

裂解装置急冷锅炉换热管开裂泄漏原因研究

尹 贵

身份证号码: 6422261989****1413

【摘要】研究乙烯急冷锅炉的失效现象,可以进一步了解到导致失效的主要因素,有利于采取合理有效的措施,预防和解决失效的故障,从而减少设备停车维修的频率,减少经济损失,保障设备的安全平稳运行,提高生产率。同时,通过对乙烯急冷锅炉失效问题的研究,掌握分析急冷锅炉失效原因的方法和培养处理这类故障问题的思维,将有利于在今后的生产过程中,针对此类问题,提供参考和解决思路,也有利于对设备的完善维修,制定合理的检修方案,管理设备提供重要的帮助。

【关键词】裂解装置;急冷锅炉;换热管开裂泄漏

引言

对于急冷锅炉的选择,我国先后引进了 USX/TLX 型、SLE 型等急冷锅炉,但在长期生产运行使用后,均出现了不同程度的故障,尤其是急冷锅炉泄漏失效问题,导致锅炉段压力温度异常变化,频繁的停车检修也使得乙烯产量达不到预期要求。造成乙烯急冷锅炉失效的原因有很多,比如材料的选择、温度场的变化、炉管的设计强度、焊接工艺的缺陷、锅炉给水的分布不均、pH 值超出限制范围、结焦渗碳等。除此之外,工作环境的变化、运行时间长短等也可能导致锅炉失效。

1 裂解装置急冷锅炉换热管开裂泄漏概述

乙烯是石油化工基本原料,在石油化工的生产中占有比较重要的地位。随着工业制造技术不断发展,乙烯的需求量逐年增大,如何提高乙烯的生产产量成为了学者们研究的重点。黄子坤在研究乙烯裂解工艺时,提到工艺系统主要由原料供给、高温裂解和废热锅炉组成。急冷锅炉主要设备有锅炉主体和汽包,乙烯裂解装置的原料如石脑油等经过裂解后,产生的高温裂解气体需经过迅速冷却,饱和水汽化后上升到汽包中,汽水分离后,完成循环。生产过程中,乙烯等产品会发生二次反应,为了防止这些会使影响产品收率的问题出现,乙烯裂解装置一般都会配备相应型式的急冷锅炉^[1]。乙烯急冷锅炉具有高质量流速、发生高压蒸汽、停留时间短暂等特点。在裂解过程中,乙烯急冷锅炉起着非常重要的作用,一、保证裂解气的压缩机正常运转和降低运行功耗,处理后的高温的裂解气温度下降,极大的降低对金属的损伤,而汽包分离的气体作为动力不断进行补充;二、减轻进料负荷;三、蒸汽以冷凝水的形式经下降管道,进入换热系统循环使用,减少污水排放量;四、裂解气低能位热量回收,急冷油稀释蒸汽,急冷水为分离系统的工艺加热。因此,乙烯急冷锅炉的正常运行关系到乙烯长周期安全生产的过程。有学者在分析急冷锅炉下锥体

裂纹产生的原因时,发现在设计选材的时候,选用了材料许用温度为 593℃的 Incoloy800 的材料,但其入口处实际操作温度在 850℃附近,故不能够满足长期的使用要求,最终导致炉管开裂失效。有学者对失效的急冷锅炉进行材料化学成分分析,结果表明,用于制作的材料 18/8 型钢不适合在超过 600℃的环境下使用,超过 800℃就会发生氧化,渗碳会加剧化学反应的进行,破坏氧化层,加快腐蚀速率。所以,要使用适合操作温度要求的材料,才能够有效的避免因选材不当而造成锅炉失效。

2 裂解装置急冷锅炉换热管开裂泄漏原因

2.1 宏观观察

裂纹位于换热管对接深孔焊缝靠换热管一侧。将裂纹人为打开,灰白色部分为人为打开断口,暗黄色部分为陈旧断口。从断口上可明显看出,换热管外表面裂纹明显长于内表面,并可观察到以裂纹源为原点的放射纹,以及焊缝外表面缝隙末端根部的未焊透,因此初步判断裂纹是起源于换热管对接焊缝外表面缝隙根部未焊透部位^[2]。从断口区域特征形貌可以看出,断口整体平坦,无明显塑性变形和剪切唇,呈解理/准解理脆性断裂特征,且可观察到较为明显的疲劳辉纹,说明裂纹不属于外力拉伸的所致的塑性开裂,初步判断为疲劳裂纹,也可能存在应力腐蚀裂纹。

