

[研究·设计]

DOI:10.3969/j.issn.1005-2895.2015.02.010

炭黑急冷器中异形波纹管的 承载能力与补偿性能研究

虞斌¹, 冯贺¹, 涂善东²

(1. 南京工业大学机械与动力工程学院, 江苏 南京 211816;
2. 华东理工大学机械与动力工程学院, 上海 200237)

摘要:炭黑急冷器中,烟气温度与冷却水温度相差非常大,导致设备中存在很大的热膨胀差。若设备中的热膨胀差过大且未得到良好的热补偿,则设备有可能无法正常运行甚至遭到破坏。针对这种现象,在炭黑急冷器中设置异形(Ω 形)波纹管。文中以 Ω 形波纹管为研究对象,取波纹管中独立的关键参数,运用ANSYS软件对不同结构参数进行数值模拟分析,得到了波纹管结构参数对承载能力和补偿性能的影响规律,并为合理选择波纹管结构参数提供了指导。

关键词:热补偿; Ω 形波纹管;承载能力;补偿性能

中图分类号:TQ051.5 文献标志码:A 文章编号:1005-2895(2015)02-0041-03

Study on Carrying Capacity and Compensation Performance of Special Shape Bellows in Carbon Black Quencher

YU Bin¹, FENG He¹, TU Shandong²

(1. School of Mechanical and Power Engineering, Nanjing Tech University, Nanjing 210009, China;
2. School of Mechanical & Power Engineering, East China University of Science & Technology, Shanghai 200237, China)

Abstract: In carbon black quencher, the temperature difference between gas and cooling water is so large, which would cause big difference in thermal expansion. If thermal expansion difference is too large and not be compensated, the device would not operate normally or even damaged. Aiming at the phenomenon, it is a key to set bellows. The Ω -shaped bellows were study subjects. Independent key parameters of bellows were selected, and the bellows with different parameters were analyzed based on numerical simulation by ANSYS. The influence rule of structural parameters on carrying capacity and compensation performance of Ω -shaped bellows was got, which would provide guidance for selection of bellows structural parameters.

Key words: thermal compensation; Ω -shaped bellows; carrying capacity; compensation performance

波纹管膨胀节广泛应用于热力管线,工艺配线、泵和压力容器等设备上,具有位移补偿、减振降噪和密封等作用^[1]。炭黑急冷器^[2]中的波纹管需承受4 MPa的内压载荷以及12 mm的轴向位移补偿。若不进行补偿,则设备会承受巨大的应力作用,特别是管板,在巨大的应力作用下很容易变形损坏^[3-4]。对于 Ω 形波纹管的设计,需在满足强度、稳定性和疲劳寿命的前提下,使其补偿量达到最大,以便更好地吸收设备中的膨胀量。因此,应该以波纹管的补偿量最大为目标,对波

纹管的结构参数进行优化设计^[5-7]。在对波纹管进行优化设计之前,需了解一下波纹管参数对承载能力以及补偿性能的影响。

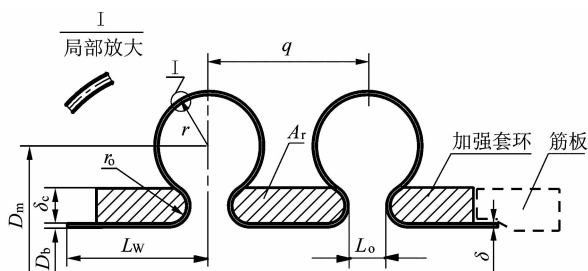
1 Ω 形波纹管的结构

如图1所示,加强型 Ω 形波纹管的结构参数有公称直径 D_b 、名义厚度 δ (波纹管层数为1)、 Ω 形圆环的平均半径 r 、过渡圆角 r_o 、加强环厚度 δ_c 、波距 q 、波中心直径 D_m 、波高 H 、开口量 L_o 、波纹管连接环焊接头到第一个波中心的长度 L_w 。为了使设计波纹管结构匹配急冷器的尺寸,令 $D_b = 1\ 200\text{ mm}$ 、 $q = 180\text{ mm}$ 、 $L_w =$

收稿日期:2014-06-02;修回日期:2014-09-10

作者简介:虞斌(1965),男,江苏南京人,教授,主要研究方向为新型高效传热传质设备。E-mail:fenghetone@126.com

148 mm。因为几何关系,有 $\delta_c = 2r_o, \frac{D_m}{2} - \frac{D_b}{2} + r + \frac{\delta}{2} - \delta = H, (r + r_o + \frac{\delta}{2})^2 = (\frac{L_o}{2} + \delta + r_o)^2 + (H - \frac{\delta}{2} - r - r_o)^2$, 又因为需保证波形均匀,有 $H = 2.2r^{[8]}$ 。故波高 H 、开口量 L_o 、波中心直径 D_m 均可以由 δ, r 和 r_o 表示。故波纹管的所有结构参数中有 3 个参数是独立的,即波纹管壁厚 δ 、 Ω 形圆环的平均半径 r 、过渡圆角 r_o 。

