

DOI:10.3969/j.issn.1001-4551.2017.04.008

新型抓胎机械手结构优化及动作分析

王洛智,唐 跃*,赵全玲

(青岛科技大学 机电工程学院,山东 青岛 266061)

摘要:针对目前传统抓胎机械手在取胎过程中易发生胎坯变形不对称和变形量大的问题,对抓胎机械手取胎过程中影响胎坯纵向和横向变形的主要因素进行了研究,提出了定位内撑一体的抓取方法;并结合实际工作要求,从抓胎机械手动力学参数设计角度出发,优化设计出了新型内撑抓胎机械手,利用动力学仿真分析软件 ADAMS 对新型机械手内撑机构工作位置的运动及动力学特性进行了仿真分析,通过有限元柔性体分析方法,对3种抓胎机械手取胎时轮胎胎坯变形量的大小及分布情况进行了对比、验证。研究表明:新型机械手能够实现胎坯定位、内撑取胎的功能,并且对取胎过程中胎坯存在的变形不对称和变形量大的问题均有明显改善。

关键词:抓胎机械手;结构优化;胎坯变形

中图分类号:TH122

文献标志码:A

文章编号:1001-4551(2017)04-0361-05

Structure optimization and motion analysis of a new type grasping robot-hand

WANG Luo-zhi, TANG Yue, ZHAO Quan-ling

(College of Electromechanical Engineering, Qingdao University of Science and Technology,
Qingdao 266061, China)

Abstract: Aiming at the problem of asymmetric deformation and large deformation degrees of green tire during robot hand grasping green tire, the important factors influencing the deformation of green tire in taking process were researched, the inner bracing method was proposed. Staring form the dynamic parameters design of robot hand, the structure of the robot hand was optimized under the work requirement, motion analysis and contact force analysis were made for inner-bracing mechanism by means of ADAMS software in the process of grasping tire, the stress analysis and deformation analysis of the green tire were made by the finite element flexible analysis method, the simulation results were compared and verified. The results indicate that: the new type of grasping tire robot hand meets the requirements and the influence on the deformation of the green tire is smaller than the traditional tire grasping robot hand.

Key words: grasping tire robot hand; structure optimization; green tire deformation

0 引 言

随着汽车工业和高速公路的迅猛发展,对子午线轮胎的需求在不断增加,同时对子午线轮胎的质量和精度也提出了更高的要求^[1]。抓胎机械手是在胎坯

成型和硫化过程中抓取搬运胎坯的机械化装置^[2-4]。有关轮胎质量的分析表明:在硫化过程中出现的轮胎质量问题,有25%与机械手抓取时产生的变形有关。根据日本神户制钢所的技术交流介绍,在影响轮胎均匀性的因素中,与机械手有关的占15%左右^[5]。由此可见,机械手对轮胎质量的影响较大。生产中如果胎

收稿日期:2016-10-28

作者简介:王洛智(1989-),男,山东临沂人,硕士研究生,主要从事橡胶机械计算机设计及仿真方面的研究. E-mail:1728288234@qq.com

通信联系人:唐跃,女,教授,硕士生导师. E-mail: qdkdtyty@126.com

坯变形尺寸均匀、变形量较小,则硫化后轮胎的均匀性参数也较小,表明轮胎质量好^[6]。

目前,传统抓取胎机械手主要有外卡式和抓钩式两种^[7]。在胎坯抓取过程中,胎坯易发生不均匀性变形且变形量大,对成型造成不可逆的质量问题。

针对该问题,本研究以 165/65/R13 型号汽车轮胎为抓取对象,用 Pro/E 设计了新型取胎机械手实体模型,将内撑机构导入到 ADAMS 虚拟样机进行了运动仿真分析,分别得到机械手内撑机构在 x 方向的位移运动仿真曲线和速度、加速度的仿真变化曲线;通过 ADAMS 后处理模块得到内撑弧形薄板与胎坯胎圈处的接触力变化曲线;最后通过 ANASYS Workbench 分别对传统取胎机械手和新型取胎机械手在取胎时胎坯的变形分布和变形量大小进行对比分析,验证新型取胎机械手对解决胎坯变形不均匀和变形量大问题的可行性。

