

锅炉检验中裂纹产生原因分析与解决措施

彭晓晶

(内蒙古自治区特种设备检验研究院巴彦淖尔分院 内蒙古巴彦淖尔 015000)

摘要: 裂纹是锅炉内部检验时经常检出的缺陷之一。锅体如果出现严重的裂纹,除了会影响锅炉的正常使用,还会对用户的生命财产安全造成威胁。所以,要求锅炉使用和检验部门对此高度重视,在开展检验工作时高标准、严要求。基于此,文章阐述了锅炉检验时裂纹产生的原因及解决措施,提出了行之有效的预防方案,确保锅炉运行期间的安全性、稳定性和经济性。

关键词: 锅炉检验; 裂纹原因; 处理对策

1 阐述锅炉裂纹检验重要性及失效模式

1.1 锅炉裂纹检验的重要性

第一, 安全性。锅炉裂纹可能导致泄漏或破裂,造成严重事故和人员伤亡,通过对锅炉进行裂纹检验,可以及早发现潜在的裂纹问题,并采取适当的维修措施,确保锅炉的安全运行。第二, 可靠性。裂纹可能导致锅炉部件的破损或功能失效,从而影响锅炉的正常运行和热能传递效率,通过定期进行裂纹检验,可以及时发现并修复裂纹,提高锅炉的可靠性和运行效率。第三, 经济性。裂纹问题如果得不到及时发现和处理,可能会导致更严重的损坏,进而需要更昂贵的维修或更换成本,通过定期的裂纹检验,可以在裂纹问题较小时进行修复或预防性维护,降低整体维修成本,并延长锅炉的使用寿命。

1.2 锅炉失效模式

锅炉长时间的运行和热循环负荷可能导致金属疲劳,特别是在高温高压环境下,这会导致裂纹的形成和扩展,最终导致部件失效。其次,在特定的工作环境中,例如锅炉中的化学物质存在,结合高温和应力,可能导致金属部件的应力腐蚀开裂,这种失效模式通常是隐藏的,并且在裂纹形成后往往发展迅速。另外,锅炉的温度和压力受到周期性变化,这可能导致部件的热疲劳失效,频繁的温度循环和热应力会导致裂纹的形成和扩展。锅炉中存在腐蚀性介质时,金属部件可能会发生腐蚀,并最终造成失效,腐蚀可以导致金属的薄化和减弱,从而使部件易于破裂或泄漏。由于制造或材料本身的缺陷,锅炉部件可能存在初始的裂纹或缺陷,在工作过程中,这些缺陷可能会扩展并引发失效。

2 锅炉检验中裂纹产生原因

2.1 热应力和热循环

在工业锅炉的运行过程中,温度的升降和热循环会引起锅炉内部金属结构的热应力,这是由于金属材料热胀冷缩的性质所导致的。当锅炉内部受热时,金属材料会膨胀,而当其冷却时会收缩,这种温度变化导致金属材料内部产生应力。如果热应力超过金属材料的承受能力,就会引发各种问题,包括变形、蠕变和裂纹的产生。过高的热应力可能导致金属材料变形,使得原本设计好的形状发生改变,此外,当热应力超过材料的蠕变极限时,金属材料会发生蠕变,蠕变是一种在高温下长期加载下金属材料发生的非弹性变形,其可能导致结构松弛、失效或变形加剧。最严重的情况下,过高的热应力可能导致金属材料开裂,热应力引起的裂纹通常是在高应力集中区域或弱点处形成,比如焊接位置、薄弱处或缺陷区域,裂纹的存在会削弱金属材料的强度和可靠性,可能导致漏水、破坏甚至爆炸等严重后果。因此,为了减轻热应力带来的影响,工业锅炉通常会采取一系列的设计和措施,如增加材料的强度、改善热循环和温度均匀性、合理安排冷却装置等。此外,定期的检测、维护和保

养也是至关重要的,以确保工业锅炉的安全可靠运行。

2.2 疲劳加载

锅炉在运行过程中承受着循环荷载,其中包括温度的周期性变化和压力的波动,这种重复的应变和应力作用会导致金属材料发生疲劳累积现象。在锅炉运行期间,由于温度的升降和压力的变化,金属材料内部会出现应力变化。这些应力变化会导致金属材料中微小的裂纹的形成。在循环荷载的作用下,这些裂纹会逐渐扩展,最终可能导致金属材料出现疲劳破坏,疲劳破坏是一种由于重复应力或应变引起的金属材料损伤和失效。在锅炉中,由于循环荷载导致的疲劳破坏常发生在承受应力集中的部位,比如焊接区域、孔洞、切口或腐蚀坑等,随着疲劳裂纹的扩展,金属材料的强度逐渐降低,最终可能引发严重的失效事故,比如断裂和泄漏。为了预防疲劳破坏,工业锅炉在设计 and 制造过程中通常会考虑以下因素:选择具有良好疲劳强度的金属材料,能够承受循环荷载的影响;通过合理的结构设计,减少应力集中区域和弱点,降低疲劳损伤的发生概率;定期检查和保养锅炉,及时修复和替换疲劳受损部位,避免裂纹扩展和失效;使用非破坏性检测方法,如超声波检测、磁粉检测等,及时发现潜在的裂纹或损伤,并采取适当的措施进行修复。综上所述,疲劳破坏是工业锅炉中的重要问题,需要采取相应的措施来预防和管理,以确保锅炉的安全运行。

