

振动筛上振动横梁的疲劳应力分析

孙皆宜

(唐山学院 基础教学部, 河北 唐山 063000)

摘要:根据疲劳应力理论对振动横梁进行了疲劳应力分析,并利用有限元软件 Workbench 对振动横梁进行了疲劳应力仿真,得到它在正常工作状态下的应力及安全系数分布图。在满足疲劳寿命要求情况下对振动横梁进行了最大循环应力分析,结果表明,振动横梁的疲劳特性符合寿命要求。

关键词:振动横梁;疲劳应力;疲劳寿命;安全系数

中图分类号:TH237⁺.6;O346.2⁺2 **文献标志码:**A **文章编号:**1672-349X(2015)05-0042-02

DOI:10.16160/j.cnki.tsxyxb.2015.06.016

An Analysis of the Fatigue Stress of the Vibrating Beam of Shakers

SUN Jie-yi

(Department of Fundamental Science Teaching, Tangshan College, Tangshan 063000, China)

Abstract: The author of this paper analyses the fatigue stress of the vibrating beam of shakers with the theories of fatigue stress, simulates the fatigue stress with the finite element software of Workbench, obtains the stress and safety coefficient distribution in normal working circumstances and analyzes the maximum cyclic stress of the vibrating beam on the condition that it meets the requirements of the fatigue life. The results show that the fatigue characteristics of the vibration beam meets life requirements.

Key Words: vibrating beam; fatigue stress; fatigue life; safety coefficient

0 引言

在选煤工艺中振动筛主要用于煤泥粗颗粒的脱水与脱泥,它由振动电机带动弧形筛箱体从而产生振动。在洗煤厂现场的使用过程中,有些振动筛在工作一段时间后振动横梁就会出现裂纹,且一般出现在振动电机底座附近,呈横向,破坏形式主要表现为疲劳失效。这是由于金属的表面和内部结构并不均匀,从而造成应力传递的不均衡,有的地方会形成应力集中区^[1]。此外,金属内部还存在许多微小裂纹的缺陷,在交变应力的持续作用下,裂纹会越来越大,材料中能够传递应力的部分越来越少,直至剩余部分不能继续传递负载,金属构件就会被完全破坏^[2]。因此,预测结构或零部件的随机疲劳寿命非常必要^[3]。

疲劳寿命是机械设备的主要设计目标之一。然而在设计阶段要检验一个产品的优劣往往需要对样品进行试验,这样不仅加大了成本投入而且过程繁琐。本文将利用疲劳应力理论和有限元分析软件 ANSYS-Workbench,以疲劳寿命为依据,

对振动横梁在正常工作环境下的应力分布和疲劳寿命进行分析,为提高振动横梁设计和制造的可靠性提供参考。

1 疲劳应力理论分析

造成疲劳破坏的重复变化应力叫作疲劳应力,用 S 来表示。结构在疲劳应力的作用下产生疲劳裂纹,直至疲劳失效所承受的循环应力次数 N 叫作结构的疲劳寿命。表示应力幅与疲劳寿命之间关系的曲线称为疲劳曲线或 $S-N$ 曲线^[4]。其表达式为:

$$NS^m = C, \quad (1)$$

其中, m 和 C 与材料特性、载荷的形式、零件的尺寸等因素^[5]有关。式(1)两边取对数可以得到:

$$\lg N = \lg C - m \lg S. \quad (2)$$

因此,对于某一具体结构,疲劳寿命与应力之间存在对数线性关系。

为了估算振动横梁的疲劳寿命,除了 $S-N$ 曲线外,还需要借助疲劳累积理论^[6]。累积理论可以概括为三种类型,即

线性累积损伤理论、修正线性理论和其它理论。其中线性累计损伤理论形式简单,且有一定的精度,在工程上得到了广泛应用。线性累积损伤理论认为在各种循环载荷作用下的疲劳损伤可线性累加起来,各应力之间相互独立和互不相干,当累加损伤达到一定数值时,试件或构件就发生疲劳破坏,即:

$$D = \sum_k \frac{n(S_k)}{N(S_k)} \leq 1, \quad (3)$$

式中 D 为构件的总损伤。 S_k 为对称循环应力, $n(S_k)$ 为在 S_k 作用下循环次数, $N(S_k)$ 为疲劳寿命, 将式(1)代入式(3)得:

$$D = \frac{1}{C} \sum_k n(S_k) S_k^m, \quad (4)$$

当式(4)中的 D 等于 1 时, 部件发生疲劳破坏。在结构的设计中, 通常采用有限元分析来预估疲劳寿命。

2 振动梁的疲劳应力有限元仿真

ANSYS-Workbench 有限元分析软件具有强大的疲劳分析功能^[7-8], 通过定义疲劳载荷、材料疲劳特性, 选择合适的疲劳准则, 综合各种影响因素, 根据等应变等损伤假设, 经过雨流计数, 对工作循环的载荷时间历程或局部应力-应变进行统计处理, 将每个循环的疲劳损伤都计算出来, 进而通过累积损伤计算预测构件的疲劳寿命。

