

Stress Concentration and Countermeasures Arising During the Design and Manufacture of Pressure Vessel

Chunli Wang

Tianjin Qiancheng Haiyue Technology Co., Ltd., Tianjin, 300450, China

Abstract

With the continuous growth of China's economy, China's production industry has gradually shifted from importing a variety of commodities to the production and export of all kinds of commodities. In the increasingly fierce market competition, in order to ensure the sustainable and healthy development of China's economy and improve their own influence in the world, it is necessary to improve their leading position in production. Stress concentration technology is used in the pressure vessel as a very meaningful work content. This paper mainly discusses and analyzes the stress concentration problems and measures generated in the design and manufacturing process of the pressure vessel.

Keywords

pressure vessel design; manufacturing process; stress concentration; countermeasures

压力容器设计与制造过程中产生的应力集中问题及应对措施研究

王春丽

天津前程海越技术有限公司, 中国 · 天津 300450

摘 要

随着中国经济的持续增长, 中国生产行业已由进口多种商品逐步过渡到了自行生产与出口各类商品。在越发白热化的市场竞争中, 为了保证中国经济的持续、健康发展, 提高自身在世界上的影响力, 就必须做到提高自身的生产领先地位。压力容器中采用应力集中技术作为一项十分有意义的工作内容, 论文主要对压力容器设计与制造过程中, 所产生的应力集中问题和措施进行探讨与分析。

关键词

压力容器设计; 制造过程; 应力集中问题; 应对措施

1 引言

人们物质生活的改革与进步主要取决于工业生产技术的发展。多样化的工业制造生产工作与压力容器的制造与生产活动的提高息息相关。压力容器的品质能够直接影响到工业生产运营活动的安全性, 所以压力容器应从设计、制造、安装等几个环节入手, 对其开展严苛的管控。要想在保证压力容器质量的同时, 有效管控压力容器的故障问题, 有关人员就必须重视制造过程中的各类问题, 做到从根本上杜绝问题的出现。

2 压力容器设计应用特点

随着时代的进步与发展, 在这种背景的影响下, 压力

容器已变成当今世界上最常用的一种化工产品, 在石油化工等行业有着举足轻重的作用。在实际使用中, 其具有耐高压、易贮存各类危险品等方面的特点, 较常被使用到各行各业中。中国作为世界上最大的工业国家, 其石油产业的发展历来受到世界各国的高度重视。由于其特殊性, 压力容器在安全生产中的地位日益突出^[1]。通过对中国当前使用现状的剖析, 可归纳出其使用特征。首先, 应先对压力容器的稳定性提出了更高的要求。在使用压力容器时, 必须对其进行贮存, 如可燃、可爆等高危物品。如果其安全性不够完善, 则极易引发各类事故问题, 从而制约到此类技术的推广与使用。其次, 应对有关工作人员的素质有较高的要求。压力容器通常是用来贮存一些特殊材料, 这些材料很多都具有一定的腐蚀性。各种贮藏物品对其工作功能的要求也各不相同。所以, 这就需要有专门的压力容器。最后, 在工作过程中, 对压力容器的要求也各有不同。为使其能更好地适应各种物料的贮存需求, 有关人员必须通过多种形式的改造, 使其在不同的

【作者简介】王春丽(1986-), 女, 中国天津人, 本科, 工程师, 从事海洋石油工程用机械、压力容器及暖通相关的设计研究。

工作条件下能够很好地贮存各类物料，这种情况大大提高了其设计难度。

3 压力容器设计与制造的发展现状

对压力容器进行合理的设计与生产，可以满足今后的发展与使用要求。在当前时代背景的影响下，中国对压力容器的开发工作非常关注，并逐渐形成了一套比较完善的工作体系。在这种情况下，压力容器生产技术已变得相当成熟。目前，在压力容器的生产过程中，原材料的验收、切割、焊接、非破坏性试验、后处理等工作，都是压力容器生产过程中的重要环节。并且还以此为基础，对其进行了一系列的加工，从而使其生产出的产品能够达到市场所需的要求。在压力容器生产过程中，各行业对它结构的设计给予了很大的关注。压力容器的工作特性和承载能力取决于其构造。在压力容器中，若其结构规划不当，则极易出现生产中的质量问题，而且其稳定性、安全性也无法达到既定的要求。

