

铜质水冷块的焊接修复工艺研究

天津赛瑞机器设备有限公司 (300301) 王天德

1. 概述

我公司是全国最大的无缝管生产基地，在长期的生产过程中避免不了接触铜质水冷块的焊接修复。铜质水冷块（见图1）以其散热快、耐腐蚀性能强等特点，广泛用于冶金行业。水冷块主要由弯头和管接头、圆管构成。它长期处于高温环境下，外壁易氧化，内壁受热水的冲刷腐蚀，焊缝经常会出现漏水现象。以前焊接修复时多采用焊条电弧焊，焊后打压试验时常常难以一次成功。本文通过对纯铜焊接工艺的讨论，以揭示问题产生的原因及工艺措施。

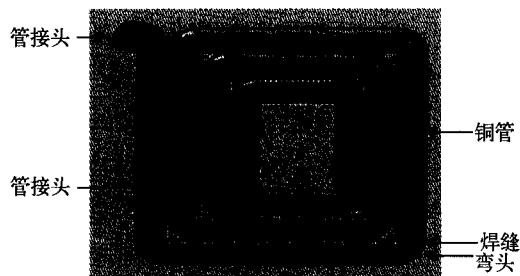


图1 水冷块示意

2. 纯铜焊接问题分析

(1) 熔合困难 由于纯铜的导热系数大，20℃时纯铜的导热系数比钢大7倍多，1000℃时大11倍，焊接时电弧的热量迅速从加热区被传导出去，使得母材与填充金属难以熔合，所以焊接时需要较高的预热温度。

(2) 夹渣 由于纯铜的焊接须在较高的预热温度下进行，焊缝中的熔渣与液体金属没有颜色的变化，所以焊接时操作者很难区分熔渣与液态金属，当选择焊条电弧焊时更易造成夹渣现象。

(3) 焊接接头的力学性能较低 由于铜是单

向组织，焊后焊缝晶粒粗大，再加上晶界存在低熔点的氧化亚铜-铜的脆性共晶物，因此造成焊缝的力学性能一般低于基本金属。尤其是焊接接头的塑性和韧性，降低得更为显著。

(4) 气孔 气孔是铜焊接时的一个主要问题。原因是铜在高温时吸收氢的能力比铁大得多，而铜的导热系数大，熔池凝固速度快，液态铜中的氢来不及逸出和上浮而滞留在焊缝中，形成气孔。氢在铜中的溶解度与温度的关系如图2所示。

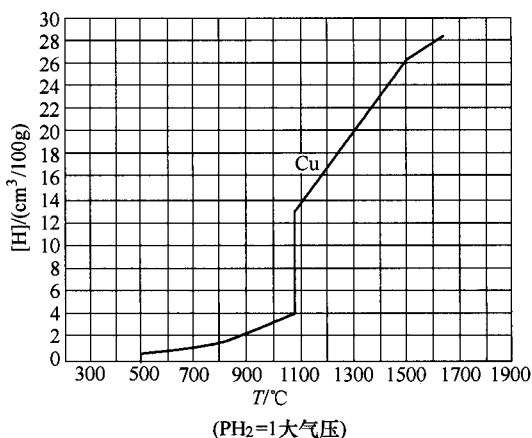


图 2

(5) 变形和应力大 铜的膨胀系数比钢大15%，而收缩时比钢大1倍以上。另外，由于铜的导热能力强，冷却凝固时变形量大，所以对于刚性较大的焊件，收缩应力大，易产生裂纹。

(6) 易产生热裂纹 当铜与其氧化物形成低熔点共晶体或有低熔点铅、铋等不溶于铜的有害元素时，易产生热裂纹。

3. 焊接工艺过程

(1) 焊接方法的选择 公司现有能焊接修复水冷块的四方法是氩弧焊、气焊、焊条电弧焊、

MIG, 各种方法的特点如表1所示。

表1 各种焊接方法特点

焊接方法	特点说明
氩弧焊	电弧稳定、热量集中、焊缝的热影响区小、焊件整体变形小、焊缝质量好 适用于薄板及少量的焊接补焊。效率较低, 成本高
气焊	易变形、成形不好、效率较低、用于厚度3mm以下不重要工件的焊接
焊条电弧焊	焊缝质量差, 对焊工技能要求较高, 操作困难, 易产生夹渣、未熔合、气孔等缺陷。用于一般工件的修补
MIG	焊缝质量好、便于操作、焊速快、熔深大、适用于厚度3mm以上工件的焊接。弧光较强, 不能在野外及有风处焊接

