

塑料机油盘气密性能的设计与研究

Design and Research of Plastic Oil Pan Tightness

北京中材汽车复合材料有限公司 杜志花 杨德旭 崔巧丽

[摘要] 本文通过对塑料机油盘密封圈的密封结构、使用环境进行分析,采用面压及气密性检测手段进行试验验证,说明密封材料的选择及结构设计直接影响其密封性能。

关键词:塑料机油盘 密封圈 气密性

[ABSTRACT] Through the analysis of the plastic oil pan sealing ring structure and the use of environment, experiment is carried out by means of detecting surface pressure and tightness, the effects of selection and structure design of seal material on product sealing performance are presented.

Keywords: Plastic oil pan Seal ring Gas tightness

1 密封材料的要求

密封材料应满足密封功能的要求。由于被密封的介质以及设备的工作条件不同,要求密封材料具有不同的适应性。对密封材料的要求一般是:

- 材料致密性好,不易泄露介质;
- 有适当的机械强度和硬度;
- 压缩性和回弹性好,永久变形小;
- 高温下不软化、不分解,低温下不硬化、不脆裂;
- 抗腐蚀性能好,在酸、碱、油等介质中能长期工作,其体积和硬度变化小,且不粘附在金属表面上。

2 常用的橡胶材料^[1]

橡胶是最常用的密封材料之一。其中,常用的橡胶密封材料有如下几种:

(1)硅橡胶:硅橡胶具有突出的耐高低温,耐臭氧及耐天候老化性能,在-70~260℃的工作温度范围内能保持其特有的使用弹性及耐臭氧、耐天候等优点,适宜制作热机构中所需的密封垫等。由于硅橡胶不耐油,机械强度低,价格昂贵,因此不宜制作耐油密封制品。

(2)丁腈橡胶:丁腈橡胶具有优良的耐燃料油及芳香溶剂等性能,因此,耐油密封制品一般采用丁腈橡胶来制作。

(3)氟橡胶:氟橡胶具有突出的耐热(200~250℃)、

耐油性能,可用于制造气缸套密封圈等,使用寿命较长。

(4)聚氨脂橡胶:聚氨脂橡胶具有优异的耐磨性和良好的不透气性,使用温度范围一般为-20~80℃。此外,还具有中等耐油,耐氧及耐臭氧老化特性,但不耐酸碱、水、蒸汽和酮类等。适于制造各种橡胶密封制品,如油封、O形圈和隔膜等。

(5)丙烯酸酯橡胶:丙烯酸酯橡胶具有耐热油(矿物油,润滑油和燃料油),特别是在高温下耐油性能稳定。一般可达175℃,间隙使用或短时间可耐温200℃。

3 橡胶密封材料在产品中的应用

本文介绍了橡胶材料在发动机塑料机油盘上的实际应用。如果机油盘密封性能不好,会产生漏油、渗油等后果从而影响发动机的正常使用。密封不好的主要原因有密封圈结构设计不合理、密封压力不足、材料发生蠕变等。

3.1 材料选择

考虑到发动机的运行环境温度较高,选用密封材料时,既要考虑其具有良好的耐油性,又要考虑在长期高温下具有稳定性能,所以,选用丙烯酸酯橡胶作为密封圈的材料。

3.2 结构分析

根据塑料机油盘和发动机的边界条件和连接方式,并充分考虑橡胶材料的理化特性,对密封圈的结构进行设计。根据产品密封槽的矩形结构,密封圈采用如图1



图1 密封圈截面示意图

Fig.1 Cross-section of seal ring

所示结构设计。一方面有效保证密封圈的压缩量在适宜范围;另一方面,采用与缸体接触设计为两挡肩接触密封形式,有效保证了产品的密封性。同时,在两挡肩内部采用隔段设计,形成若干独立的单元进行密封,利于发挥其密封作用。该密封圈截面结构示意图如图1所示。

