关于高压立式氯气储罐的研究

王芳咏[1], 关大辉[2]
(1. 东北林业大学 工程技术学院,黑龙江 哈尔滨 150040; 2. 哈尔滨工程大学,黑龙江 哈尔滨 150001)

摘 要:对高压立式氯气储罐进行了深入研究. 该储罐材料采用不锈钢/碳钢双金属复合板,减少了不锈钢的使用量,降低了产品生产成本,并通过计算给出高压立式氯气储罐的主体尺寸. 本设计还采用了新型式的焊接坡口,防止再热裂纹,减小应力集中.

关键词:材料; 氯气储罐; 焊接
中图分类号: TH122 **文献标志码**: A **文章编号**: 1007-2683(2009)03-0061-04

The Research on the High-pressured Vertical Chlorine Storage Tank

WANG Fang-yong[1], *GUAN Da-hui*[2]
(1. Engineering Institute, Forestry University of the Northeast, Harbin 150040, China;
2. Harbin Engineering University, Harbin 150001, China)

Abstract: This article has conducted the thorough research to the high-pressured vertical chlorine storage tank. First this storage tank material has used the stainless steel/carbon steel bimetal duplicate plywood, reduced the stainless steel amount of use, reduced the product manufacturing cost, and has given the high-pressured vertical chlorine storage tank's main body size through the strict computation. This design has also used the new pattern welding scarf, prevent sagain the heat crack, reduces the stress concentration. This research has the very good application prospect and the social value.

Key words: material; chlorine storage tank; welding

1 引 言

高压立式氯气储罐是一种高温高压的压力容器[1]. 随着全球经济一体化进程的加快,我国压力容器产品不仅要承受国内市场的激烈竞争,而且要面临国外产品的猛烈冲击. 制造企业为扩大竞争和生存空间,必须增强产品的创新能力、降低生产成本,保证良好的产品质量. 压力容器产品的全性能设计研究是对产品的各种性能进行综合优化,包括产品材料、结构和焊接等,以达到产品整体性能最优为目的. 文中高压立式氯气储罐的研究就是从选材上入手,采用不锈钢/碳钢双金属复合板,在满足设备性能和安全性的前提下,减少不锈钢的使用量,降低了产品生产成本,同时对该储罐的主要尺寸、整体结构以及焊接坡口进行了研究.

2 高压立式氯气储罐设计条件的分析

2.1 高压立式氯气储罐的技术参数

技术参数主要包括工作压力、工作温度、设计压力、设计温度、操作介质等几个方面,如表 1所示. 技

收稿日期: 2009-03-12
作者简介: 王芳咏(1971—),女,高级工程师,硕士.

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

术参数是设备在设计时必须满足的重要条件. 只有满足了该条件,才能保证设备在正常工作状态下达到良好的安全运行状态.

表 1 高压立式氯气储罐的技术参数

技术参数		容器类别	
设计压力 /MPa	8.8/ - 0.1	有效容积 /m^3	6.1
工作压力 /MPa	8.5	操作介质	高压氯气
设计温度 /℃	80	腐蚀裕度 /mm	0
工作温度 /℃	- 10～50	焊缝系数	1

2.2 高压立式氯气储罐材料的选取

不锈钢/碳钢双金属复合板由于兼具有不锈钢的美观耐用性、成型性、耐腐蚀性和碳钢的高强度、低成本等特点,因此不锈钢复合板完全可以替代不锈钢使用,不仅性能优于不锈钢,而且最大的优点是价格便宜,完全能够达到抗腐要求,更具有很多的优点:基材可选用容器板,使设备可靠性大大提高;覆材可根据防腐要求选择合适的不锈钢层,合理配合;可大大降低材料成本;可提高设备热效率达到节能目的;强度高,使用寿命长. 在设计高压立式氯气储罐时,基于以上考虑,选用不锈钢/碳钢双金属复合板作为本设备的主体材料. 不锈钢复合板还应符合以下条件:

1) 复合界面的结合剪切强度应不小于 200MPa;

