

纯铜和奥氏体不锈钢异种金属钎焊工艺技术

周永东　袁超　朱双龙

【摘要】通过分析电力机车真空断路器风管中T2纯铜管和1Cr18Ni9Ti奥氏体不锈钢球面接头的焊接性，并结合风管的结构特点，确定了异种金属的火焰钎焊工艺，然后通过焊接试验对焊接工艺的可行性进行了验证，最终得到了质量可靠的焊接接头。

关键词：纯铜；奥氏体不锈钢；火焰钎焊

1. 概述

电力机车真空断路器风管（见图1）由奥氏体不锈钢球面接头和纯铜管两部分焊接而成，其中球面接头材质为奥氏体不锈钢1Cr18Ni9Ti（规格R=12.5mm），纯铜管为T2（规格ϕ10mm×1.5mm）。

纯铜和奥氏体不锈钢是两种应用广泛的金属材料，但由于二者的化学成分和物理性能不同，导致焊接性有很大差异，因此要获得良好的焊接接头需选择最佳的焊接工艺。

2. 焊接性分析

纯铜T2与奥氏体不锈钢1Cr18Ni9Ti的力学性能与物理性能如附表所示。奥氏体不锈钢焊接时，由于导热性差，具有很高的焊接热裂纹敏感性，容易出现较大的焊接变形，在焊接时应使用能量较低的焊接热源。纯铜的热导率为奥氏体不锈钢的20倍，在焊接时因散热太快难以保证焊缝金属温度的稳定性，在使用熔化焊方法焊接纯铜时必须使用能量较高的焊接热源才能熔化母材。热导率的较大差异导致二者在熔焊时大量的热从铜基材上散失，焊接区难以达到熔化温度，造成未熔合等缺陷。

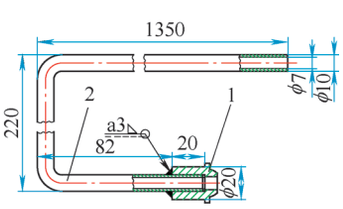


图1　真空断路器风管结构

1.1Cr18Ni9Ti不锈钢球面接头 2.T2纯铜管

电力机车真空断路器风管工件尺寸小、生产批量小，其结构设计采用搭接的接头形式，有利于实现钎焊时的毛细作用。因此可以采用经济方便的氧乙炔火焰钎焊来实现纯铜与奥氏体不锈钢异种金属的焊接。

纯铜表面容易氧化形成氧化铜，但容易去除，具有良好的钎焊性；但T2纯铜在还原性气氛中钎焊时易产生氢脆，同时在900℃以上加热会使氧化铜聚集在晶界，降低纯铜的强度和塑性。

奥氏体不锈钢钎焊时，表面的氧化膜Cr_2O_3的比较稳定，难以去除，焊接时应采用较低的热输入，且保温时间不宜过长，否则过热而出现晶粒粗化，且无法通过热处理细化；但1Cr18Ni9Ti不锈钢中含有稳定化元素Ti，焊接时不易产生晶间腐蚀，但奥氏体不锈钢钎焊时有一定的应力腐蚀倾向。

纯铜T2与奥氏体不锈钢1Cr18Ni9Ti力学性能与物理性能

材料	屈服强度/MPa	抗拉强度/MPa	伸长率（%）	线膨胀系数/$10^{-6}\cdot℃^{-1}$	热导率/W·(m·K)	熔点/℃
T2	68.6	196~235	50	17.2	391.0	1083
1Cr18Ni9Ti	≥200	≥550	≥40	16.0	16.3	1456

3. 钎焊试验

（1）焊前准备 首先，对纯铜管和球面接头焊接区域50mm范围内用不锈钢丝刷打磨至出现金属光泽，然后用丙酮清洗表面油污，同时对焊丝进行清洗。其次，使用虎钳（为了避免钢制虎钳与不锈钢球面接头接触而产生腐蚀的问题，虎钳夹持部位应加装不锈钢垫板）夹紧球面接头，使其垂直于工作台面，然后装配定位纯铜管，保证装配间隙均匀。