1 新型抓胎机械手

传统抓胎机械手主要有抓钩式和外卡式两种^[7],分别如图 1、图 2 所示。

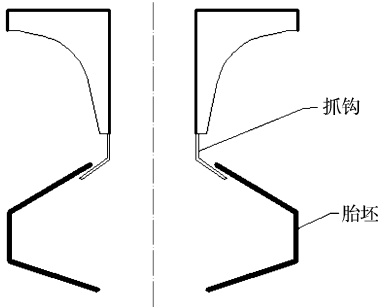


图 1 抓钩式取胎机械手

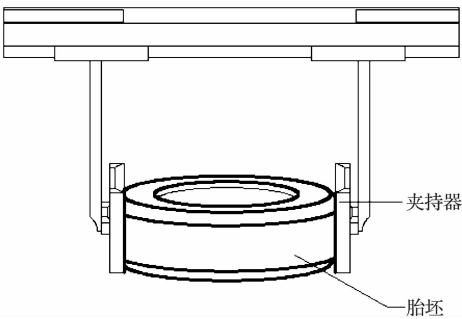


图 2 外卡式取胎机械手

通过实验对比发现,如果机械手在抓胎过程中,在侧应力或轴向力的作用下胎坯受力不均匀,极易导致生胎变形^[8],当变形较大时,会影响成型质量。

针对这一问题,笔者以抓取 165/65/R13 型号轮胎胎坯为例,设计出新型抓胎机械手如图 3 所示。

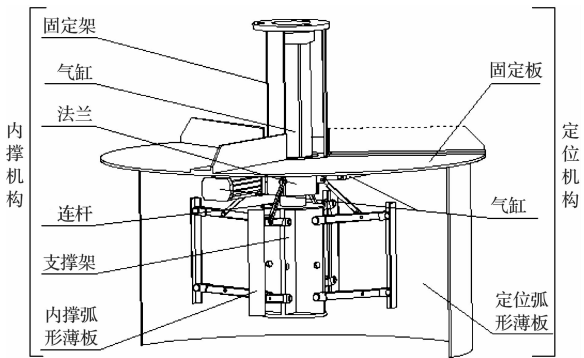


图 3 新型抓胎机械手结构图

该型号轮胎重要参数如表 1 所示。

表 1 165/65/R13 型号轮胎主要参数

参数名称	参数值
胎面宽/mm	165
扁平比/(%)	65
轮毂直径/mm	330
轮胎外径/mm	544
质量/kg	5.6

新型抓胎机械手主要由定位机构和内撑机构两部分组成,以下分别对定位机构和内撑机构说明。

1.1 定位机构

定位机构主要实现胎坯定位功能,主要由固定板、气缸和定位弧形薄板组成。其中两个气缸对向固定在固定板上,定位弧形薄板与气缸固接;取胎时定位弧形薄板在气缸的驱动下向内收缩,使轮胎中心与内撑机构中心对齐,实现抓取定位的功能。

1.2 内撑机构

内撑机构主要实现取胎和放胎功能,是整个机械手最主要部分,由固定架、气缸、法兰、连杆、导柱和内撑弧形薄板等组成。法兰与固定架底端固接;导柱与气缸活塞杆固接,气缸作为驱动装置,可带动导柱实现竖直方向的运动。

