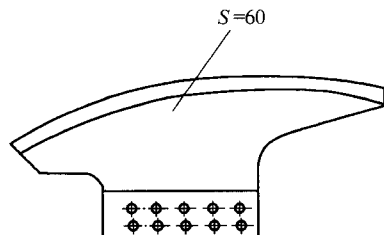


杭州钢铁集团公司 （浙江 310022） 韩东辉

1. 概述

我单位电炉厂80t直流电炉的小炉底，其钢构件上有两块1290mm×514mm×60mm的扇形电极汇流排（纯铜），如附图所示。



汇流排钢构件

汇流排与钢构件是经焊接连接为一体的，总重10余t。由于装配和使用等诸多原因造成了其中一块汇流排在165mm×600mm区域工作面上产生了大小和深浅不一的凹坑10余处，最深的>30mm，以及在整个工作面上均有麻面（凹凸不平，深度在2~5mm之间），给汇流排工作面造成严重接触不良，安全生产受到极大影响。另外，由于构件超宽，外委单位考虑工期及费用等情况，公司决定由我中心承担解决。

2. 焊接工艺

纯铜材质与碳钢的性能及化学成分如表1、表2所示。

表1 T2纯铜与碳钢的性能比较

材质	密度/ g·cm ⁻³	熔点 /℃	线膨胀 系数	抗拉强度 σ_b /MPa	伸长率 (%)	硬度 HBW	热导率 /W·m ⁻¹ ·K ⁻¹
纯铜	8.94	1083	165	200~400	45~50	40	391
碳钢	7.85	1538	118	250~330	25~55	50	46.4

从表1可知，该材料和碳钢都有较高的强度和塑性，但是热导率很高（是碳钢的8倍之多）。

表2 T2（2号铜）化学成分（质量分数）（%）

Cu	Si	Pb	杂质
99.9	0.001	0.005	0.1

（1）材料的焊接性分析 首先，常温下铜几乎没有氧化。但随着温度的增加则氧化能力很快增强，液态时易氧化生成氧化亚铜，又与铜中熔点较低的杂质形成低熔点共晶且以液膜形式分布在晶粒边界，影响铜的强度和塑性；又因其线膨胀系数及收缩率大，焊接加热区宽，焊接接头承受较大拉应力，故在焊缝及熔合区易产生裂纹。

其次，气孔倾向比钢严重，铜在液态时能溶解大量的氢。因为纯铜热导率很高，熔池凝固速度特快，氢气来不及从熔池里完全逸出，残留在焊缝中形成气孔。

最后，铜的线膨胀系数及从液态到固态时的收缩率大再加上热导率大、焊接加热区宽，使焊接变形很大；另外再加上构件刚性拘束度大，限制焊接变形时，就会产生较大的应力，焊缝也易产生裂纹。

（2）焊接要求 对于图中扇形汇流排在165mm×600mm区域工作面，使用方认为焊接和机加工后，该面积能达原来90%，就不会影响汇流排的导电能力。且在厚度上经机加工后，就是从60mm变成55mm，该汇流排的强度也不会有影响。因此，我们的主要任务就是对凹坑及麻面进行焊补。

（3）焊接方法 我们通过几种焊接方法的比较，尽管知道采用焊条电弧焊焊接纯铜并不是最佳方案，但结合本单位设备和焊接材料的实际情况，使用方对构件的要求，以及本单位的焊工有焊接该材质小构件焊条电弧焊的经验。通过分析比较，最

（下转第70页）

(3) 焊前将焊条经 $(250 \pm 10)^\circ\text{C}$ 烘焙 1h, 放在保温箱中随用随取。

(4) 焊接顺序如图3所示, 第一层焊缝采用普通 CO_2 气体保护焊施焊, 中间缓冲焊缝采用不锈钢 A102 焊条, 盖面层焊缝采用 SA1750CR 焊条焊接。各层焊缝采用的焊接参数如附表所示。

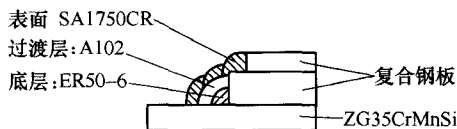


图3 焊接顺序

焊接参数

焊材牌号	规格 ϕ /mm	电流/A	极性
ER50-6	1.6	260~300	DC+
A102	3.2	120~130	DC+
SA1750CR	3.2	120~130	DC+