（2）钎焊过程 第一，选用ϕ3.0mm的锡黄铜焊丝(HS221)作钎料。该钎料熔点较低，流动性较好，机械强度较高，且对铜和钢都具有很好的润湿性。

第二，使用QJ301作钎剂，能够有效去除铜管表面的氧化膜，同时能够增加钎料对母材的润湿性，并能防止钎焊过程中钎料和母材的氧化。

第三，使用氧乙炔火焰进行焊接，通常采用中号焊炬，45号焊嘴，火焰调整至中性焰。

第四，对纯铜管进行焊前预热，预热温度600～700℃。

第五，对纯铜管和不锈钢球面接头进行加热，当焊接部位共同出现红色时，将焊丝煨热并沾附钎剂，送至焊缝处。然后利用火焰的外焰加热焊丝，使其达到钎料熔点（890℃），钎料熔化并均匀填充间隙。

第六，火焰能率主要集中在纯铜管，焊嘴倾斜角度为60°～70°。对纯铜管来说，利用火焰中心的热能作为热源；对不锈钢来说，利用火焰外焰和热传导作为热源；焊丝也利用外焰和热传导熔化。

第七，严格控制焊接处的温度不可过热，尽量减少熔池处于高温的时间。一方面可以减少黄铜气焊丝中锌的蒸发和铜的氧化；另一方面可避免不锈钢高温过热，减少不锈钢部分的热输入量。既要保证钎料的流动性，又要在较低的温度和较短的时间中进行。

第八，焊接完成后急速水冷，避免不锈钢的热变形。

第九，将残渣清洗干净，避免腐蚀。

（3）金相分析 试验结束后，将风管试件沿轴线方向剖开，试样经过打磨、抛光后采用三氯化铁盐酸水溶液（3g$FeCl_3$+2mLHCl+95mLH_2O）进行浸蚀，焊缝宏观形貌如图2所示，将试样至于GX71金相显微镜下观察焊缝微观形貌，进行分析。

金相分析结果如下：

首先，焊缝与两侧母材均结合良好，熔合线处未见明显的气孔、裂纹及未熔合等焊接缺陷，熔合区可见明显枝晶组织，如图3所示。

其次，焊缝一侧宽一侧窄，说明在装配定位时铜管有一定的倾斜，导致两侧间隙不相同，较宽侧钎料的流动深度明显大于较窄侧；经显微镜测量，较宽侧间隙494.29μm（见图4），较窄侧169.27μm。

最后，不锈钢一侧熔合线部分位置处有未溶解的氧化膜，如图5所示，影响焊接接头的强度。说明：①通过焊前打磨及QJ301去除不锈钢表面氧化膜的效果并不理想。②不锈钢表面的氧化膜生成速度很快，在焊接之前又重新形成了一层氧化膜。

