

干粉投加机进料系统设计与有限元分析

高艳红

(唐山学院 机电工程系, 河北 唐山 063000)

摘要: 结合现代设计理论, 对进料机进行三维造型; 基于有限单元法, 对主要受力部件螺旋体和搅拌器进行了受力分析, 得到了其应力分布场; 对搅拌轴进行了模态分析, 得到了螺旋轴的各阶频率。

关键词: 投加机; 螺旋轴; 进料搅拌系统; 有限单元法; 应力场

中图分类号: TP391.99 **文献标志码:** A **文章编号:** 1672-349X(2015)03-0059-02

DOI: 10.16160/j.cnki.tsxyxb.2015.03.020

Design and Finite Element Analysis of the Feeding System of the Dry Powder Adding Machine

GAO Yan-hong

(Department of Mechanical Engineering, Tangshan College, Tangshan 063000, China)

Abstract: The author of this paper made a three-dimensional model of the adding machine, guided by modern design theories, conducted a stress analysis of the spiral body and the agitator, established the stress distribution field, with the finite element method, performed a modal analysis of the stirring shaft and attained the frequency bands of the screw axis.

Key Words: adding machine; screw shaft; feeding mixing system; FEM; stress field

0 引言

螺旋进料机是干粉固体颗粒搬运系统机械化和自动化不可缺少的部分, 是现代化生产的重要标志之一。进料系统主要由螺旋轴、进料搅拌系统、料槽和驱动装置组成。工作时, 物料由螺旋轴旋转产生的轴向推力沿轴向推至卸料口卸出。本文根据经典理论和经验公式设计进料机的螺旋轴、进料搅拌系统和驱动装置, 用现代设计方法对进料机进行三维造型, 并对关键零部件进行有限元分析。

1 三维造型

三维造型不仅直观, 而且可以校验机械零部件是否存在运动干涉、装配干涉现象, 还可以为进一步做有限元分析、运动分析等打下基础。

1.1 设备主要参数

本文所设计的螺旋进料机使用条件如下:

输送物料为干粉固体颗粒;

额定输送量 $Q=20 \text{ t/h}$;

输送距离 $L=2 \text{ m}$;

物料的堆积密度 $\lambda=0.86 \text{ t/m}^3$ 。

1.1.1 螺旋直径 D 的确定

螺旋直径可参考以下经验公式计算得到:

$$D \geq k_1 \cdot 2.5 \sqrt{\frac{Q}{\varphi \cdot \lambda \cdot C}},$$

式中: D —螺旋直径;

k_1 —物料综合特性系数;

φ —物料填充系数;

λ —物料的堆积密度;

C —倾斜输送系数。

本文中物料为高分子聚合物, 根据物料性质, 确定物料综合特性系数为 $0.0415^{[1]326}$, 物料填充系数为 $0.33^{[2]}$ 。考虑到螺旋进料机水平布置, 确定倾斜输送系数为 $1^{[1]328}$ 。将已确定参数代入上式并根据螺旋叶片直径的标准系列最终确定螺旋直径为 250 mm 。

1.1.2 螺距的确定

螺距的大小直接影响物料输送, 当输送量和直径一定时, 物料运动的滑移面会随着螺距的变化而改变, 直接导致物料运动速度分布发生变化。合理螺距的确定需考虑螺旋面与物料的摩擦关系以及速度各分量间的适当分布关系, 参考经验

收稿日期: 2015-03-25

作者简介: 高艳红(1982—), 女, 河北滦南人, 讲师, 硕士, 主要从事 CAD/CAE/CAM 研究。

公式,螺距又在 200~250 mm 之间,因此取螺距为 200 mm。

1.1.3 壳体内径与螺旋轴直径的确定

壳体内径 $= D + 30 = 280$ mm;

