

# 锅炉水冷壁向火面管子壁厚减薄原因分析

丁维栋

哈尔滨锅炉厂有限责任公司 黑龙江哈尔滨 150046

**摘要:** 某工程2#炉于通过168小时试运行发生了水冷壁管泄漏情况。停炉后检查发现,在水冷壁两侧墙标高约20至30米区域的向火面上,出现了大面积管子壁厚减薄的情况。对送检的样管进行了宏观检查、化学成分分析、室温拉伸试验、硬度试验、金相组织检验、晶粒度检测、SEM形貌及能谱分析。试验结果及综合分析表明:(1)向火面壁厚减薄严重的平面区管子,其壁厚减薄是由于冲刷磨损和硫腐蚀共同作用造成的。(2)向火面壁厚减薄相对较轻的圆弧区管子,其壁厚减薄是由于管子外壁存在硫腐蚀造成的。

**关键词:** 水冷壁; 向火面; 壁厚减薄; 冲刷磨损; 硫腐蚀; 结焦

## Analysis of the reasons for the thinning of the wall thickness of the boiler water wall towards the fire surface

Weidong Ding

Harbin Boiler Factory Co., LTD. Harbin 150046, China

**Abstract:** A project 2 # boiler Water wall pipe leakage occurred through 168 hours of test operation. After the shutdown, found that in the water wall on both sides of the wall elevation, a large area of pipe wall thickness thinning, the sample pipe, macro and micro inspection, chemical composition analysis, room temperature tensile test, hardness test, metallographic tissue inspection, grain size detection, SEM morphology and energy spectrum analysis. The test results and the comprehensive analysis show that: (1) The wall thickness of the fire surface wall is caused by the combination of erosion and wear and sulfur corrosion. (2) The wall thickness and thinning of the relatively light arc area pipe to the fire surface wall is caused by sulfur corrosion on the outer wall of the pipe.

**Keywords:** Water wall; towards the fire surface; Wall thickness thinning; Wash wear and tear; Sulfur attack; Coking

### 引言:

某电厂锅炉检修时发现水冷壁发生爆管泄漏。停炉后检查发现水冷壁墙标高20米至30米之间,两侧墙出现了局部区域性的水冷壁管壁厚减薄的情况,水冷壁上存在管子壁厚减薄区域约100平方米。右侧墙水冷壁管现场实测壁厚在4.2~5.5mm间,左侧墙水冷壁管现场实测壁厚在4.5~5.8mm间。现场目视管子上半部分(螺旋水冷壁朝上的方向,见图1)壁厚减薄严重,管子表面存在疑似积垢、结焦和氧化皮等附着物,且附着物较脆,硬物敲击即可脱落。水冷壁管子材质为15CrMoG,规格为

$\Phi 38 \times 6.5$  MWTmm。

### 一、试验项目

水冷壁管子壁厚减薄形貌见图1所示。为分析水冷壁管壁厚减薄原因,进行了如下工作。



图1 水冷壁管子壁厚减薄形貌

#### 1. 取样位置及对应编号

两根送检的样管分别编号为1#和2#样管,见图2所示。两根样管的向火面上壁厚减薄的形貌基本一致。故在2#样管上取样进行检测分析,取样位置及编号见图2所示。

**作者简介:** 丁维栋(1986—), 性别: 男, 职称: 助理工程师, 2010年6月毕业于哈尔滨理工大学人力资源管理专业, 从事设备技术管理等工作。

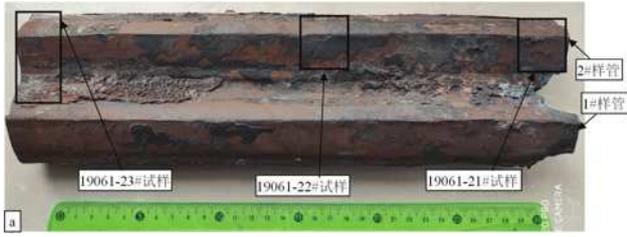


图2a 送检样管的向火面形貌

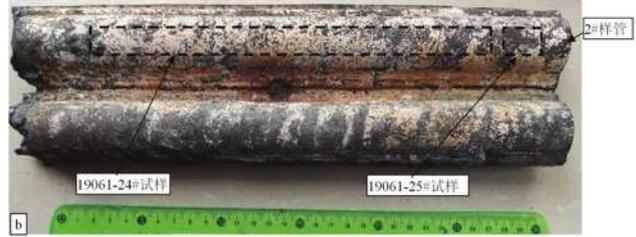


图2b 送检样管的背火面形貌

表3 2#样管化学成分分析结果 (wt%)