2.3 腐蚀和腐蚀疲劳

如果工业锅炉的工作环境存在腐蚀性介质,例如酸性或碱性物质,金属材料可能会受到腐蚀的影响,在长期的腐蚀作用下,金属材料的强度会减弱,从而容易引发裂纹的产生。腐蚀会导致金属表面的腐蚀损失和金属内部的微观氧化、腐蚀性溶解等现象,这些腐蚀过程会影响金属的力学性能和完整性,金属材料腐蚀后的薄弱区域或局部腐蚀区域容易成为裂纹的起始点。同时,机械应力和腐蚀的结合也可能导致腐蚀疲劳的发生,当金属材料在腐蚀介质的作用下承受机械应力时,疲劳和腐蚀过程会相互作用,加速金属材料的损伤和失效,这种腐蚀疲劳过程可能在金属表面形成裂纹,并随着时间的推移逐渐扩展。应对腐蚀引起的裂纹问题可以采取以下措施:选择具有良好抗腐蚀性能的金属材料,以降低腐蚀的影响;应用防腐涂层、防腐蚀包覆层等保护措施,减少金属与腐蚀介质的直接接触;采用腐蚀监测技术,如电化学腐蚀监测、腐蚀速率测量等,检测腐蚀情况,及早发现存在的腐蚀问题;定期清洗、检查和维护锅炉,及时处理腐蚀问题,修复损坏的金属部件,防止腐蚀引起的裂纹的进一步扩展。

2.4 锻造或焊接缺陷

在工业锅炉的制造过程中,如果锻造或焊接存在问题,如焊接接头质量低下、焊缝内部缺陷等,这些缺陷可能成为裂纹产生的源头。

定期检测和维护工业锅炉, 识别潜在的问题, 并及时修复和处理裂纹是确保锅炉长期安全运行的关键。

3 锅炉裂纹处理及预防对策

3.1 锅炉裂纹处理对策

3.1.1 修复焊接

对于小型裂纹, 通常都会采用焊接修复处理方法。在进行焊接修复之前, 首先需要将裂纹区域清洁干净, 去除表面的杂质、锈蚀和涂层, 以便焊接材料能够有效地结合。对于较厚的金属构件或存在显著温度差的情况, 需要进行加热预热, 预热有助于减轻应力和热应变, 并提高焊接区域的可塑性。选择合适的焊接方法和填充材料, 将其应用到裂纹处。常见的焊接方法包括手工电弧焊、TIG 焊、MIG 焊等, 填充材料的选择应符合所需的强度、热膨胀系数和耐腐蚀性能。在完成焊接修复后, 可能需要进行焊后热处理, 热处理可通过控制冷却速率和温度, 改变材料的组织和性能, 减轻裂纹的敏感性。完成焊接修复后, 需要进行焊后检测, 以确保修复后的焊缝质量和整体强度, 常见的检测方法包括渗透检测、超声波检测等。开展焊接修复时应由经验丰富的焊接技师进行操作, 要求这些人员了解焊接材料的选择和操作过程, 以确保修复焊缝的质量和耐久性, 此外, 焊接修复后的焊缝应进行适当的后续处理和保养, 以确保其性能和长期稳定性。

3.1.2 更换受损部件

对于裂纹较为严重或无法修复的情况, 需要考虑更换受损的部件, 以确保系统的完整性和安全性。首先需要确定裂纹的位置和程度, 以确定哪些部件需要更换, 这可以通过仔细的检查和适当的非破坏性检测方法来确定。根据受损部件的特点和系统的要求, 制定更换计划, 这应包括拆卸原有部件、准备新部件、安装新部件以及必要的测试和调整工作。确保获得符合要求的新部件, 包括正确的尺寸、材料和规格, 根据设备制造商的建议或相关标准, 选择合适的部件, 并确保其能够适应系统的工作条件和负荷。在更换过程中, 需要按照正确的程序和操作规范拆卸受损部件, 这可能涉及使用适当的工具、配件和安全设备来确保操作的顺利进行。在安装新部件之前, 确保清洁正确的安装区域, 并检查相应的密封件和连接件, 按照设备制造商的指示和标准程序进行安装, 并确保部件正确安装和定位, 一旦新部件安装完成, 进行必要的测试和调整, 以确保系统的正常运行, 这可能包括压力测试、功能测试和性能验证。更换受损部件需要专业人员进行操作, 并严格遵守相关安全和操作规程。对于一些复杂的系统和关键设备, 可能需要专门的维修团队或合同外的服务提供商进行更换工作, 同时, 记得记录更换过程和记录相关数据, 以便未来的维护和审计需要。