2) 复合界面的结合率指标及超声检测范围,应在图样或相应技术文件中注明;

3) 基材为碳素钢和低合金钢钢板或锻件,复材为高合金钢钢板;

4) 复合钢板的使用范围应同时符合基材和复材使用范围的要求;

3 高压立式氯气储罐主体尺寸的计算

3.1 封头尺寸的计算

由于这台高压立式氯气储罐的主体材料是不锈钢复合钢板,根据该储罐的工作状况,基层材料选择 16MnR,复层材料选择 00Cr19Ni10,也就是说复合板的材料为 16MnR + 00Cr19Ni10,按照国标 150 - 1998《钢制压力容器》中钢板许用应力的规定,这种复合钢板的许用应力: $[\delta]^t = 118$ MPa

这台高压立式氯气储罐所用的封头是标准椭圆形封头,标准椭圆形封头的计算厚度按如下公式计算:

$$\delta = \frac{p_c D_i}{2[\delta]^t < - 0.5 p_c}$$

式中: δ 为圆筒计算厚度 (mm); p_c 为计算压力 (MPa); D_i 为圆筒内直径 (mm); < 为焊接接头系数; $[\sigma]^t$ 为设计温度下封头材料的许用应力 (MPa).

$$\delta = \frac{p_c D_i}{2[\delta]^t < - 0.5 p_c} = \frac{8.8 \times 1\,600}{2 \times 118 \times 1 - 0.5 \times 8.8} = 60.8\ \text{mm}$$

在上式中,由于设备要 100%探伤,所以 < = 1.

根据 GB150的规定,将计算厚度 60.8 mm向上圆整为钢材标准规格厚度,由于封头冲压过程中存在钢板厚度减薄量,选用复合钢板 16MnR + 00Cr19Ni10,所以确定钢板名义厚度为 68 + 3 mm.

因为下封头也是标准椭圆形封头,并且工作环境和受力状态与上封头是同样的,所以下封头也选用复合钢板 16MnR + 00Cr19Ni10,名义厚度为 68 + 3 mm.

3.2 筒身尺寸的计算

设计温度下圆筒计算厚度:

$$\delta = \frac{p_c D_i}{2[\sigma]^t \times 1 - p_c}$$

式中: δ 为圆筒计算厚度 (mm); p_c 为计算压力 (MPa); D_i 为圆筒内直径 (mm); < 为焊接接头系数; $[\sigma]^t$ 为设计温度下圆筒材料的许用应力 (MPa).

$$\delta = \frac{p_c D_i}{2[\sigma]^t \times 1 - p_c} = \frac{8.8 \times 1\,600}{2 \times 118 \times 1 - 8.8} = 61.97\ \text{mm}$$

按照 GB150的规定,将计算厚度 61.97 mm向上圆整为钢材标准规格厚度,选取筒体材料为 16MnR + 00Cr19Ni10,具体名义厚度为 62 + 3 mm.

4 高压立式氯气储罐整体结构的研究

4.1 高压立式氯气储罐外接管口的确定

在设计高压立式氯气储罐时,从该储罐使用功能的角度考虑,应具备的对外接口主要有氯气出口,排净口,氯气进口,人孔,裙座排气口,裙座检查口. 氯气从氯气进口进入后,经过氯气储罐,从氯气出口流出,在此过程中压力不变. 排净口是用来排除氯气中杂质,起到净化氯气的作用. 为了使人可以方便地出入容器内部进行检测和维修,设计时考虑到要加一个人孔. 同时裙座上设置了检查口,用来检查裙座

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

内部状况,眼睛能观察到内部,同时人可以方便地出入裙座内部.裙座排气口具有排除裙座内部废气的功能.以上接口与外设备相连的有氯气出口,排净口,氯气进口.只有具备了完善的对外连接件,才能保证该储罐良好的使用功能.同时,法兰连接面为了达到更好的密封效果,使用了凸凹面型式,以防止泄漏,从而使设备的使用安全性得到提高,如表 2所示.