将利用建模软件 Creo 建立的振动横梁的三维模型导入到 Workbench 中, 设置材料属性为结构钢, 其弹性模量 $E=200$ GPa, 泊松比 $\nu=0.33$, 屈服极限 $\sigma_s=235$ MPa, 并利用 Workbench 软件对振动梁自动划分网格。在振动横梁两端添加约束。并在振动梁中间 4 个电机安装孔处设置对称循环载荷, 如图 1 所示。

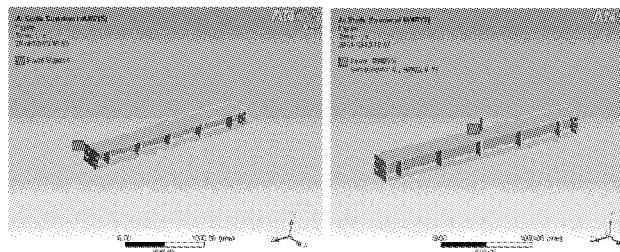


图 1 振动梁约束与受力示意图

在振动弧形筛工作过程中, 振动横梁所受的交变应力可以近似认为是大小为 16 000 N, 频率为 15.17 Hz 的对称循环载荷, 建立的交互应力循环如图 2 所示。

取振动梁疲劳强度因子为 0.8, 设定振动梁疲劳寿命为 109 循环次数, 求解得到振动梁应力、安全系数分布分别如图 3、图 4 所示, 振动横梁各位置的最小安全系数为 3.32, 振动横梁所受最大疲劳应力为 20.79 MPa, 局部高应力区域在振动电机安装底座附近, 与实际破坏位置相吻合。

最后分析振动梁的疲劳敏感性, 即确定振动梁在满足疲劳寿命的情况下所能承受的最大循环载荷。对定义的一个最小基本载荷变化幅为 100% (一个 16 000 N 的对称循环应

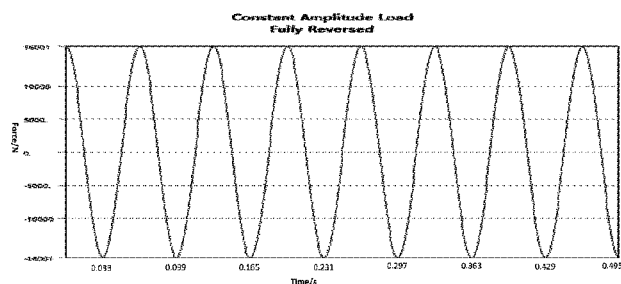


图 2 交互应力循环图

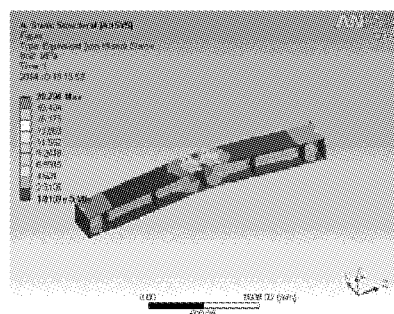


图 3 振动梁应力图

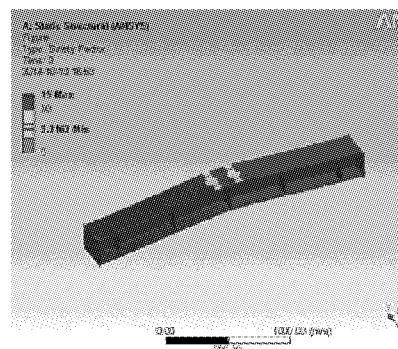


图 4 振动梁安全系数分布图

力) 和一个最大基本载荷变化幅为 400% (一个 64 000 N 的对称循环应力) 的交变应力进行分析, 得到振动梁的疲劳寿命变化曲线如图 5 所示。

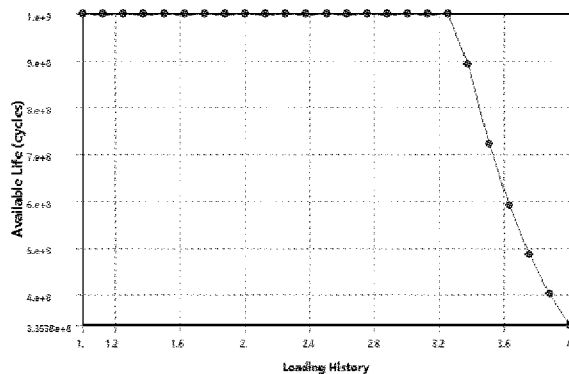


图 5 振动梁随交变应力变化的疲劳寿命曲线

(下转第 60 页)

