

纤维包自动除带及拆袋机剪带过程的有限元仿真研究

刘 琰 裴泽光

东华大学 机械工程学院(中国)

摘要: 针对当前直行往复式自动抓棉机纤维包人工排放过程工作强度大、效率低的问题,介绍了一种纤维包自动除带及拆袋机的设计,并采用 LS-DYNA 有限元分析软件,对该机剪带装置中剪带头剪断纤维包上捆扎带的过程进行显式动力学仿真研究,获得了剪带过程中剪带头与捆扎带上的应力分布规律及捆扎带的剪切破坏状态,通过分析剪带过程中剪切力及力矩随时间的变化特征,得到剪切力及力矩的最大值。仿真结果可为剪带头主要零部件的设计与选型提供参考与依据。

关键词: 抓棉机; 纤维包; 剪带; 仿真; 自动化

Finite element simulation study on the belt cutting process of the belt and packaging bag automatic removal machine for fiber bales

Liu Yan, Pei Zeguang

College of Mechanical Engineering, Donghua University, Shanghai/China

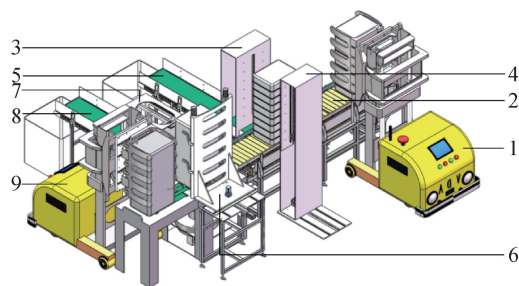
Abstract: In view of the high labor intensity and low efficiency in the manual placement process of fiber bales for the reciprocating automatic bale opener, the design of a belt and packaging bag automatic removal machine and on this basis were introduced, the explicit dynamic simulation on the belt cutting process by the belt cutting head of the belt cutting apparatus using the finite element analysis software LS-DYNA was conducted. The distribution characteristics of the stress on both the belt cutting head and binding belt as well as the failure state of the belt during the belt cutting process were obtained. The variation characteristics of the cutting force and torque against time were analyzed. The maximum values of the cutting force and torque were obtained. The simulation results can provide reference and basis for the design and selection of parts of the belt cutting head.

Keywords: bale opener; fiber bale; belt cutting; simulation; automation

棉纺生产过程中的第一台设备通常是直行往复式自动抓棉机,其工作任务是从摆放在其两侧的各只纤维包中抓取纤维块并喂入生产线进行加工^[1]。纤维包必须去除外部捆扎带及包装袋,目前这些都人工

手动完成,工作强度大、费时费力,效率低,在当前用工成本日益上升、纺织企业招工难的背景下,亟需采用自动化的机械装置来实现这一操作^[2-3]。前期研究中提出了一种用于抓棉工序的纤维包自动除带及拆

袋机的设计,如图 1 所示。该机由第一抱夹车、纤维包输送机、钩带装置、剪带装置、废带收集装置、割袋装置、夹袋装置、废袋收集装置和第二抱夹车构成。第一抱夹车将捆扎带及包装袋均未去除的纤维包搬运至纤维包输送机,纤维包输送机将纤维包输送至钩带装置与剪带装置之间,剪带装置将钩带装置钩取的捆扎带依次剪断,并由钩带装置将剪断的捆扎带置于废带收集装置中进行收集;随后纤维包被输送至割袋装置,割袋装置将包装袋的侧面和底面割开,割开的包装袋经夹袋装置取下后由废袋收集装置收集;最后第二抱夹车将已除去捆扎带和包装袋的纤维包搬运至排放位置^[4-5]。



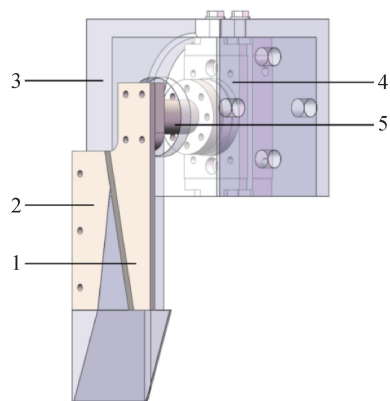
1—第一抱夹车;2—纤维包输送机;3—钩带装置;4—剪带装置;
5—废带收集装置;6—割袋装置;7—夹袋装置;
8—废袋收集装置;9—第二抱夹车。

