

胶片导切机旋转刀的有限元分析

杨 钊¹, 滕贻健²

(1. 青岛软控机电工程有限公司, 山东 青岛 266000; 2. 南通润邦重机有限公司, 江苏 南通 226000)

摘要:基于有限元分析方法,对密炼机上辅机系统的胶片导切机旋转刀刀片强度进行分析,并根据分析结果优化旋转刀刀片的结构设计和材料选择。结果表明:传统机械破碎强度(P_b)理论不适用于胶片导切机旋转刀的胶片切割;在剪切力(F_2)一定的条件下,减小胶片导切机旋转刀刀片安装偏角或者增大刀刃宽度(W)可以降低旋转刀刀片的应力,从而减少刀片崩裂,延长刀片的使用寿命,也可以通过更换材料和改变热处理的方法来降低刀片制造成本;在 F_2 和 P_b 一定的条件下,适当增大 W 可以减小胶片导切机投产后的磨刀频率,降低维护成本。

关键词:胶片导切机;旋转刀;刀片;破碎强度;安装偏角;刀刃宽度;有限元分析

中图分类号:TQ330.4;O241.82

文献标志码:A

文章编号:1000-890X(2020)04-0307-04

DOI:10.12136/j.issn.1000-890X.2020.04.0307



OSID开放科学标识码
(扫码与作者交流)

胶片导切机主要用于橡胶厂炼胶车间。工人将放置在导切机后部连续成垛的胶片摆放至导切机输送装置上,由输送装置将胶片输送到旋转刀装置处。旋转刀装置按照工艺要求,将胶片定长切断,并供给胶料称量系统。胶片导切机也可作为开炼机喂料设备,能够完成胶料自动投料,从而减轻工人劳动强度,提高生产效率。胶片导切机工作中,其核心部件旋转刀刀片(刀刃)容易发生磨损和崩裂,导致生产中断。

本工作针对用于密炼机上辅机系统的胶片导切机旋转刀刀片强度进行有限元分析,以确保旋转刀装置在工程应用中的可靠性,进而为优化旋转刀的设计参数提供理论依据。

胶片导切机结构如图1所示,主要由机架结构、胶片输送装置和旋转刀装置3个部分组成。其中,旋转刀装置由旋转刀和砧辊组成,旋转刀刀片通过螺栓固定在刀座上,如图2所示。

1 橡胶材料破坏理论及胶片导切机旋转刀刀片受力分析

材料的宏观断裂过程一般会经历微裂纹引

作者简介:杨钊(1984—),男,江苏睢宁人,青岛软控机电工程有限公司工程师,硕士,主要从事海洋工程装备与橡胶机械装备的设计研发工作。

E-mail:qust2013@126.com

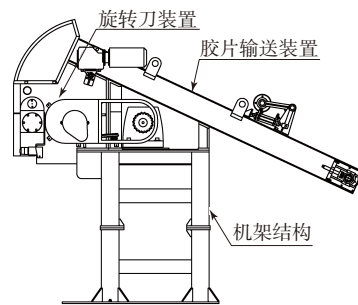


图1 胶片导切机结构

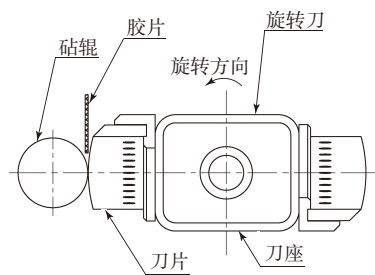


图2 胶片导切机旋转刀装置

发、裂纹扩展成裂缝、裂缝生长而引起断裂3个阶段。橡胶材料的破坏理论包含压力破坏和剪力破坏两种机制。橡胶材料为典型的韧性材料,在应力作用下,其抗剪切能力首先引发破坏,抗压缩能力相对较强。发生屈服后,橡胶分子链段发生沿剪切方向取向的相对滑移,发生的断裂为韧性断裂^[1-2]。因此,传统破碎机械确定破碎强度(P_b)的方法不适用于胶片导切机旋转刀的胶片切割。当

设计 P_b 达到100 MPa时,传统破碎机能满足大部分固体物料的破碎要求^[3]。

胶片导切机旋转刀刀片的受力如图3所示。图中, F_1 (kN)为切胶时胶片作用在刀刃上的力(正压力), F_2 (kN)为刀刃与胶片之间产生的摩擦力(剪切力), W (mm)为刀刃宽度, α (°)为刀刃角度。 F_2 是衡量胶片导切机旋转刀切胶能力的重要参数。