内撑机构取胎前与胎坯中心对齐的初始状态如图 4 所示。

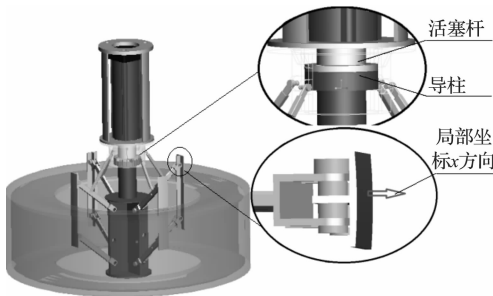


图 4 内撑机构取胎示意图

取胎时,气缸活塞杆带动导柱向上运动,在连杆的作用下弧形薄板沿局部坐标 x 方向向外延伸,内撑机

构外径逐渐变大,形成一个直径为 330 mm 的圆与胎坯胎圈接触,在正压力的作用下,胎坯与弧形薄板之间产生摩擦力,使弧形薄板抓住胎坯。当胎坯被搬运到指定位置时,驱动气缸启动,活塞杆带动导柱向下运动,内撑弧形薄板在连杆的作用下向内收缩胎坯与弧形薄板脱离,完成放胎,内撑机构收缩至初始位置。

2 机械手运动仿真分析

内撑机构的运动过程可分为取胎和放胎两个过程,由于在两个运动过程,4 个弧形薄板的运动规律相同,在此只对单个弧形薄板进行运动仿真分析,以检验内撑机构能否满足抓取胎要求。笔者将机构简化后的内撑机构导入 ADAMS 中,进行运动仿真分析。

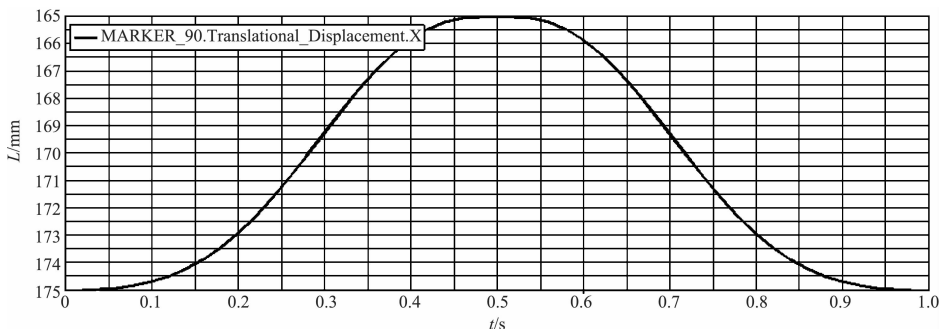


图5 弧形薄板在 x 方向上的位置仿真曲线

由图5可知,0~0.5 s 为内撑机构收缩过程,在起始位置内撑机构处于完全撑开状态时,内撑弧形薄板在 x 方向的位置为 175 mm;0.5 s 时,内撑机构处于完全收缩状态,此时内撑弧形薄板在 x 方向的位置为 165 mm;0.5 s~1 s 为内撑机构外撑过程,内撑弧形薄板在 x 方向的位置由 165 mm 变为 175 mm,内撑机构从闭合到撑开,完成取胎的过程。165/65/R13 型号轮

2.1 内撑机构运动仿真分析

内撑机构在取胎过程中,内撑弧形薄板可以视为平面内运动, x 方向的外撑和 z 方向的上下移动, y 方向运动可以忽略。内撑弧形薄板在 x 方向外撑的最大直径能否达到轮毂直径 330 mm,内撑机构速度和加速度最大值是否合理;针对这两个问题,在 ADAMS 中对内撑机构分别进行了位置、速度和加速度运动分析。

位置运动分析。定义分析时间为 1 s 步长为 50,定义分析周期为单循环周期即收缩和撑开;在 ADAMS 后处理模块 (ADAMS/Postprocessor) 中,得到的内撑弧形薄板在局部 x 方向位置随时间变化曲线,如图5所示。

胎轮毂直径为 330 mm,内撑弧形薄板在 x 方向完全撑开的最大直径达到轮毂直径 330 mm,结果显示内撑机构能满足取胎要求。

运动周期的速度、加速度运动分析,定义运动周期为 1 s,在 ADAMS/Postprocessor 中得出内撑弧形薄板在 x 方向的速度、加速度随时间关系曲线如图6所示。