螺旋轴直径 $d \approx 0.4D = 100$ mm。

1.2 三维造型

进料机最终三维结构如图 1 所示。

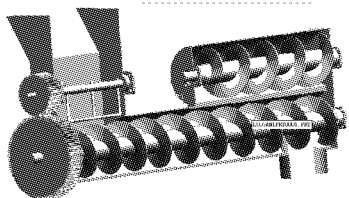


图 1 进料机三维模型

2 关键部件有限元分析

螺旋体、搅拌器及螺旋轴是进料机的关键受力部件,本文基于 ANSYS 对其进行有限元分析。

2.1 螺旋体静力分析

2.1.1 实体模型从前述三维造型导入,模型及网格划分情况如图 2 中 a,b 所示。

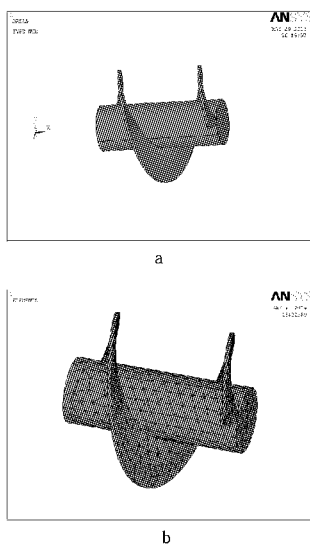


图 2 螺旋体的模型与网格划分

2.1.2 有限元模型

基于前述,建立有限元模型。

单元类型:根据实体结构复杂的特点,选用 8 节点线性三维结构实体单元 Solid45。

材料模型:材料为 Q235,屈服点 $\sigma_s = 235$ MPa,波松比为 0.3,弹性模量 $E = 2.06E5$,密度为 $7.85E-6$ kg/mm³。

约束施加:螺旋轴固定的一端施加全约束;螺旋叶片上施加通过计算得到的压强,为 109 038 Pa。

2.1.3 分析结果

典型位移云图如图 3 所示,应力云图如图 4 所示。

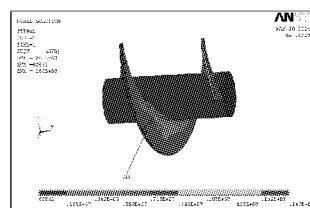


图 3 螺旋体位移云图

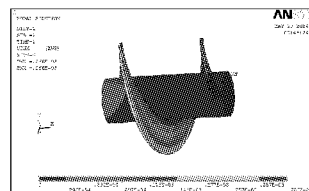


图 4 螺旋体应力云图

结果讨论:分析结果表明最大位移变化量在螺旋叶片外缘,螺旋叶片外缘易发生变形,螺旋叶片根部基本不会发生变形。最大应变值为 0.266×10^{-3} ,螺旋叶片的变形量在允许的范围。螺旋叶片在根部应力有最大值 16 MPa,满足使用强度要求。

2.2 搅拌器静力分析

2.2.1 单元材料

搅拌器采用 10 节点线性三维结构实体单元 Solid187,材料为 45。

2.2.2 约束施加

物料搅拌器被固定的一端施加全约束;搅拌器表面所受的压强为 71 665 Pa。

搅拌器网格划分情况如图 5 所示。

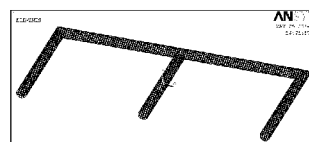


图 5 物料搅拌器网格划分图

2.2.3 分析结果

物料搅拌器典型位移云图如图 6 所示,应力云图如图 7 所示。结果表明物料搅拌器在主梁上易发生变形;应力在物料搅拌器中间固定端有最大值,易发生破坏,最大值为 38.8 MPa,满足使用强度要求。

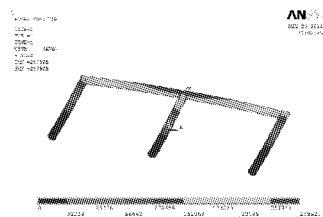


图 6 物料搅拌器位移云图

(下转第 75 页)

2.8 样品的测定及回收率实验

所测样品为唐山环城水系不同采样点采集的3种水样,首先用0.45 μm 孔径的滤膜过滤以除去悬浮在水中的悬浮物,过滤后的水样加入少量浓 HNO_3 ,在电热板上煮沸消解10 min,以除去水样中的有机物,冷却后的溶液用1%的 HNO_3 稀释到一定体积,供测定用。

然后将上述水样按“1.3 实验方法”进行预处理,分别测定其吸光度,计算镉的浓度,折算出镉的实际含量。并每次分别加标2.0 $\mu\text{g/L}$ 进行平行回收率实验,测定结果见表2。结果表明,加标回收率为95.56%~97.58%,准确度良好。