通过研究不同密封槽宽度、密封圈宽度及装配间隙工况下密封圈的橡胶最大应力、橡胶反力、接触应力、橡胶带宽度等因素,表征密封圈密封性能的好坏。分析条件考虑密封圈的使用环境,如常温 23℃、低温 -40℃、高温 145℃、耐油等条件,对密封圈的密封性能采用有限元方法进行分析。具体分析条件如表1所示。

根据表1所示分析条件,该密封圈的密封性能如表2所示。

表1 密封性能分析条件

项目	装配间隙:0.5 ± 0.4mm			划痕深
	0.1mm	0.5mm	0.9mm	0.1mm/1.0mm
槽宽最小~密封圈宽度最大	工况 A	/	/	/
槽宽中值~密封圈宽度中值	工况 B	工况 C	工况 D	工况 G
槽宽最大~密封圈宽度最小	/	/	工况 E	/
受热膨胀	/	工况 F	/	/

备注:(1)工况 A 为极端情况,只计算了常温条件,其他工况计算在常温时进行装配,然后再分别将温度降至 -40℃ 和升高至 145℃ ;(2)工况 A~E 是计算尺寸变化对密封性能的影响,工况 F 是计算橡胶浸油后对密封性能的影响,工况 G 是考虑缸体有划痕时对密封性能的影响。

表2 密封圈密封性能分析结果

温度	项目	判定标准	工况 A	工况 B	工况 C	工况 D	工况 E	工况地 F	工况 G
常温(23℃)	橡胶最大主应力 /MPa	<5	1.0	1.3	0.6	0.5	0.4	1.1	0.4
	橡胶反力 /kN	<270.4	91.6	29.5	13.1	8.4	7.4	24.6	7.9
	接触应力 /bar	>1.5	14.6	6.4	3.8	2.9	2.7	5.5	2.8
	密封带宽度 /mm	/	4.9	3.4	2.9	2.6	2.6	3.3	2.6
低温(-40℃)	橡胶最大主应力 /MPa	<5		2.6	2.4	2.0	1.9	2.3	1.8
	橡胶反力 /kN	<270.4		36.1	26.5	20.8	18.4	34.6	19.3
	接触应力 /bar	>1.5		9.7	8.4	7.4	6.9	9.1	7.3
	密封带宽度 /mm	/		2.9	2.7	2.5	2.4	3.0	2.5
高温(145℃)	橡胶最大主应力 /MPa	<5		1.9	0.8	0.4	0.3	1.6	0.3
	橡胶反力 /kN	<270.4		96.3	18.7	8.0	5.3	62.6	6.8
	接触应力 /bar	>1.5		13.8	3.7	2.2	1.8	9.5	2.0
	密封带宽度 /mm	/		4.6	3.6	3.0	2.8	4.7	2.9

备注:(1)橡胶最大主应力 <5MPa,经验值,该密封橡胶扯断强度实测 10.1MPa,安全系数大于 2 ;(2)橡胶反力 <270.4kN 的判定标准,橡胶反力应小于螺栓的夹紧力(16 × 16.9kN=270.4kN);(3)接触应力 >0.15MPa 的判定标准,接触应力大于三倍的机油盘内部压力(3 × 0.5bar=1.5bar);(4)密封带宽度无判定标准,一般认为密封带宽度越大,密封效果越好。

经过对各种工况条件进行分析,表明该结构设计满足要求。该机油盘密封垫在环境温度为 -40~145℃ 范围内,密封垫宽度在 2.4~4.9mm 范围内波动,对装配体的反作用力为 5.3~96.3kN (小于螺栓的夹紧力),接触应力为 1.8~14.6MPa,大于 0.15MPa,能够保证密封的有效性。

4 试验验证

依据上述分析的结果,制备了塑料机油盘密封圈,为验证密封圈的性能是否满足使用要求,进行了 Fuji 纸面压试验,验证密封线是否连续、密封压力是否满足要求。采用气密性检测仪对密封圈泄漏量进行检测,考量

