

[新设备·新材料·新方法]

DOI:10.3969/j.issn.1005-2895.2015.01.020

基于有限元仿真的轴承压装力计算 及其影响因素分析

姜荣飞, 王卫英, 吴 熙

(南京航空航天大学 机电学院, 江苏 南京 210016)

摘 要:针对轴承在压装过程中压装力计算问题,运用有限元软件分析了不同过盈量、不同轴承和壳体间摩擦因数对压装力的影响;分析了当轴承、壳体间存在装配偏差以及壳体存在形状误差时对压装力的影响。研究表明,随着过盈量的增大时,压装力也将增大;摩擦因数对压装力影响比较大,并且呈现较好的线性关系;当轴承存在位姿偏差或壳体孔倾斜时,压装力都将增大;当轴承外圈存在鼓形、锥形、倒锥形误差时,压装力将增大,当存在凹形形状误差时,压装力将减小。

关 键 词:轴承;压装力;有限元;壳体

中图分类号:TH133.3

文献标志码:A

文章编号:1005-2895(2015)01-0080-05

Analysis on Influencing Factors of Bearing Press-Fit Forces Based on Finite Element Simulation

JIANG Rongfei, WANG Weiyang, WU Xi

(College of Mechanical and Electrical Engineering, Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, Nanjing 210016, China)

Abstract: Regarding to the problem of press-fit forces calculation in the bearing press-fit process, finite element software was applied to analyze the influence of different interference, different coefficients of friction between bearing and housing on the press-fit force. The influence of assembly deviation between bearing and housing, and shape deviation of housing on the press-fit force was also analyzed. The study shows that when the interference increases, the press-fit force will increase; the coefficient of friction has great influence on press-fit force and presents a good linear relationship; when assembly deviation exists, the press-fit force will increase; when shape deviation of drum, cone and inverted-cone exists on the bearing outer ring, the press-fit force will increase. However, when shape deviation of concave exists, the press-fit force will decrease.

Key words: bearing; press-fit force; finite element; housing

轴承的压装质量直接关系着设备运行的安全性和可靠性。轴承和壳体孔装配多采用过盈联接,这种联接方式是利用过盈量使得轴承与壳体相互挤压而产生径向接触面压力,并依靠面压力产生的摩擦力来传递扭矩和轴向力。工程上多使用压力机对轴承进行压装,压装力对压装质量具有重要的影响,压装力的大小受多种因素影响,使得压装力难以准确确定。如果压装力不足,会导致零件压装不到位,需退卸后重新压装,影响生产效率。反之,如果压装力过大会造成壳体局部产生塑性变形,影响压装质量^[1-3]。因此,对压装

力的研究具有重要的意义。

轴承在压装过程中压装力的大小与轴承和壳体的材料、过盈量、润滑条件等因素相关。刘长虹^[4]、寇淑清^[5]、张强^[6]等人对轴承、衬套在压装过程中零件的材料对压装力的影响以及压装过程中产生的应力进行了研究,但对轴承在压装过程中过盈量、轴承和壳体间的摩擦因数以及轴承与壳体存在装配误差时对压装力影响的研究少有报道。本文通过有限元软件分析了不同过盈量、不同轴承和壳体间摩擦因数对压装力的影响,分析了当轴承、壳体间存在装配偏差以及壳体存在