2.2 换热管损伤检查

换热管内、外表面为红褐色,内壁上有很大面积的锈蚀,锈蚀层很厚,锈蚀层很厚,锈蚀层形成锈层。腐蚀块粒径 3-4 mm,与基质粘接不良,易剥落。该换热管除发生腐蚀的部分外,其余部分均完好,没有出现明显的腐蚀迹象。

2.3 腐蚀产物分析

对剥落的锈蚀产品进行了成份和组织分析。腐蚀产物以铁氧化物为主。X-射线衍射(XRD)的研究表明,腐

蚀产物以 Fe₂O₃、Fe₃O₄ 为主。

2.4 腐蚀部位形貌样品

用 4% 质量分数的硝酸对腐蚀产物进行腐蚀处理，并用显微镜对其微观结构进行了分析。通过对腐蚀区微观形貌的观察，发现在基体中存在大量的沿晶面裂缝，裂缝沿铁素体界面延伸^[3]。

2.5 裂纹尖端能谱分析

在来样裂纹尖端部位取样进行能谱分析，裂纹抛光态形貌，可见裂纹起源于换热管外表面(壳程侧)缝隙处，并沿焊缝向管内(管程侧)扩展，裂纹内充满垢物。能谱分析显示，垢物中除了金属氧化物、硫化物外，还有 K、Na 等碱性元素，其中 K、Na 含量检测最高值分别为 0.73%、2.74%，结合分叉裂纹的特征及高温操作环境(壳程温度为 324℃)，推测碱应力腐蚀开裂促进了裂纹的扩展。

2.6 断口扫描电镜分析

为了进一步分析断裂的过程和特征，通过扫描电镜对断口进行了分析，对裂纹源区、扩展区和瞬断区断口进行了形貌观察和能谱分析。裂纹起源于外表面，可观察到以裂纹源为原点的放射纹，且能谱分析显示裂纹源部位无明显的夹杂，说明裂纹系起源于换热管焊缝外表面缝隙及未焊透部位的应力集中处；同时在该部位断面上还可观察到疲劳辉纹和碾压痕，说明裂纹的起裂与疲劳载荷有关(热疲劳与振动疲劳)^[4]。扩展区断面总体较为平整，呈穿晶解理断裂特征，并可观察到疲劳辉纹和碾压痕，局部存在二次裂纹，为疲劳断裂的特征，说明裂纹是以疲劳裂纹(热疲劳与振动疲劳)的形式扩展的，为疲劳开裂。

3 结果与讨论

通过对锅炉生产过程、腐蚀产物及换热管的宏微观结构的分析，得出了换热管在腐蚀介质作用下发生了大

范围、均匀的腐蚀损伤的结论。通过对材料的化学成分和金相的分析，证明了该产品的质量是合格的。对其腐蚀产物和腐蚀位置进行了显微观察，结果表明，该腐蚀是由该换热管工作在较高温度下所形成。锅炉酸洗使用的是质量分数在 8%~10%HCl+3%HF+ (乌洛托品或 Can-826) 的抑制剂，在酸洗后，用高压水柱将酸液排出，用清水冲洗干净。在冲洗水中 pH 值为 7-8 的情况下，添加碱性溶液对其进行钝化。通过对酸洗流程的分析，得出了该装置在酸洗后不会有残酸的结论。此外，上一次锅炉的清理发生在 2020 年的 11 月，而换热管道的腐蚀发生在 2022 年的 1 月，两者之间存在着一定的距离。经过长期的清洁而没有发现任何问题。另外，由于锅炉是连续运转的，工作介质具有极强的流动性，因此，在高温高压、高速流动的条件下，残余的少量酸洗液不会对锅炉的传热管道产生严重的损害。从而消除了因锅炉酸洗引起的换热管道腐蚀的可能性。根据锅炉的运行数据，可以看出，在辐射段换热管道中，有较高温度的热水流入，并经过蒸发，产生了 80% 的饱和蒸汽。在热力学中，干燥是指在气体和液体中，气体占到的比例。本文介绍了一种利用蒸发器进行蒸发器实验研究的方法。这就使得辐射段传热管内部有一个相变区，即从液体到蒸汽的相变区。

【参考文献】

[1]黄伟岗,陈鹏,邢军,孙黎君,王淼,李恒达,马浩,沙远超. 超临界锅炉人孔门角部水冷壁开裂原因分析及处理建议[J]. 发电设备,2023,37(01):65-70.

[2]林雪松,陈本荣,樊雪峰,蔡志强. 废热锅炉 U 型换热管泄漏分析及预防措施 [J]. 云南电力技术,2019,47(02):88-89.

作者简介:尹贵(1989.9—), 男,汉族,本科学历,助理工程师,主要从事煤化工生产操作方面的研究工作。