

180°模具翻转机构的设计与仿真

吴明留¹, 孙宝寿^{1*}, 束学道¹, 张雅灵², 温英才²

(1. 宁波大学 机械工程与力学学院, 浙江 宁波 315211; 2. 东毓(宁波)油压工业有限公司, 浙江 宁波 315200)

摘要: 橡胶硫化完成后, 模具翻转一定的角度可以便于工人取出橡胶制品和清理模具。为实现中小型模具翻转, 降低劳动强度, 提高生产率, 研究一种 180°模具自动翻转机构, 采用 SolidWorks 建立该机构的三维模型, 并在其 motion 模块中进行运动学仿真, 得到模具的运动特点。对翻转机构进行优化分析, 以滑轨宽度为 90 mm, 限位沟槽宽度为 20 mm, 求得曲率半径为 37 mm 时, 模具的角加速度最小, 翻转运动最为平稳; 运用有限元软件 ANSYS 获得翻转设备在极限载荷工作时, 主要受力件固定轴的应力场。制成样机并经实际应用表明, 设计的翻转机构运行平稳可靠、易于控制, 能更好地满足实际生产要求。

关键词: 翻转机构; 运动仿真; 模具; 硫化机

中图分类号: TH122

文献标志码: A

文章编号: 1001-5132 (2017) 02-0044-05

随着现代工业技术的快速发展, 对传统制造技术提出了新的挑战, 要求制造技术向高精度、高效率、自动化的方向发展^[1-2]。翻转机构在机械制造业已成为不可或缺的生产辅助设备, 在自动化生产线生产过程中, 工件和模具的翻转由自动化的翻转装置完成, 不仅可以提高劳动生产率, 而且在大批量生产中能够有效地改善工人的劳动条件, 在保证生产均衡性、减小生产作业占地面积、提高产品质量、缩短产品周期和降低成本等方面有着显著优点^[3-4]。

依据模具的工艺要求, 目前传统的油封硫化机在脱模机构上都设有上拍机构和下拍机构, 同时装备这两种机构会导致难以在脱模部下方设置输送带, 不利于料件的取出和自动化生产。如果使用模具的 180°翻转机构可以取消下拍机构, 利用上拍机构顶出橡胶制品, 使其快速地下落至输送机构, 既简化了机构又便于实现自动化落料。此外, 当模具使用一段时间后, 为保证模具精度, 需对其进行修整。在修整过程中, 模具被频繁翻转以协助维修, 若由人工翻转, 则非常耗时费力, 容易损坏模具及存在安全隐患, 因此迫切需设计一种 180°

模具翻转装置, 便于自动化生产和维修。

为提升设计的效率与质量, 并对机构进行优化和创新, 近年来, 随着现代信息技术与计算机技术的高速发展, 计算机辅助机构创新设计方法成为目前优化创新设计的新方法^[5-7]。本文结合计算机辅助机构创新设计方法, 研究一种 180°模具翻转机构并分析其运动特点。

1 180°模具翻转装置的机构设计

1.1 180°模具手动翻转机构

现有的 180°手动翻转机构如图 1 所示, 主要用于 THP-V-100-3RT 旁板型硫化机上, 该机型主要用来制造各种工业用及汽车用油封、机械轴封等橡胶产品。手动翻转机构的作用是当模具从硫化机进入翻转机构时, 模具可手动翻转 180°, 便于工人取出橡胶制品和清理模具。该手动翻转机构主要分为四个部分: 升降部分(图中 6、9、11、13)、伸缩定位部分(图中 1、2、5)、机架(图中 7、8、12)和翻转部分(图中 3、4)。其中工字型滑块与联结板固定在一起, 可以在顶出固定板时左右移动, 模具上安装有插销, 便于在顶出固定板上的插销导套

收稿日期: 2016-04-13.

