

几种常见锅炉事故的机理分析

邝平健 吴庆玉 高玉宽

(哈尔滨市劳动局锅炉压力容器检验研究所)

[摘要] 本文着重分析了由于水垢和腐蚀所引起的锅炉常见事故的机理,其中包括:由于水垢所引起的水冷壁爆管和锅筒鼓包爆破事故;由于氧腐蚀及垢下腐蚀所引起的烟管渗漏及锅筒腐蚀疲劳裂纹事故,并结合爆口边缘的金相组合变化及图片,较全面地分析了事故产生的原因及预防措施。

关键词 水冷壁爆管 锅筒鼓包爆破 氧腐蚀 垢下腐蚀 水垢 金相组织

中图法分类号 TK224.92

0 概况

因锅炉用水不是很纯,含有许多杂质,如果这种水经过水处理或水处理方法不当,再加上排污不及时,就会在锅炉水侧结生水垢,并腐蚀锅炉金属。严重者,可引起水冷壁爆管,锅筒鼓包爆破以及烟管渗漏,锅筒底部裂纹等事故的发生。本文主要对快装锅炉及水管式锅炉进行分析。

1 水冷壁爆管和锅筒鼓包爆破的金相组织分析

1.1 因水垢而引起水冷壁爆管的形貌有两种,一种是横向裂纹,其金相组织见图1

爆口呈横向,水冷壁胀粗,表面发兰,氧化皮很厚,爆口处管壁明显减薄,其金相组织为管壁外侧严重脱碳

另外一种形貌为纵向裂纹,其金相组织见图2

爆口长约80 mm,表面氧化皮很厚,约为2.0 mm,氧化皮剥落后,管壁表面有一道道痕纹,裂纹沿痕纹裂开,管内结垢约2.0~3.5 mm,整个管壁均已减薄,向火面管壁厚约为1.5 mm,爆口边缘只有0.6 mm,其金相组织为管壁内外侧完全脱碳。

1.2 因水垢引起锅筒鼓包爆破的金相组织如图3所示,锅筒底部水垢,水渣堆积厚度约为100~150 mm,在水垢,水渣堆积处产生了210×160 mm范围的鼓包。鼓包处筒壁逐渐减薄,最后爆破形成了30×28 mm的爆口。

爆口边缘的金相组织是珠光体完全球化。

2 由于腐蚀引起烟管渗漏和锅筒底部裂纹的金相组织分析

2.1 由于腐蚀引起烟管渗漏的金相组织见图3

该烟管表面结有约1 mm厚的铁垢,呈

收稿日期 1997-09-15 收修改稿 1997-10-10

本文联系人 邝平健 男 1964年生 工程师 150076 哈尔滨市道里区新阳路463号

砖红色,除掉铁垢后漏出深浅不一的腐蚀坑,几乎连成一片,最大腐蚀坑为 $\Phi 9 \text{ mm}$,深度为 $1.5 \sim 3.5 \text{ mm}$

其金相组织为:铁素体+珠光体

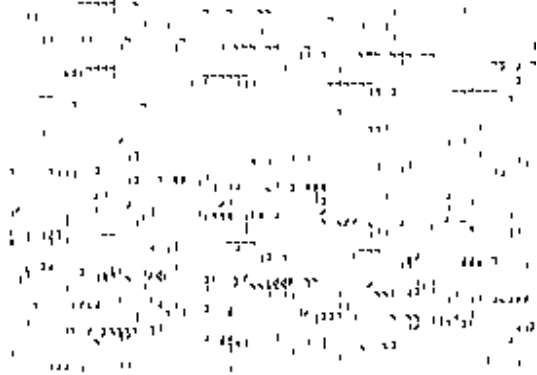


图 1 外侧严重脱碳组织 $100\times$



图 2 内外侧严重脱碳组织 $100\times$
腐蚀类型:垢下腐蚀,氧腐蚀

2.2 由于腐蚀,交变应力等因素引起锅筒鼓包裂纹的金相组织见图 5

锅筒底部产生一条 $120\times 1.2 \text{ mm}$ 的穿透性裂纹

其金相组织为:铁素体+珠光体 珠光体中度球化

此裂纹的产生是由于该锅炉为间断用水,在每次升降过程中产生交变应力;又因为该炉的水处理效果不好,又没有执行排污制度,使该处存有较厚的水垢,阻碍了热量的及

时传递,锅筒壁温升高,金相组织发生转变,同时沉淀物下的腐蚀介质高温浓缩,使电化学腐蚀加剧,所以在交变应力和垢下腐蚀介质作用下产生了腐蚀疲劳裂纹

3 机理分析

3.1 水垢引起管壁,筒壁温度升高的机理

引起管壁脱碳或筒壁珠光体球化的前提条件之一的管壁,筒壁温度升高,锅炉有水垢后,水垢的导热系数很小,约是锅炉钢板的 $1/20 \sim 1/400$,致使锅炉传热性能变差,燃料燃烧的热量不能迅速地传给锅水致使炉膛和烟气温度的进一步升高,因此,受热面两侧温差增大,壁温升高,其机理可用传热公式近似地说明。

