

载荷对硫化机主承载接触面微动行为的影响

刘志刚, 许晓静, 张晓宇, 童浩

(江苏大学 先进制造与现代装备技术工程研究院, 江苏 镇江 212013)

摘要:采用Ansys有限元分析软件对周期性载荷作用下硫化机主承载接触面微动和接触点应力的变化情况进行模拟分析。结果表明:立柱接触齿边缘弯曲变形大于齿根处;在一定范围内,载荷频率越小,微动量越小,且变化越平稳;载荷越大,微动量越大。

关键词:硫化机;接触面;微动;有限元分析

中图分类号:TQ330.4⁺7;O241.82

文献标志码:A

文章编号:1006-8171(2019)06-0365-05

DOI:10.12135/j.issn.1006-8171.2019.06.0365

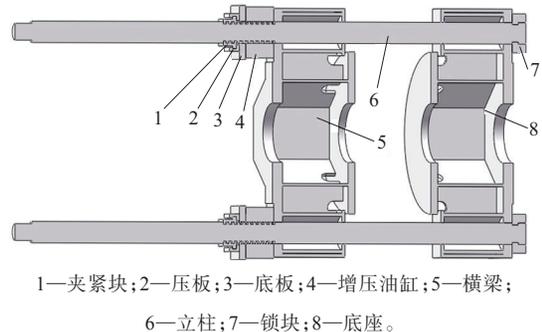
微动是指在机械振动、疲劳载荷或热循环等交变载荷作用下接触表面间发生的振动极小的相对位移^[1-2]。在硫化机工作中,横梁和底座受到冲击变化载荷的作用,由于立柱与夹紧块结构之间的刚性不同,立柱和夹紧块接触面之间存在不同程度的相互微滑,即微动。微动会造成接触表面摩擦磨损,也可以加速疲劳裂纹的萌生和扩展,使设备寿命大大降低,构成很大的安全隐患^[3-5]。多接触面轮胎定型硫化机工作时接触面之间的微动现象十分复杂,受载荷大小和变化趋势、接触面积、接触面几何形状和摩擦因数等诸多因素的影响^[6],其中载荷大小和变化趋势是影响微动运动特性的重要因素之一^[7-9]。因此,本工作以多接触面轮胎定型硫化机为研究对象,利用有限元软件Ansys对硫化机的立柱和夹紧块主承载接触面在周期性载荷作用条件下接触面节点副进行相对位移和应力展开研究,获得该节点副的微动变化规律,为多接触面机械的设计和制造提供依据。

1 模型建立

1.1 实体模型

选取某型号多接触面轮胎定型硫化机为研究对象,根据相关图纸用SolidWorks建立模型,对三

维模型进行有限元计算简化处理。由于多接触面硫化机的结构对称性,为缩短计算时间,提高计算精度和效率,取硫化机模型的1/2进行有限元分析,其三维模型如图1所示。



1—夹紧块;2—压板;3—底板;4—增压油缸;5—横梁;
6—立柱;7—锁块;8—底座。

图1 多接触面轮胎定型硫化机三维1/2模型

1.2 材料参数设置和网格划分

根据硫化机零件材料的实际使用情况,设定立柱、底板和夹紧块材料为45#钢,其余为Q235-A钢,材料属性参数见表1。

表1 材料属性参数

项 目	45#钢	Q235-A钢
密度/(Mg·m ⁻³)	7.89	7.86
弹性模量/GPa	209	210
泊松比	0.269	0.288

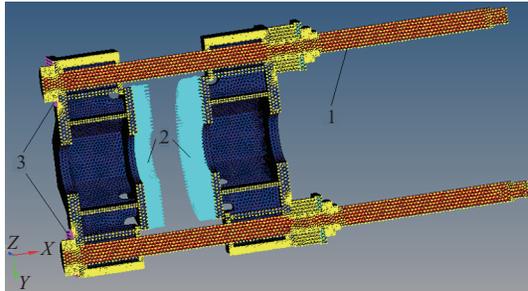
由于多接触面硫化机的结构较为复杂,为适应不规则形状,在保证精度的同时提高计算效率,将零件网格划分为四面体单元,运用HyperMesh中的tetramesh功能直接对各零件进行网格划分,网