表 2　高压立式氯气储罐的管口表

接管代号	名称	数量	P_N /MPa	D_N /mm	法兰标准	密封面型式
N1	氯气出口	1	15.0	250	HG20615Ⅱ	RF
N2	排 净 口	1	15.0	25	HG20615WN	RF
N3	氯气进口	1	15.0	250	HG20615Ⅱ	RF
M1	人孔	1	11.0	500	HG20615Ⅱ	RF
V1～V4	裙座排气口	4	——	80	——	——
M2	裙座检查口	1	——	500	——	——

4.2　高压立式氯气储罐的总装配结构

高压立式氯气储罐主体部件是筒身和椭圆形封头.氯气进口通道位于筒身左侧,这种方位有利于高压立式氯气储罐与对外管件相连接.在设计时考虑到要使封头达到最佳受力状态,将氯气出口通道设置在上封头顶部中间位置,排污口通道设置在下封头底部中间位置,这种结构使封头开孔处受力均匀,以减小应力集中.裙座的形状是圆筒形,保证了整个装置安放在地面上的稳定性.高压立式氯气储罐的整体结构形式如图 1.

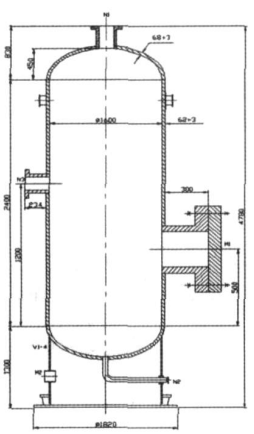

图 1　高压立式氯气储罐的整体结构

在设计时为了使设备内层不锈钢更加耐用,要求车间对设备的内表面进行清除,作酸洗钝化处理,然后设备需进行整体焊后热处理,以进一步消除焊接的残余应力.封头与筒体焊接不得有咬边.如果有咬边存在,在焊缝处就会有集中应力出现,因此,在后面给出的封头和筒身的焊接坡口型式上进行了这方面的考虑.设备制造完后以 11.0MPa表压进行水压试验.水压试验是设备制造的最终环节,通过了该环节,才能得到高质量的具有良好安全使用性能的产品.

5　高压立式氯气储罐焊接坡口型式的研究

高压立式氯气储罐的主体材料筒体和封头的厚度大于 60 mm,属于厚壁钢板,在焊接过程中应尽可能的控制焊缝成形,以达到降低焊接应力的作用,避免应力集中,从而控制再热裂纹的产生.本台设备将人孔接管,氯气进、出口接管和排净口接管与筒体和封头的焊接型式采用了插入式,如图 2、图 3、图 4和图 5,这样能有效防止再热裂纹,减小应力集中.