图 1 纤维包自动除带及拆袋机结构示意图

剪断纤维包外部的捆扎带是纤维包自动除带及拆袋机的首要任务,剪带装置中剪带头(图 2)上的旋转刀具在旋转气缸的带动下,与固定刀具配合操作,剪断捆扎带。本文采用 LS-DYNA 有限元分析软件对剪带头剪断纤维包上捆扎带的剪带过程进行显式动力学仿真研究,为剪带头的设计提供理论依据。

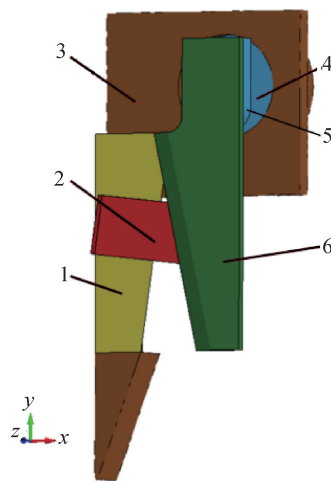
1 剪带过程的仿真模型

图 3 为剪带过程动力学仿真的几何模型,其主要包含剪带头壳体的简化模型、旋转刀具、固定刀具、气缸连接件以及捆扎带。为简化后续初始条件的设置,在气缸连接件与剪带头壳体间增设了一个虚拟的刀具连接件。



1—旋转刀具;2—固定刀具;3—剪带头壳体;
4—旋转气缸;5—气缸连接件。

图 2 剪带头结构示意图



1—固定刀具;2—捆扎带;3—剪带头壳体;4—刀具连接件;
5—气缸连接件;6—旋转刀具。

图 3 剪带过程动力学仿真的几何模型

1.1 材料及单元属性设置

剪带过程的动力学分析中,需主要考察捆扎带、固定刀具、旋转刀具和气缸连接件的受力情况,因此将这个部件设置为塑性材料。剪带头壳体仅作为各工作部件的支架,并未参与实际的剪带过程,因此被设置为刚性材料。固定刀具、旋转刀具、气缸连接件和剪带头壳体的材料的密度为 $7\ 850\ \text{kg}/\text{m}^3$,弹性模量为 $200\ \text{GPa}$,泊松比为 0.3 。设定捆扎带为聚酯材料^[6],其密度为 $1\ 340\ \text{kg}/\text{m}^3$,弹性模量为 $2.9\ \text{GPa}$,泊松比为 0.389 。由于捆扎带将被剪切破

坏,因此需设置其失效参数。本研究中采用最大应变失效作为材料的失效准则,并设置其值等于 0.025。

剪带过程仿真模型中捆扎带、固定刀具、旋转刀具、气缸连接件和剪带头壳体均采用实体单元进行网格划分。其中,剪带头壳体以四面体单元划分,采用单积分点四面体单元算法;其余部件均以六面体单元进行划分,采用单积分点六面体单元算法。此外,将刀具连接件单元设置为壳单元,采用 Belytschko-Tsay 类型的壳单元算法。图 4 示出了仿真模型的网格划分结果,整个模型由 145 755 个实体单元和 624 个壳单元组成。

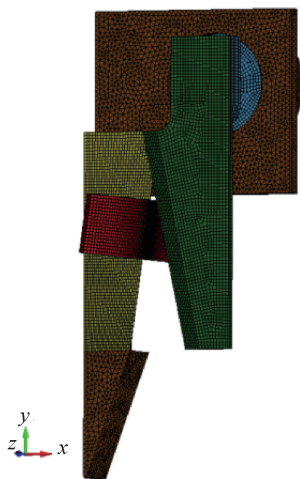


图 4 仿真模型的网格划分结果

1.2 接触与连接设置

剪带过程涉及 5 个部件的共同作用,部件间的接触较多,但大部分接触不会对实际剪带过程产生影响。因此,分析中并未对全部接触进行设置,而是采用其他方式约束各部件间的运动关系。其中,如前所述,剪带头壳体被设置为刚体,并约束了全部自由度;将固定刀具与剪带头壳体进行连接,采用 CONSTRAINED_EXTRA_NODES_SET 关键字定义约束;采用 CONTACT_TIED_SURFACE_TO_SURFACE_OFFSET 关键字定义绑定,将旋转刀具与气缸连接件进行绑定;采用 CONTACT_ERODING_SURFACE_TO_SURFACE 关键字在仿真中将发生接触的刀具与将被破坏的捆扎带之间定

