

卧式快装锅炉锅体开裂原因分析及检修方法

于洋

(吉林石化公司炼油厂, 吉林吉林132021)

摘要：针对DZL6-1.25T型蒸汽锅炉出现的泄漏故障，通过宏观检查、无损检测和金相微观检查等方法进行失效分析，根据裂缝形成机理实施检修方案，并取得良好效果。采取相应的防治对策，保证锅炉安全稳定运行。

0引言

工业用电锅炉属于特殊的受热承压装置，具有一定的危险性。由于裂缝是引起锅炉泄漏、爆炸等事故的最大隐患，因而如何保证锅炉安全、稳定、可靠地工作，成为国内外众多学者关注的焦点。通过对某石化公司锅炉开裂的原因进行分析，找到故障成因并制订检修计划，同时采取相应的防治对策，防止此类裂纹的发生，保证锅炉的正常使用。

1锅炉裂纹情况

某石化公司使用的DZL6-1.25T型蒸汽锅炉（图1）出现泄漏，公司收到事故汇报后，马上派人赶到生产车间进行检查。



图 1 DZL6-1.25T 型蒸汽锅炉

1.1宏观检查

该锅炉锅体采用Q245R材料，厚度22mm，有定期检查及水质检测报告，检查当日操作记录显示水位、压力无异常。通过宏观观察，锅体内部没有明显的污物，在锅体底部渗漏部位有一条100mm长、0.5mm宽的贯穿裂缝，该裂缝在平口罐中部的平顶环焊边处，沿着焊点与母材熔合的方向扩展，周围有疑似细小裂缝，裂缝两边的母材料没有明显变形、鼓包和过烧，焊缝未见咬边、错边等表面焊接缺陷。在焊接的同一端，距裂缝100mm处设有一个用于排水的支承片，它与锅体形成了一个角焊接头，其边沿与炉膛的对接焊缝基本垂直，并在其两边沉积了少许的粉尘。

1.2无损检测

对裂缝焊缝和裂缝末端300mm以内的焊点和污水处理设备支持板的转角焊缝进行清洗、抛光，直到显露出金属光亮为止。通过磁粉探测，发现在水侧没有其他伴生裂缝，只有贯穿式裂缝，在火侧出现了主要裂缝，其两边均有细小的裂缝，这些裂缝的长度都很短（2~10mm）。污水处理设备支持板的转角处焊缝没有出现裂缝。超声探测结果显示，除上述裂缝外没有其他的内部损伤，采用超声对主裂缝两边的微小裂缝进行了探测，深度最大为5mm。

1.3金相显微检验

对焊接及基材进行了光谱测定（表1），结果满足Q245R及熔覆金属的成分组成，未发现硫、磷等元素含量过高。对断裂进行微观分析，结果显示出一种具有疲劳的辉纹状结构（图2）。检查母材及开裂部位的微观结构，发现母材为铁元素+珍珠岩，颗粒尺寸和形状相似，没有魏氏组织（图3）。裂纹部位的金相组织显示裂纹以沿晶、穿晶为主（图4）。

表 1 裂纹区域材料化学成分 wt%

项目	C	P	S	Si	Mn
试样母材	0.160	0.013	0.009	0.320	0.680
试样焊缝	-	0.016	0.008	-	-
Q245R	≤0.200	≤0.010	≤0.010	≤0.350	0.500~1.100
E4315 熔敷金属	-	0.024	0.016	-	-