基金项目:江苏省科技计划产学研联合创新资金项目(BY2015064-01)

作者简介:刘志刚(1991—),男,湖北仙桃人,江苏大学硕士研究生,主要从事金属材料 and 先进制造及装备的研究。

E-mail:lzg911209@126.com

格大小控制在6~30 mm范围内,网格划分结果见图2,采用四面体结构实体单元Solid45。硫化机中所有零件接触面采用面面接触,接触面之间的摩擦因数设置为0.15。



1—对称约束;2—载荷施加面;3—固定约束。

图2 多接触面轮胎定型硫化机有限元模型
网格划分和边界条件

1.3 加载和求解

对多接触面硫化机工况进行模拟分析,为了简化计算,以硫化机实际工况下横梁和底座上的受力为作用力与反作用力时的应力和立柱与夹紧块主承载面的变形情况来表征某一时刻的应力和微动情况。边界条件如图2所示。

(1)取硫化机模型的1/2进行分析,在对称面上加对称约束。

(2)在硫化机底座实际固定处施加固定约束,限制硫化机刚体的移动。

2 仿真结果及分析

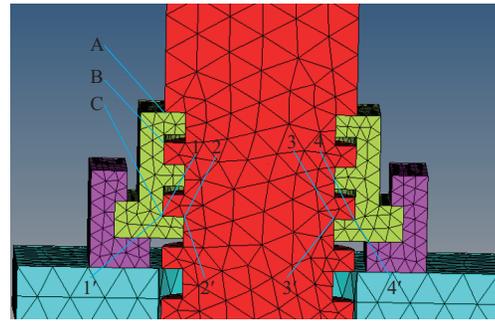
为了分析多接触面轮胎定型硫化机在工作时立柱和夹紧块主承载接触面的受力情况和位移变化,在硫化机底座和横梁受力平面施加正弦函数的载荷(F):

$$F = A + B \sin(\omega t)$$

式中, A 为基础值, B 为振幅, ω 为角频率, t 为时间。

加载方式及加载面见图2。为了便于描述,将多接触面轮胎定型硫化机的立柱和夹紧块接触面的节点进行编号处理,如图3所示。

在横梁和底座上分别施加900 kN的载荷,以模拟硫化机1 800 kN的额定载荷。在额定载荷的基础上,使横梁和底座的受力按照一定规律变化。根据受力面网格节点数计算每个节点的载荷: $1\ 333 + 200 \sin(2\pi t)$ 。对硫化机进行大变形非



A—C—主要、第二和第三接触面;1—4—立柱上节点编号;
1'—4'—夹紧块上节点编号。

图3 多接触面轮胎定型硫化机立柱与夹紧块
接触面和节点编号

线性瞬态分析计算,分析时间步为1 s,计算多接触面硫化机立柱与夹紧块主承载面节点应力及节点副沿X轴(硫化机竖直方向)相对位移的变化曲线,如图4所示,A1—A4分别表示1—1'—4—4'节点副。

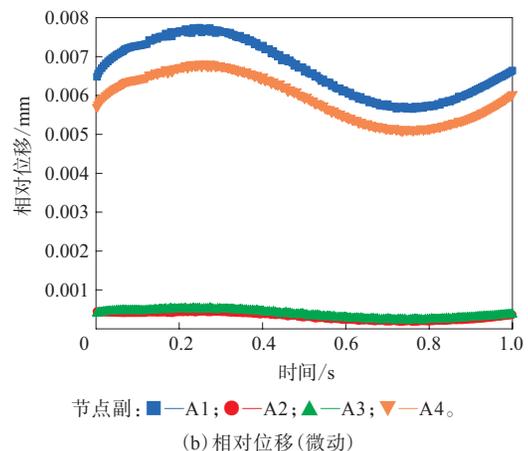
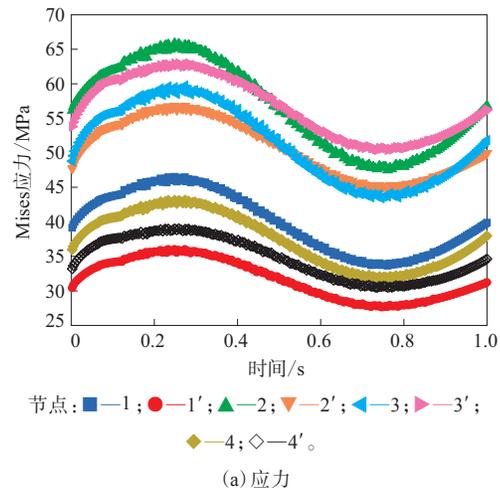