综合上述焊接方法及水冷块结构的特点, 我们选定的焊接方法为MIG, 保护气为99.99%的氩气。

(2) 焊接修补坡口的制定 水冷块焊接修复时, 坡口的制定是否合理直接影响焊接质量。坡口制定的原则是, 填充金属尽量少, 便于焊接操作, 保证焊接质量。水冷块漏水处修磨后的坡口, 如图3所示。

(3) 预热温度的确定 由于预热温度对纯铜的焊接质量影响较大, 预热温度低时, 易造成熔合困难; 过高时易造成焊接变形、烧穿、成形差等缺陷, 所以水冷块焊接修复时的预热温度一定要合理。根据纯铜预热曲线确定10mm厚的铜质水冷块焊接预热温度为400~450℃。纯铜惰性气体保护焊预热温度曲线如图4所示。

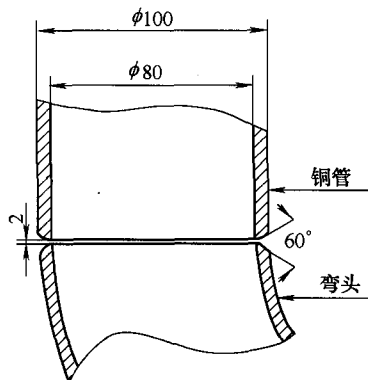


图3

根据纯铜预热曲线确定10mm厚的铜质水冷块焊接预热温度为400~450℃。纯铜惰性气体保护焊预热温度曲线如图4所示。

(4) 焊丝的选择 水冷块的材质为磷脱氧铜(TP2), 其化学成分如表2所示。

选择紫磷铜焊丝S201, 其化学成分如表3所示。

(5) 焊前准备 ①对水冷块打水压以确定漏水的位置, 按图3所示对漏水处修磨坡口根除原有的焊接缺陷, 并把坡口两侧表面打磨干净, 以免铜与其氧化物形成低熔点共晶体产生热裂纹及气孔。②用岩棉把水冷块包好, 只露出焊接修复处, 以免工件散热过快影响焊接效果。③焊接时坡口要处于

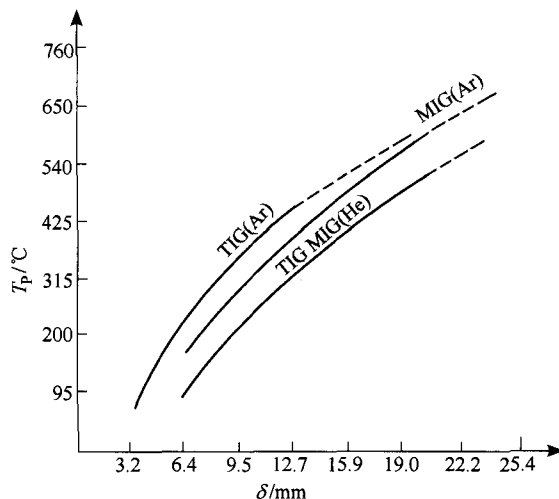


图4 纯铜惰性气体保护焊时预热温度

表2 磷脱氧铜(TP2)化学成分(质量分数)(%)

Cu	Sn	S	P	O
≥99.85	≤0.01	0.005	0.013~0.050	≤0.01

表3 S201的化学成分(质量分数)(%)

Sn	Si	Mn	Cu
1	0.3	0.3	Rem

立焊的位置, 以便于坡口焊透而不至于烧穿或管内出现焊瘤。④用氧乙炔焰对修补处进行预热, 用测温仪器对水冷块的预热温度监控。

(6) 焊接 ①打底焊时要采用小电流断弧焊, 以免烧穿坡口根部产生焊瘤影响水流空间。②坡口填充时要适当加大焊接参数(见表4), 以补偿工件在焊接过程中热量的消耗而影响焊接质量。③每焊接一层都要认真清除焊缝表面的熔渣, 以免产生夹渣、未熔合等缺陷。④焊接的层间温度不能低于预热温度, 以免产生未熔合。⑤焊后对水冷块焊接修复处做PT检验及水压试验, 试验结果证明一次焊接修复成功。

表4 铜质水冷块焊接参数

焊接层数	焊丝直径/mm	焊接电流/A	电弧电压/V	气体流量/L·min ⁻¹
打底	1.2	150~200	18~22	16~25
坡口填充及盖面	1.2	180~220	20~24	18~30

4. 结语

实践证明, 厚度大于3mm以上的纯铜焊接, 采用MIG是一种理想的焊接方法。其中预热温度对焊接质量的影响较大。MW (20111125)