

[研究·设计]

DOI:10.3969/j.issn.1005-2895.2017.03.008

基于容积可变新型纸容器侧封装置凸轮机构设计

杨晓玲, 张新昌

(江南大学 江苏省食品先进制造装备技术重点实验室, 江苏 无锡 214122)

摘 要:针对一种新型侧壁折叠窝进式容积可变包装容器的结构,根据设计的侧封装置,设计凸轮机构运动,分析凸轮轮廓线。根据新型可变容积包装容器的特殊结构特征,结合侧封装置方案,以抱合成型为主要实现方式,分析从动件运动轨迹,绘制凸轮廓线,得出所需凸轮机构。获得的凸轮机构较为精简,运动合理,可用于实现预先设计的侧封操作,推进实际生产。

关 键 词:纸容器;凸轮机构;侧封装置;凸轮廓线

中图分类号:TS206.5

文献标志码:A

文章编号:1005-2895(2017)03-0036-04

Cam Mechanism Design of Side Sealing Device about Volume Variable New Paper Container

YANG Xiaoling, ZHANG Xinchang

(Jiangsu Key Laboratory of Advanced Food Manufacturing Equipment & Technology, Jiangnan University, Wuxi, Jiangsu 214122, China)

Abstract: According to the side sealing device of a new side wall folded inward volume variable packaging container, this paper designed the cam mechanism and analyzed the cam contour line. According to the special structural characteristics of the new variable volume packaging container, combined with the side sealing device scheme, forming-hugging as the main realization way, the follower motion trajectory was analyzed and the cam contour line was drawn, the required cam mechanism was obtained. The cam mechanism is more compact and reasonable, can be used to realize the predesigned side sealing operation and conduct the actual production.

Keywords: paper container; cam mechanism; side sealing device; cam contour line

方便型食品大致可以分为方便主食、副食、汤及冲泡饮料等^[1]。其中,方便面类食品一般都是在脱水状态进行包装,食用时再添加开水进行冲泡,所以在包装时都要预留较大的空间。这类包装外部尺寸往往都大于内部产品,再加上外部包装箱和集装箱,在运输时会占据较大的空间,造成运输成本的增加,同时也给消费者携带带来不便^[2-3]。为了解决这类问题,笔者发明了一种新型的侧壁窝进式容积可变纸质包装容器(简称新型纸容器),以满足方便面的包装要求,同时又节省运输空间,方便消费者后续加工和使用^[4]。

本文所述的新型容积可变包装容器是结构比较特殊的纸容器,它在折叠过程中会有大量的折痕,这使得该容器的机械化生产较为复杂,容器侧封装置也较为

特殊。

1 侧进式新型纸容器的结构

1.1 新型可变容积包装容器的结构

包装容器使用状态下是一种多面体棱柱形,其截面可以是正四边形到正八边形等多种形式。图1中以正六边形为例,其侧壁由两条折痕线 a, b 分成3份,即上、中、下3部分,其中上部和中部侧壁高度相同,是主要变形部位。在未折叠变形前,点 c, d, e, g 在一条竖直线上,折叠线 cf, df, ef 在平面展图上有关于 ce 轴对称部分 cf', df', ef' (图1中未标出),将关于 ce 对称的这两部分折叠线进行折叠,使其对应重合, df 与 df' 重合部分由顺时针(或逆时针)方向依次旋转随折痕线 a 向容器内部折叠窝进,两部分侧壁重合呈水平状态;下

收稿日期:2016-10-17;修回日期:2017-02-10

第一作者简介:杨晓玲(1992),女,河南新乡人,江南大学硕士,研究方向为包装机械。通信作者:张新昌(1961),男,河南南阳人,教授,硕士生导师,主要研究方向为产品包装技术、包装材料与制品。E-mail:zxc89@126.com

部分为容器的主体和盛装部分^[5]。

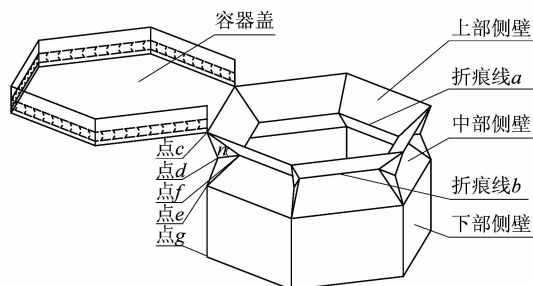


图1 折叠状态图

Figure 1 Folding state diagram

1.2 新型纸容器的折叠过程分析

如图1所示为一种侧壁折进式容积可变纸容器,图中折叠角 n 为折叠线 cf 与 df 的夹角,容器侧壁每个折叠角 n 形成的三角形折叠线(如 $\triangle cdf$)将容器侧壁上、中部分平面分割以便折叠压缩变形,折叠角 n 与容器截面边数有关。设正多边形边数为 N ,则折叠角

$$n = 90^\circ - (180^\circ/N)。$$

其关键点是:

1) 将中部侧壁沿折痕线 b 向盒体内部折叠,上部侧壁沿折痕线 a 向外部翻转,使得此两部分侧壁的背面相对重合;

2) 关键部位折叠,主要变形部分的折叠线形成6个菱形,以菱形 $cfef'$ 为例, ce 与 ff' 将菱形分割为4个三角形,将其关于 ce 两两重合,此时 df 与 df' 重合,共同沿顺时针(或逆时针)方向旋转随折痕线 a 向容器内部折叠窝进,其他各变形部分同理顺次折叠窝进,此时图1中上部侧壁与中部侧壁重合,且均在水平面上,重合后其截面形状为正多边形环。

2 容积可变新型纸容器的侧封装置

纸杯、纸盒的生产工艺由于截面为圆形较为简单,在生产施加压力的过程中,纸杯、纸盒上的每一点所需的压力都是一致的,在生产控制上较为简单^[6]。而本文中所述的新型纸容器为非圆截面,不能以单一的压力进行加工,其侧封机构较为特殊。

盒体侧壁封合为折叠纸盒重要的加工工序,直接决定成型后容器的质量。目前,市场上的纸杯多采用抱合成型,文中亦采用此种方式,通过一种与杯外壁尺寸相同的抱合器将由铰链供送的纸板卷至与截面尺寸相同的模具上,再由热封头进行热封^[7]。封合难点在于其本身截面非圆形,抱合器对多边形抱合困难增加,需要单独设计正多边形模具,满足该特殊容器侧壁

封合要求。

侧封装置拟采用凸轮槽轮机构原理,以实现抱合动作。图2所示为新型纸容器的侧封机构原理图。

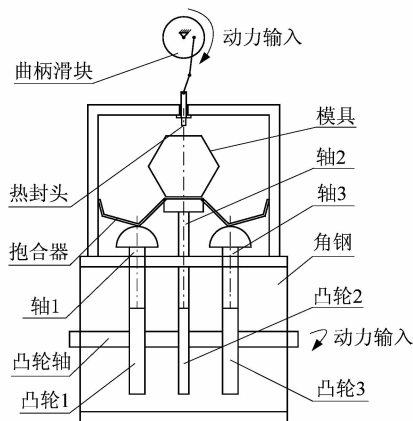


图2 侧封机构原理图

Figure 2 Schematic diagram of side sealing mechanism

新型纸容器侧封工序为先预热,后加热侧封。具体过程:由传送带夹持供送纸坯到热封位置,传送过程中由预热头预热侧壁的黏贴襟片,将纸坯供送至封合位置后,轴2在凸轮2的作用下上移动,轴2上的托板将纸坯夹紧在模具上;轴1和轴3上分别有关于轴1对称的两个托板,轴1和轴3在凸轮1,3的作用下向上运动,合起抱合器,将纸坯夹紧在模具表面,由于模具形状与纸坯本身的压痕作用,抱合装置夹持着纸坯并使其呈正六棱柱状。此时,黏贴襟片已与侧壁贴合,热封头在曲柄滑块机构作用下,上下移动加热加压,配合超声波使容器侧壁封合;送至封盖转盘过程中由风扇冷却。其中,曲柄滑块机构将上下往复运动转化成整周转动^[8]。整个装置的动力输入共有2处,如图2所示。

在纸容器成型过程中,淋膜层的熔化粘合所需的时间是必不可少的,消耗在加热体(烫条)将纸容器中缝(搭接)压紧后的停顿上,再加上热封头上下时间,纸坯送入时间,容器壁筒钩出的辅助时间,这就限制了生产速度^[9-11]。本课题中采用多级机构,使0.8s(经验值)的熔化粘合时间消耗在传动之中。烫条从1级传动位置压住杯筒,经第2级传动转到热封位置后释放,保证了熔化粘合所需的时间,提高生产率。