收稿日期:2014-07-30;修回日期:2014-08-28

作者简介:姜荣飞(1989),男,江苏东台人,硕士研究生,主要研究方向为计算机辅助工程。E-mail:983542359@qq.com

形状误差时对压装力的影响。

1 结构和参数

图1为轴承和壳体压装示意图。轴承的内外圈、球体材料为GCr15,轴承型号为6201。组件尺寸和材料相关参数分别见表1和表2。

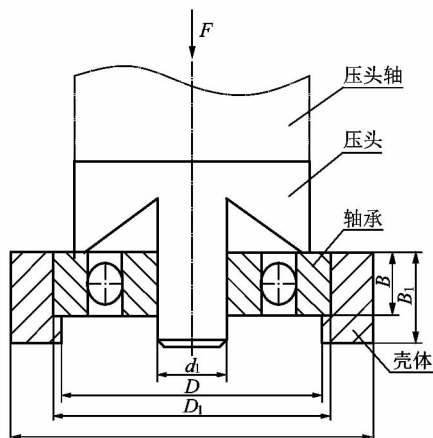


图1 轴承压装示意图

Figure 1 Schematic diagram of bearing assembly

表1 组件主要尺寸

Table 1 Main size parameters of parts

d/mm	D/mm	B/mm	d_1/mm	D_1/mm	B_1/mm
12	32	10	32	60	10

表2 组件的主要材料参数

Table 2 Main material parameters of parts

名称	材料	杨氏模量 $E/(\text{N} \cdot \text{mm}^{-2})$	泊松比 ν	密度 $/(\text{kg} \cdot \text{m}^{-3})$	屈服极限 $/\text{MPa}$
轴承	GCr15	2.05×10^5	0.30	7 830	1 700
壳体	6063	6.90×10^4	0.33	2 700	145

2 有限元模型建立

通过Pro/E建立轴承、壳体三维模型,将建立的模型导入到有限元软件中,在有限元软件中采用8节点六面体单元C3D8R对轴承和壳体进行网格划分,并对轴承和壳体接触部分的网格进行细化,将轴承和壳体之间过盈量设为0.012 mm。轴承和壳体划分网格后的有限元模型如图2所示。

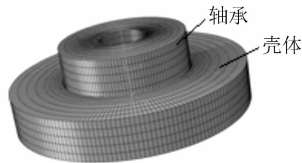


图2 轴承和壳体网格图

Figure 2 Grid graph of bearing and housing

定义接触时,轴承外圈表面和壳体内圈表面定义Surface Intact,其接触属性设置为库伦摩擦,摩擦因数为0.09。施加边界条件时,壳体下表面只设置竖直方向上的位移约束。在轴承的上表面首先施加1个0.01 mm位移,使得轴承与壳体能够平稳地建立接触关系,有益于计算收敛。在接触关系平稳后,再将轴承完全压入到壳体中。

压装过程中,轴承匀速下压,其克服的阻力为轴承外圈和壳体的之间的滑动摩擦力。因此,压装力的大小与滑动摩擦力大小相等,在Step的History选项对接触面间的CFS值进行监控,输出的CFS即为压装力。

3 分析计算与讨论

3.1 不同过盈量分析

过盈量在轴承压装中具有决定性的作用,当轴承与壳体孔间的过盈量过大时,则会使轴承装配困难,甚至破坏配合表面;但过盈量过小则会造成配合表面打滑,加剧轴承、壳体的磨损。合理的选择轴承与壳体配合,以确保轴承在运转中保持适当的过盈量,对提高轴承使用寿命以及设备工作的可靠性具有重要的意义。