义为侵蚀接触。

1.3 边界条件与初始状态设置

剪带过程的边界条件设置如下:在固定刀具的刀背面和捆扎带的横截面处设置全固定约束;在捆扎带外表面的部分节点上约束沿 x 轴方向的平动自由度。剪带过程初始时刻的状态设置如图 4 所示。在虚拟的刀具连接件上定义沿局部坐标系中 z 轴的初始角速度为 10 rad/s。

1.4 控制输出设置

——人工体积黏度设置^[7]

将二次黏度系数设置为 1.5,线性黏度系数设置为 0.06,并计算壳单元中由于黏性存在的内能耗散;

——能量平衡设置

计算时考虑沙漏能、刚性墙能损耗、滑动界面能损耗、瑞利能损耗,并将其计算在能量守恒中;在沙漏控制设置中,将沙漏黏性类型设置为类型 3 的刚度形式,沙漏能系数设置为 0.1;求解时间设置为 0.025 s,时间步长设置为 100 ns,并只对小于该时间步长的单元进行质量缩放。

2 仿真结果分析

图 5 显示了剪带过程中不同时刻的应力云图仿真结果。如图 5a)所示,当旋转刀具刚接触捆扎带时,最大应力出现在捆扎带上与旋转刀具的接触处,最大应力为 2.761 MPa。如图 5b)所示,当旋转刀具开始剪切捆扎带并刚切入捆扎带一个微小深度时,最大应力转移到旋转刀具上与捆扎带的接触处,最大应力为 4.275 MPa。在随后的剪切过程中,最大应力始终出现在旋转刀具上,并随着剪切点向下移动,至 $t=0.014 14$ s 时刻,应力达到最大值,为 234 MPa。

图 6 示出了剪带过程中不同时刻捆扎带的剪切破坏状态与应力云图,其上的最大应力同样跟随剪切点向下移动,过程中的最大应力达到 61.76 MPa。此时($t=0.014 897$ s)捆扎带已被完全剪断。

