

某舰主锅炉筒身内壁裂缝起因分析

龚三省

(武汉海军工程学院)

〔提要〕 本文介绍某舰中修时发现锅炉汽水联箱水部筒壁及锅炉汽筒产生裂缝情况。分析了产生这种情况的原因,主要是由腐蚀性疲劳和腐蚀性热应力所致。并对此提出一些合理化建议,供有关人员参考。

主题词 船用锅炉 腐蚀 分析

某舰主锅炉已运行17年,但总共运行时间不超过10000小时。1984年该锅炉进行中修时,发现汽水集箱的水部封头附近产生环状裂缝。这种环状裂缝偏于内部周向的底部,约沿3/4周长散布,沿轴向大致集中在焊缝附近(见图1)。各裂缝的深度一般为4—7mm,全船四台炉均有,其中三台经打磨,直到无裂缝后,进行焊补处理,经再探伤未发现裂缝后继续使用。仅有一台因还有管孔超差而筒身报废换新。产生裂缝的原因初步宏观分析如下:

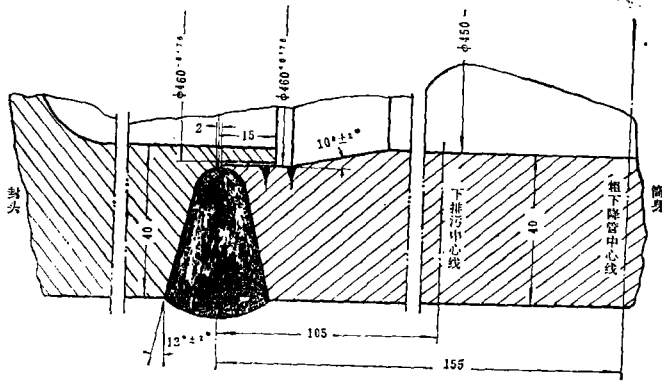


图1 汽水集箱水部封头焊接及裂缝情况

1. 封头和筒身采取套接,焊缝处形成搭接(见图1)。为了便于安装,搭接处留有平均为0.38mm的间隙。长时间停用必然渗入含盐类较多的炉水,因而导致电化学腐蚀。

看来这种焊缝结构型式不尽合理。

2. 筒壁和封头联接处有一台阶(见图1)。该处是应力集中区,按理应修圆,再加上筒内壁切削加工较粗糙,刀痕明显可见(见图2)。所以有些裂缝就是从应力集中处产生腐蚀凹坑,凹坑成串而作为裂源,向筒壁深入。

3. 由图1可看出六根粗下降水管最外一列的中心线离焊缝处为155mm,下排污管中心线离焊缝处为105mm,因此运行过程中下降水进汽水集箱水部后即沿轴向移动,补入并行排列

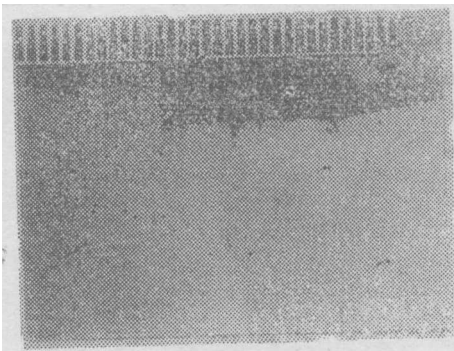


图2 裂缝剖面图(某一断面)

本文收到日期1988-05-20

的第三管束上升管列。下排污管不可能将搭接处的积水排净,所以在焊缝区底部形成水循环“盲区”。在锅炉点火升汽阶段,必然造成该区域的筒身加热不均匀,而不能排净炉水,给搭接处污水造成积贮的条件。

4.在过热器中发生严重电化学腐蚀时,就发现炉中水质特差,给水品质未能保持标准。长期运行时,因船上造水设备出率不足,极少排污换水。这给腐蚀造成充分条件,产生腐蚀灶。

综上所述,属于腐蚀和疲劳(因为裂缝成环状)可能性极大。为了进一步查清有否碱性脆化的可能,曾委托中央劳动人事部锅炉压力容器检测研究中心(以下简称检测中心)进行下列检查:

1. 材质分析

(1) 化学元素分析: P 和 S 均低于 YB6—71 标准, 其余 C、Si、Mn、Mo、Cr 均在标准范围内。说明原材质符合要求, 而且运行以来没有发生元素变化(因为事实上其工作温度均低于 280℃)。

(2) 机械性能测定: $\delta_{0.2}$ 和 δ_5 均略超过标准。 δ_5 达到 30% (标准为 20%), ψ 为 65% (标准为 45%), 冲击值 α_k 为 127J/mm² (13kgm/mm²), 几乎为一般锅炉钢材的两倍, 这一现象说明钢材不存在脆化。

(3) 筒身外径测量为 $\varnothing 529.35 - \varnothing 529.60$ mm, 标准尺寸为 $\varnothing 530$ mm, 说明不存在明显变形。