$$Q = \frac{\lambda}{W}(t_h - t_s) \cdot F$$

式中: λ —介质的导热系数, $W/(m \cdot K)$

W —钢板(管)厚度, m

t_h —火侧温度, K

t_s —水侧温度, K

F —传热面积, m^2

从公式中可以看出:在同一台锅炉中,锅炉的传热面积(F)和钢板厚度(W)是一个固定不变的值,锅炉水侧的温度(t_s)在一定工作压力下也是一个固定值,锅炉的工作压力和蒸发量固定的情况下,每小时所需热量(Q)也是一个固定值,这样介质的导热系数(λ)与锅炉火侧与水侧的温度差($t_h - t_s$)成反比,如果锅炉一旦结生水垢, λ 值会大大减小,为了保持 Q 值不变,势必要增大 ($t_h - t_s$) 值, t_s 又是固定值,那么只得增大 t_h , 因此,水垢愈厚,导热系数愈差,锅炉火侧的温度就得愈高,如此长期运行,致使管壁,筒壁过热,并使其金相组织发生变化。

3.2 脱碳机理

根据以上所述,由于水冷壁内结生水垢,引起水冷壁壁温升高,在高温下,管子内侧发

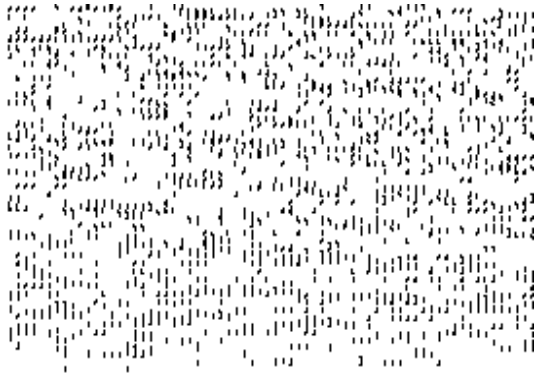


图 3 珠光体完全球化 200X

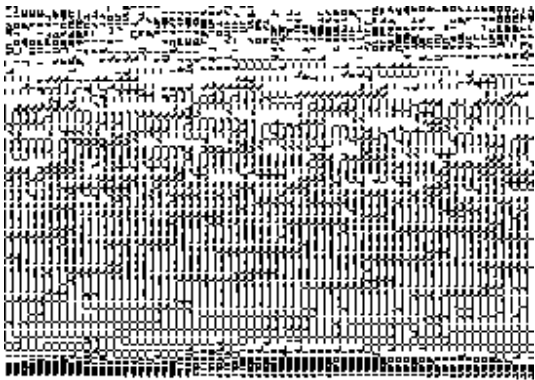
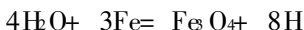


图 4 烟管渗漏组织状态 250X

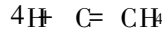


图 5 穿透性裂纹组织状态 100X

生氧化脱碳现象,水蒸汽与高于 400°C 铁接触时将发生如下反应:

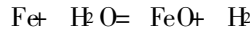
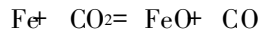
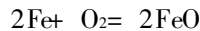


Fe_3O_4 就是管壁内表面的磁性氧化铁膜,同时氢原子如不能较快地被带走,由于氢原子尺寸很小,将穿入金属内部并主要停留于晶界处与扩散来的碳原子反应:

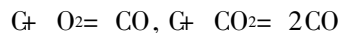


一则使钢材产生脱碳现象,另外甲烷(CH_4)在晶粒之间不断聚集,产生很高的张力,最终使晶间裂开,产生脆裂现象

高温下管壁外侧也发生氧化脱碳现象,运行锅炉的炉管在与高温烟气的接触中,烟气中的 O_2 , CO_2 , H_2O (汽)等氧化性气体与钢中的 Fe 起反应,使其表面生成氧化皮,反应如下:



同时 CO_2 , H_2O , O_2 和 H_2 等又能和钢中的碳结合生成气体使管材表面的碳被“燃烧”,产生脱碳,其反应如下:



3.3 珠光体球化机理

锅炉高温元件用的低碳钢及大部分低碳低合金钢都是珠光体钢,钢中的珠光体是铁素体和渗碳体的机械混合物,最初呈片状,在相同体积下,片的表面积比球大,球的表面积最小,按热力学第二定律,具有较大能量状态有向能量较小状态转变的趋势,因而珠光体中的渗碳体 (Fe_3C) 有自行转变为珠光体并聚集成大球团的趋势.在高温下运行的锅炉,随着运行时间的增长,珠光体球化程度也不断加剧,最后可发展至石墨化(石墨连成线,形成穿透性裂纹)珠光体球化能明显加快蠕变速度并降低持久强度,球化也使屈服限,抗拉强度及硬度有所下降.