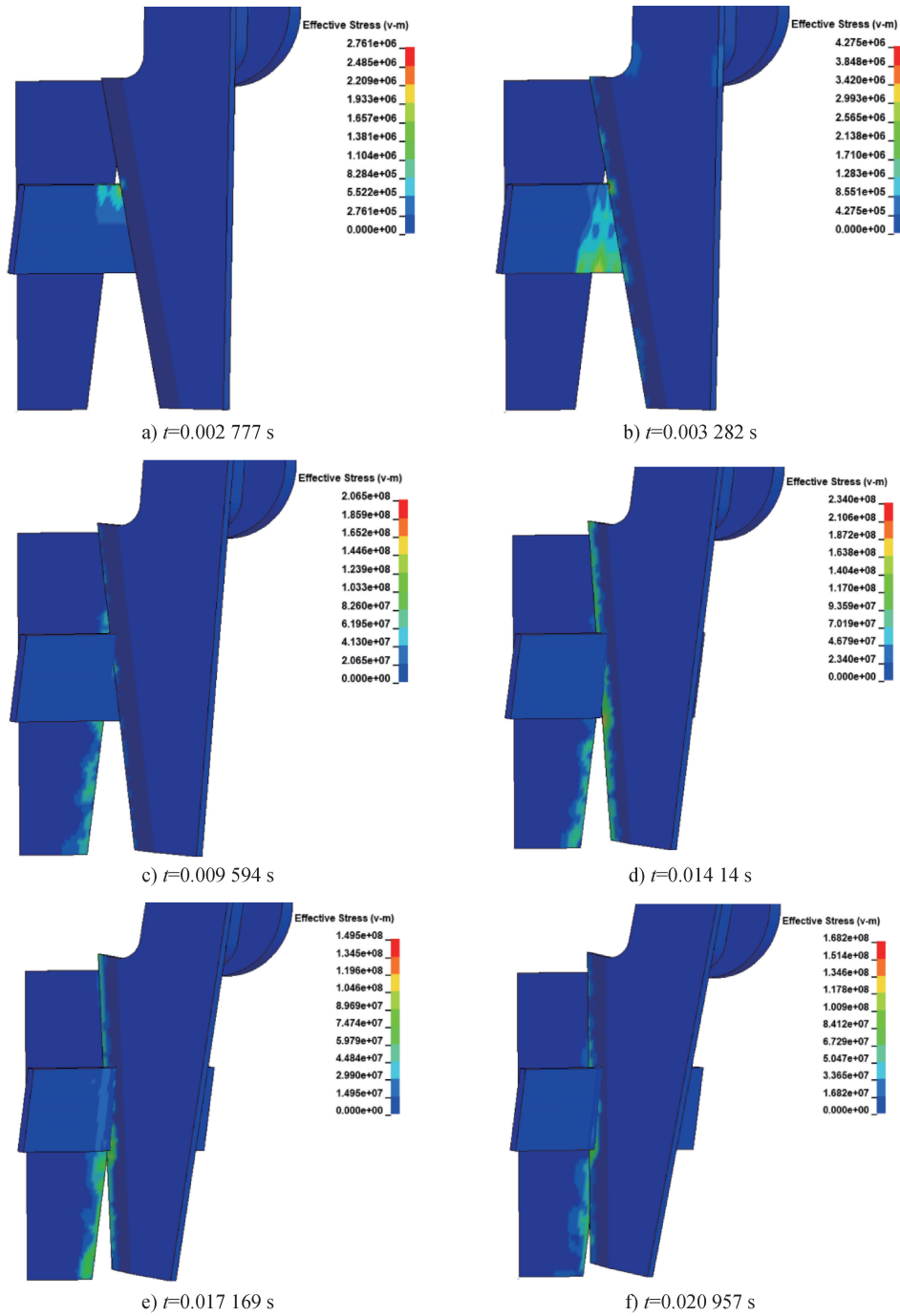


图 5 剪带过程中不同时刻的应力云图

剪带过程中剪切力与力矩随时间的变化曲线分别如图 7 和图 8 所示。随着旋转刀具剪切过程的进行,剪切力因谐振等原因波动并不断增大,最大剪切力达 109.77 N,并在完全剪断捆扎带后急剧下降。力矩的变化规律与剪切力变化规律大致相同,力矩最

大达 8.251 6 N·m,且最大力矩出现的时刻也与最大剪切力出现时刻相近。区别在于,剪切点随着剪切过程的进行而逐渐下移,使力臂逐渐增大,导致剪切过程前阶段力矩曲线的局部最大值与最终的力矩最大值较为接近。上述最大剪切力、最大力矩的仿真结