3.1.3 热处理

在某些情况下, 热处理可以被用于减轻或消除裂纹的影响。热处理通过改变材料的晶体结构和性质, 有助于减小或消除裂纹的尺寸和影响。而退火是最常见的热处理方法之一, 通过加热材料到一定温度, 然后缓慢冷却, 可使裂纹放大, 从而减小或消除裂纹, 这是因为退火过程中发生的晶体结构变化可以减轻应力和改善材料的塑性, 这种热处理方法在一定温度下进行保温一段时间, 然后进行适当的冷却, 该过程可通过材料的固溶处理或相变来改变其晶体结构和性质, 从而减小或消除裂纹。预应力热处理则是通过在材料上施加预定的压力和热处理组合, 改变材料的应力分布, 并调整裂纹的尺寸和影响, 这种方法常用于消除或减小冷工作应力引起的裂纹。对于某些材料, 例如钢, 在淬火过程中快速冷却可产生高硬度和脆性, 并可能引起裂纹, 随后进行回火处理, 通过加热材料并适当冷却, 以改善材料的韧性和减小裂纹。需要注意的是, 热处理应根据

具体材料的性质、裂纹的类型和应用环境来确定。热处理通常需要通过由经验丰富且具备专业知识的人员进行操作, 以确保在达到预期效果的同时不引入新的问题。在进行热处理之前, 应先进行材料的评估和适应性测试, 以确定适合的处理方法和参数。

3.1.4 定期检测和维护

定期检测和维护是预防裂纹进一步发展和扩展的重要措施。以下是一些常见的方法: ①表面检测。使用目视检查、触摸和检测工具, 对锅炉的外部表面进行检查, 特别关注焊缝、连接点和应力集中区域, 检查是否有可见的裂纹、疲劳、腐蚀等损伤。②非破坏性检测。非破坏性检测方法用于检测锅炉内部的裂纹、孔洞和杂质等缺陷, 而不会破坏锅炉结构, 常用的非破坏性检测方法包括超声波检测、磁粉检测、涡流检测和射线检测等。③渗透检测。渗透检测通过在锅炉表面涂覆一种渗透剂, 并观察是否有渗透剂进入可见裂纹或缺陷的迹象, 这种方法适用于检测表面裂纹和微小缺陷。④高温及压力监测。定期监测锅炉的温度和压力, 确保在额定范围内进行运行, 超出温度和压力限制可能导致裂纹的产生和扩展。⑤定期维护和保养。进行定期的维护和保养工作, 包括清洁锅炉内部和外部、更换损坏的部件、润滑和校准操作设备等。若发现裂纹或其他损伤, 及时采取修复措施是关键。修复方法可能包括焊接修复、材料补充、加强支撑结构等, 确保修复操作由合格的技术人员进行, 并根据适用的标准和规程进行操作。总之, 定期检测和维护锅炉是预防裂纹发展和保持锅炉安全性能的关键, 及时发现和处理潜在的裂纹可以避免严重事故和损失。

3.2 锅炉裂纹预防对策

为了预防锅炉裂纹的发生, 以下是一些常见的预防措施: 首先, 延长锅炉寿命。定期进行锅炉维护和保养, 确保其正常运行, 减少机械应力和热应力对金属的影响, 维护包括清洁、润滑、检查阀门和管道等。其次, 优化设计和安装。在锅炉的设计和安装过程中, 应考虑到热膨胀、应力集中等因素, 并采取相应的措施来降低应力和应变的影响, 合理的支撑设计和安装技术可减少机械应力。而且对材料选择时, 选择具有良好的耐热强度和耐腐蚀性能的材料, 以降低材料的疲劳和腐蚀风险, 根据锅炉操作环境的腐蚀性质, 选择适当的防腐材料。另外, 合理控制锅炉的温度、压力和循环荷载, 避免过高或过低的操作参数, 以减少金属材料的热应力和机械应力, 加强对锅炉腐蚀的监测和控制, 使用合适的水处理剂和防腐涂层, 以减少腐蚀对金属材料的损害。定期进行锅炉的检查和检测, 使用合适的非破坏性检测方法, 例如超声波检测、渗透检测和磁粉检测, 及时发现裂纹和损伤。提供充足的培训和教育, 让操作人员和维护人员了解锅炉安全和预防措施, 提高有关人员意识和技能。

4 结语

综上所述, 通过合理的设计、材料选择、操作控制和定期维护, 可以有效预防锅炉裂纹的发生, 并确保锅炉的安全运行, 重要的是预防措施需要根据具体的锅炉类型和运行环境进行定制和实施。

参考文献:

- [1] 锅炉维修中水垢的预防与处理对策探析[J]. 郑波. 中国金属通报, 2021(08)
- [2] 锅炉设计中的安全故障以及应对措施[J]. 瞿圣; 王慧. 城市建设理论研究(电子版), 2018(34)
- [3] 低压蒸汽锅炉运行常见事故预防及原因分析[J]. 苏传方. 现代制造技术与装备, 2017(11)
- [4] 浅谈锅炉及其附件的安全使用管理[J]. 张本所; 操龙兵; 徐先满. 锅炉制造, 2018(03)