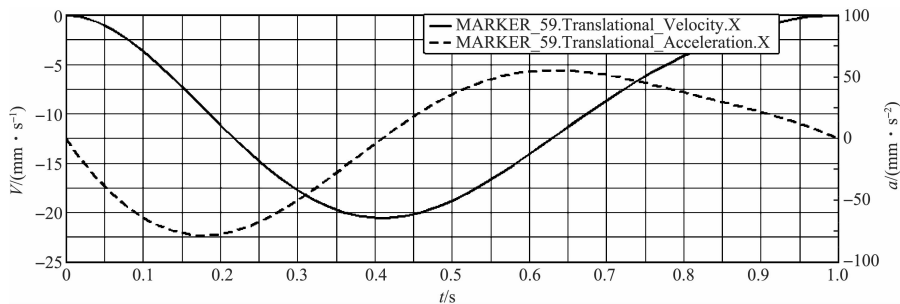


图6 1 s 时的速度、加速度仿真曲线

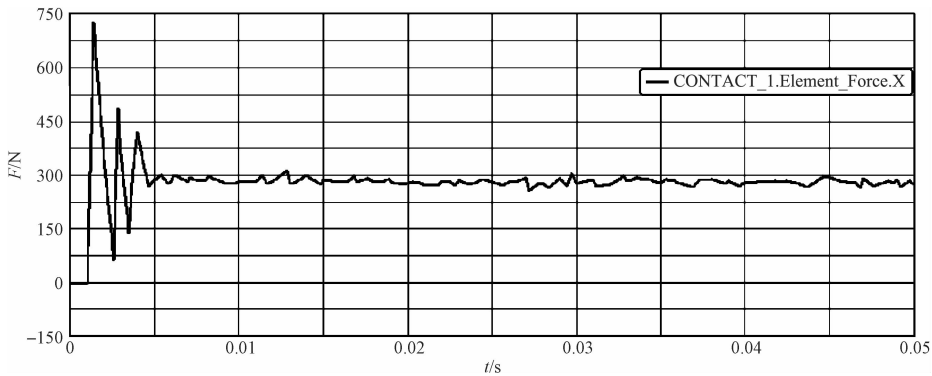
依据图6可知,当内撑机构撑开弧形薄板运行时间为 1 s 时,最大速度和加速度的值分别为 21 mm/s 和 22.5 mm/s² 均比较小且变化比较稳定,在实际取胎工作运行中,内撑机构运行的最大速度和加速度不会影响取胎的准确性和稳定性。

2.2 内撑弧形薄板接触力分析

在取胎过程中,内撑弧形薄板与胎坯胎圈接触后,

正压力引起的摩擦力是否大于轮胎重力从而顺利完成取胎,针对这个问题的验证,本研究在 ADAMS 软件中对内撑弧形薄板进行接触力分析。

对于刚体来说,4 个弧形薄板结构相同,各板受力状态相同,因此只做一个内撑弧形薄板的接触力分析,通过后处理模块 (ADAMS/Postprocessor) 得到的内撑弧形薄板与胎坯轮毂在 x 方向上接触力变化曲线,如图7所示。

图7 x 方向接触力的变化曲线

从图7中可以看出,弧形薄板与胎坯胎圈未接触时,相互作用力为0;当弧形薄板和胎坯胎圈接触的瞬间,产生的接触力最大。因胎坯是柔性体,在惯性力、弹性力和阻尼力的作用下,受力后产生变形,弧形薄板和胎坯胎圈之间的挤压与反弹作用交替存在,接触力会出现一定范围的波动,并且振幅逐渐衰减,经过0.005 s后趋于平稳。平稳后弧形薄板对胎坯胎圈的正压力约为300 N。根据工程数据^[9],橡胶与刚体之间的摩擦系数 $\mu = 0.8$,求得最大静摩擦力 $F = 240$ N,当165/65/R13型号轮胎的质量平均值取为5.6 kg,最大静摩擦大于胎坯自重。所以,内撑机构能够实现胎坯的固定夹持。

