

PL-1200立轴式砂石粉碎机的 裂缝焊接处理新工艺

三峡电力职业学院 (湖北宜昌 443000) 孙宏斌 宋 双 张 艳

1. 概述

PL-1200立轴式砂石粉碎机是混凝土拌合系统的关键设备。粉碎机立轴转子,通过传动系统将整个回转部分的重力传到面立轴转子,由托轮和回转副支撑着回转部分的全部重力,立轴转子体作轴向转动,对石料进行破碎。葛洲坝五公司四川溪洛渡项目部大坝人工骨料系统,采用PL-1200立轴式砂石粉碎机对骨料进行粉碎。立轴直径为(2650±

1) mm,壁厚为125mm,重量约1500kg。立轴转子材质为ZG40Mn,立轴转子长期在高温、高粉尘和受力突变的环境中运行,容易发生较大面积的断裂现象,一般采用焊接方法进行修复。

2. 立轴式砂石粉碎机开裂过程及原因分析

2010年3月,葛洲坝五公司四川溪洛渡项目部大坝人工骨料系统PL-1200立轴式砂石粉碎机在运行4个月后,在粉碎机立轴转子一侧端面发现裂

第三,带热处理夹具进行热处理,减少热处理收缩量,热处理后测量叶片尾缘间隙。

燃气一导空心叶片尾缘间隙热处理前后对照表(见附表),合格的间隙要求为0.3~0.5mm。

空心叶片尾缘间隙热处理前后对照表(单位:mm)

顺序号	焊后间隙	热处理前间隙	热处理后间隙
1	0.4	0.4	0.4
2	0.4	0.4	0.45
3	0.45	0.4	0.45
4	0.45	0.35	0.4
5	0.45	0.45	0.4
6	0.4	0.4	0.4
7	0.4	0.4	0.35
8	0.4	0.4	0.3
9	0.4	0.4	0.35
10	0.4	0.35	0.35
11	0.4	0.4	0.35
12	0.43	0.4	0.35
13	0.4	0.4	0.3
14	0.45	0.4	0.3
15	0.4	0.45	0.3
16	0.35	0.35	0.3
17	0.4	0.4	0.35
18	0.4	0.4	0.3
19	0.45	0.45	0.35
20	0.4	0.4	0.35

根据对照表结果显示,实施方案有效地避免了在焊接和热处理时由于收缩不均导致叶片尾缘间隙

超差的问题。

2. 创新点和预期前景

叶片尾缘与导向器内环之间采用加0.6mm的钢片的方法,保证其连接处焊接间隙为0.3~0.5mm,另外在时效工序时,采用支撑方法控制薄壁零件的焊接收缩和热处理高温变形量,在该过程中,找出有效支撑部位极为关键,通过直接利用与叶片尾缘最近处的内环作为有力支撑点。采用这种方法可在控制零件焊接、热处理收缩变形的基础上,保证夹具与零件支撑部位的位置度要求,控制了焊接和热处理的收缩变形。这种支撑方法在以后产品,特别是在薄壁件焊接和热处理生产中也可以发挥很大的作用。

3. 结语

通过试验找出了燃气一导尾缘间隙因焊接和热处理收缩变形导致超差的原因,利用添加钢片及设计制作热处理夹具,有效的控制了薄壁件焊接及热处理变形的超差。甚至避免由于变形量大导致与内环粘连而报废的可能,同时也减少了尺寸超差返修量,提高了工作效率。**MW** (20121003)

纹，从外表面看，裂纹深度已由外表面裂至底部，轴线方向横贯立轴表面，长度为145mm；另一侧内侧裂纹长度为89mm。

轴线主裂纹边缘还存在不同方向的小裂纹，经过分析得出开裂的原因如下：

(1) 由于进料时受力的受力不均匀，立轴承载不同振幅的交变载荷，裂纹往往在不同振幅的交变载荷下发生，裂纹扩展初期较小，而后逐渐变大。

(2) 立轴自身存在一定的加工缺陷，这些缺陷随着运行工况的恶化而体现。

(3) 立轴在运行过程中与固定在机体上的轴座产生摩擦，使立轴与轴座之间配合间隙增大，立轴沿立轴的轴心产生晃动。

3. 焊接工艺

PL-1200立轴式砂石粉碎机立轴采用ZG40Mn中碳铸钢制作，其化学成分和力学性能如表1、表2所示。从表1可看出，该材质的含碳量较高，易产生淬硬组织，立轴裂纹截面较厚，易产生焊接裂纹。