有达到完全不粘附的效果,但是冲洗起来却非常容易,即使是粘附了一段时间后(1 h)仍然非常容易冲洗。

2.6 涂层机械性能分析

测试结果如表 4 所示,3 种含有 TiO_2 的涂层在玻璃上的附着级数均为 2 级,硬度均达到了 4 H,表明这 3 种涂层附着能力较好,而且具有一定的抗划伤能力,机械性能能够满足涂料应用的一般性要求。

表 4 涂层机械性能检测结果

TiO_2 含量(w/w,%)	5	15	25
附着力/级	2	2	2
硬度/H	4	4	4

3 结语

本实验的 TiO_2 基自清洁粉末涂层是将预制的 TiO_2 粒子与有机粘结剂复配后,在基材表面涂覆,再经干燥后制得。在整个制作过程中,对环境污染小,涂层固化速度快,所得涂料具有较好的附着力和自清洁特性。而且实验结果显示:

(1)在 40°C 时,随着涂层中 TiO_2 含量的增加,涂层的干燥时间会增长。

(2)随 TiO_2 含量的增加,涂层的水接触角增大,涂层表面具有良好的憎水性能。

(上接第 43 页)

由图 5 可以看出,当交变应力上升到大约为设计应力的 3.2 倍(51 000 N)时振动梁的疲劳寿命才出现明显缩短,这也符合了前面对振动梁安全系数的分析。对于本振动弧形筛而言,在实际工作中这种交变应力几乎是不可能达到的,所以,对于该振动梁的设计,符合疲劳应力的要求。

3 结论

(1)疲劳应力校核表明,振动筛横梁的最大应力远远小于材料的屈服极限,验证了振动横梁的破坏不是由静强度不足引起的,而是因为交变应力的持续作用产生的疲劳所致。

(2)经分析,振动梁的振动次数可达 10^9 次。以振动电机每分钟 910 r/min 计算,振动梁可保证使用 18 315 h,按振动弧形筛每天工作 16 h 计算,振动梁的疲劳寿命为 1 144 d,至少使用 3 年不会出现疲劳破坏。

参考文献:

[1] 吴镇,石端伟.大型升船机船箱门静力与疲劳有限元分

(3) TiO_2 含量为 15%时,涂层对亚甲基蓝的催化分解能力最强。

(4)涂层中加入不同含量的 TiO_2 ,都会使涂层对灰尘、油污、咖啡具有较好的自清洁效果。

参考文献:

- [1] Zhang L W, Dillert R, Bahnemann D, et al. Photo-induced hydrophilicity and self-cleaning: models and reality[J]. Energy Environ. Sci., 2012(5):7488 - 7518.
- [2] 邱宝玉. 仿生自清洁外墙涂料的制备[D]. 南昌:南昌大学, 2006.
- [3] Anand Ganesh V, Raut H K, Naira A S, et al. A review on self-cleaning coatings[J]. Journal of Materials Chemistry, 2011, 41(21):16304 - 16322.
- [4] 李娜,贺蓉,崔大祥,等. 一种抗紫外自清洁纳米涂料的制备及应用[J]. 功能材料, 2010, 41(5):808 - 811.
- [5] 王科林,陈克宁,牛家嵘,等. 二氧化钛的隔热机理及其在功能织物上的应用[J]. 现代纺织技术, 2009(1):59 - 62.

(责任编辑:李秀荣)

析[J]. 起重运输机械, 2007(12):44 - 45.

- [2] Anon. Fatigue resistance[J]. Advanced Materials and Processes, 1990, 137:89 - 94.
- [3] 徐灏. 疲劳强度[M]. 北京:高等教育出版社, 1988:121.
- [4] Joosten M W. New study shows how to predict accumulated drill pipe fatigue[J]. World Oil, 1985, 196:65 - 70.
- [5] 徐才发,李伟. 起重机主梁舱门处开裂的故障分析[J]. 起重运输机械, 2000(9):32 - 35.
- [6] 曾春华,邹十践. 疲劳分析方法与应用[M]. 北京:国防工业出版社, 1991:11.
- [7] 徐玉兴. 转子强度及疲劳寿命分析[J]. 理论与研究, 2008(2):1 - 8.
- [8] 姜年朝. ANSYS 和 ANSYS/FE-SAFE 软件的工程应用实例[M]. 南京:河海大学出版社, 2006:72 - 73.

(责任编辑:夏玉玲)