3 有限元分析验证

ANSYS Workbench 具有良好的界面环境和便携操作方式,用于模拟分析^[10]。本研究分别以外卡式、抓钩式和新型取胎机械手3种抓取形式,对165/65/R13型号轮胎胎坯进行受力约束和加载,进行位移变形分析和应力分析,进行模拟对比验证。

3.1 胎坯位移变形对比分析

笔者根据胎坯在3种抓胎机械手取胎时施加的约束和载荷,在ANSYS Workbench中得到3种胎坯的位移变形分布图情况,如图(8~10)所示。

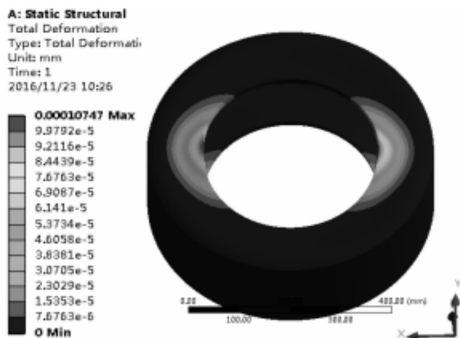


图8 抓钩式胎坯应变分布

由图(8~10)可以看出,不同取胎机械手在抓取胎坯运行时,胎坯的最大变形均出现在胎坯的胎圈处。

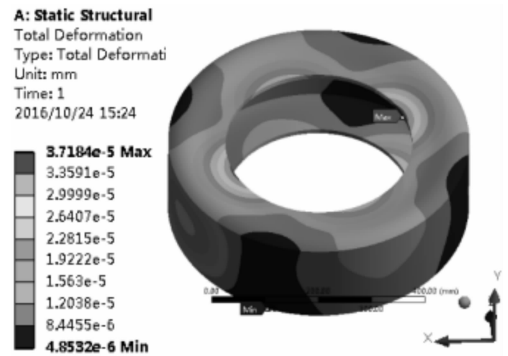


图9 外卡式胎坯应变分布

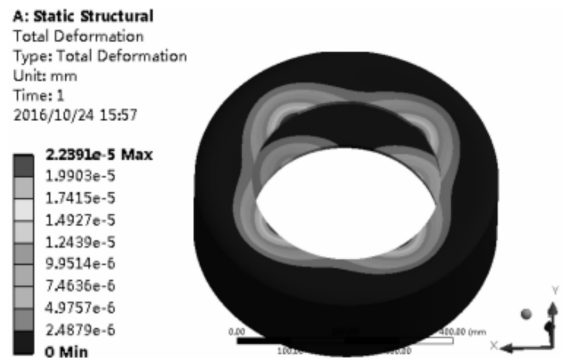


图10 新型机械手胎坯应变分布

新型取胎机械手抓取胎坯时,胎坯的最大变形量为 2.24×10^{-6} mm,抓钩式、外卡式取胎机械手在取胎时,胎坯的最大变形量分别为 1.074×10^{-4} mm 和 3.718×10^{-5} mm;在变形分布上,新型取胎机械手变形区域对称分布在胎坯上下两侧,在胎坯纵向上,新型机械手改变了抓钩式机械手的单面钩提方式,明显改善胎坯在纵向的拉伸作用;在横向上,新型机械手改变了外卡式机械手由于夹取导致的横向变曲现象,从而保证横向变形均匀对称分布。通过3种取胎情况下胎坯位移变形对比分析发现,新型取胎机械手在抓取胎坯时对胎坯的变形量和变形均匀性问题均有明显改善。