宁波大学学报(理工版) 网址: <http://journalg.nbu.edu.cn/>

基金项目: 宁波市产业技术创新重大专项 (2015B11045)。

第一作者: 吴明留 (1990—), 男, 安徽合肥人, 在读硕士研究生, 主要研究方向: 塑性成形技术及装备。E-mail: mingliu879@163.com

*通信作者: 孙宝寿 (1960—), 男, 江苏泰兴人, 副教授, 主要研究方向: 塑性成形技术及装备。E-mail: sunbaoshou@nbu.edu.cn

中转动。

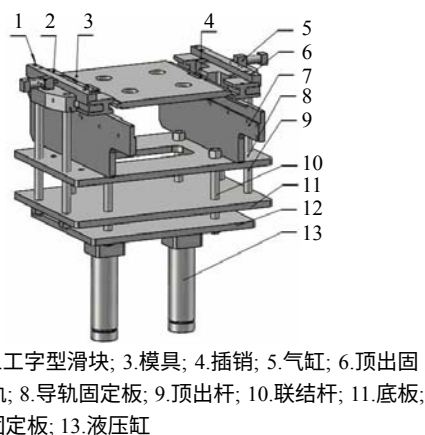


图1 180°手动翻转机构原理

工作原理: 当模具3通过导轨7进入翻转机构时, 工字型滑块2在气缸5的作用下移动并固定住模具3, 此时模具水平放置不可翻转, 然后升降部分在液压缸13的推力下, 带动模具3上升, 上升一定高度后, 气缸5退回, 模具3在顶出固定板6的插销4导套中可手动180°翻转。

图2为手动翻转状态示意图。

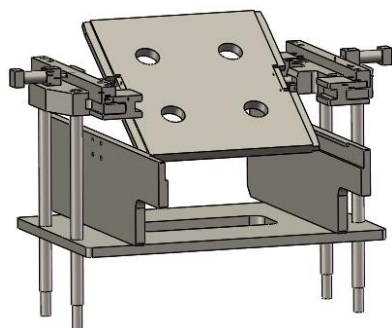


图2 手动翻转状态

该机构能实现模具的180°翻转, 但在运行时常出现以下现象:

(1)联结板与工字型滑块在顶出固定板上容易卡死, 导致气缸推不动, 甚至出现推动时, 两个工字型滑块运动不同步。

(2)联结板在移动时出现左右摆动。其原因为气缸的推杆与联结板之间的接触面积较小, 导致受力不均匀。此外, 该机构需要人工手动翻转, 不利于自动化作业。

1.2 180°模具自动翻转机构

对上述机构进行改进, 提出新的翻转机构方案。如图3所示, 自动翻转机构主要分为三个部分:

升降部分(图中1、3、4、5、6)、机架(图中2、12、13、14)和翻转部分(图中7、8、10)。图4为翻转45°和90°状态示意图。

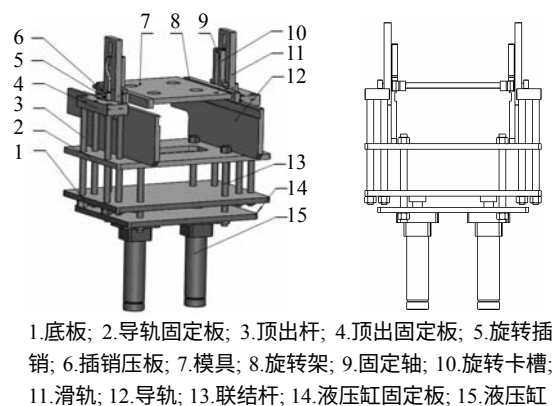


图3 180°自动翻转机构原理

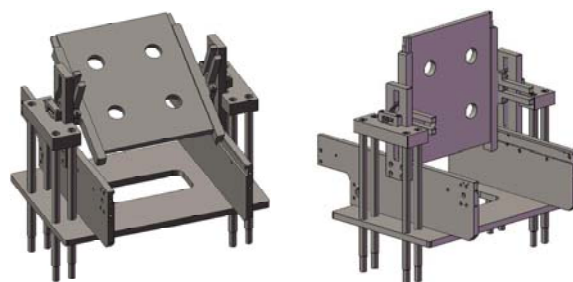


图4 翻转45°和90°时的状态

连接方式: 导轨固定板2和液压缸固定板14通过联结杆13连接在一起, 固定不动。顶出固定板4通过顶出杆3与底板1相连, 通过液压缸15的驱动可以带动翻转部分上下运动, 模具7两侧安装有旋转架8, 旋转架8上装有旋转卡槽10, 导轨12外侧装有滑轨11, 顶出固定板4上装有插销压板6, 用来使模具下降。模具7通过导轨12进出于主机, 在翻转机构中进行模具分离。