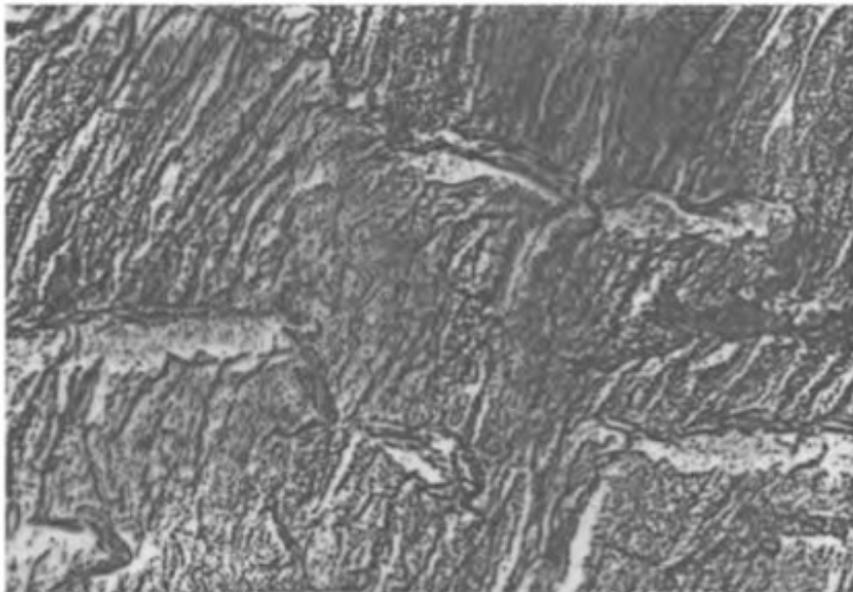


图 2 断口显微形貌

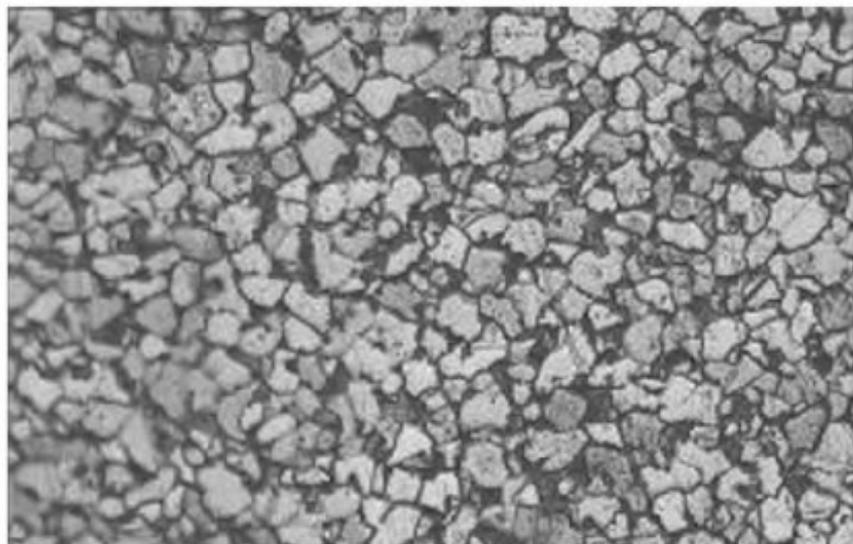


图 3 母材正常显微组织(200×)