果与理论计算结果相符^[8],因而该仿真方法可为剪带

头各零部件的设计与选型提供参考与依据。

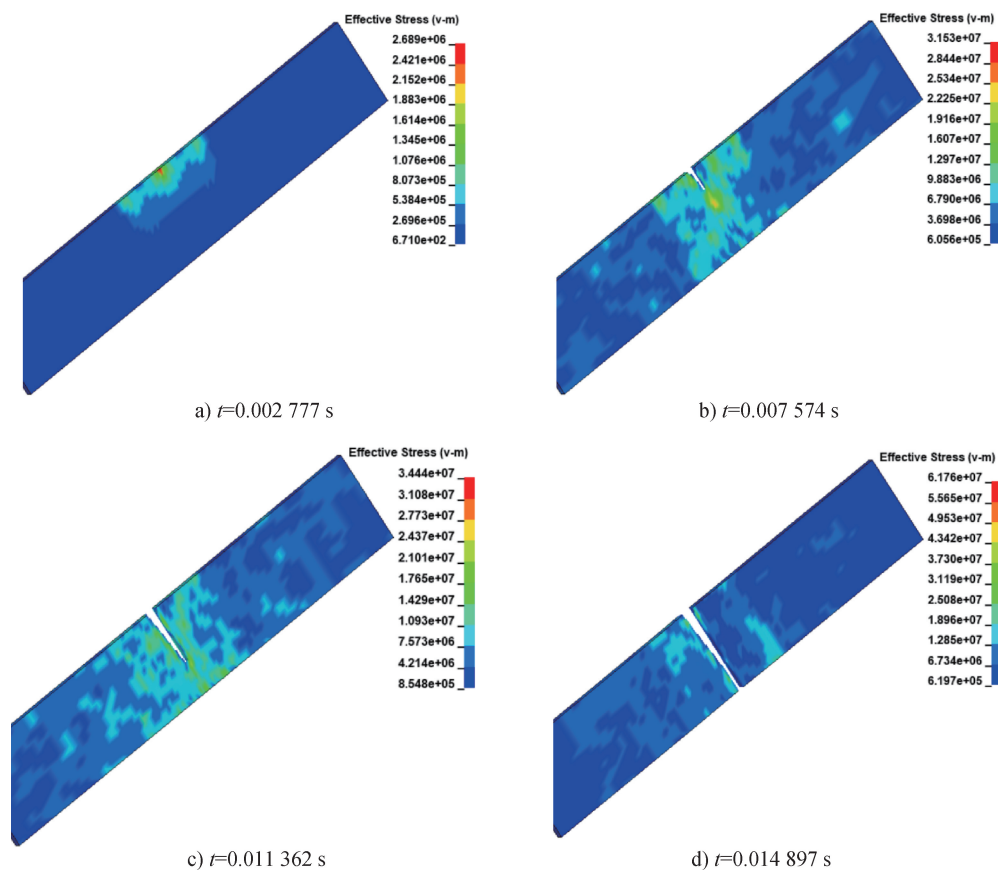


图 6 剪带过程中不同时刻捆扎带的剪切破坏状态与应力云图

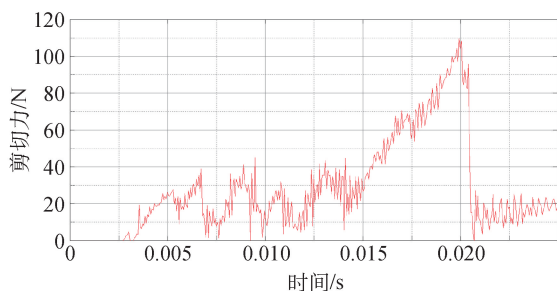


图 7 剪带过程中剪切力随时间的变化曲线

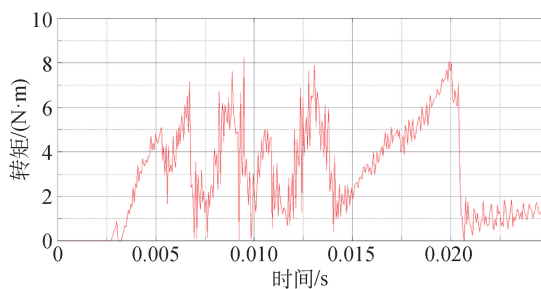


图 8 剪带过程中剪切力矩随时间的变化曲线

3 结论

本文采用 LS-DYNA 有限元分析软件,对纤维包自动除带及拆袋机剪带装置的剪带头剪断纤维包外部捆扎带的过程进行了显式动力学仿真研究。仿真结果表明,剪切过程中的最大应力出现在旋转刀具上,约为 234 MPa,而捆扎带上的最大应力值达到

61.76 MPa;随着剪切过程的进行,剪切力产生波动并不断增大,最大剪切力为 109.77 N,并在完全剪断捆扎带后急剧下降;力矩的变化规律与剪切力变化规律大致相同,力矩最大达 8.251 6 N·m,且最大力矩出现的时刻也与最大剪切力出现时刻相近,但剪切过程前阶段力矩曲线的局部最大值与最终的力矩最大值较为接近。

(下转第 20 页)