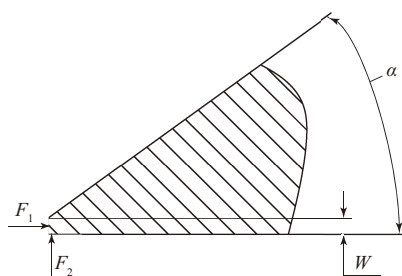


图3 胶片导切机旋转刀刀片受力示意

胶片导切机旋转刀刀片安装时,刀片与刀座之间有一个安装偏角 $[\theta(^{\circ})]$,该偏角使刀片与胶片之间形成一个有效的正对面积 $[S(\text{mm}^2)]$,该对应面将承受切胶时产生的 F_1 ,并形成一定的 P_b ,如图4所示。

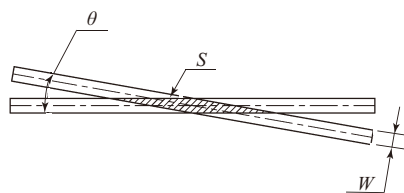


图4 胶片导切机旋转刀与胶片的有效接触

胶片导切机旋转刀相关参数间的关系为

$$F_2 = F_1 \mu \quad (1)$$

$$P_c = F_2 L n / 9\,549 \quad (2)$$

$$S = \frac{W^2}{\sin \theta} \quad (3)$$

$$P_b = \frac{F_1}{S} \times 1000 \quad (4)$$

式中, μ (取0.4)为刀片与胶片的摩擦因数, P_c (kW)为切割胶片的功率, L (mm)为刀刃到旋转刀中心的距离, n ($\text{r} \cdot \text{min}^{-1}$)为旋转刀的转速。

不同种类、不同厚度的胶片所需的 P_b 可以根据试验测得^[4],也可以根据胶片导切机旋转刀驱动电机的实际电流值计算得到。本工作现场测得旋转刀驱动电机的电流值为14 A,根据减速电

机和传动机构的效率得到 P_c 为4.95 kW。结合胶片导切机旋转刀的结构参数: $L=240$ mm, $W=1$ mm, $n=28$ $\text{r} \cdot \text{min}^{-1}$, $\theta=7^{\circ}$,根据式(1)—(4),计算得到 F_1 为17.599 kN, F_2 为7.04 kN, S 为8.21 mm^2 , P_b 为2 145 MPa。

2 旋转刀刀片的有限元计算

2.1 有限元模型

有限元分析源于固体力学结构分析中矩阵位移法的发展,其利用数学近似的方法对真实物理系统进行模拟,利用简单而又相互作用的单元,用有限数量的未知量去逼近无限未知量的真实系统^[5-6]。作为数学物理问题求解的一种数值计算方法,有限元分析法主要用于具有边值及初值条件的微分方程所描述的各类物理场的求解中。

本工作使用ANSYS Workbench有限元分析软件对不同 W 和 θ 的胶片导切机旋转刀刀片进行建模和计算,其有限元模型如图5所示,在 S 对应的区域加密网格,网格单元偏度小于0.4,单元质量好^[6];施加的约束和负荷如图6所示。

在切割胶片过程中,胶片导切机旋转刀刀片

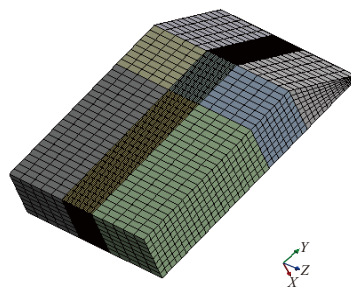
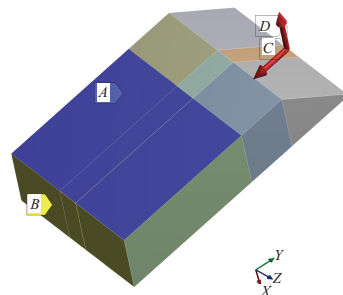


图5 胶片导切机旋转刀刀片有限元模型



A—固定约束;B—Y方向位移为零约束;
C— F_1 为17.599 kN;D— F_2 为7.04 kN。

图6 胶片导切机旋转刀刀片的约束和负荷

要承受很大的冲击力,所以刀片材料应具有较高的强度和韧性;同时为保证 W 和刀片使用寿命,刀片材料还应具有较高的硬度和耐磨性。

本胶片导切机旋转刀刀片采用某冷作模具钢,其具有淬透性好、硬度高、耐磨性好、热处理变形小等优点,在经过高温调质处理和淬火、回火最终热处理后,其属性如下:弹性模量 2×10^5 MPa, 密度 $7.85 \text{ Mg} \cdot \text{m}^{-3}$, 抗弯强度 2 183.5 MPa, 冲击韧度 $8.556 \text{ J} \cdot \text{cm}^{-2}$, 洛氏硬度 58 度,泊松比 0.3。