工作原理: 硫化结束时, 模具在液压缸的推动下, 从硫化机主机进入翻转机构的旋转架上, 在旋转架上设计有旋转插销与顶出固定板联结。升降部分通过顶出液压缸驱使旋转架上升, 旋转架在上升过程中经过半圆形滑轨实现模具的翻转, 从模具水平状态时的0°开始旋转, 继续沿着半圆形的滑轨上升旋转90°, 以滑轨上的固定轴为旋转中心, 最终实现中层模具翻转180°。当旋转架上升到最高处时, 模具通过液压缸的驱动开始下降, 又以原路径反转180°回到初始位置。

该装置采用机械式机构, 使模具水平上升一

定高度后再翻转 180° , 使模具有较大化的空间, 为后续放料预置空间; 利用曲道限位原理, 来实现模具的 180° 翻转, 从而实现橡胶制品的自由落体式集中收集. 其中底板与联结杆的联结采用自润滑无油轴承, 以减少阻力, 保证机构运行的平稳性及能耗的最低化.

2 运动学仿真

根据工作思路和设计方案, 采用 SolidWorks 三维建模软件, 直接对翻转机构的零部件进行设计, 装配完以后对装配体进行干涉校验. 鉴于升降滑轨中半圆形的曲率半径的不同, 会影响模具翻转过程中的平稳性, 故须寻找一个合适的半圆形的曲率半径, 因此在 motion 模块中进行运动学仿真, 得到中层模具的角速度图、线性位移图和液压缸推力图, 为后续运动规律分析做准备. 具体的仿真流程如图 5 所示.



图 5 仿真流程

在机构运动中, 影响运动的主要因素分别为速度 v 、角速度 ω 、加速度 a 及角加速度 α ^[8]. 要使模具翻转平稳, 必须尽量减小机构旋转架转动的角速度及角加速度, 使模具不致产生较大的冲击, 以免发生破坏^[9]. 采取的控制方式一般有两种, 第一种是控制翻转液压缸活塞杆的运动位移, 从而使旋转架翻转角速度恒定且较小, 没有加速度的产生, 这也是最理想的情况; 另一种是控制翻转液压缸活塞杆的运动速度恒定. 方式一的控制方法对液压系统的控制要求比较高, 成本也较高; 因此考虑方式二, 即控制翻转油缸活塞杆的相对移动速度恒定的控制方法, 同时使其伸缩速度尽量小, 从而使旋转架翻转角速度及角加速度均很小, 翻转运动相对平稳^[10].

通过控制液压缸活塞杆的伸缩速度, 使其在运动过程中活塞杆的相对移动速度恒定. 虽然这种方式会导致翻转架的角速度不能保持恒定, 运动过程中会产生角加速度, 使得翻转机构在脱模

运动过程中产生一定冲击; 但若使翻转速度较小, 则可以减小冲击, 使翻转过程相对平稳安全. 由于翻转机构的模具和橡胶制品总重量约为 540 N , 因此结合实际情况, 设置液压缸活塞杆移动速度为 $20.5\text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$.

在 SolidWorks 中设置翻转机构的材质为碳钢, 给机构添加引力、驱动马达, 完成整体载荷的设置. 仿真完成后, 提取所需要的结果图解, 获得关键分析结果. 从图 6 模具角速度图可知, 上升阶段和下降阶段成对称分布. $0\sim 10\text{ s}$ 为上升阶段, $10\sim 20\text{ s}$ 为下降阶段, 20 s 为一个翻转周期. 模具在 $3.3\sim 8.3\text{ s}$ 和 $11.7\sim 16.7\text{ s}$ 角速度出现波动, 表明模具在 3.3 s 运动到半圆形滑轨的限位沟槽中时, 开始翻转, 到 8.3 s 翻转结束, 继续上升至最高点处; 模具 10 s 开始下降, 先竖直下降一段距离, 到 11.7 s 开始在半圆形滑轨中沿原路径以逆时针翻转, 到 16.7 s 翻转结束, 继续下降到初始位置.