4 压力容器设计与制造过程中的要求

首先，在进行压力容器规划的时候，有关人员应严格遵循工业规划标准，将其详细地规划系统完整地贯彻到实际中。其次，有人人员应根据本企业的实际要求，对压力容器进行合理的规划^[2]。只要对其规划信息进行合理的管控，就可以使其承载能力在实际生产及使用中得到大幅提升。最后，对化工业而言，其所用原料大多带有某种腐蚀作用，且易燃、易爆。因此，在对其进行规划的时候，应以其安全性、稳定性为中心，以防止其在后期运营时出现安全问题。

除此之外，不管是什么类型的装置，经过一定的运行，总会有出现损耗问题。对于压力容器而言，它多用于制造工业等具有强腐蚀性的工作中，当其被腐蚀后，将会对其服役年限造成很大的影响。所以，在实际工作中，有关人员应将其使用年限作为一项重要的工作，并给其一定的重视，以期在保证工程质量的前提下，获得较好的经济利益。压力容器设计的基本要求详见表1。

表1 压力容器设计的基本要求

压力容器设计的基本要求	
第一	明确主要任务和主要研究对象
第二	了解压力容器的应用特点和设计压力容器的基本要求
第三	充分认识压力容器建立质量保证体系的必要性并了解其基本内容
第四	一般了解国内外主要的压力容器规范

5 压力容器设计与制造过程中产生的应力集中问题

5.1 压力容器制造过程中的应力集中

在实际工作中，应力集中是一种较为常见的问题，也是制约工程发展和使用的一个重点因素。在实际工作中，由于工程中有一些部位的几何形态会发生较大的改变，如缝

隙、孔洞等，所以极易产生应力集中。在这种情况下，结构物在静力作用下会出现破坏，从而影响结构物的服役性能。所以，在生产过程中，有关人员要尽可能地防止应力集中现象。在生产压力容器时，也会出现这种问题。想要制作一个压力容器，需要做的工作很多，如切割、焊接等。若加工过程处理得不好，就会使压力容器的外形发生较大的改变，从而引起应力集中问题的出现。

5.2 压力容器结构设计存在缺陷

在设计压力容器时，要考虑到它的密封性能，如封头等。在某些情况下，有关人员多会采用平顶板等结构形式，可因其结构形式的不合理性，所以极易产生裂纹等问题，从而造成了应力集中现象的出现^[3]。

5.3 压力容器的制造工艺不完善

有些压力容器在特定条件下，因使用的需要，必须采用角状结构。在这种情况下，若处理不当，极易引起应力集中。但是，当前普遍使用的工艺与其所需的工艺条件有很大差距，这也是对其造成影响的一个重要原因。

6 压力容器设计与制造过程中产生的应力集中问题的解决举措

6.1 压力容器结构设计要点

对压力容器开展结构规划的时候，有关人员应有效地降低应力集中。在对压力容器开展规划的过程中，技术人员必须从其使用要求的角度出发，选取合适的结构形式。对于普通的压力容器，在结构规划上，应该先选用可转动的外壳，再加上模具的封头。此类构件通常都是通过集成加工的方式来实现的，因此在加工过程中不容易产生裂缝等问题，而且还可以有效地降低应力集中问题的出现。在某些时候，一个压力容器必须用多个构件联接起来^[4]。在节点处，有关人员应尽可能地降低各构件间的刚性差异，以减少节点处的应力集中现象。通过对影响刚性不足的剖析，可得出有关人员在设计中，应考虑以下几个方面的问题：建材的选用、曲率半径、厚度等。在对压力容器开展规划的过程中，还要尽量使用同一种材质的建材，并尽可能地使各连接件的曲率半径相接近。