表1 ZG40Mn化学成分(质量分数) (%)

C	Si	Mn	S	P
0.4	0.5	0.9	0.05	0.04

表2 ZG40Mn力学性能

屈服强度/MPa	抗拉强度/MPa	伸长率 (%)	断面收缩率 (%)
280	510	16	22

根据ZG40Mn焊接性能分析，开始采用焊条电弧焊，使用EDPMn2-16焊条，分层焊接。补焊后使用1个月左右，焊缝部位重新出现开裂现象，由于焊接后在较短时间内出现裂纹，焊接成本高，造成较大的浪费。通过不断的试验，在考虑焊条与ZG40Mn的力学性能、裂缝产生的原因等综合因素，采取CO₂气体保护焊与焊条电弧焊相结合的方法进行补焊，在焊接操作打底层时，采用φ3.2mm不锈钢焊条(E308H-16)进行打底，然后用CO₂气体保护焊丝(ER50-6)和耐磨碳化钨电焊条(EDPMn2-16)进行堆焊填充，并采用合理的焊层顺序。施焊后，立轴式砂石粉碎机立轴再次出现裂缝时间为12个月，由于采用了气体保护焊，节约了施焊的时间，表面焊缝焊条成本也大大降低，采用焊材的性能如表3所示。

表3 采用焊材的性能

牌号	名称	化学成分	力学性能	使用方法
E308H-16	钛钙型的超低碳Cr19Ni10不锈钢焊条	熔敷金属 $w_C \leq 0.04\%$	有很好的抗晶间腐蚀性能	可交直流两用，工艺性能好
ER50-6	CO ₂ 焊丝	熔敷金属 $w_C \leq 0.07\%$	降低了熔滴金属的表面张力，使熔滴颗粒变细，更容易实现喷射过渡，使电弧变得更稳定。同时还能改善熔滴金属的润湿性，使焊道波纹美观，不易产生未焊透、夹渣、气孔等缺陷。焊后抗拉强度>500MPa	CO ₂ 和Ar气体保护焊
EDPMn2-16	碳化钨合金耐磨焊条	熔敷金属 $w_C \leq 0.8\%$	焊层具有硬度高、韧性好、耐高温和耐磨损等特点(焊后空冷)硬度≥75HRC	堆焊或修复低碳钢、中碳钢及低合金钢磨损件的表面，可交直流两用

(1) 坡口形式 为满足工期的要求，减少焊条的填充量，选用较小的坡口角度，U形坡口的形式。开坡口前，用30mm×10mm钢板作为加强筋件焊于立轴外侧，防止焊接焊缝时裂纹发生变化。坡口尺寸宽度为45mm×45mm、35mm×41mm(焊缝宽度×焊缝厚度)。坡口用碳弧气刨进行加工，对坡口进行清理，然后进行着色检验，发现缺陷后及时处理，达到施焊要求的工作条件。

(2) 焊前准备 ①转动立轴到便于施焊的位置，多采用平焊方法。②搭设挡风蓬，避免外界因素对气体保护焊焊接作业的影响。③在不影响立轴

裂缝焊接作业面的前提下对U形坡口周围加施焊工艺板，防止焊接时和焊后产生焊接裂纹，板材料选用Q235板，厚度为12mm。④焊前预热及焊后热处理。根据ZG40Mn焊接性能分析，为防止焊接过程中和焊后产生焊缝开裂，施焊前应对立轴进行预热，焊接过程中应控制温度(见表4)。

(3) 焊接参数 焊机选用ZX-500，φ3.2mm E308H-16不锈钢焊条打底，焊条施焊前要烘干。烘干温度为250℃，烘干时间为2h，烘干后放在便携式焊条保温箱中保温，随用随取，具体焊接参数如表5所示。

表4 施焊过程热处理

项目	热处理方法	温度控制	目的	温度测量方法
施焊过程中	氧气乙炔	220℃	快速加热，缩短作业时间	红外测温仪
施焊完成后的加热板	陶瓷电加热板	50℃/h，升至600℃时保温8h	消除焊接残余应力	红外测温仪
施焊完成后的降温	石棉被保温	100℃/h，温度降至180℃，对焊接区进行修磨	消除焊接残余应力	红外测温仪