(5) 多层多道焊。多层焊接时, 每焊完一层, 必须将熔渣清除干净, 并检查焊缝表面没有缺陷时

方可进行第二层焊接。发现缺陷应用角向磨光机将缺陷处磨出坡口重新焊接。操作时采用小电流并保持较短的焊接电弧, 层间温度为 $80 \sim 100^\circ\text{C}$, 以防止因热量集中造成焊缝应力过大而产生焊接裂纹。

(6) 焊后锤击焊缝周围, 以消除和扩散应力。

(7) 焊后放入炉中加热至 350°C 左右, 保温 2h 后随炉缓冷至室温。

3. 结语

滑靴导向面焊接 SA1750CR 碳化铬耐磨复合板后, 耐磨层厚度增加为 4mm, 硬度提高到 55~62HRC。我公司 420 采煤机滑靴采用此工艺后, 在井下连续使用 6 个月后, 导向面只有轻微磨损, 使用寿命大大提高。焊接后的耐磨层在中度冲击条件下, 显示出卓越的耐磨性能。MW

(20120526)

(上接第68页)

(4) 焊接参数、设备选择如表3所示。

表3 焊接参数

焊条牌号	电源极性	焊条直径/mm	焊条烘干温度/保温	焊接电流/A	预热温度/ $^\circ\text{C}$	焊接电源	履带式电加热器
T107	直流反接	4	保温 1~2h	180~220	550~600	YD-400	LCD型

注: 焊条烘干温度为 200°C , 保温 1~2h。

3. 焊接操作时的注意事项

(1) 构件焊前经磨光机打磨干净, 无论是平面还是大小凹坑, 均要露出金属光泽。

(2) 焊条应按工艺规定经烘箱烘干、保温后, 存放在焊条保温桶内, 随用随取。防止焊条受潮, 以免产生气孔。

(3) 构件(电极块), 采用四块电加热陶瓷块, 每块 10kW, 共上下各两块覆盖, 再用硅酸铝纤维包覆好, 通电加热至 $550 \sim 650^\circ\text{C}$ (用红外线测温仪测得), 不一定要加热至 650°C , 只要能把焊条的熔滴跟母材能较好地润湿的温度即可, 温度过高对焊缝质量不利。当达到可焊温度, 将需焊补处裸露出来, 其余部分仍覆盖着加热片, 且加热仍继续进行。另外, 还要注意电极块上的螺栓孔如图中所示(10个螺栓孔), 避免焊接时有熔渣滴进去, 导致下部陶瓷加热片烧损。

防止方法: 采用在螺栓孔里塞满硅酸铝纤维来

避免, 效果较好。

(4) 焊接操作时, 电弧采用短弧法操作, 且焊条作直线运条, 不做横向摆动。尽管是直线, 但不快速, 以降低熔池的冷却速度, 以利于氢的析出。

(5) 由于有的凹坑深度较大, 需经多层焊接, 故层与层之间焊渣必须清除干净。目的是为了提提高汇流排修复后的导电性。

(6) 纯铜焊接时所产生的有害气体, 空间中常有 Zn、Mn、Cu 等蒸汽和氧化物颗粒, 对人体健康有害。要加强防范措施或者在空气流动的地方进行操作。

(7) 焊补完毕, 一是将陶瓷加热片断电; 二是此时焊缝晶粒较为粗大, 因此需对焊缝进行锤击, 以消除焊接应力, 使焊缝的晶粒细化; 三是将裸露的部分再用硅酸铝纤维覆盖好, 使得构件整体降温, 避免快速冷却带来较大的拉应力。

4. 结语

通过结合本单位设备的实际情况和构件的使用要求等诸多因素, 综合考虑采用焊条电弧焊焊补厚大纯铜汇流排, 经修复后的构件至今仍在安全正常使用。每年可为单位节省外委费用 30 多万元, 取得了一定的经济效益。同样此次的成功, 也为今后碰到类似构件的处理, 提供了借鉴经验。MW

(20120623)