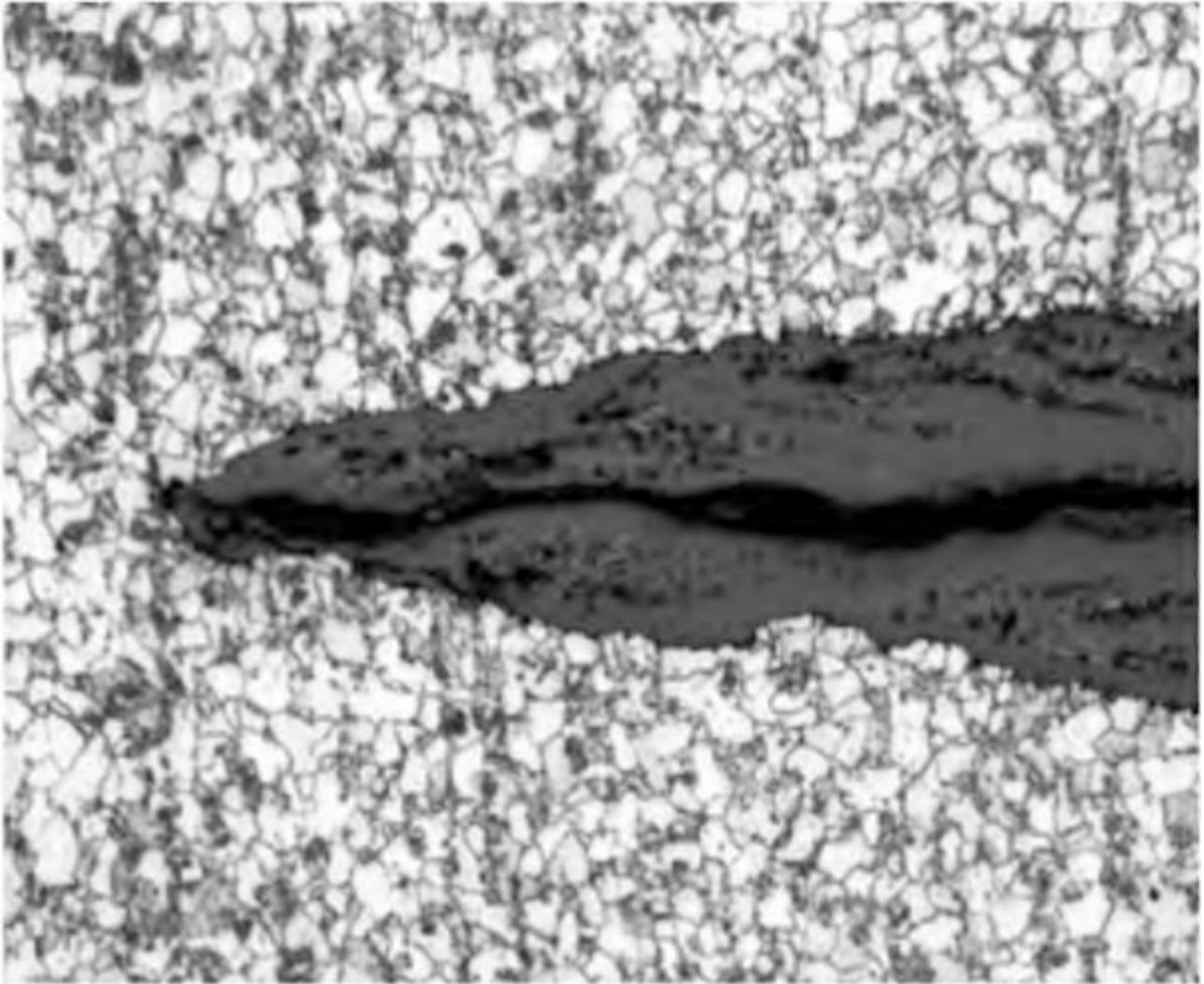


图 4 裂纹尖端显微组织(100×)

1.4 检验结果

Q245R材料的塑性强、韧性好，但若长时间高温则会导致其组织恶化、机械强度下降。在高温和高压的双重影响下，会产生变形、凸起，最终断裂，并使断裂部位的厚度减小。但锅炉没有出现明显的塑性破坏，反而出现了裂纹，不满足塑性断裂的特点。生产记录中锅炉没有发生过脱水现象，通过对其进行的宏观观察，发现主要裂缝宽度在0.5mm左右，表明其在破裂过程中受到了很大的压力。通过对火焰侧主要裂缝的探测，发现在火侧主要裂缝的两边都存在裂缝，但在水侧未出现裂缝，由此推断裂纹是由火侧开始逐渐向水侧方向发展的。通过微观观察发现，母材的组织基本完好，断裂微观形态呈现出疲劳、斑纹等特点，且以穿晶为主，故可将其视为一种疲劳断裂。

2 裂纹失效机理分析

锅炉炉管采用Q245R材料，厚度为22mm，无需进行全面的热处理，因此焊接后的剩余应力比较大。此外，在焊接工艺中，由于焊接时的张力与焊接接头的非连续性部位应力的共同作用，形成焊接接头的应力分布。另外，由于污水管道内壁与锅炉的对接焊缝很接近，且与锅炉的对接焊缝基本成平行状态，因此，在这一地区，水流流通受到阻，这一现象从支架上的小块灰尘可以看出。一方面，在此区域水流比其他区域缓慢，同时也会被火焰的辐射所影响，因此会受到很大的温度变化，与之前的应力重叠在一起，增加了该位置的压力。同时，在该区域水流通受阻，在支承板壁上的热水滞留时间过长导致泡沫增多，当水汽遇到水流时，会形成循环的压力负荷，从而使焊接接头出现多个受力重叠的缺陷。同时，炉膛外侧的张力较大，受到较大的火焰辐射，因此裂纹是从火侧面开始，与检验结果相吻合。