图4 立柱和夹紧块主承载面不同节点应力及
节点副相对位移(微动)

从图4(a)可知,多接触面轮胎定型硫化机在周期性载荷作用下,立柱与夹紧块主承载接触面的齿根处应力最大,且远大于边缘处。

从图4(b)可知,硫化机立柱上的节点相对于与其配合的夹紧块节点的轴向位移为正,表示立柱和夹紧块接触面节点向 X 方向做相对运动;相对位移在受力最大时出现最大值,此时A1—A4节点副的相对位移分别约为7.740,0.453,0.534和6.810 μm ,立柱与夹紧块的接触面边缘相对位移大于齿根处。节点副的应力数据表明,接触面的立柱齿根和夹紧块齿边缘起主要作用。由此说明,在立柱与夹紧块接触面之间存在微动。由于硫化机载荷变化,主承载接触面之间的微动量也存在一定的变化规律。为了揭示多接触面结构轮胎定型硫化机的受力特征与主承载接触面的微动特征之间的内在联系,从以下三方面进行研究。

2.1 周期性载荷振幅变化

在保证其他条件不变($A=1\ 333, \omega=2\pi$)的情

况下,对多接触面轮胎定型硫化机载荷振幅变化进行瞬态有限元分析,研究载荷波动振幅对硫化机微动量的影响规律,如图5所示。

从图5可知,振幅越大,多接触面硫化机立柱与夹紧块主承载面所有节点副的相对位移越大,即微动量越大。由此表明,载荷越大,微动量越大。

2.2 周期性载荷频率变化

在保证其他条件不变($A=1\ 333, B=200$)的情况下,对多接触面轮胎定型硫化机载荷频率变化进行瞬态有限元分析,研究载荷频率对硫化机微动量的影响规律,如图6所示。

从图6可知,改变硫化机的周期性载荷频率,对多接触面硫化机立柱与夹紧块主承载面所有节点副相对位移的影响也呈现相应的规律。在一定范围内,频率较小(小于 0.5π)时,多接触面硫化机立柱与夹紧块主承载面之间的所有节点副的相对位移均较小,且相对位移变化缓慢,即微动量较