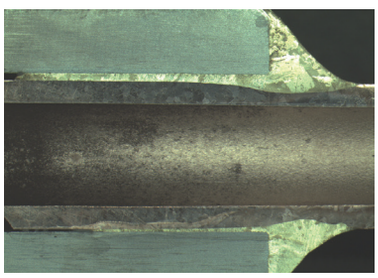


图2 宏观金相

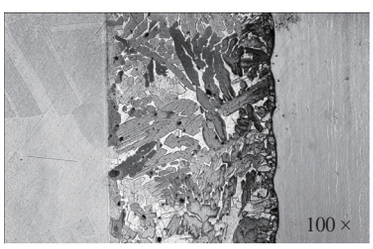


图3 微观金相

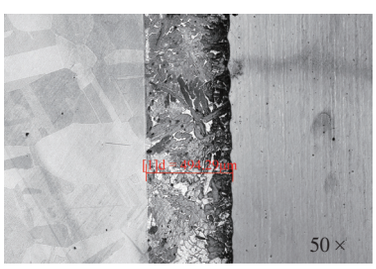


图4 纯铜母材一侧晶粒长大

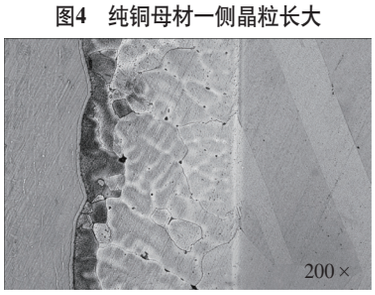


图5 不锈钢一侧熔合线处的氧化膜

4. 结语

（1）采用氧乙炔火焰钎焊纯铜T2和奥氏体不锈钢1Cr18Ni9Ti异种金属，可得到质量可靠的焊接接头。

（2）使用50%脱水硼砂+50%硼酸混合剂作钎剂，能够同时溶解铜和不锈钢表面的氧化膜。由于硼砂（$Na_2B_4O_7$·



铁路客车项目底架端部牵引支座组焊工艺控制方法研究

张洪国　赵雪山　张艳辉　席智星

【摘要】本文从钢车体结构、材料、工艺方法、制作反变形样板、工装、组对方法以及实际跟踪测量验证碳钢牵引支座尺寸等工艺控制方法，对双层客车的端底架牵引支座结构进行了综合分析，并在分析的基础上提出了工艺工装的改进意见。该牵引支座具有结构复杂、双面坡口、厚板焊接、焊接量较大和易焊接变形等特点，这就给工艺方法和工艺手段提出了更高的要求。如何设计和制作反变形样板，研究组对焊接工艺方案，保证车体端底架牵引支座的焊接质量和尺寸精度，成为该项目中的技术难点和关键。

关键词：铁路客车；底架端部；牵引支座；反变形样板；工装；工艺方法；验证

1. 概述

澳大利亚双层客车项目是澳大利亚新南威尔士州政府为更新悉尼市现有车辆而启动的项目。澳大利亚双层不锈钢客车车体底架端部部位采用碳钢结构，由于高强碳钢钢结构必须达到抵御强碰撞、高承载的技术要求，端底架牵引支座是车体钢结构最重要的组成部分，它结构复杂，焊接量非常大，易导致焊接变形，而且焊后形状轮廓无法保证，故严重影响后道工序的质量和尺寸精度，进而影响到车体端底架与转向架的连接和装配精度。因此就需要完善的组对工装夹具、反变形工装，以及合理的工艺方法作为基础保证。

2. 端底架牵引支座的结构和变形分析

端底架牵引支座结构主要（见图1）由牵引支座板和牵引支座铸铁吊组成。

该结构是三块立板组成的封

$10H_2O$）加热到200℃时所含结晶水会全部蒸发，因此必须使用脱水硼砂；硼砂熔点高，且在800℃以下粘度大、流动性差，不易单独作钎剂，但加入硼酸后，可降低熔点、减小钎剂的表面张力，并能改善钎焊后的脱渣性。

（3）在与钎料和火焰不干涉的基础上，采用风管组焊专用夹具进行定位和夹紧，保证装配间隙的均匀性，提高钎焊质量。

（4）钎焊间隙要合理。间隙过大，会造成毛细现象不明显，反之则流动性下降，因此建议结构设计时将球面接头的内孔尺寸设计为ϕ10.8(0,+0.2)mm，以保证钎焊间隙0.4~0.5mm，从而提高流动性，增加焊缝的深度。

参考文献：

[1] 薛松柏，顾文华.钎焊技术问答[M].北京：机械工业出版社，2007.

[2] 邹僖，北航.钎焊[M].北京：机械工业出版社，2006.

[3] 赵越.钎焊技术及应用[M].北京：化学工业出版社，2005.

[4] 陈祝年.焊接工程师手册[M].北京：机械工业出版社，2002.

作者简介：周永东等，中车株洲电力机车有限公司。

MW 20160922