢丝刷打磨清理黑粉。

4. 结语

（1）铝合金车体已经成为高速列车的主要车体形式，选择合理、高效的打磨工具进行焊前、焊后的打磨，为提高焊接质量提供了保障。

（2）焊接后的打磨会减少焊接接头应力集中而导致的工件疲劳破坏，预防焊接缺陷的产生，提高铝合金车体焊接质量。

（3）目前，由于铝合金车体的焊缝打磨方法研究在国内还处于起步阶段，因此对打磨方法的研究和进一步的探索势在必行。**MW**

（20120326）