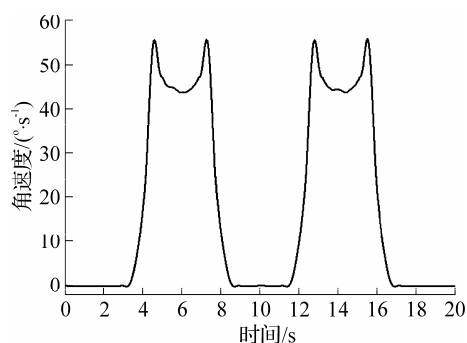


图 6 模具角速度(曲率半径为 37 mm)

图 7 为液压缸推力示意图. 由图可知, 在翻转部分直线上升或下降过程中, 液压缸推力比较平稳, 约为 542 N . 当进入半圆形的滑轨轨道中时, 液压缸推力出现波动, 分别在 4.4 s 和 15.6 s 时推力达到最大值, 为 956 N ; 在 7.3 s 和 12.7 s 时推力最

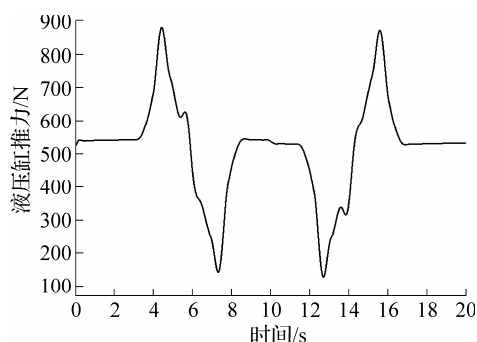


图 7 液压缸推力(曲率半径为 37 mm)

小, 为 55 N, 此时翻转状态即将要结束, 模具主要受滑轨上固定轴的支撑作用, 固定轴承担了大部分的力, 因此液压缸推力较小。

图 8 为同一滑轨中, 不同(平均)曲率半径下液压缸推力和中层模具的最大角加速度图。由图可知, 液压缸推力随着曲率半径的增大而减小, 模具的角加速度随着曲率半径的增大先减小后增大; 当曲率半径小于 35 mm 时, 液压缸推力和角加速度值都非常大, 产生的冲击力也较大, 不适合翻转运动。综合液压缸推力和角加速度图可知, 在滑轨宽度为 90 mm, 限位沟槽宽度为 20 mm 时, 取曲率半径为 37 mm。此时液压缸推力和模具的角加速度值都最小, 翻转运动相对平稳, 冲击较小。

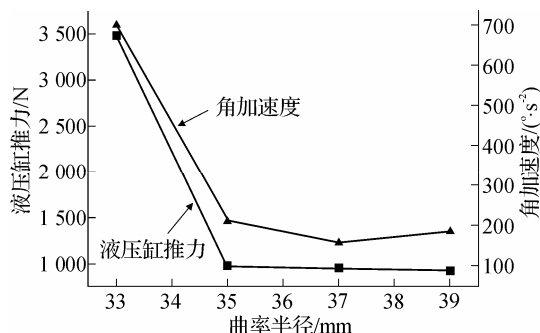


图 8 不同曲率半径下液压缸推力与角加速度关系

180°翻转机构提高了硫化机的自动化生产水平, 简化了硫化机机构。因为有些橡胶制品需在模具上方取出, 此时, 使用 180°翻转机构可以取消下拍板组, 利用上拍板顶出橡胶制品; 并且在上拍板组的下方设置一条传送带, 实现橡胶制品的集中式收集。经过实际加工装配和调试后, 本翻转机构运行平稳可靠, 效果良好, 实验示意图如图 9 所示。该翻转机构简单, 造价低廉, 运行平稳, 易于控制, 满足生产实际要求。



图 9 实验过程示意图

3 强度分析

翻转机构最大承载为 200 kg, 在最大承载力下, 采用 ANSYS 有限元分析软件对主要的受力零件固定轴进行强度分析, 选用六面体八节点的 Solid185 实体单元, 采用扫掠网格划分, 因模型对称, 故取一半模型进行分析, 其有限元模型和应力云图如图 10 和图 11 所示。由仿真分析结果可知, 固定轴的最大应力出现在螺纹孔边角处, 45 号钢的 σ_s 为 355 MPa, 选择安全系数为 1.5~2, 则许用应力为 177.5~236.7 MPa, 固定轴的最大应力为 95.5 MPa, 小于其许用应力, 故翻转装置在运行过程中是安全的, 符合设计要求。