图1 Ω 形波纹管结构图Figure 1 Structure of Ω -shaped bellows

接下来取独立参数为变量进行有限元应力分析,研究波纹管结构参数对波纹管内压载荷、位移载荷下最大应力的影响。

2 壁厚对 Ω 形波纹管性能的影响

其他参数保持不变,取壁厚 δ 分别为 8, 6, 4, 2 和 1 mm, 分别用 ANSYS 模拟在 4 MPa 内压载荷下、12.2 mm 轴向位移载荷下的波纹管的应力分布,应力最大值如表 1 所示。在内压载荷、位移载荷下,波纹管的最大应力与壁厚之间的关系如图 2 所示。

表 1 不同壁厚波纹管的最大应力

Table 1 Maximum stress of bellows with different thickness

厚度/mm	内压载荷下 最大应力/MPa	位移载荷下 最大应力/MPa
8	57.271	280.817
6	60.229	266.949
4	79.742	222.222
2	121.084	206.520
1	206.057	126.744

由图 2 可得, Ω 形波纹管的耐压强度随壁厚的增加而增强,但是位移补偿能力随壁厚的增加而减弱。这与文献[9]所得结论相符。

3 波形平均半径对 Ω 形波纹管性能的影响

其他参数不变,取波纹管的平均半径 r 为 49, 51, 53, 55 和 57 mm。分别用 ANSYS 模拟在 4 MPa 内压载荷下、12.2 mm 轴向位移载荷下的波纹管的应力分布,应力最大值如表 2 所示。

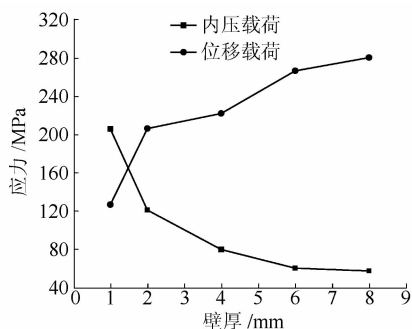


图2 不同厚度波纹管的最大应力

Figure 2 Maximum stress of bellows with different thickness

表 2 不同平均半径波纹管的最大应力

Table 2 Maximum stress of bellows with different mean radius

平均半径/mm	内压载荷下 最大应力/MPa	位移载荷下 最大应力/MPa
49	121.084	206.520
51	125.462	199.420
53	129.437	194.754
55	135.166	192.732
57	139.774	187.132

在内压载荷、位移载荷下,波纹管的最大应力与波形平均半径之间的关系如图 3 所示。

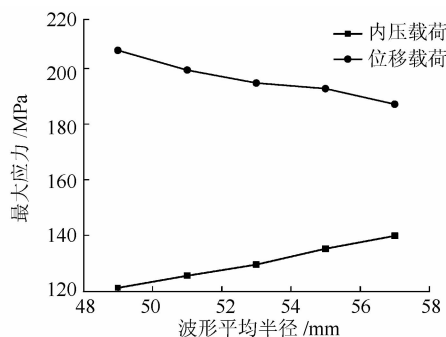


图3 不同波平均半径波纹管的最大应力

Figure 3 Maximum stress of bellows with different mean radius

由图 3 可得, Ω 形波纹管的耐压强度随波形平均半径的增加而减小,但是位移补偿能力随波形平均半径的增加而增加。这与标准[10-11]中的理论分析结果相符。

4 过渡圆角半径对 Ω 形波纹管性能的影响

其他参数不变,取波纹管的过渡圆角半径 r_o 为 37, 39, 41, 43 和 45 mm。分别用 ANSYS 模拟在 4 MPa 内压载荷下、12.2 mm 轴向位移载荷下的波纹管的应力分布,应力最大值如表 3 所示。

表3 不同过渡圆角半径波纹管的最大应力

Table 3 Maximum stress of bellows with different transition radius

过渡圆角 半径/mm	内压载荷下 最大应力/MPa	位移载荷下 最大应力/MPa
37	131.771	154.918
39	123.493	175.079
41	122.523	176.916
43	121.843	178.246
45	121.084	206.520

在内压载荷、位移载荷下,波纹管的最大应力与壁厚之间的关系如图4所示,由图4可得, Ω 形波纹管的耐压强度随波纹管的过渡圆角半径的增加而增强,但是位移补偿能力随壁厚的增加而减弱。

