

关于某台带鼓包种子罐容器定期检验的探讨

蔡文生 王瑞恩
(南京市锅炉压力容器检验研究院 江苏 南京 210019)

摘要: 种子罐是广泛应用于食品药品行业的一种压力容器, 尤其其内筒夹套式结构极具代表性。本文首先介绍了该种子罐的基本使用工况, 然后又对其失效模式和损伤模式进行了详细的分析, 最后通过判断认为该鼓包是制造过程当中因他物撞击产生的, 而出厂时制造单位又未对其进行矫形修复。此外, 笔者结合《固定式压力容器安全技术监察规程》相关条款对该带鼓包种子罐进行了综合定级, 同时对使用单位在购买验收该类压力容器时给出了建议。

关键词: 种子罐; 鼓包; 损伤模式; 失效模式; 应力腐蚀开裂

0 引言

种子罐广泛应用于食品、药品及化工行业, 其主要作用为加热、保温和冷却, 是一种全封闭的卫生型发酵设备。种子罐的分类一般分为两种, 一种是按制造材料分类, 主要包括碳钢类种子罐和不锈钢类种子罐。另一种是按照冷却加热形式分类, 主要包括夹套式和盘管式结构。常见种子罐的外观结构如图 1 所示。

1 所检压力容器基本情况

本次所检的压力容器为某生物科技公司一台种子罐, 设备为双层结构, 设备筒体材料为 S31603, 筒体内介质热气为纯蒸汽。夹套材料为 S30408, 夹套内介质蒸汽和热水由自来水提供, 夹套外表面覆保温层, 保温层外焊接不锈钢层进行密封。依据《特种设备安全法》《固定式压力容器安全技术监察规程》等法律法规规定, 该设备属于 I 类压力容器。设备详细信息如表 1 和表 2 所示。



图 1 典型种子罐结构

该设备在正常使用过程中有以下三种工况:

工况一: 采用纯蒸汽对罐体内部进行消毒, 工作温度为 121℃, 工作压力 0.2MPa。

工况二: 罐体内部对菌液或药液进行处理, 工作温度为 37℃, 工作压力为 0.2MPa, 夹套内为循环水, 工作压力

为常压, 工作温度为 38℃。

工况三: 设备停用时, 采用压缩空气进行保压, 工作压力为 0.1MPa, 工作温度为常温。

2 失效模式分析

根据《固定式压力容器安全技术监察规程》的规定, 检验前, 检验机构应当根据压力容器的使用情况、损伤模式及失效模式制定检验方案。ISO 16528-2007 中针对压力容器失效模式, 将其规为短期失效、长期失效和循环载荷失效三大类, 共计 14 种失效模式。短期失效模式是指设备在非循环载荷条件下发生的直接失效, 主要有: 脆性断裂、韧性断裂、过量变形引起的接头泄漏、弹性弹塑性失稳。长期失效是指设备在非循环载荷条件下发生的延迟性失效, 主要有: 蠕变断裂、机械接头蠕变变形、蠕变失稳、冲蚀和腐蚀、环境助长开裂(如应力开裂、氢致开裂等)。循环失效模式是指设备在循环载荷条件下发生的延迟性失效, 主要有: 扩展性塑性变形(塑性应变累计破坏)、交替塑性(塑性循环破坏)、弹性应变疲劳(中周和高周疲劳)、弹塑性应变疲劳(低周疲劳)和环境助长疲劳。

该种子罐的使用条件表明, 其不承受交变载荷, 因此可以不考虑循环失效模式, 其主要的失效模式为短期失效和长期失效。该设备根据标准 GB150-1998 设计制造, 在设计中主要考虑了设备的强度、刚度和稳定性等短期失效模式, 而对于设备的长期失效模式, 仅考虑正常的均匀腐蚀减薄。因此在对设备的安全状态分析时, 应重点考虑设备在使用过程中可能发生的长期失效模式。

对于长期失效模式, 该设备筒体材料为 S31603, 介质为菌液, 其中可能存在氯离子, 故需要考虑筒体内表面氯离子点蚀和应力腐蚀开裂的可能性; 夹套材质为 S30408, 介质为蒸汽和热水, 其中可能存在氯离子, 故需要考虑筒体外表面和夹套内表面氯离子点蚀和应力腐蚀开裂的可能性; 设备夹套外表面覆有保温层, 如果保温层破损, 会使得保温层内可能存在的氯离子与空气中水分接触后导致

表 1 设备基本信息

序号	出厂编号	产品名称	使用登记证编号	制造单位	投用日期
1	04ZZ045-01	种子罐	容 1LE 苏 BA1208	福州福尔特机械设备有限公司	2005 年 8 月

表 2 设备运行参数

出厂编号	部件	材质	设计压力 MPa	设计温度℃	工作压力 MPa	工作温度℃	介质
04ZZ045-01	筒体	S31603	0.35	-5 ~ 147	≤0.34	≤147	菌液、空气、热汽
	夹套	S30408	0.35	147	≤0.34	≤147	蒸汽、热水、乙二醇