图 10 固定轴有限元模型

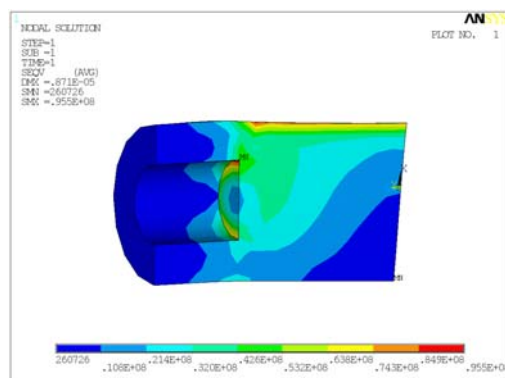


图 11 固定轴应力云图

4 结论

(1) 运用计算机辅助优化设计方法, 研究了硫化机 180°模具自动翻转机构的设计, 包括机构的组成、连接方式和工作原理, 对同类机构的设计及应用有一定的参考作用。

(2) 在 SolidWorks 的 motion 模块中对翻转机构进行仿真优化分析, 获得关键构件的角速度和液

压缸推力曲线图,为翻转机构的优化提供依据。以滑轨宽度为 90 mm,限位沟槽宽度为 20 mm,求得滑轨的曲率半径为 37 mm 时,翻转运动最平稳。

(3)获得翻转设备在极限载荷工作时,主要受力件固定轴的应力场,对保证翻转设备高效安全地运行有重要的意义,也为后续的结构优化提供理论支持。

参考文献:

- [1] 刘践丰,丁杰. 先进制造技术的发展趋势[J]. 机械制造与研究, 2008, 37(2):78-80.
- [2] 龚超,田金丽. 我国先进制造技术概况及其发展趋势[J]. 机械设计与制造, 2009(11):264-265.
- [3] 刘胜勇. 现代自动化生产线亟待百花争妍[J]. 金属加工: 冷加工, 2015(14):21-27.
- [4] 吴明亮,樊明龙. 自动化生产线技术[M]. 北京: 化学工业出版社, 2011:80-96.
- [5] RICHARD M J, HUANG M Z, BOUAZARA M. Computer aided analysis and optimal design of mechanical systems using vector-network techniques[J]. Applied Mathematics & Computation, 2004, 157(1):175-200.
- [6] 刘勇. 平面机构轨迹综合及其计算机辅助创新设计方法研究[D]. 武汉: 华中科技大学, 2005.
- [7] 吕鲲,闫明辉. 玻璃上料翻转机构的优化设计[J]. 机械设计与制造, 2015(1):157-160.
- [8] COOPER D W. Kinematic Analysis Method[M]. New York: Society of Automatic Engineering, 1965:121-158.
- [9] 冯消冰,王伟,任伟华,等. 风机叶片模具液压翻转机构的设计[J]. 机床与液压, 2011, 39(4):66-69.
- [10] 王宗伟. 大型风力发电机叶片模具开合模翻转装置的设计与研究[D]. 内蒙古: 内蒙古工业大学, 2010.

Design and simulation of 180° mold turnover mechanism

WU Ming-liu¹, SUN Bao-shou^{1*}, SHU Xue-dao¹, ZHANG Ya-ling², WEN Ying-cai²

(1.Faculty of Mechanical Engineering & Mechanics, Ningbo 315211, China;

2.Dong Yu (Ningbo) Hydraulic Industries Co. Ltd., Ningbo 315200, China)

Abstract: After the rubber vulcanization is completed, the mold is usually turned over to a certain angle in order to take out the rubber products and clean the mold. For the small and medium mold, a new type of 180° mold automatic turnover mechanism is proposed to decrease labor intensity and increase production rate. The 3D model of the mechanism is established using SolidWorks software. In addition, the movement characteristics of the mold are obtained by carrying out kinematic simulation with the motion module of SolidWorks. Through optimization, it is found that the angular acceleration of the mold is the smallest and the turnover is the most stable when the curvature radius is 37 mm under the condition that the slide width is 90 mm and the limit groove width is 20 mm. The stress field of the main bearing part is obtained by the finite element software ANSYS when the turning device is working under the ultimate load. The prototype has been made and its application shows that the turnover mechanism is stable and reliable, easy to control, and better meeting the practical production requirements.

Key words: turnover mechanism; motion simulation; mold; vulcanizing machine

(责任编辑 章践立)