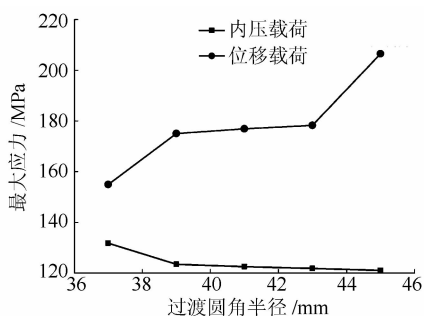


图4 不同过渡圆角半径波纹管的最大应力

Figure 4 Maximum stress of bellows with different transition radius

5 结论

1) Ω 形波纹管的耐压强度随壁厚的增加而增强,但是位移补偿能力随壁厚的增加而减弱,且厚度影响显著。

(上接第40页)

弃物塑料袋夹紧、旋拧、胶带封口运动,实现垃圾收集、打包密封处理;

2) 同心驱动多指夹紧机构采用5个4连杆机构组合而成,夹紧手指同步并行旋转缩放,使得塑料袋夹紧过程更加稳定可靠,且收袋灵活巧妙;

3) 胶带缠绕封口机构结构紧凑,缠绕封口性能可靠,通过分析封口运动过程,为胶带剥离及对成束后塑料袋的缠绕封口进一步理论研究和实用性推广打下坚实基础;

4) 对同心共驱多指夹紧机构和胶带缠绕封口机构运动过程进行受力分析,求解夹紧手指夹持力和实现胶带缠绕驱动力大小,为确定单次打包垃圾质量及电机选取提供基础。

2) Ω 形波纹管的耐压强度随波形平均半径的增加而减小,但是位移补偿能力随波形平均半径的增加而增加。

3) Ω 形波纹管的耐压强度随波纹管的过渡圆角半径的增加而增强,但是位移补偿能力随过渡圆角的增加而减弱。

4) 在 Ω 形波纹管的设计过程中,当内压载荷引起的应力过大时,可通过增加壁厚、减小波平均半径以及增大过渡圆角半径的方式增强波纹管的耐压能力;当位移载荷引起的应力过大时,可以适当减小壁厚、增大波平均半径、减小过渡圆角半径。

参考文献:

- [1] 杨玲,谢守勇,杨明金,等.膨胀节波纹管优化设计[J].农业机械学报,2006,37(9):153-156.
- [2] 虞斌,涂善东,莫逊.高温高含尘炉气急冷器:中国,ZL20101094938[P].2010-06-08.
- [3] 程孝福.废热锅炉的结构设计[J].压力容器,2009,26(6):13-18.
- [4] 龚明明,虞斌,郝彪.复杂工况下薄管板换热器的安全评定[J].轻工机械,2013,31(6):104-107.
- [5] 于颖,李永生,於孝春.波纹管的优化设计[J].压力容器,2005,22(12):21-24.
- [6] BHAVIKATTI S S. Optimum design of flange and flued expansion joints[J]. Engineering Optimization, 1979,1(4):121-128.
- [7] 杨玲,吴海霞,谢守勇.膨胀节波纹管优化设计系统研究[J].西南农业大学学报:自然科学版,2006,25(6):554-556.
- [8] 姜涛. Ω 形波纹管刚度和应力规律的探讨[J].机械强度,1990,12(2):67-68.
- [9] 苏旭. Ω 形波纹管刚度研究[J].广东船舶,2004(4):36-38.
- [10] 全国压力容器标准化委员会. GB16749-1997 压力容器波形膨胀节[S]. 北京:中国标准出版社,1997.
- [11] 中国船舶工业总公司. GB12777-2008 金属波纹管膨胀节通用技术条件[S]. 北京:中国标准出版社,2008.

参考文献:

- [1] 王均奇,施国庆.我国城市生活垃圾产业的发展现状与对策研究[J].生产力研究,2007(1):99-100.
- [2] 马爽,孙彬青.包装工程导论[M].北京:印刷工业出版社,2007.
- [3] 朱建萍.包装机械设计方法研究[J].包装工程,2007,32(7):89-91.
- [4] 郑文纬,吴克坚.机械原理[M].7版.北京:高等教育出版社,1997.
- [5] 濮良贵,纪名刚.机械设计[M].8版.北京:高等教育出版社,2006.
- [6] 成大先.机械设计手册[M].北京:化学工业出版社,2012.
- [7] 刘庆云.机器人多指手抓取运动学研究[D].南京:东南大学,2007:12-30.
- [8] 熊强,章军,朱飞成.通用梯形包装盒柔性抓持机械手结构[J].轻工机械,2013,32(3):56-62.
- [9] 杨维铨.力学与理论力学[M].北京:科学出版社,2008.
- [10] 魏炳方,杭鲁滨,罗玉峰.基于粘性胶带的缠绕捆扎机构设计[J].包装工程,2013,34(3):68-71.