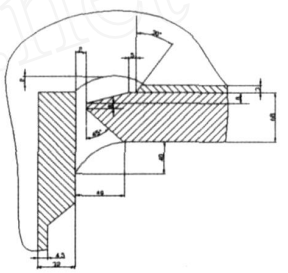

图 2 上封头的接管焊接

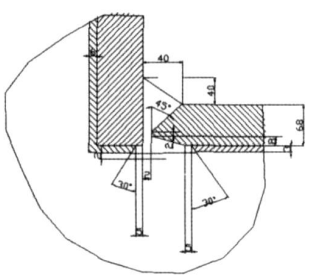

图 3 下封头的接管焊接

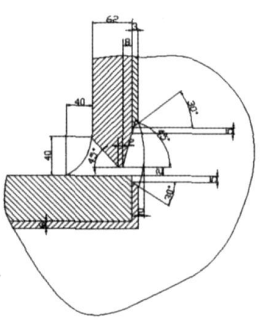

图 4　氯气进口接管焊接

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

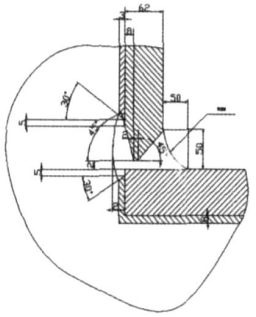

图 5 人孔接管焊接

由于不锈钢复合钢板的厚度为 63 mm,手工电弧焊不能一次焊透,焊接坡口的型式和尺寸直接影响焊缝的截面积及焊接应力的分布,选择不当时,容易造成夹渣、熔合不良及焊接应力增大而引起裂纹等缺陷,有时还会影响焊接成本及施工进度. 因此,坡口的型式及尺寸的选择相当重要,应采用双面焊结构. 这种型式的坡口,主要有如下优点:平焊位置施焊条件好,焊接电流可以适当增大,增加焊接速度;电弧停留时间加长,防止咬边,且焊工操作容易,焊接质量也可以相应提高.

6 结 语

高压立式氯气储罐是压力容器中的一种. 随着先进制造技术的发展,降低生产成本、提高产品质量,是专家学者共同追求的目标. 本文对高压立式氯气储罐进行了深入的研究分析. 由于工作介质具有强腐蚀性,且工作温度较高,因此,设备必须采用抗腐蚀性材料. 本设计选取了不锈钢/碳钢双金属复合钢板,这种复合钢板成本低,不但能够达到抗腐要求,而且性能优于不锈钢. 根据设计参数,对设备的主体尺寸进行了计算,包括封头的计算,筒身的计算,确定了筒体和封头的具体结构形式和厚度. 不锈钢/碳钢双金属复合钢板材料的选用对焊接提出了新的要求. 由于钢板的材料较厚,焊接形式采用双面焊,确保了焊接强度. 本研究对同行业压力容器的设计,生产制造起到很好的借鉴作用,具有一定的应用价值.

参 考 文 献:

[1] 陈裕川. 钢制压力容器 [M]. 北京:中国标准出版社, 2006: 29 - 31.

[2] 国家质量技术监督局编压力容器安全监察规程 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2005: 10 - 12.

[3] 国家质量监督检验检疫总局. 压力容器定期检验规则 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2004: 22 - 25.

[4] 澄良贵. 机械设计 [M]. 北京:高等教育出版社, 2002: : 26 - 34.

[5] 锅炉压力容器十大技术标准规范编委会. 锅炉压力容器十大技术标准规范 [M]. 北京:北京科大电子出版社, 2005: 126 - 138.

[6] 刘政军. 不锈钢焊接及质量控制 [M]. 北京:化学工业出版社, 2005: 25 - 28.

[7] 文 潮. 不锈钢复合钢板压力容器焊接坡口的设计 [J]. 焊接技术, 2002, 12(3): 36 - 37.

[8] 王 冰,孙 瑛. 钢制压力容器用封头 [M]. 北京:锅容标准出版社, 2007: 26 - 27.

[9] 邹慧君. 机械及其系统设计 [M]. 北京:机械工业出版社, 2005: 26 - 29.

[10] 南京航空学院制造工程系. 机械制造系统 [M]. 上海:上海科学技术出版社, 2006: 61 - 64.

(编辑:王 萍)

(上接第 60页)

参 考 文 献:

[1] 徐 炜,袁 涛. 再论 RP技术在设计美学中的运用 [J]. 昆明大学学报, 2007, 18(4): 17 - 19.

[2] 袁 涛. 比例式设计原理及其应用 [J]. 包装工程, 2007, 28(6): 92 - 95.

[3] 袁 涛. 比例式设计探寻 [J]. 工业设计 (台湾), 1992, 21(3): 168 - 169.

[4] [美]金伯利·伊拉姆. 设计几何学 [M]. 李乐山,译. 北京:中国水利水电出版社, 2003: 8 - 19.

[5] 袁 涛. 设计构成 [M]. 北京:机械工业出版社, 2005: 45 - 49.

[6] 余隋怀,苟秉宸,于明玖. 设计数学基础 [M]. 北京:北京理工大学出版社, 2006: 62 - 78.

[7] 杨 正. 工业产品造型设计 [M]. 武汉:武汉大学出版社, 2003: 171 - 174.

(编辑:付长缨)

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net