2. 金相分析

属铁素体 + 珠光体组织, 封头晶粒度为 8 级, 筒身晶粒度为 5—6 级, 未见异常。焊缝为铁素体、索氏体和粒状贝氏体, 显微组织正常。

3. 裂缝金相特征

(1) 所有裂缝均偏于筒身底部, 而且裂源处系表面腐蚀坑, 这些凹坑下部位于加工刀痕底部, 众多凹坑连成腐蚀沟槽, 凡是较深的裂缝其根部腐蚀更严重。

(2) 裂缝末端较粗, 圆钝且系穿晶, 未发现明显树枝状显微分支。

(3) 宏观断口有贝壳状花样, 显微断口看到疲劳辉纹。

(4) 裂缝周围金属呈明显腐蚀, 裂缝内充满疏松的黑色腐蚀产物。

(5) 裂缝平直扩展, 相互平行, 没有宏观分叉, 仅有少量显微分叉。

(6) 利用 S4—10 型的扫描电镜、D/Max III B 型 X—射线衍射仪及 EM—420 型透射电镜对断口上腐蚀产物进行了定性或半定量测定, 填充裂缝的腐蚀产物大都属于 Fe₃O₄、铬的氧化物、CaMoO₄、Ca₃SiO₅、SiO₂ 等。用 X 射线对断口表面腐蚀区能谱分析, 表明除基体所含合金元素外, 主要是氧化物, 还有 Mg、Ca、K、Cl 及 P 存在。其中 K 和 Cl 显然由凝水从冷凝器渗入海水所带入, 而 P 则主要因炉水加药 Na₃PO₄ 进行水质处理所带入。

因此, 根据检测中心的结论认为是活性态腐蚀疲劳。基本上符合原来的设想, 碱性脆化现象被排除。

除了汽水集箱筒身内壁存在上述裂缝外, 上锅筒前端封头和筒身环形焊缝在筒身底部内壁上也出现纵向裂缝, 其位置在过热器一侧(见图 3)。裂缝深约 2mm 左右, 长度

约20mm左右,发现后即被磨去进行补焊。分析其原因与上述汽水集箱不同,该处裂缝应属于腐蚀性热应力所致,其原因为:

1.该处因无上升管列和下降管列布置,也是水循环盲区。停用时间较长,在焊缝处积贮泥渣,导致电化学腐蚀。

2.结构上前端焊缝下部刚好位于内外炉壳之间的空气夹层处。该处筒身外侧未绝热,而裸露在夹层内,因此在运行过程中内壁承受几乎相当于工作压力下的饱和温度(230—280℃),而外壁系输入助燃空气的温度(40—60℃),内外温差导致热应力过大,引起裂缝(纵向符合最大拉应力方向)。

针对上述结论,特提出下列建议

- 1.这类锅炉在今后中修时都应仔细检查上述区域。
- 2.封头和筒身的搭接单边焊设计不可取,它是造成搭接部位间隙渗入炉水,促使产生金属腐蚀的条件。在加工要求上应提高内壁光洁度,消除应力集中的沟槽。台阶部分应修圆,避免应力集中。
- 3.中修时,应将裸露在空气夹层内的筒身包以绝热材料,以减少温差引起的热应力。
- 4.保证锅炉用水标准,水质问题无论在量和质两个方面均应严格要求满足所需。特别严格控制水中含氧和氯量。在水质分析、加药处理方面也要严格遵守运行条例。
- 5.今后运行中应严格按照规定时间打开人孔门进行内壁清洁检查,尤其在循环盲区防止积存泥渣。

本文曾引用检测中心所提供的《某舰主锅炉汽水集箱失效分析》报告,特此说明。

参 考 文 献

(1) 国家劳动人事部高压容器检测中心,船用锅炉联箱失效检测报告,1987

(孙显辉 编辑)

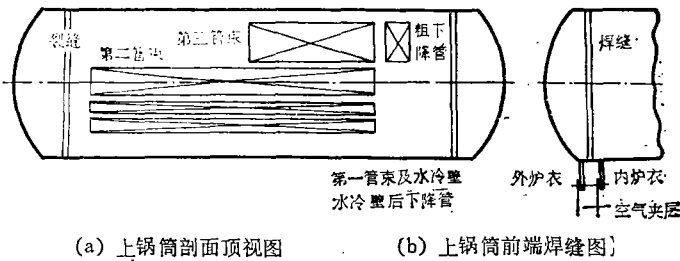


图 3 上锅筒焊缝及裂缝示意图

An Analysis on the Causes of Cracks in the Inner Walls of the Boiler in a Ship

Gong Sansheng

(Naval Academy of Engineering)

Abstract

A brief description of the cracks in the walls of the water part of the boiler steam-water header and in the steam drum of a vessel discovered during a medium-scale repair is presented. They have been found through an analysis to be caused by corrosive fatigue and corrosive thermal stresses. Some related rational suggestions are put forward for reference.

Key words: marine boiler, corrosion, analysis