



高寒地区锅炉水冷壁密封焊接防变形质量控制

张延涛 刘磊 苗慧霞

【摘要】 本文通过拟建有限元分析模型与实践相结合,分析内外因素,从工艺规范出发,结合焊接结构力学原理,制定积极可行、行之有效的防焊接变形控制措施,确保在建高寒地区锅炉炉墙密封焊接质量优良,切实为锅炉水压试验和机组运行提供可靠质量保障。

关键字: 高寒地区; 水冷壁密封; 焊接变形; 工艺

1. 概述

我公司承包的华能轮台电厂(2×350MW)热电联产项目位于新疆轮台县,其锅炉选用哈尔滨锅炉厂生产的超临界、单炉膛、一次中间再热、Π型布置燃煤直流锅炉。锅炉水冷壁管屏规格分别 $\phi 31.8\text{mm} \times 6.2\text{mm}$ 、 $\phi 38\text{mm} \times 6.5\text{mm}$ 、 $\phi 38\text{mm} \times 7.3\text{mm}$,材质均为15CrMoG,密封鳍片厚度为6mm,其结构形式有着锅炉管径小、管壁厚、管子刚度大、单位面积内密封焊缝数量多、密度大等特点。

水冷壁焊接技术要求采取双面焊接工艺间接的增加焊接热输入量,加之建设项目临近北疆,冬季极寒天气持续周期较长,焊接过程暴露在严寒环境加快了焊缝冷却速度,也不同程度的影响着焊缝拘束度,导致离散的焊接残余应变相互叠加作用于热影响区削减了综合力学性能,如长时

间得不到释放,常常会在机组运行周期内随着动载荷往复导致撕裂,甚至爆管等重大质量事故。因此,针对高寒地区水冷壁密封焊接变形的研究非常必要。

2. 原因分析

针对高寒地区锅炉密封焊接过程中形变缺陷,根据施工现场实际情况以及焊接工艺等因素分析,归纳总结造成变形的主要原因如下。

(1) 密封焊接施工进度安排不合理。成排对接焊口焊接全部结束后,安排施焊人员夜间抢赶进度,由于人员密集且同时作业,所以很难保证制定主次焊接工艺顺序有效的执行。

(2) 密集焊接,单位面积内热输入集中。施焊人员在某一区域内连续施焊,导致该区域内单位时间、单位面积内热输入过于集中,引起焊接热变形。

(3) 焊接顺序不当,部分收缩量得不到有效控制。未采取

有效的分散对称间隔跳焊,导致残余应力难以相互抵消,形成应力不均,造成已焊完部分横、纵收缩量过大。

(4) 焊条规格选择不当,焊接参数过大。应根据焊件厚度选择合适的焊条规格,以保证熔滴正常过渡,同时要控制热输入增大。

(5) 焊前未预热、焊后未缓冷。严寒天气未采取焊前预热、焊后缓冷,将会加剧焊件连续冷却状态,使熔池金属形成温度梯度产生应力应变。

(6) 组合架不平整。使用的组合架因反复吊装、罗列管屏及割除阻碍对口横梁,造成其平整度缺失严重,各部受力不均,在焊接过程中由于重力等原因会使局部产生垂变或异位。

(7) 焊接过程中缺少刚性固定措施。施焊过程中未采取局部支撑抵消重力、未加压重物或链条葫芦限制管屏自由膨胀。

(8) 塞缝不平整, 偏离管子中心线。密封填塞工艺不良, 导致结构形心轴偏移, 难以通过正确的焊接顺序达到减少焊接过程中残余应力峰值目的。

(9) 填塞焊件尺寸间隙过大。间隙过大必然导致一侧施焊时间增加, 相对的热输入增加, 继而先焊侧引起的变形总比后焊侧要大。

(10) 施焊区域内环境温度低于0℃。极寒天气条件下未采取提高环境温度措施, 焊缝快速冷却, 近缝区奥氏体将转变为马氏体脆硬组织, 其拘束度比常温条件下焊缝产生的拘束度大, 变形量增加。

(11) 施焊区域存在霜雪。施工前未组建有效防雪棚; 昼夜温差大, 加之空气内湿度高的容易在管壁表面形成寒霜, 如未及时清除均会加剧焊接过程中的冷偏并效应, 致使熔池金属冷却不均, 残余应力加重。同时也影响到焊缝及热影响区的金属组织力学性能, 削减韧性。

3. 工艺措施

改进工艺措施后, 现场使用焊机为山东奥太电气有限公司生产的逆变焊机, 型号为ZX7—400STG。由于该锅炉水冷壁管子及密封鳍片的材质为15CrMoG, 所以选用焊材为R307, $\phi 3.2\text{mm}$ 的电焊条, 焊接参数如附表所示。

(1) 控制焊接热输入 单项排口焊接完毕并通过无损检测后, 根据由工艺进度逐步扩充施焊人数, 保证整体和单位面积内构建的残余应力平衡条件不被破坏。按照制定工艺划分的单位面

积, 并采取间隔跳焊的方式进行施焊, 其跳焊分散度要均匀, 焊口处密封采取小电流, 必要时采取断弧焊, 以引弧和熄弧的冷却时间换取局部热输入控制。

受热面密封焊接作业前, 技术质量管理人员要进行专项技术交底, 交底内容中除了常见的焊接参数及安全注意事项的说明外, 还要针对不同的密封项目增加焊接工序卡片, 便于快速指导一线人员正确执行相关的工艺顺序。在制定工艺顺序时通过有限元分析, 建立整体焊接模型, 再划分成小模型, 按中分、退焊原则依次执行, 让现场的管理者能够对全局进行把握, 并根据施工进度开展的情况逐步扩充施焊人数, 以满足所制定的防变形控制工艺实际需要。