6.2 压力容器制造工艺的改进方法

在对压力容器开展结构优化的同时，有关人员还应在生产过程中采取相应措施，以降低应力集中现象。在压力容器生产过程中，焊接仍然是一个必不可少的环节，它对产品的质量起着举足轻重的作用。在焊接时，若不能有效地控制残余高度系数，将会使压力容器的结构出现不合理的变化，从而引起应力集中的情况。所以，有关人员在压力容器进行焊接时，应根据目前的工艺方法，对其留高进行严格的管控。在焊接完毕后，按照相关规范，将其焊缝打磨平整。在生产过程中，还要尽可能地减少点焊等焊接方式，以确保其工作的最终品质。开孔与补强设计的基本要求详见表2。

表2 开孔与补强设计的基本要求

开孔与补强设计的基本要求	
第一	正确理解壳体开孔和开孔接管产生应力集中的原因及应力的性质,并能计算某些典型载荷作用的球壳、圆柱壳体与接管连接处的应力集中系数或最大应力
第二	掌握各种补强结构的特点,正确理解主要补强设计准则的原理
第三	掌握等面积补强法的计算方法

6.3 降低应力集中的措施

在对压力容器进行结构规划时,有关人员必须保证其具有一定的延展性,在这个过程中,需要注意的是:工作流程应尽量简化;减小对其的限制;防止出现过大的温度梯度;为降低局部高应力,应尽可能地减少结构形态的突变;喷头末端的过渡应是圆的,平滑的;容器支撑必须有背板,不能与容器的外壳直接焊在一起。

6.4 从减小边缘应力入手,尽量减小两个接头的刚度差

边缘应力是在一个压力容器内,因其几何形状的突变而产生的不连续的弹性形变;以及其内部不连续的结构,由于两端壳弹性变形而互相制约,所引起的边部力和边部力矩,这就是引起边缘应力的因素。在均匀的荷载作用下,在两个连续构件的刚性与建材特性、曲率半径、壁厚等因素相关联时,就会减少两个节点间的非连续应力^[5]。因边缘应力具有局部性,故在设计与生产上只能对边部开展局部强化,对边部组织进行优化;保证焊口的焊接质量,防止在焊口附近产生附加荷载和应力集中。例如,假如将两个具有同样直径、材质的圆筒连在一起,但是他们的壁厚却不一样,在同样的内压下,这种不一致的情况,势必会使两个圆筒在某一区域内产生很大的边缘应力,所以有关人员必须要做好相应的连接工作。另外,优化夹角焊缝,也能使夹角焊缝的成形

状态得到有效提高。

6.5 圆角和倒角设计

由应力测试可知,若物件内有小孔、缺口等问题,则当物件受力时,其周边之应力将显著高于其他位置,人们也将这个增大的压叫做压强。基于此,在进行压力容器规划设计的过程中,有关人员应对各种形状的弧段进行适当增大,以达到减小应力集中的工作目标。在尖锐的拐角处,既可以采用圆形的,也可以采用斜面的设计。通过这些方法,可以有效避免其在使用时,因不同的外力作用而产生的应力集中现象。

7 结语

综上所述,通过对目前中国压力容器设计与制造过程的分析,可发现在压力容器存在着应力集中的现象。基于此,只有对压力容器设计与制造过程中的应力集中问题进行全面的剖析,并制定出有针对性的解决举措,才能有效推动压力容器设计与制造工作的有序落实,才可以进一步为中国社会经济的可持续发展提供必要的技术支持。

参考文献

- [1] 蒋葵.浅析如何在压力容器设计制造过程中降低应力集中问题[J].中国石油和化工标准与质量,2022,42(18):2.
- [2] 杨丽霞.压力容器设计及制造过程中降低应力集中的措施[J].流体测量与控制,2022,3(3):5-7+18.
- [3] 党亚茹,张满航.压力容器设计及制造过程中降低应力集中的措施[J].石化技术,2021,28(2):166-167.
- [4] 沈愚,刘科明.压力容器设计及制造过程中降低应力集中的措施[J].化工设计通讯,2020,46(6):110-111.
- [5] 李清,陈吉圣.压力容器在设计制造过程中如何防止或避免应力腐蚀开裂[J].化工设备与管道,2010,47(3):6-7+18.