在其他条件相同的情况下,分别选取过盈量为0.008 mm、0.012 mm、0.016 mm、0.020 mm进行了分析,结果如图3所示。

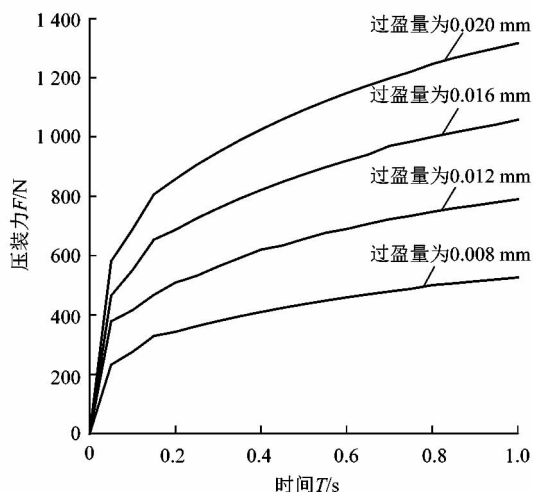


图3 不同过盈量下的压装力曲线

Figure 3 Press-fit force curve of different interference

由图3可以看出,随着过盈量的不断增大压装力也随着增大。

3.2 轴承装配误差分析

针对轴承在压装过程中存在的两种装配误差进行了分析,分别是轴承的位姿偏差以及壳体孔的倾斜。轴承的位姿偏差如图4所示,轴承的轴线和壳体孔轴

线之间的夹角为 θ ;壳体孔倾斜如图5所示,倾斜孔中心线与轴线之间的夹角为 α 。

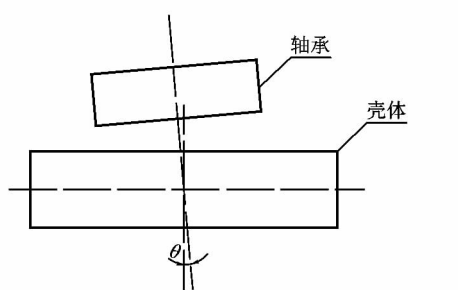


图4 轴承位姿偏差

Figure 4 Bearing with pose deviation

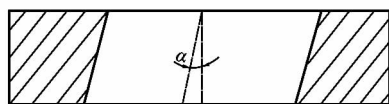


图5 壳体孔倾斜

Figure 5 Housing with shape deviation

轴承压装过程中应保证轴承和壳体不发生塑性变形。通过有限元分析,分别计算了 θ 为 0° 、 0.10° 、 0.15° 、 0.20° 时压装力的变化,结果如图6所示,等效应力分布如图7所示。

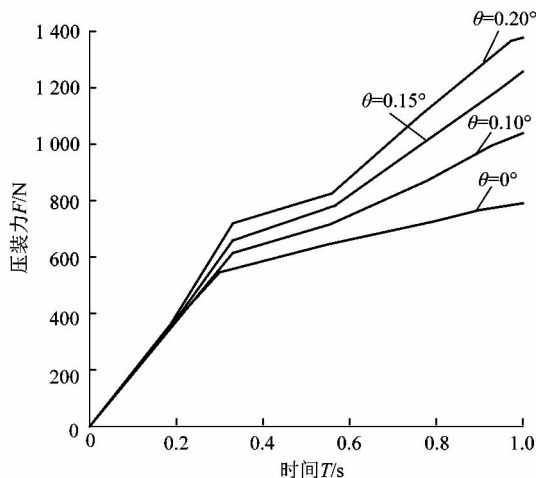


图6 不同角度偏差下的压装力曲线

Figure 6 Press-fit force curve of different pose deviations

同理计算了 α 为 0° 、 0.10° 、 0.20° 和 0.30° 时压装力的变化如图8所示,等效应力如图9所示。

轴承压装过程中,无论是轴承位姿的偏差或是壳体孔的倾斜,都会使得轴承的轴线与壳体孔的轴线产生角度偏差。压装过程中不存在角度偏差时,压装力用于克服轴承与壳体孔之间的滑动摩擦力。当压装过程中存在角度偏差时,在压装的起始阶段,轴承进入到