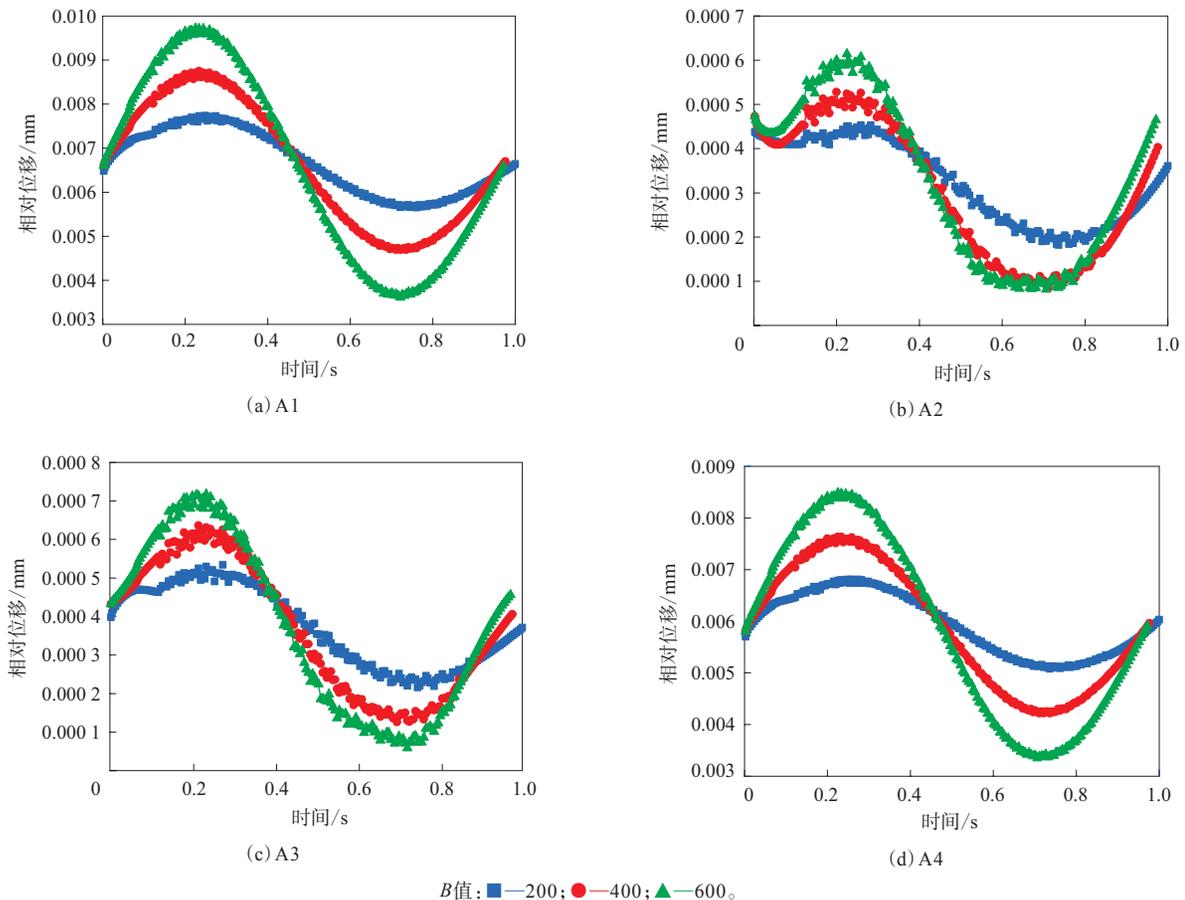


图5 周期性载荷振幅变化对节点副相对位移的影响

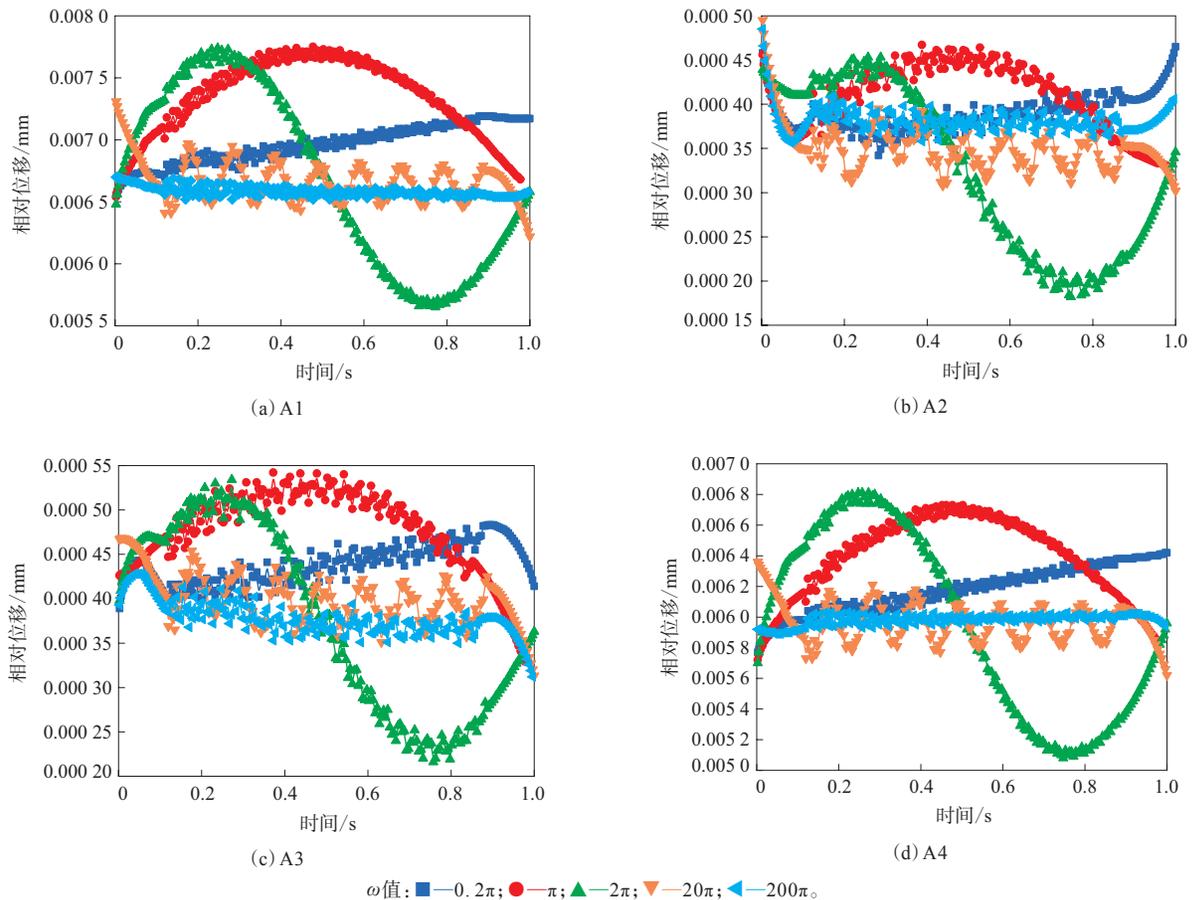


图6 周期性载荷频率变化对节点副相对位移的影响

小,有利于提高硫化机的使用寿命。当逐渐增大载荷频率时,立柱与夹紧块主承载面节点副的相对位移增大($\pi \sim 2\pi$),继续增大载荷,相对位移明显减小,甚至趋近于一条直线(200π)。由此表明,控制载荷的振动频率有利于减小微动磨损量,从而提高硫化机的使用寿命。

2.3 周期性载荷基础值变化

在保证其他条件不变($B=200, \omega=2\pi$)的情况下,对多接触面轮胎定型硫化机载荷基础值改变进行瞬态有限元分析,研究载荷显著变化对硫化机微动量的影响规律,如图7所示。

由图7可知,显著改变硫化机的受力对硫化机立柱与夹紧块主承载面所有节点副相对位移的影响较大,载荷基础值越大,相对位移越大。由此表明,载荷越大,微动越明显。

3 结论

Ansys有限元分析表明,工作中多接触面硫化

机立柱和夹紧块主承载面之间存在微动,微动量与施加外载的形式和大小有直接关系,可以得到如下结论。

(1) 立柱接触齿边缘弯曲变形大于齿根处。

(2) 在一定范围内,载荷频率越小,微动量越小,且变化越平稳,可有效减小微动磨损量。

(3) 载荷越大,微动量越大。如果载荷稳定,虽有微动量,但能在一定程度上减小接触面之间相对滑动所导致的磨损,提高设备的使用寿命。

参考文献:

- [1] 曾飞,陈光雄,周仲荣. 基于ANSYS的轮对过盈配合微动分析[J]. 机械工程学报,2011,47(5):121-125.
- [2] 曾飞. 列车轮对弯曲载荷作用下过盈配合面微动行为研究[D]. 成都:西南交通大学,2012.
- [3] 宋宏军. 高速重载列车运行过程中轮对过盈配合面微动行为研究[D]. 秦皇岛:燕山大学,2016.
- [4] 文广,何成刚,周桂源,等. 扭矩作用下垂向载荷对转轴表面微动损伤特性的影响[J]. 机械工程材料,2017,41(1):51-55.
- [5] 王钰文,丁俊,李小彦,等. 圆锥面过盈配合微动损伤的机理研究