(2) 提高环境温度并采取焊后缓冷措施 作业区域内(防风保温棚) 配备氧乙炔焊枪或

喷灯、热处理保温棉以及燃煤暖炉等, 焊前对被密封焊件进行预热, 暖炉置于下方, 仰焊操作时平焊处要覆盖保温棉, 减少热量散失带来的温度梯度, 焊后覆以保温棉缓冷, 并随暖炉一同冷却。

冬季施工其环境温度往往低于0℃, 达不到规程要求, 为保证施工进度正常推进, 现场依据现有材料及条件搭建防寒暖棚配以热源将环境温度有效提升, 如图1所示。分散悬挂若干温度计对环境温度进行监控, 确保施焊区域内环境温度始终维持在10℃以上。另外, 避免出现冷热梯度过大的情况, 减少热量与空气及冷端管子的对流及热传导, 焊前均要采取火焰预热方式对被焊件周围进行预热, 焊接结束后依次覆以保温棉缓冷(见图2、图3), 减小冷却过程中热膨胀区收缩抑制程度, 即塑性区间与弹

焊接参数

焊接方法	焊条		极性	焊接电流 /A	电弧电压 /V	焊接速度 /mm·min ⁻¹
	牌号	规格/mm				
SMAW	R307	$\phi 3.2$	直流反接	95~115	20~25	80~120

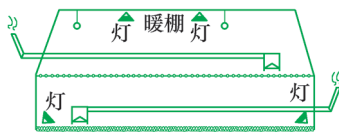


图1 搭建暖棚及暖炉示意



图2 中厚件焊前预热措施



图3 中厚件焊后缓冷措施

性区间均匀转变。

(3) 临时支撑、密封塞件下料、点固焊及张力板焊接等控制措施 第一，对口焊接完成后采取临时支撑措施缩减跨度、调整横梁间距，抵抗其在重力及热量的共同作用下的弯曲，管屏边缘利用链条或焊接夹具限制角变形。

第二，密封板安装位置位于管子横截面形心中央，异位拼缝调整到正确位置。

第三，严格把关密封下料及安装工艺，设法通过火焰切割方式将填塞的尺寸调整到规定范围，修磨密封塞件确保间隙、位置尺寸符合焊接工艺要求。

第四，张力板焊接均先进行受热面侧固定，再进行张力板V形对接焊，以受热面整体作为抗变形夹具平台，限制张力板对接过程中的角变形量，同时辅以反变形、预热缓冷等措施，给中厚板件极寒天气下的焊接质量带来稳固的保障。

第五，长焊缝焊前进行密集点固，限制焊接过程中角变形。

(4) 达到的效果 通过以上措施的实施，在组合及安装过程中，密封鳍片、预埋垫铁的密集焊接或是张力板等中厚件焊接均未出现严重的形变缺陷（见图4），在一定程度上保证了密封焊接质量，为后续的各项安装工作创造了有利条件。

4. 管理措施

针对江苏某公司承建的1号机组冬季施工过程中暴露出的密封焊问题，我方根据进度目标逐级健全各项工艺措施，以确保2号机组焊接工作平稳有序进行，特制定以下管理措施：

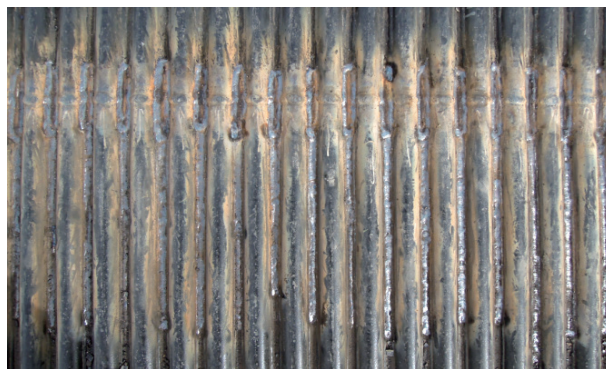


图4 焊接结束后未出现超标形变

具体如下：

措施一：坚持加强对现场密封焊接工艺条件执行的检查力度，提高施焊人员工艺执行意识及操作水平，制止违反工艺的行为，切实有效落实各项防变形措施，消除潜在的不利因素。

措施二：联合项目部热机工程公司规范密封塞件制备、安装过程，及时预防焊缝间隙过大、过小及偏离中心轴现象。

措施三：联合协作部门集中开展焊接防变形控制措施专题会，将焊前工艺准备条件渗透到安装单位，有机组建协同作业基地。

措施四：总结学习过往焊接质量经验教训，继续做好收集创新工艺措施。

5. 结语

随着锅炉机组蒸汽压力、温

度参数的提高，对应密封焊道增多带来的熔敷金属填充量的增加，单位面积密封焊缝密度增大，均会使焊接热输入量增多，其收缩总量也会相应的随之变大，变形控制难度会更高。尤其是高寒地区的焊接工艺措施有效执行需要创造有利的环境条件，其程度往往高于通常要求。因此要做到如下保证措施：一是保证高寒区域内温度范围符合规范；二是保证协作安装条件达到标准；三是保证特定条件下施焊人员操作水平正常的发挥；四是保证已完成工作验收环节严谨，各层面循环往复才能将制定的措施真正落到实处，得到预期的效果。

作者简介：张延涛等，山东电力建设第一工程公司。

MW 20160922