2.2 分析结果

θ 为 7° , W 不同时,胶片导切机旋转刀刀片的等效应力如图7所示,变形如图8所示。

W 为1.5 mm, θ 不同时,胶片导切机旋转刀刀片的等效应力如图9所示,变形如图10所示。

3 结论

(1) 在 F_2 一定(7.04 kN)的条件下,当 W 为1 mm, θ 为 7° 时,胶片导切机旋转刀理论 P_b (2 145 MPa)远高于传统破碎机械的理论 P_b (100 MPa),

所以传统 P_b 理论不适用于胶片导切机旋转刀的胶片切割。

(2) 在 F_2 一定(7.04 kN)的条件下,当 W 为1 mm, θ 为 7° 时,胶片导切机旋转刀刀片(刀刃处)的最大等效应力为2 156.4 MPa,接近刀片材料的抗弯强度,可以减小 θ 或者增大 W ,从而降低旋转刀刀片处的应力,减少刀片(刀刃)崩裂的可能性,延长刀片的使用寿命。

(3) 在 F_2 一定(7.04 kN)的条件下,当 θ 为 5° , W 为1.5 mm时,胶片导切机旋转刀刀片(刀刃处)的最大等效应力为673.92 MPa,远低于刀片材料的抗弯强度,可以通过更换材料和改变热处理的方法来降低刀片制造成本。

(4) 在保证 F_2 和 P_b 的条件下,适当增大 W (1.5~2 mm),可以减小胶片导切机投产后的磨刀频率,降低维护成本。

参考文献:

- [1] 田倩. 橡胶破碎机的结构设计及关键部件的有限元分析[D]. 青岛: 青岛科技大学,2018.