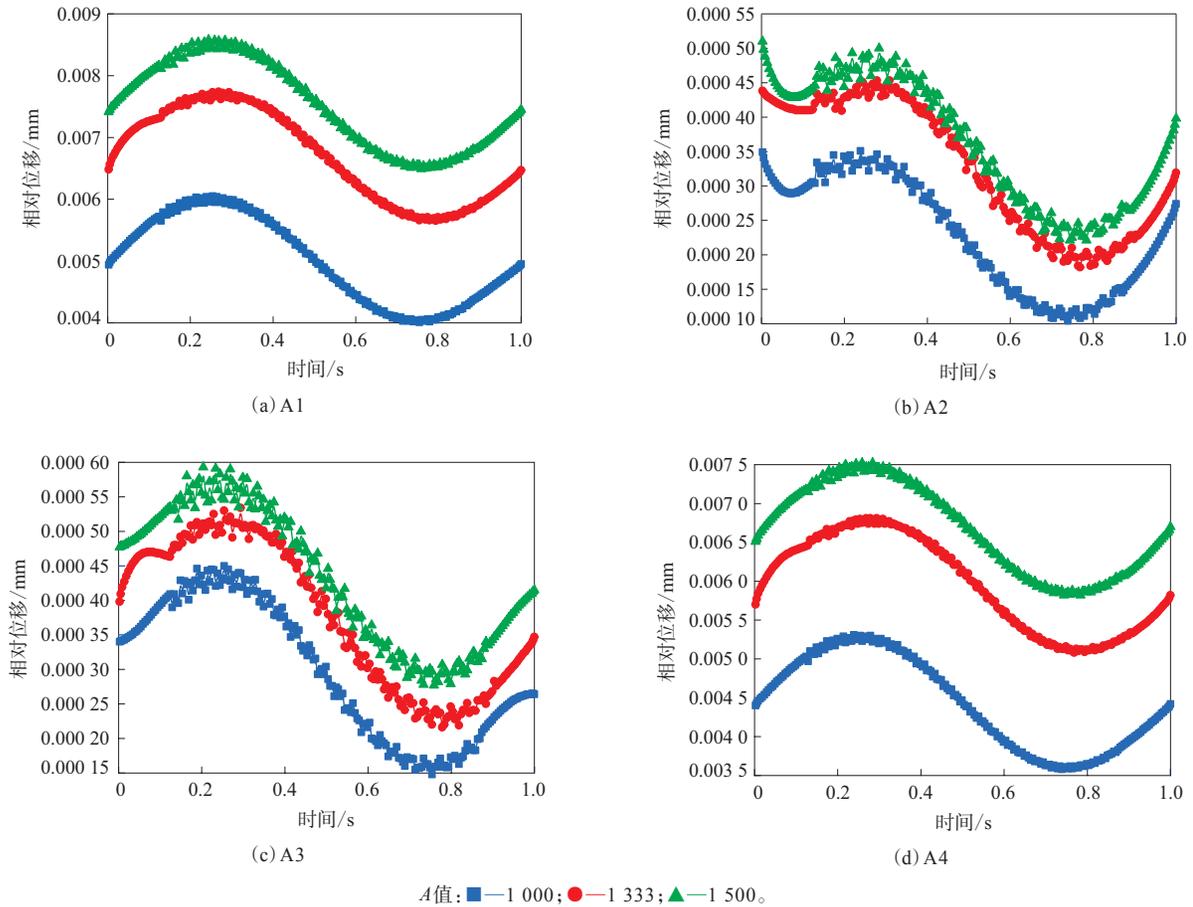


图7 周期性载荷基础值变化对节点副相对位移的影响

[J]. 机械设计与研究, 2016, 32(5): 139-143.

[6] Waterhouse R B, Foroulis Z A. Fretting Corrosion[J]. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, 1973, 169(4): 1157-1172.

[7] 沈明学, 杨莎, 周琰, 等. 接触载荷对7075铝合金扭转复合微动摩擦学行为的影响[J]. 中国有色金属学报, 2012, 22(12): 3327-3333.

[8] 沈燕, 张德坤, 王大刚, 等. 接触载荷对钢丝微动磨损行为影响的研究[J]. 摩擦学学报, 2010, 30(4): 404-408.

[9] 郝慧娇. 载荷对径向微动磨损的影响[J]. 新技术新工艺, 2011(11): 10-11.

收稿日期: 2019-01-25

Effect of Loading on Fretting Behavior of Main Bearing Contact Surface of Vulcanizer

LIU Zhigang, XU Xiaojing, ZHANG Xiaoyu, TONG Hao

(Jiangsu University, Zhenjiang 212013, China)

Abstract: The fretting of the main bearing contact surface and stress change of contact points of vulcanizer under cyclic load were simulated and analyzed by using Ansys. The results showed that, the bending deformation of the contact tooth edge of the column was larger than that of the root of the tooth; in a certain range, the lower the load frequency, the smaller the fretting was, and the more stable the change was; and the larger the load, the greater the fretting was.

Key words: vulcanizer; contact surface; fretting; finite element analysis