泄漏量是否满足要求。

4.1 面压试验

测试环境为:温度 19℃,湿度 12%,根据 Fuji 纸面压要求,该环境位于 D 区,按照曲线 D 进行压力读数。Fuji 纸面压试验压痕如图 2 所示。

从图 2 可以看出密封圈压痕均匀且连续。压力最明显位置的压痕密度为 1.3,查表显示压力大于 3MPa(最大压力);压力最不明显位置的压痕密度为 0.3,查表显示压力为 1.075MPa(最小压力)。

4.2 气密性检测

根据产品设计要求:在 0.5bar 压力下进行气密性检测,要求泄漏量小于 6mL/min。采用气密性检测仪进



图2 面压试验压痕图

Fig.2 Indentation figure of face pressure test

行泄漏量的检测。具体步骤为:(1)将产品采用扭矩为24NM 固定 在气密性检测仪治具上;(2)充 0.5bar 的压力,保持 1min ;(3)观察仪表显示的泄漏量,确定是否满



图3 气密性现场检测

Fig.3 Field testing of tightness



图4 气密性检测结果显示

Fig.4 Tightness test result

足使用要求;(4)记录泄漏量,取出产品。现场检测照片如图 3、图 4 所示。

经现场检测,泄漏量为 1.21mL/min,满足泄漏量小于 6mL/min 的要求。该密封圈符合预期使用要求。

5 结论

密封材料的选择及密封结构设计对密封圈密封性能的好坏影响较大。应充分考虑密封圈的使用工况环境来进行恰当的选择和设计。为证明其可靠性还应进行相应的 Fuji 纸面压试验、气密性检测等,才能确保密封圈的密封性能满足要求。

参考文献

[1] 密封技术基础知识. 2011-04-07[2013-12-09]. <http://www.cbee.cn/info/detail/71-123898.html>.

(责编 日午)

(上接第 107 页)

[13] Radford D W, Diefendorf R J. Shape instabilities in composites resulting from laminate anisotropy. *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, 1993, 12: 58-75.

[14] Huang C K, Yang S Y. Short communication—warping in advanced composite tools with varying angles and radii. *Composites Part A*, 1997, 28A: 891-893.

[15] Gasick M F, Renieri G D. Analysis techniques for the prediction of springback in formed and bonded composite components. N95-28289 McDonnell Aircraft Company, 1995: 1539-1558.

[16] Jain L K, Mai Y W, Stresses and deformations induced during manufacturing. Part I. *Journal of Composite Materials*, 1997, 31: 672-695.

[17] Padovec Z, Růžička M, Chlup H, et al. Springforward phenomenon on angular sections of composite materials—analytical. Numerical and Experimental Approach. *Bulletin of Applied Mechanics*, 2011, 7(26): 31-36.

[18] 党嘉立. 复合材料角型材结构固化变形研究. *宇航材料工艺*, 1993, 5: 10-12.

[19] Dai D, Qiao X, Liu S G. Calculations of cure deformation of single-curved composite laminates. *Aeronautical Manufacturing Technology*, 1999, 5: 46-58.

[20] 戴福洪,张博明,杜善义. 复合材料非对称正交薄层板的固化变形. *复合材料学报*, 2006, 23(4): 164-168.

[21] 任立波,罗小东,崔德刚. 复合材料非对称正交层合薄壳固化变形研究. *航空学报*, 2006, 17(7): 128-130.

[22] 戴福宏,张博明,杜善义. 非对称复合材料薄层板固化变形及其应用. *哈尔滨工业大学学报*, 2008, 40(1): 58-60.

[23] 寇哲君,戴棣,曹正华. 复合材料结构固化变形预测. *材料工程*, 2007 (增 1): 225-228.

[24] 李君,姚学锋,刘应华,等. 复合材料 T 型整体化结构固化翘曲变形模拟. *复合材料学报*, 2009, 26(1): 156-161.

[25] 张继奎,郇正能,关志东,等. 热固性复合材料固化过程三维有限元模拟和变形预测. *复合材料学报*, 2009, 26(1): 174-178.

(责编 小城)