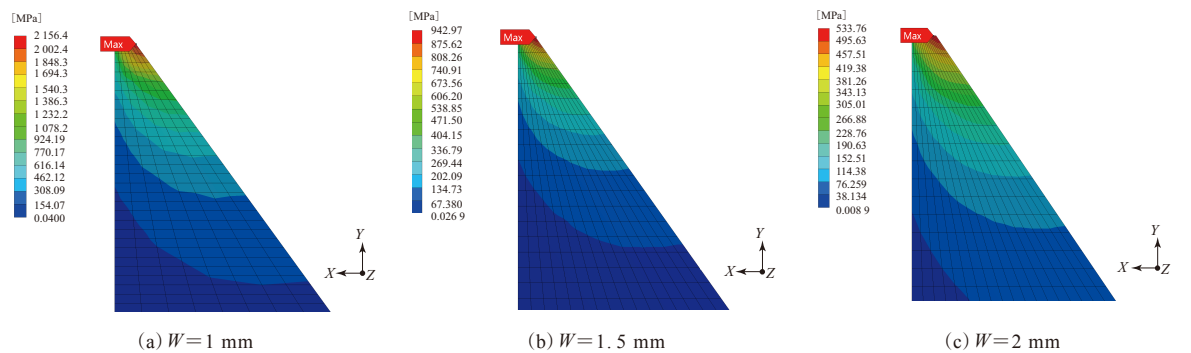


图7 θ 为 7° 时胶片导切机旋转刀刀片的等效应力

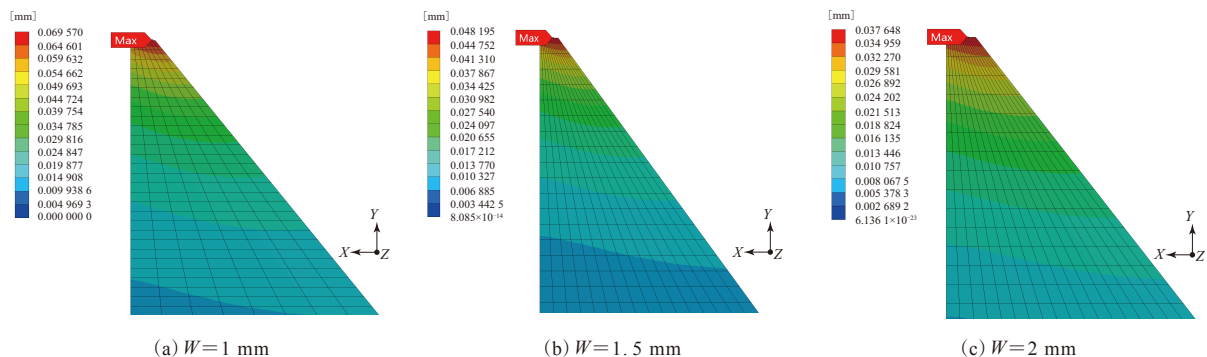
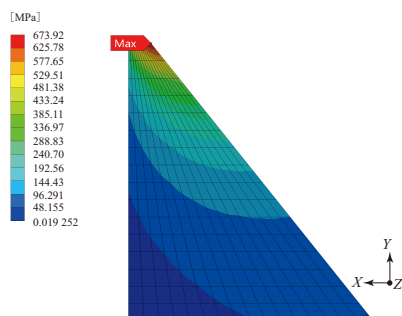
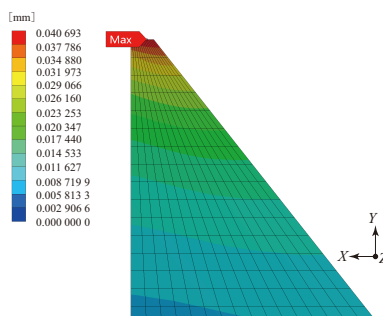
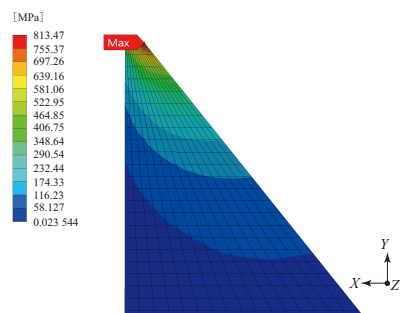
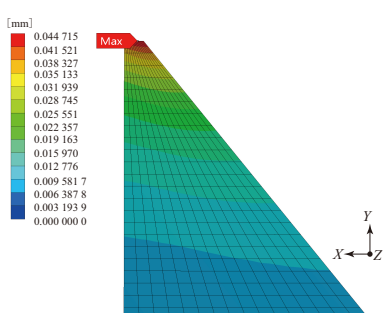


图8 θ 为 7° 时胶片导切机旋转刀刀片的变形

(a) $\theta=5^\circ$ (a) $\theta=5^\circ$ (b) $\theta=6^\circ$ (b) $\theta=6^\circ$ 图9 W 为1.5 mm时胶片导切机旋转刀刀片的等效应力图10 W 为1.5 mm时胶片导切机旋转刀刀片的变形

- [2] 李利, 杨林彬, 张德伟, 等. 新型橡胶破碎机关键部件有限元分析[J]. 橡胶工业, 2019, 66 (5): 377-381.
- [3] 唐敬麟. 破碎与筛分机械设计选用手册[M]. 北京: 化学工业出版社, 2001: 7-8.
- [4] 李汉堂. 橡胶材料的耐磨性和耐切割性[J]. 世界橡胶工业, 2006 (4): 30-36.

- [5] 王强, 姜莉, 王云龙, 等. 基于ANSYS Workbench软件的翻新工程机械轮胎温度场分析[J]. 橡胶工业, 2019, 66 (6): 403-408.
- [6] 许京荆. ANSYS Workbench工程实例详解[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2015: 1-296.

收稿日期: 2019-11-01

Finite Element Analysis of Rotating Cutter for Rubber Slab Feeder

YANG Zhao¹, TENG Yijian²

(1. Qingdao MESNAC Machinery and Electric Engineering Co., Ltd, Qingdao 266000, China; 2. Nantong Rainbow Heavy Machineries Co., Ltd, Nantong 226000, China)

Abstract: Based on the finite element analysis method, the strength of the rotating cutter blade for the rubber slab feeder of the mixer upper auxiliary system was analyzed, and the structure design and material selection of the rotating cutter blade were optimized according to the analysis results. The results showed that the traditional mechanical breaking strength (P_b) theory was not suitable for the cutting process of the rotating cutter for the rubber slab feeder. When the shear force (F_2) was fixed, the stress of the rotating cutter blade could be lowered by reducing the installation deflection angle or increasing the edge width (W) of the blade, and thus the cracking of the blade was reduced and the service life of the blade was extended. At the same time, the manufacturing cost of the blade could be reduced by replacing the material and heat treatment method. Under the condition of certain F_2 and P_b , properly increasing W could reduce the sharpening frequency and maintenance cost of the rubber slab feeder.

Key words: rubber slab feeder; rotating cutter; blade; breaking strength; installation deflection angle; edge width; finite element analysis