3.2 胎坯等效应力对比分析

本研究通过有限元分析得到3种情况下胎坯的等效应力分布图,如图(11~13)所示。

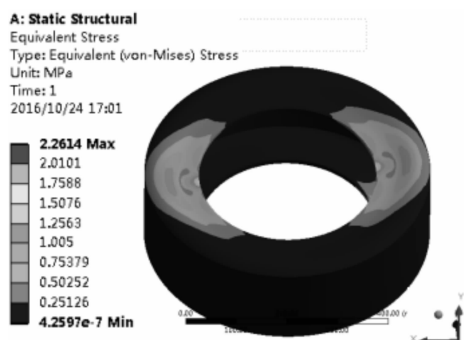


图 11 抓钩式胎坯应力分布



图 12 外卡式胎坯应力分布

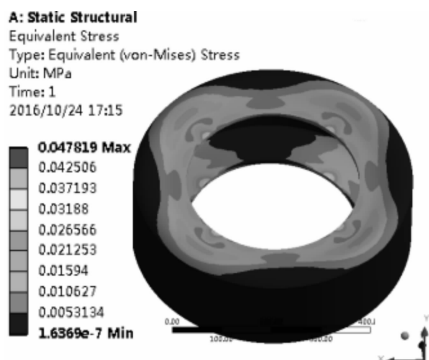


图 13 新型机械手胎坯应力分布

新型机械手抓取胎坯时,胎坯的最大应力出现在胎圈与弧形薄板的接触处,其值为 0.047 8 MPa,抓钩式、外卡式机械手在抓取胎坯时,胎坯的最大应力分别为 2.261 MPa 和 0.606 MPa,在应力分布上,新型机械手应力对称分布在两侧胎坯四处,从而避免了由于纵向受力不对称,导致的胎坯纵向变形和横向受力不均

导致的横向变曲的问题;通过 3 种取胎情况下胎坯应力对比分析可见,新型取胎机械手在抓取胎坯时,胎坯的最大应力值最小,在纵向和横向上无明显拉伸或变曲现象。

4 结束语

本研究针对传统抓胎机械手在抓胎过程中易发生胎坯不对称性变形和变形量大对胎坯的成型硫化造成的质量影响,进行了抓胎机械手结构优化,对夹持机构进行运动模拟分析,得到以下结果:

(1)对新型胎坯机械手的定位机构及内撑机构进行的结构优化,实现抓取胎坯的技术要求;

(2)新型内撑机械手在胎坯抓取过程中,可使胎坯的局部变形相对均匀,变形量更小,解决了由于胎坯变形不均匀且变形量大对成型造成的轮胎质量问题。

参考文献 (References):

- [1] 刘信忠,唐国庆,张麟,等.自动取胎机械手的设计[J].新技术与新产品,2013,39(8):27-28.
- [2] 张俊强,周军,丁希仑.一种自适应二指夹持器的设计及应用[J].机电工程,2008,25(5):5-6.
- [3] 王建军.搬运机械手仿真设计和制作[J].机械设计及制作,2012(9):146-147.
- [4] 刘玉斌,陶柯,赵佳翠.基于 Matlab 的 4R 搬运机械手机械参数优化设计[J].机电工程技术,2016,43(1):20-23.
- [5] 黄强.新型对中装置和机械爪的优化设计[J].机电技术,2010,33(3):43-46.
- [6] 赵冬梅.用 3D 技术探测轮胎胎坯结构[J].现代橡胶技术,2016,42(2):39-40.
- [7] 李昶利.全钢子午线轮胎码垛搬运机械手的研究[D].青岛:青岛科技大学机电工程学院,2014.
- [8] 马义明.轮胎的均匀性浅述[J].橡胶资源利用,2015(1):32-40.
- [9] 王杰.硫化机上下料机器人夹持机构的设计及实现[D].重庆:重庆大学机械工程学院,2014.
- [10] 全大鹏,李建勇,王恒,等.基于 ANSYS Workbench 的固晶臂机构柔性动力学分析[J].机电工程,2012,29(10):1148-1149.

[编辑:李辉]

本文引用格式:

王洛智,唐跃,赵全玲.新型抓胎机械手结构优化及动作分析[J].机电工程,2017,34(4):361-365.

WANG Luo-zhi, TANG Yue, ZHAO Quan-ling. Structure optimization and motion analysis of a new type grasping robot-hand[J]. Journal of Mechanical & Electrical Engineering, 2017,34(4):361-365.

《机电工程》杂志: <http://www.meem.com.cn>