

压力容器压力管道裂纹类缺陷的防范措施

吴德广*

辽宁省检验检测认证中心(辽宁省安全科学研究院) 辽宁 沈阳 110000

摘要: 压力容器及压力管道大多长期在复杂的工作环境下运行,由于各种原因导致压力容器及压力管道出现裂纹类缺陷,这类缺陷的存在对压力容器及压力管道来说极易引发重大特种设备安全事故,严重威胁运行人员的生命安全和运营企业的业务经营,因此,必须高度重视压力容器及压力管道产生的裂纹类缺陷。本文在对这类特种设备检验内容与方法进行分析的基础上,研究了压力容器及压力管道检验中常见的裂纹类型,并给出了避免压力容器及压力管道裂纹问题的四个措施。

关键词: 压力容器; 压力管道; 检验; 裂纹; 对策

引言: 在工业生产中,很多企业都会用到压力容器及压力管道设备,由于该类设备一般运行环境较为复杂,所以易产生各类运行问题及相关缺陷。在实际检验过程中,经常会发现裂纹类缺陷,因此做好压力容器及压力管道的检验工作变得十分重要。随之,如何避免压力容器及压力管道中裂纹类缺陷的产生,这对于设备本体安全及稳定运行至关重要。

一、压力容器和压力管道检验内容和方法

目前按照《固定式压力容器安全技术监察规程》《压力管道安全技术监察规程》等规范,其检验项目一般包括外观检查、壁厚测定、安全附件检验、耐压试验和泄漏试验,必要时增加埋藏缺陷检验、理化分析、应力分析、强度校核等。其检验的目的是验证设备的符合性。检验开始前要根据设备特点及运行管理状态制定相应的检验方案,之后对设备的设计资料、安装资料、改造和重大维修资料、运行管理资料和检验检测资料进行审查,确定接下来定期检验的重点部位。进行外观检查时一般是在停机状态下进行,外观检查中的外部检查也可以在不影响检查效果及保证安全的情况下在运行状态下进行检验。壁厚测定主要是根据资料审查结果中返修部位及工艺中死角部位及容易发生疲劳及腐蚀部位进行测定;安全附件检验主要是对设备上的安全阀、爆破片及紧急切断阀等进行功能检查及校验报告的审核;水(耐)压试验一般是主要以水为介质,在压力容器和压力管道内部施加规定压力,检验设备的承载能力并检测容器或管道的各个接头、法兰密封面等的密封性。对压力容器和压力管道进行定期检验的目的就是确保压力容器和压力管道系统能够运行良好,对可能产生的缺陷,尤其是裂纹要有足够的检出能力并提出处理方案,保证特种设备在下一个检验周期内安全运行^[1]。

二、压力容器压力管道常见裂纹

1. 疲劳裂纹

疲劳裂纹是压力容器压力管道检验过程中的常见裂纹形式,该裂纹一般发于承受疲劳载荷且存在应力集中部位,在刚开始出现的时候肉眼很难发现,在中后期的时候会不断拓展延伸。疲劳裂纹根据产生机理不同具体分为:第一,机械疲劳裂纹。压力容器叶轮、叶片、辅助性转动设备上比较容易出现机械疲劳裂纹,在泵及压缩机出口的压力管道的第一道环焊缝上也容易出现疲劳裂纹;裂纹会随着时间推移从一个比较小的状态持续延伸和拓展,最后发生泄漏或断裂;第二,热疲劳裂纹。在压力容器压力管道低于其抗拉强度的情况下,受外界热应力的反复作用而产生裂纹。第三,腐蚀疲劳裂纹。腐蚀疲劳裂纹是在腐蚀及疲劳共同作用下产生的裂纹,随着时间的推移,腐蚀性疲劳裂纹的范围会不断扩大。

*通讯作者:吴德广,1987.8,汉族,男,辽宁铁岭,辽宁省检验检测认证中心(辽宁省安全科学研究院),检验员,工程师,研究生,特种设备检验,674630334@qq.com

2. 应力腐蚀性裂纹

在应力和腐蚀性介质的共同作用下，压力容器压力管道会出现应力腐蚀性裂纹^[2]。根据腐蚀性介质的不同具体分为：氯化物应力腐蚀开裂、碳酸盐应力腐蚀开裂、硝酸盐应力腐蚀开裂、碱应力腐蚀开裂、氨应力腐蚀开裂、连多硫酸应力腐蚀开裂等。

3. 焊接裂纹

焊接接头作为结构不连续，材料不连续部位，在焊接过程中及使用过程中焊缝及热影响区最易出现焊接裂纹。由于母材材质及焊接结构的不同会出现例如焊接热裂纹、冷裂纹及再热裂纹和层状撕裂等。通常情况下，容器制造焊接条件较好，焊条保管也能保证要求，一般焊接裂纹出现的几率较小，但伴随着超大型容器及特殊材料容器的逐渐增多，焊接裂纹也总会出现，影响产品质量；相比于容器，管道多需要进行现场组焊，且现场焊接条件恶劣，大风雨雪天气都会严重影响焊接质量，并且由于管道的强力组对，都会造成严重的应力集中，都会导致裂纹类缺陷的出现。