3 侧封装置中凸轮机构的设计

本文选用SolidWorks来进行侧封装置的凸轮机构设计,SolidWorks软件提供了参数化、基于特征的实体

建模功能,通过拉伸、旋转、薄壁特征、高级抽壳、特征阵列以及打孔等操作来实现各种产品的设计,具有极强的设计灵活性^[12]。SolidWorks Motion 在已知凸轮机构运动规律的前提下,可以快速、精确地生成凸轮的轮廓曲线^{[13]52}。

由于侧封装置中共有 3 个凸轮,凸轮 1 与凸轮 3 运动规律相同,凸轮 2 独立运动,3 个凸轮运动规律类似,本文以凸轮 2 的设计为主。

3.1 从动件运动规律

凸轮机构的最大优点就是机构中从动件的运动规律可以任意拟定,只要设计出相应的凸轮轮廓,就可以使从动件按拟定的规律运动^{[13]54}。

凸轮 2 的从动件为抱合器支架,其在竖直方向往复运动,以实现夹紧纸坯,方便后续送出半成品。抱合器支架台起始位置距下部箱体面为 68 mm,上升夹紧纸坯时距离为 88 mm,所以从动件在竖直方向的位移峰值为 20 mm。推程、返程和停留的时间要综合轴 1、轴 2、轴 3 和热封头的动作整体设定。由于覆 PE 膜熔化封合时间一般为 0.8 s,所以热封头时间要大于 0.8 s,才能保证完全热封;抱合器抱合时间要大于热封头热封时间,以保证定形;抱合器支架停留时间要大于抱合时间,以保证纸坯整个热封过程夹紧在模具上。具体设置见表 1,总计时间 8.0 s,故凸轮转速设为 $\frac{\pi}{4} \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}$ 。

表 1 各部件动作时间

Table 1 Action time of each component s

部件	推程时间	停留时间	回程时间
轴 2	2.0	4.0	2.0
轴 1 和 3	3.0	2.0	3.0
热封头	3.5	1.0	3.5

由于从动件推程作等速运动时,其位移线为一斜线,速度在开始时发生突变,理论上该处加速度趋近无穷大,终止时也同样,由此产生的巨大惯性力导致强烈冲击,为刚性冲击,对部件造成严重危害,故本文以简谐运动来定义从动件运动规律^[14]。凸轮机构间歇运动的推程

$$s = \frac{h}{2} \left(1 - \cos \frac{\pi}{\Phi} \varphi \right)。$$

式中: h 为从动件位移峰值,取 20 mm; Φ 为推程运动角,取 $\frac{\pi}{2}$; φ 为凸轮转角,由凸轮转速和时间相乘得到,即 $\frac{\pi}{4}t$ 。从动件位移如图 3 所示。

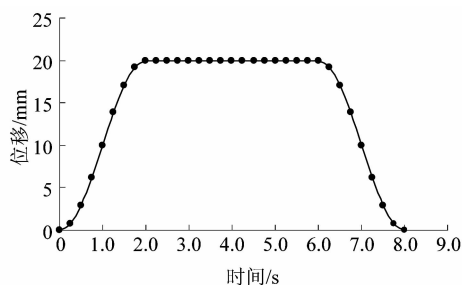


图 3 从动件位移图

Figure 3 Displacement diagram of follower

3.2 凸轮轮廓求解

在 SolidWorks 中进行从动杆件的建模和圆柱轮(凸轮原型)的建模,设置如图 4 所示的从动件固定夹为固定零件,约束从动件只能在竖直方向运动;设置如图 4 的凸轮固定环为固定零件,使得圆柱轮与从动件保持固定距离圆周转动,并检查是否存在冗余约束。

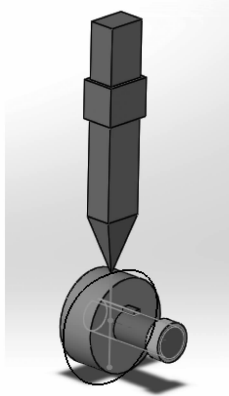


图 4 凸轮轮廓线绘制

Figure 4 Cam contour line drawing

在凸轮轴端面设置转动马达,转速为 $\frac{\pi}{4} \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}$,顺时针转动,如图 5 所示;在从动件的下部尖端处设置线性马达,设置运动类型为数据点,导入图 3 中运动规律的 CSV 文件,方向向上,如图 6 所示;设置 Y 轴负方向的引力;更改算例属性,设置帧数为 100 帧 $\cdot \text{s}^{-1}$,算例持续时间为 8.0 s,此时圆柱轮(凸轮)刚好旋转一周^[15]。选择工具栏的结果和图解,选择位移/速度/加速度,下级菜单选择跟踪路径,选择尖端与圆柱轮的外部曲面,即跟踪得到从动件尖端运动轨迹轮廓线,如图 4 所示。