项目	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	V	Cu
19061-23# 试样	0.16	0.21	0.48	0.010	0.003	0.99	0.44	0.03	0.005	0.02
标准值	0.12~0.18	0.17~0.37	0.40~0.70	≤ 0.025	≤ 0.015	0.80~1.10	0.40~0.55	≤ 0.30	≤ 0.08	≤ 0.20

### 2. 化学成份分析

采用直读光谱仪对2#样管进行化学分析, 结果见表3所示。检测结果表明: 送检样管的化学成分符合材料所属标准GB/T 5310-2017对15CrMoG的规定。

### 3. 力学性能检测

在2#样管背火面取纵向条状试样进行室温拉伸试验, 检测结果见表4所示。拉伸试验结果表明: 送检样管的力学性能符合材料所属标准GB/T 5310-2017对15CrMoG的规定。

表4 2#样管室温拉伸试验结果

项目	屈服强度 (MPa)	抗拉强度 (MPa)	断后伸长率 (%)
19061-24# 试样	332	511	23.0
标准值	≥ 295	440~640	≥ 21

在2#样管的一端和中间区域取两个圆环试样, 在两圆环试样的横截面上进行维氏硬度检测, 检测结果见表5所示。维氏硬度检测结果表明: 送检样管的维氏硬度符合材料所属标准GB/T 5310-2017对15CrMoG的规定。

表5 2#样管维氏硬度检测结果 (HV10)

项目	背火面	向火面	
		平面区	圆弧区
19061-22 试样	166/168/169, 平均 168	169/166/155, 平均 163	169/169/166, 平均 168
19061-23 试样	156/157/166, 平均 160	163/161/169, 平均 164	168/169/165, 平均 167
标准值	125~170		

### 4. 金相检测

在2#样管上取样进行金相检测, 结果见表6所示。金相检测结果表明: 送检样管的金相组织和晶粒度符合材料所属标准GB/T 5310-2017对15CrMoG的规定。

表6 2#样管金相检验结果

项目	金相组织	晶粒度 (级)	老化级 (级)	金相照片		
19061-25 试样 (背火面, 纵剖面)	F+P+B	8	1.5	图10		
19061-22# 圆环试样 (横截面)	背火面	F+P+B	8	1.5	图11	
	向火面	平面区	F+P+B	8	1.5	图12
		圆弧区	F+P+B	8	1.5	图13
标准值	F+P+B、F+PF+B+P、F+B	4~10, 级差 ≤ 3	/	/		

注: F表示铁素体, P表示珠光体, B表示贝氏体。

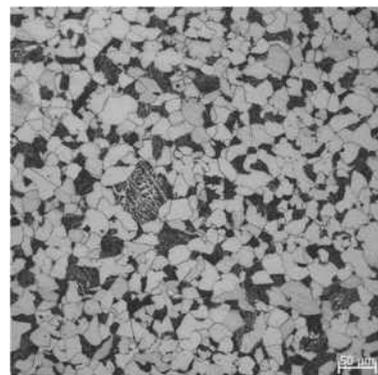


图10 19061-25 试样组织形貌 (背火面)

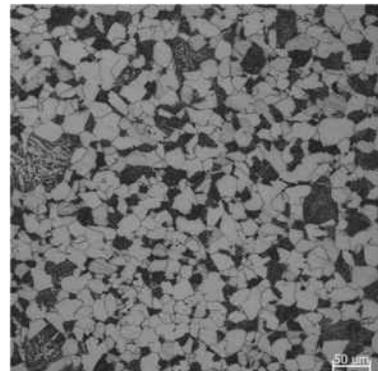


图11 19061-22 试样组织形貌 (背火面)