3 锅炉维修

3.1 维修方案

根据锅炉炉体裂缝破坏机理分析，提出以下维护措施：

(1) 将污水管道内的支承盘移至与主焊缝较远的地方，按评定的方法进行焊接，并对其进行100%的磁性粉末检验。

(2) 因为裂缝是由于疲劳造成的，因此维修时要采取挖掘的办法。用正方补片，大小为300mm×300mm×22mm，补片四角应为圆形，半直径大于100mm，材料选用Q245R，焊条型号选E4315，抛光消除焊缝余高，进行100%光线检测。

3.2 维修过程

(1) 切断污水管道的支持面板，抛光残留的缺口，使其与母材平齐，移动支承面板距主焊缝300mm，由合格的焊工进行操作，并符合NB/T47013—2015《承压设备无损检测》标准I类。

(2) 将制作好的空洞用样板放入锅内，绘制好线条后，将缺损部分沿直线切割，切割后抛光，去除切割边50mm以内的杂质。将相同的下料片放在补片上，其长、宽都按照样片的尺寸增大5mm。在卷装补片时，由于补片的振幅会导致补片的弧形半径增加，故应将其预先弯曲至比平底的弧形半径稍小，再将已弯曲的补板放置一段时间，然后对其曲线进行半径修正。

(3) 将补片和锅炉修补缺口磨掉硬边，然后按照双面焊的方式在平底焊缝上切出一道斜槽，该焊缝与平底锅的空隙为2mm，经抛光以消除残余焊缝。

(4) 由合格的、有资质的焊工进行焊接，并按照NB/T47013—2015《承压设备无损检测》要求检验。

4 预防措施

从断裂破坏机理的角度分析，这种裂缝是由于焊接残余应力、运行工况下的应力和热应力在焊接过程中累积而形成的，再结合不顺畅的水流而形成的应力负荷，从而形成了疲劳开裂。因此可以采用以下防范措施：

(1) 将外排水设备支架等的锅筒内体与锅体连接时，应尽可能地与锅体的主体对接焊缝保持一定距离，并尽可能减少支承片等接头的横断面面积，尽可能沿水循环流动的方向排列。

(2) 在确保焊接材料填充的前提下，尽可能地降低焊接残余高度，并根据需要进行抛光，以减小残余高度。

(3) 如果需要，在锅炉的设计和生产工艺中加入热处理以减少压力。

(4) 在锅炉的操作中，应尽量减少对锅炉进行频繁启动和停机，造成高负载的变动。

5 结束语

检修后，对停炉进行内部检查，没有出现任何类似的裂缝，设备状态良好，工作平稳。实践表明，锅炉的结构缺陷、负荷波动较大、频繁启动引起的周期应力负荷，以及受力集中等，是锅炉出现裂缝的主要原因，在设计、制造、安装过程中要充分重视，尽量减小应力的集中，防止出现周期的应力负荷，在生产过程中要防止频繁启动、负荷波动大现象的发生。

参考文献

[1]胡卫朋,梁才航,蒋件德,等.一种丙烯酸聚合物锅炉水处理药剂性能研究[J].科学技术与工程,2022,16(10):151-154.

[2]薛光磊.基于事故案例的蒸汽锅炉爆裂机理研究[D].青岛:中国石油大学(华东),2022.

[3]汤鹏杰,姜勇,巩建鸣,等.某热电厂20G钢锅炉水冷壁管鼓包的原因[J].机械工程材料,2022,40(1):101-105.

[4]顾宝兰,徐彤,孙超.热电厂锅炉水冷壁鼓包和爆管原因分析[J].机械工程材料,2022,40(12):113-118.

[5]陈志.锅炉水冷壁管纵向裂纹开裂原因浅析[J].焊接技术,2022,48(5):123-125.

[6]钟培道.断裂失效分析(续)[J].理化检验(物理分册),2022,41(10):535-539.

[7]王明强,吴金星,王超,等.燃气锅炉烟管管端和管板裂纹分析与防止[J].中国特种设备安全,2022,32(3):64-67.

[8]TSGG0001-2012,锅炉安全技术监察规程[S].北京:新华出版社,2022.

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/207556.html>