3.4 垢下腐蚀机理

当锅炉受热面上有沉积物以后,不但会使金属过热而造成损坏,而且造成垢下腐蚀,垢下腐蚀的机理如下:

3.4.1 锅内的氧化物与金属壁之间的电化学腐蚀

当受热面金属表面的沉淀物中含有氧化铁等杂质时,这些氧化物电位高,成为阴极,而金属电位低为阳极,阳极的铁离子不断溶入锅水中与氧化铁生成新的高价氧化铁:

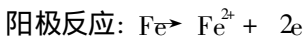


3.4.2 碱性腐蚀

锅内受热面表面有沉积物时,由于沉积物传热差,沉积物下部的金属壁温升高,使沉积物和金属表面之间的锅水浓缩,如果锅水中含有游离的氢氧化钠,那么在沉积物下会因锅水浓缩而形成浓度很高的 OH⁻,使金属壁的氧化保护膜被氢氧化钠溶解,电化学腐蚀加剧,结果在金属表面产生凹凸不平的腐蚀坑,坑上有疏松的腐蚀产物,腐蚀发展到一定程度出现渗漏

3.4.3 酸性腐蚀

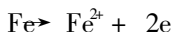
有的锅水含有 MgCl₂和 CaCl₂类物质,因而在沉淀物下积累起很高的 H⁺浓度,此时沉淀物下会发生酸性水对金属的腐蚀



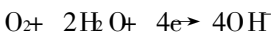
由于阴极反应在沉淀物之下,生成的 H₂受到沉积物的阻碍不能很快扩散到汽水混合区域,因此促使金属壁中沉积物之间积累多量氢,这些氢有一部分扩散到金属内部和钢中的渗碳体发生脱碳反应,反应如下: Fe₃C + 2H₂ → 3Fe + CH₄ 由于碳钢脱碳,其金相组织受到破坏,并且由于反应产物在金属内部产生压力,使金属中逐渐形成裂纹

3.5 氧腐蚀机理

铁受水中溶解氧的腐蚀是一种电化学腐蚀,铁(阳极)遭到腐蚀的反应如下:



氧(阴极)进行还原,反应如下:



在这里溶解氧起阴极去极化作用,是引起铁腐蚀的因素,这种腐蚀称为氧去极化腐

蚀,即为氧腐蚀

4 预防措施

综上所述,为防止锅炉结垢和腐蚀应采取以下措施:

1. 根据本地区水质情况,锅炉用水量及锅炉用途选择合适的锅外水处理设备,如果水质较差,锅炉用水量较大,用户对蒸汽品质要求较严,可采用二级钠离子交换。

2. 配置专职水处理化验员,化验员素质要高,责任心要强,每班至少一人,严格按《低压锅炉水质标准》控制锅炉给水,锅水等各项指标符合标准要求

3. 重点要控制锅水碱度和 PH 值,锅水碱度不能太低,最好控制在 18~ 26mmol/L 之间,PH 值在 10~ 11 范围内,从而抑制锅炉腐蚀的发生。

4. 在锅外水处理的基础上可配置锅内加药作为辅助处理,以进一步消除给水的残余硬度,调节锅水碱度

5. 建立科学的排污制度,做到勤排,少排,均衡排,化验员可根据水质变化情况指导司炉排污。

6. 锅炉给水应做除氧处理,可以采用低位真空除氧,热办除氧,亚硫酸钠化学除氧,树脂除氧等方法,也可通过改进锅内进水装置进行除氧。

7. 锅炉水侧一旦结生水垢,要采用化学清洗方法将垢除掉,防止锅炉产生垢下腐蚀及其它事故的发生,清洗完后,要对锅炉认真冲洗,防止残垢堆积在水冷壁,锅筒,集箱等处。

如果能做到上述几条,就可以避免或减少锅炉事故的发生

参考文献

- 1 集体编写.金相图谱.电力工业出版社,1980
- 2 李正华编.工业锅炉检验.北京科技出版社,1992
- 3 许兴伟等.低压锅炉水处理技术.劳动出版社,1991
- 4 杨世明等.传热学.高等教育出版社,1980 (复 编)