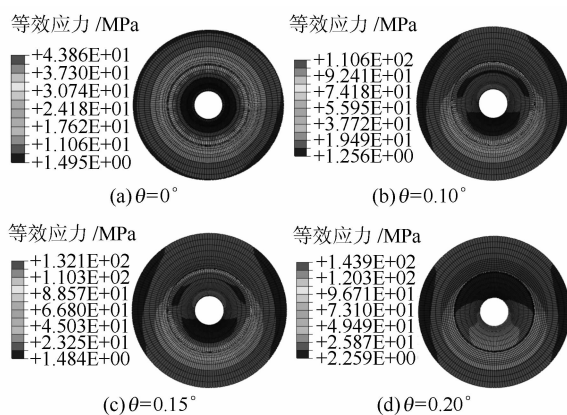


图7 轴承存在位姿偏差时的等效应力

Figure 7 Equivalent stress of bearing when pose deviation exists

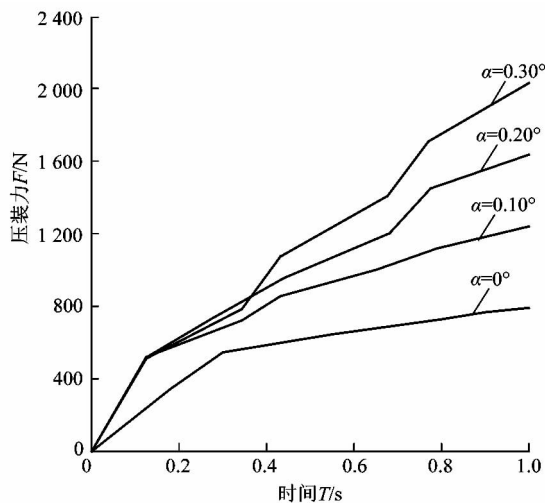


图8 不同壳体倾斜度下的压装力曲线

Figure 8 Press-fit force curve of different shape deviations

壳体中时会受到局部的作用力,如果轴承与壳体两端接触产生的接触反力在各自的摩擦锥内,就会产生楔紧现象,此时,压装力不仅用于克服接触面间的摩擦力,还用于缓解可能出现的楔紧现象,因此,在轴承压装的过程中压装力不断增大,同时使得接触面的应力不断增加^[7]。由图7和图9可以看出当 $\theta = 0.20^\circ$ 、 $\alpha = 0.30^\circ$ 时壳体已达到屈服极限即将发生塑性变形。

3.3 轴承形状误差分析

在实际加工过程中,轴承的外圈可能出现形状误差有4种情况,如图10所示。

图中 Δ 表示圆柱度数值, e 为过盈量。根据轴承手册^[8]可查得对应于轴承精度的圆柱度误差值为 $2.5 \mu\text{m}$,在其他条件不变的情况下,通过计算得到了在4种形状误差下的压装力的变化如图11所示。