表5 焊接参数

焊材型号	焊条直径/mm	焊接电流/A	电弧电压/V	电源类型	焊接速度/cm·min ⁻¹	气体流量/L·min ⁻¹
E308H-16	3.2	90~100	20~24	直流	16~28	—
ER50-6	1.2	200~280	25~33	交流	30~50	15~20
EDPMn2-16	3.2	100~120	20~24	直流	18~30	—

(4) 焊接过程 具体焊接工艺过程如下：

打底焊：采用φ3.2 mm E308H-16焊条，焊接电流90~100A，直流反接。采用慢速、短弧焊接，打底层厚度6mm，收弧时填满弧坑，保证将立轴母材熔透，焊完一根焊条后立即锤击焊缝，释放焊接热应力。

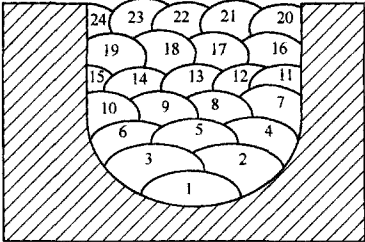
填充层及盖面层的焊接：焊接填充层先用CO₂气体保护焊，焊丝为ER50-6，焊丝将母材两侧表面覆盖3.5mm。填充层采用ER50-6焊丝和E308H-16焊条相结合方法，即先用CO₂气体保护焊焊一层后再用E308H-16焊条焊一层，然后锤击焊缝，焊接电流为200~280A，焊接时采用短弧焊，控制焊接层间温度在280~300℃之间，当层间温度>300℃时立即停焊，待冷却后再继续施焊。盖面层采用耐磨碳化钨焊条（EDPMn2-16），当温度>240℃时立即停焊，具体参数如表6所示。

表6 焊接参数

焊材型号	焊接层间温度/℃	采取措施
E308H-16	300	立即停焊
ER50-6	240	立即停焊
EDPMn2-16	300	立即停焊

焊接顺序：

焊接时采用如附图所示的焊接顺序，所产生的横向和纵向残余应力



焊接顺序

小，有利于抑制焊接施焊时温度的快速升高。

CO₂气体保护焊熔深大，焊接过程中，焊枪横向摆动时，要保证两侧坡口有一定熔深，使焊道平整并有一定下凹，避免中间凸起，这样会使焊缝两侧与坡口面之间形成夹角，产生未焊透、夹渣等缺陷。要控制每层焊道厚度，使盖面焊道的前一层焊道低于母材1.5~2.5mm，并确保坡口两侧棱边不能熔化，这样盖面时可看清坡口，为盖面创造良好条件。盖面焊接时，焊前应将前一层凸起不平的地方磨平，焊枪摆动的幅度比填充层要大一些，摆动时幅度应一致，速度要均匀，要特别注意坡口两侧熔化情况，保证熔池边缘超过坡口两侧棱边，并≤2 mm，以避免咬边。若每层用多道焊时，焊丝应指向焊道与坡口、焊道与焊道的角平分线位置。

(5) 焊接注意事项 具体注意事项如表7所示。

表 7

项目	注意事项	参考建议
电流	焊接时电流在允许条件下取最小值	建议使用电流200~280A
施焊过程	采用短弧法进行焊接	打底焊及与母材熔合焊时，采用窄道不摆条焊法进行焊接，减小熔合比，降低焊缝中碳的含量，减小裂纹倾向，收弧时要注意填满弧坑
焊后处理	坡口边缘处焊缝与外表面必须平滑过渡，不允许有表面缺陷	在进行焊后加工的焊接表面及侧面焊道处，需留有3~5 mm加工余量
CO ₂ 气体保护焊	焊接过程中注意防风、去除母材上污垢和杂质	搭设挡风篷，做好施焊前清洁工作

(6) 焊后检查 焊后24h对焊缝进行外观检查，未发现裂纹、气孔及夹渣等缺陷。对焊缝进行100%着色检查，无焊接缺陷。该工艺经过多次实践，证实工艺性能良好，生产成本比传统工艺降低10%。

4. 结语

采用不同的焊接方法，交替对裂缝进行多层焊接，使裂缝修复焊接工作的工效提高，焊接成本降低，焊接质量提高。该立式式砂石粉碎机经过一年多的运行，到目前为止立轴没有出现裂纹，使裂纹二次出现的时间间隔延长为12个月以上。MW

(20120923)