4. 蠕变裂纹

随着生产工艺要求的提高，压力容器和管道面临着高参数、大型化的挑战。高温高压且长周期运行的容器和管道可能会产生蠕变裂纹。在长期高温以及应力的作用下，压力容器和压力管道将会出现金属组织损伤进而产生相应的蠕变裂纹，其裂纹方向大多都同压力容器和压力管道的最大应力方向相垂直，并沿着轴线进行分布，进而逐渐变成一个相对较宽的裂纹带。蠕变裂纹从萌芽到断裂一般分为三个阶段：初始蠕变阶段、稳态蠕变阶段和加速蠕变阶段。蠕变裂纹的影响因素很多，与应变量、应变速率、应力、温度、时间都有关系。高温环境使用的压力容器和压力管道，常通过蠕变极限判断材料的适用性以及剩余寿命。实际使用过程中，通过蠕胀测点来进行监测。

三、压力容器压力管道减少裂纹缺陷的对策

1. 选择合适的母材及匹配的焊材

根据设计压力、设计温度及承载介质等选择合适的母材及焊材对压力容器压力管道裂纹类缺陷的减少有着十分重要的意义，因此，想要降低压力容器压力管道裂纹类缺陷，需要保障所选用的母材及焊材满足相关规范和标准^[3]。在开展压力容器部件及管道元件加工制造的时需要根据其属性选择适合的制造工艺和材料，而后严格按照规范及标准组织生产，从而有效降低压力容器压力管道中裂纹类缺陷的产生。

2. 优化结构和工艺设计

分析压力容器和压力管道制造（安装）过程中结构，找到应力裂纹产生的原因，首先是设计单位在进行设计时应尽可能减少不连续结构，选择材料时要考虑材料与介质的相容性和可焊性。安装单位在施工作业过程中需对设计结构提出合理的优化方案与设计单位进行沟通，尽可能采用已经过验证的成熟结构设计方案；其次要制定合理的制造（安装）工艺、特别是焊接工艺等的保障能力，降低压力容器和压力管道使用中出现结构性应力裂纹几率。同时，为保障压力容器和压力管道使用安全，减少裂纹造成的危害，还需在设备或管道制造（安装）中做好设备部件连接加固工作，采取节点支护与外部补强加固方式，避免外部结构区域导致设备本体产生裂纹缺陷。

3. 加强制造过程的控制

在进行容器和管道结构设计工作后，要求技术人员对设计图纸进行详细研究，在确保容器和管道参数达到应用标准后，才能够进行制造。在制造过程中，应该做好抽样检验工作，以确保各项生产符合标准要求，还要进一步对各生产环节进行控制，使得容器和管道各部位的精度达到要求。如果在质检中发现容器和管道质量存在问题，应该立即停止制造工作，责令相关人员明确相关缺陷成因，并按标准要求报废或者进行返修，返修相关资料要进行归档并交付客户使用^[4]。此外，需要对压力容器及压力管道焊接工作给予足够重视，焊接工作务必遵循焊接标准进行，严格按照焊接工艺进行操作，焊接结束后有要求的务必进行消除应力热处理。

4. 提升使用管理水平

首先，使用单位应当在原有基础上对相应的管理体系进行完善，形成良好的压力容器压力管道设备使用管理体系。并切实展现出其对于操作人员的规范性和约束性作用，减少裂纹问题的出现。其次，使用单位要结合自身工艺特点，识别裂纹出现可能性大的容器，并建立重点监测台账，针对性地开展对其使用管理，从源头上降低裂纹产生的几率。再者，使用单位建立相应的巡检检查制度，形成工艺生产与设备检查联动制度，全方位实现对于压力容器和压力

管道的控制，以便于及时发现其裂纹问题，并第一时间采取妥善的解决措施。最后，应当提高管理人员的水平，不断完善上述制度。

结束语：

综上所述，有效应对裂纹问题能够提升压力容器压力管道的制造质量，对其安全平稳运行有重要意义。因此，相关人员应结合《承压类设备损伤模式识别》有针对性的开展裂纹类缺陷的检验检测工作，进一步研究在制及在役压力容器和压力管道裂纹问题的实际成因，通过不断提升检验和管理水平，保障设备长周期运行。

参考文献：

- [1]彭建华.锅炉压力容器压力管道检验中的裂纹问题探究[J].中国新技术新产品, 2016(19):60-60,61.
- [2]崔黎阳.锅炉压力容器压力管道检验中的裂纹问题研究[J].山东工业技术, 2018(05):5.
- [3]潘绍祥.漫谈锅炉压力容器压力管道检验中裂纹问题及对策[J].中国设备工程, 2020(21): 179-180.
- [4]王欣.锅炉、压力容器、压力管道检验中的裂纹问题解析[J].中国石油和化工标准与质量, 2020, 40(14): 55-56.