在得到的结果文件夹下的跟踪路径图解,选择从跟踪路径生成曲线,根据需要选择在现有零件生成曲线或者新建零件生成曲线,转化实体引用后,用 SolidWorks 建模画出得到的凸轮机构,如图 7 所示^[16]。

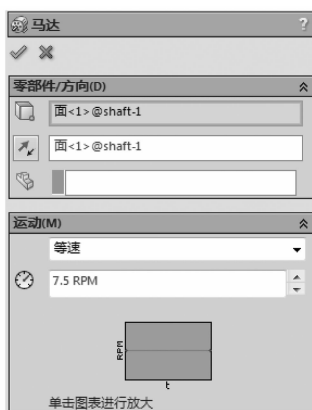


图5 旋转马达设置

Figure 5 Setting of rotary motor



图6 线性马达设置

Figure 6 Setting of linear motor

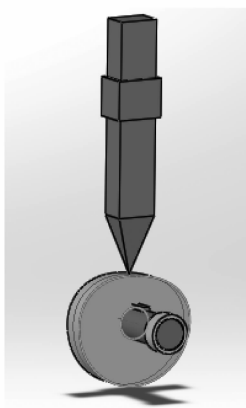


图7 凸轮机构模型

Figure 7 Cam mechanism model

4 结语

笔者运用 SolidWorks 现代建模思想,设计凸轮机构,打破了传统的图解法设计凸轮的思想,根据从动件

的运动得出了精确的凸轮机构,明确参数化设计,可以推广到多种凸轮机构的精确设计。但本文中设计的凸轮机构只是基于从动件的精确结果,实际运动时由于凸轮转速、轮廓相位差、从动件接触部位的问题,可能会产生部分位置突变而并没有发生实际接触,这需要进一步深入细化研究。本文是基于侧壁折叠变形原理专利结构,结合设计的侧封装置,细化研究凸轮机构的运动。本文的研究有利于实现凸轮精确化设计,提高设计效率,推进参数化设计流程和实际加工。后续进一步深入研究各零件动作时间和周期,才能协调整个装置的生产节拍,推进整体设计。

参考文献:

- [1] 金征宇.我国方便食品的现状及发展趋势[J].食品工业科技,2011(4):53-56.
- [2] 王晨斯.一种折叠式纸容器的结构参数及其性能研究[D].无锡:江南大学,2011:8-10.
- [3] 宋卫生,刘士伟.可节省空间的桶装方便面包装方法研究[J].包装工程,2013,34(17):64-67.
- [4] 张新昌,杨晓玲,肖文飞.一种侧壁折进式容积可变纸容器及成型封口方法:CN105819058A[P].2016-08-03.
- [5] YAO Wei, CANNELLA F, DAI J S. Automatic folding of cartons using a reconfigurable robotic system[J]. Robotics and computer-integrated manufacturing, 2011, 27(3):604-613.
- [6] PMC 公司.方形纸容器与密封盒盖的开发[J].中国食品工业,1997,4(12):39.
- [7] KIM W H, PARK T W. Development of a barrel cam design program for a cup forming machine[J]. Journal of KSME, 2011, 35(4):433-438.
- [8] 孙志宏,周申华.机构原理课程设计[M].3版.上海:东华大学出版社,2015:3-11.
- [9] 王莹.纸杯机卷封凸轮机构参数化设计与运动仿真[J].包装工程,2011,32(17):73-75.
- [10] KIM W H, PARK T W. Study of optimization of the barrel cam in a paper-cup-forming machine[J]. Journal of mechanical science and technology, 2012, 26(9):2679-2684.
- [11] 高琨,张森林.基于 PLC 控制的电子凸轮系统设计[J].机电工程,2014,31(11):1419-1422.
- [12] 郭术义.常用零部件的 SolidWorks 三维建模与仿真[M].北京:国防工业出版社,2013:5-7.
- [13] 李大磊,丁天涛.机构运动解析与仿真分析[M].北京:化学工业出版社,2014:52-55.
- [14] 杨可桢,程光蕴,李仲生.机械设计基础[M].5版.北京:高等教育出版社,2010:40-44.
- [15] SolidWorks 公司. SolidWorks motion 运动仿真教程[M].2版.北京:机械工业出版社,2014:101-109.
- [16] 李洪贵.一体式快装包装纸箱及其加工设备方案研究[D].无锡:江南大学,2014:62-71.