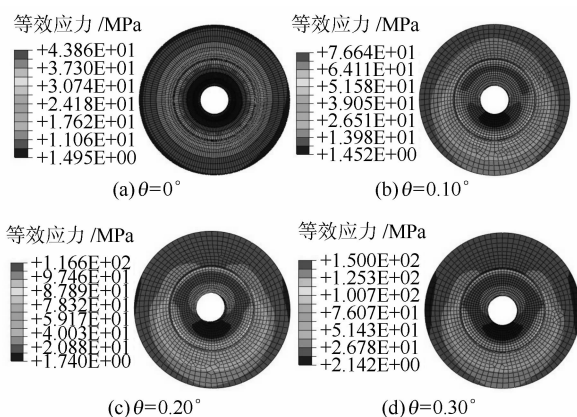


图9 壳体倾斜时的等效应力

Figure 9 Equivalent stress of housing when shape deviation exists

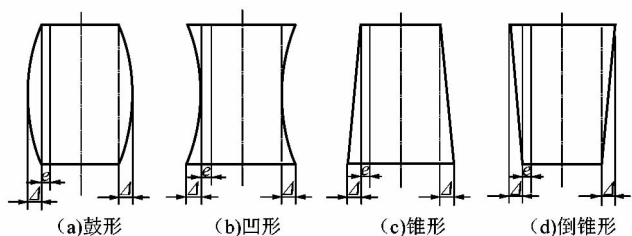


图10 轴承外圈的4种形状误差

Figure 10 Four shape deviations of bearing outer ring

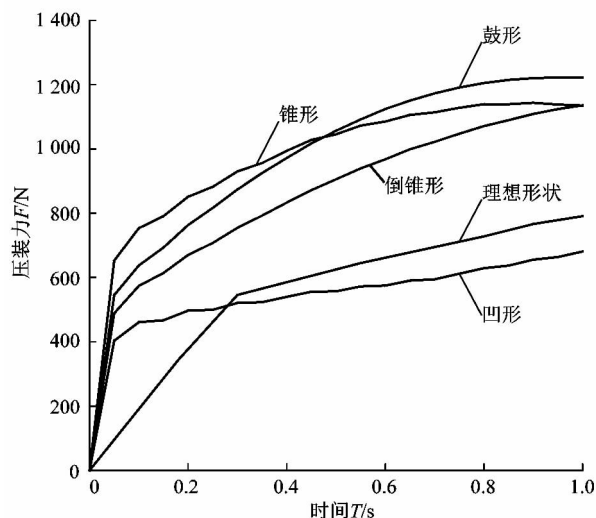


图11 形状误差下的压装力曲线

Figure 11 Press-fit force curve of different shape deviations

由图11可知,当轴承存在形状误差时,轴承与壳体之间的过盈量会增加,当轴承压入到壳体时,压装力将增大。当轴承存在鼓形、锥形、倒锥形形状误差时,相比理想形状时压装力明显增大。但当轴承存在凹形误差时,如图12所示可以看出,轴承与壳体之间产生

摩擦力的主要区域为图中A区域而不是整个圆柱区域。压装力的大小与接触面间滑动摩擦力大小相等,而滑动摩擦力的大小与接触面面积成正比,因此,当接触面面积减小时,滑动摩擦力将减小,从而压装力也将减小。

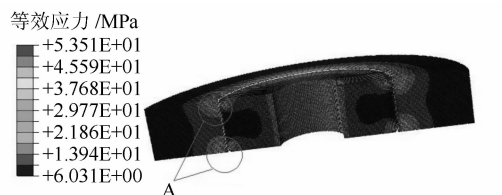


图12 轴承存在凹形误差时等效应力图

Figure 12 Equivalent stress of bearing when concave deviation exists

3.4 摩擦因数影响分析

对于过盈联接,摩擦因数是十分重要的,其关系到所设计过盈联接的可靠性^[9]。接触面间的摩擦因数大小与材料、表面粗糙度、过盈量、配合方式以及是否润滑等因素有关很难确定。在其他条件不变的情况下,选取摩擦因数分别为0.01、0.14、0.18、0.22和0.26进行了分析,压装力的变化如图13所示。

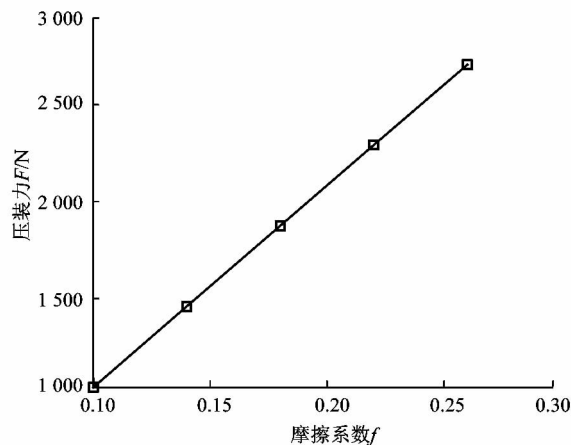


图13 摩擦因数和压装力的关系

Figure 13 Relationship between frictional coefficient and press-fit force

由图13可以看出,在其他条件相同时,摩擦因数对压装力影响较大,并呈现较好的线性关系。

4 结语

针对轴承在压装过程中压装力的大小受多种因素影响的问题,运用有限元软件分析了不同过盈量、不同轴承和壳体间摩擦因数对压装力的影响;分析了当轴承、壳体间存在装配偏差以及壳体存在形状误差时对

(下转第86页)