氯离子应力腐蚀开裂以及保温层下腐蚀。设备在制造过程中,其焊缝结构可能存在焊接缺陷,在长时间使用过程中,焊缝缺陷可能会发生扩展,从而造成容器失效。

对于短期失效模式,在设备实际使用过程中,筒体和夹套内温度压力由系统控制,可能存在因操作失误产生过载现象,从而导致设备失效。

3 检验过程及分析

失效模式确定之后,实施具体的检验,根据《固定式压力容器安全技术监察规程》的相关规定,该台种子罐主要检验项目包括资料审查、宏观检验、壁厚测定、渗透检测和安全附件检验等。通过检验发现资料审查、壁厚测定、渗透检测和安全附件检验均未发现明显异常,在宏观检验过程中发现有一处内凹鼓包,如图 2 所示。



图 2 现场内凹鼓包图

3.1 容器内筒损伤模式分析

容器内筒的损伤模式主要有氯离子点蚀、筒体氯离子应力腐蚀开裂。经了解,在设备使用结束后,使用单位会排放筒体内的残余菌液和夹套内的积水并清洗干燥,即可降低筒体内外表面和夹套内表面氯离子点蚀和氯离子应力腐蚀开裂的可能性。

3.2 容器夹套损伤模式分析

容器夹套外表面保温层下腐蚀和氯离子应力腐蚀开裂主要是设备保温层破损造成的,设备夹套外表面保温层包裹一层不锈钢外壳,且是焊接型式无法拆除,根据本次外部宏观检查,未发现存在保温层破损情况,因此认为产生夹套外表面保温层下腐蚀和氯离子应力腐蚀开裂可能性较小。

3.3 制造质量情况分析

由于设备未采用 100% 射线焊缝检测,可能存在未检出的焊缝制造缺陷,因而易产生与时间相关的长期缺陷。该设备由福州福尔特机械设备有限公司制造,且经过福建省锅炉压力容器检验所监督检验,其制造工艺成熟、质量良好;

设备在实际使用过程中,筒体和夹套内压力较小,且不存在频繁压力波动,在以往使用过程中,并未发现存在泄漏的情况,因此可以认为设备因焊缝制造缺陷扩展导致失效的可能性较小。

4 鼓包情况分析

通过对容器内筒、夹套损伤模式和制造情况的分析发现,其相对应的失效可能性较小,现对容器鼓包情况分析,笔者认为容器鼓包情况的发生一般分两种情况。一种是设备材料处于临氢环境下,在向金属内渗透的过程中,氢原子大多会聚集在金属内有缺陷的区域,如金属夹杂、分层、晶格缺陷等处,聚集形成氢分子。另一种情况是设备因一些原因造成的局部变性,从外观上看出内凹或者外凸,即表现为鼓包。本案例中出现的鼓包应该是第二种情况,即局部变形引起的鼓包现象。鼓包产生的原因或有两种可能,一是在制造过程当中他物撞击该部位产生,因制造单位出厂前未进行矫形修复而表现为鼓包;二是使用单位在操作过程当中因操作不当,造成内外压差而产生的局部变形,从而表现为鼓包。

5 定级情况分析

根据《固定式压力容器安全技术监察规程》8.5.12 条款的规定,使用过程中产生的鼓包,应当查明原因,判断其稳定状况,如果能查清鼓包的起因并且确定其不再扩展,不影响压力容器安全使用的,可以定为 3 级。根据本次对于种子罐检验时资料审查分析,该鼓包首次定期检验时也是存在的,且与本次检验发现的鼓包情况基本一致,说明其并无扩展,而且使用单位在使用过程中并未发现明显异常。所以本次检验综合定级可定位 3 级,下次检验周期定为 3 年,同时建议使用单位加强日常使用过程中的定期维护保养,并按相关规定每年进行年度检查,一旦发现异常,立即停止使用。

6 结语

这种内筒夹套式种子罐,在食品药品行业应用很多,尤其这种结构形式很具有代表性。笔者通过资料检索发现,这种结构形式的容器出现鼓包的情况基本没有,按本文的思路分析,很有可能是设备在制造过程当中因操作不慎,他物撞击产生的变形鼓包,虽然未对正常使用造成较大的影响,但是造成了局部应力集中,再加上该类设备本身不锈钢材料的厚度较小,这就给安全使用造成了潜在的隐患。这种鼓包形式通过外部宏观检查不会发现,因为其被夹套覆盖。所以使用单位在进行设备验收时,对于这类厚度较小的不锈钢设备,不仅要外部进行检查,还需对设备内部进行验收。

参考文献:

- [1] 梁建中. 压力容器氢鼓包原因及防范措施 [J]. 小氮肥, 2016(02):9-10.
- [2] TSG 21-2016, 固定式压力容器安全技术监察规程 [S]. 北京: 新华出版社, 2016.