表2 水样中镉的测定

水样 样品	样品浓度 /($\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$)	加标量 /($\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$)	测定值 /($\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$)	回收率 (%)
1	19.869	20.00	38.981	95.56
2	12.546	20.00	31.900	96.77
3	12.437	20.00	31.953	97.58

2.9 方法的精密度实验

按实验方法,在仪器的最佳条件下,连续10次测定10.00 $\mu\text{g/mL}$ 的标准溶液,其相对标准偏差小于1%,可见,浊点萃取—火焰原子吸收法具有良好的精密度。

3 结论

(1) Triton X-100 作为浊点萃取剂具有浊点温度较低,萃取效率高和价格低廉等优点;而 DDTC 作为络合剂具有较好

的选择性,它与 Cd^{2+} 在 pH 值为 8.5 的缓冲体系中能形成稳定的配合物,分相后的表面活性剂富集相用 $\text{HNO}_3\text{-CH}_3\text{OH}$ 稀释后可直接进行测定。

(2) 应用浊点萃取—火焰原子吸收法测定环境水样中的镉元素,在最佳实验条件下, Cd^{2+} 在 0~10.00 $\mu\text{g/mL}$ 范围内呈现良好的线性关系,相关系数 $r=0.9995$,方法的检出限为 0.0014 $\mu\text{g/mL}$ 。

参考文献:

- [1] 李裕,张强,王润元,等. 镉的致癌性与食品中镉的生物有效性[J]. 生命科学,2010,22(2):179-184.
- [2] 国家环境保护总局. GB3838—2002,地表水环境质量标准[S].
- [3] 国家环境保护总局. 水和废水检测分析方法[M]. 北京:中国环境科学出版社,2002.
- [4] 马岳,黄骏雄. 浊点萃取在环境化学方面的应用[J]. 上海环境科学,2000,19(7):319-325.
- [5] 梁沛,李静. 浊点萃取技术在金属离子分离和富集以及形态分析中应用的进展[J]. 理化检验:化学分册,2006,42(7):582-587.

(责任编辑:李秀荣)

(上接第60页)

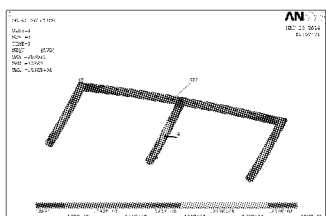


图7 物料搅拌器应力云图

2.3 螺旋轴模态分析

对螺旋轴进行模态分析,以避免设计的振动频率在其固有频率的范围内。

2.3.1 施加载荷

在轴的两个对称节点上施加力,根据扭矩计算得到施加在节点上的力为11460 N。

2.3.2 分析结果

螺旋轴频率如图8所示。

SET	TIME/FREQ	LOAD STEP	SUBSTEP	CUMULATIVE
1	0.53026	1	1	1
2	0.53598	1	2	2
3	3.5191	1	3	3
4	3.5443	1	4	4
5	8.9086	1	5	5
6	9.3847	1	6	6

图8 螺旋轴前六阶的振动频率

从各阶的频率和振型可以看出,各阶的振型量相对都较大,虽然校核刚度符合要求,但是从螺旋轴固有频率考虑,其刚度需进一步提高,可设计为大截面小厚度的空心轴。

一阶和二阶频率接近,三阶和四阶频率接近,频率均较低;五阶和六阶频率相差较大,频率均高。所以一定要及时地监控激励频率的范围,防止发生共振。

3 结论

(1) 运用三维软件对进料机进行三维设计,既提高了设计效率,又保证了设计质量。

(2) 螺旋体、螺旋轴、物料搅拌器是进料机主要受力部件。对螺旋体和搅拌器进行了静力分析,得出了应力云图,分析了它们的可靠性;对搅拌轴进行了模态分析,得到螺旋轴的频率,为结构动力特性的优化设计提供依据。

参考文献:

- [1] 陶珍东,郑少华. 粉体工程与设备[M]. 北京:化学工业出版社,2003.
- [2] 卢寿慈. 粉体设计手册[M]. 北京:化学工业出版社,2004:541-543.

(责任编辑:白丽娟)