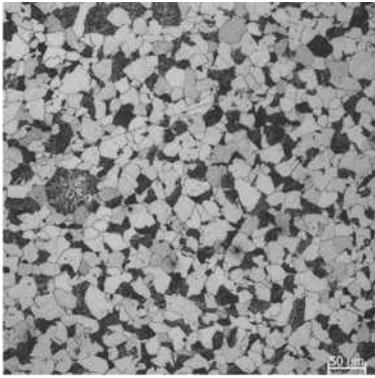


图 12 19061-22 试样向火面平面区组织形貌

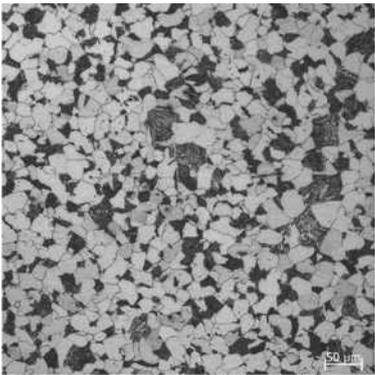


图 13 19061-22 试样向火面圆弧区组织形貌

## 二、结果分析

1. 通过送检样管的宏、微观检查结果和壁厚测量结果可知, 样管向火面存在以下特征:

(1) 对于样管向火面上减薄最严重的平面区, 宏、微观检查结果都表明该区管子外壁已由圆弧面变成了平面, 且十分平滑 (见图5和图6)。而向火面上的圆弧区, 管子外壁仍旧是圆弧面, 且管子外壁凹凸不平 (见图7和图9)。

(2) 送检样管向火面上减薄最严重的平面区, 中间壁厚最小 (2.7mm), 越往两边壁厚越大 (4.7mm), 壁厚偏差高达2mm, 说明平面区壁厚减薄不是均匀减薄。向火面圆弧区壁厚减薄较轻, 且各处减薄基本一致 (测量壁厚偏差为0.3mm), 说明圆弧区壁厚减薄为均匀减薄。

(3) 从现场照片和送检样管的形貌可知, 存在壁厚减薄的水冷壁管屏上, 所有向火面上的平面区位置特点和朝向均一致 (位于螺旋水冷壁管子上部), 所有向火面上圆弧区位置特点和朝向也一致 (位于螺旋水冷壁管子下部)。

综合上述3点可知, 相比向火面圆弧区, 送检样管向火面平面区管子壁厚减薄明显存在冲刷磨损减薄的特点。

2. 通过向火面上所有附着物的能谱分析结果可知, 所有附着物上均存在较高含量的碱性物质易结焦。查找相关文献可知: 灰的熔融性与其成分和含量有关。灰中的碱性物质的增加将使灰的熔点降低, 容易结焦。当煤含有较多硫化铁的时候, 结焦最为严重。

根据向火面上附着物的能谱分析结果和其宏观形貌, 可判断向火面上的附着物主要为飞灰的结焦。

3. 综合上述分析, 判断送检样向火面管子壁厚减薄的原因有两类:

(1) 向火面壁厚减薄严重的平面区管子, 其壁厚减薄是由于冲刷磨损和硫腐蚀共同作用造成的。

(2) 向火面壁厚减薄相对较轻的圆弧区管子, 其壁厚减薄是由于管子外壁存在硫腐蚀造成的。

结合向火面上附着物的能谱分析结果及相关文献资料, 判断向火面上的附着物主要为飞灰的结焦, 且附着物中硫和铁的含量较高, 碱金属和氧的含量也较高。

## 三、结论

1. 送检的水冷壁管子, 其化学成分、力学性能、金相组织和晶粒度均符合GB/T 5310-2017对15CrMoG的要求。

2. 送检水冷壁管子向火面管子壁厚减薄的原因有两类:

(1) 向火面壁厚减薄严重的平面区管子, 其壁厚减薄是由于冲刷磨损和硫腐蚀共同作用造成的。

(2) 向火面壁厚减薄相对较轻的圆弧区管子, 其壁厚减薄是由于管子外壁存在硫腐蚀造成的。

3. 送检的水冷壁管子向火面上的附着物为飞灰结焦, 且结焦产物中硫含量最大为24.14, 钠含量最大为8.23%, 钾含量最大为2.09%。

## 参考文献:

[1] 赵东辉, 刘国峰, 陈国栋. 产汽冷凝器换热管泄漏原因分析[J]. 北华大学学报 (自然科学版). 2010, (6). DOI: 10.3969/j.issn.1009-4822.2010.06.027.

[2] 李强. 锅炉水冷壁高温腐蚀原因分析及解决措施[J]. 山东电力技术. 2019, (9). DOI: 10.3969/j.issn.1007-9904.2019.09.014.