

新型旋转式分盖装置的设计与分析

江山¹, 何卫锋¹, 利建华²

(1. 广东工业大学, 广州 510006; 2. 广州利氏包装设备有限公司, 广州 510450)

摘要: **目的** 介绍一种封口机上的新型旋转式分盖装置。**方法** 首先通过对分盖动作的介绍, 详尽分析该装置的结构组成及工作原理。然后对刀盘进行设计, 确定其关键参数。最后对装置进行运动仿真, 验证其是否满足设计要求。**结果** 经过仿真分析, 上下刀盘边缘切刀切入点在分盖过程中始终相距约 10° , 与刀盘边缘切刀外形设计相符, 能够成功地实现分盖功能。**结论** 该装置稳定性好、结构简单, 经实际使用证明达到了设计要求。

关键词: 刀盘; 分盖; 旋转式

中图分类号: TB486+.02 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2015)07-0040-04

Design and Analysis of a New Type of Rotary Covers Separation Device

JIANG Shan¹, HE Wei-feng¹, LI Jian-hua²

(1. Guangdong University of Technology, Guangzhou 510006, China;

2. Guangzhou Packaging Equipment Co., Ltd., Guangzhou 510450, China)

ABSTRACT: A new type of rotary points cover device for sealing machine was introduced in this paper. First, its structure and working principle were analyzed in detail through the introduction of the motion of covers separation. Then the cutter design was carried out and the key parameters were determined, and finally, motion simulation was performed for the device to prove whether it met the design requirements. Though simulation analysis, the breakthrough point of the upper and lower cutter edges always had a distance of about 10° in the process of covers separation, which conformed to the cutter shape, and the function of covers separation could be successfully achieved. The device was characterized by good stability and simple structure, and it met the design requirements as proved by actual using.

KEY WORDS: cutter; covers separation; rotary type

装满奶粉的奶粉罐封盖是灌装奶粉充填包装的重要组成部分, 封盖过程是使用自动压盖机来实现。奶粉罐是通过输送带逐个连续供应, 罐盖是以层叠方式存放在储盖仓中^[1-2]。要完成自动封盖动作, 首先必须使罐盖能从储盖仓中逐个、稳定、有序地分离出来, 并且准确落在奶粉罐上, 以使封口机能够顺利完成封罐^[3-4]。为了实现这一工艺, 需要在封盖动作之前设计一个罐盖分离装置, 完成罐盖分离工作。文中介绍一种新型旋转式分盖装置, 该装置能够较好地实现分盖动作, 并适用于类似的封口机械。

1 分盖动作过程

文中介绍的罐盖分离装置分盖流程为上部旋转刀盘, 通过其边缘薄型切刀将第1个罐盖从储盖仓中分离出来, 落在下部旋转刀盘的边缘切刀上。下部刀盘在旋转到一定位置时, 罐盖在导向柱的作用下自动脱离其边缘切刀, 平稳准确地落在奶粉罐上。其中上下刀盘边缘切刀独特的半圆周结构设计是罐盖顺利分离的关键(见图1), 其具体工艺步骤如下所述。

收稿日期: 2014-09-02

基金项目: 校企联合项目(13HK0123)

作者简介: 江山(1989—), 男, 湖北人, 广东工业大学硕士生, 主攻结构设计与机构运动仿真分析。

通讯作者: 何卫锋(1961—), 男, 广东丹江人, 广东工业大学副教授, 主要研究方向为自动机构和包装设备。

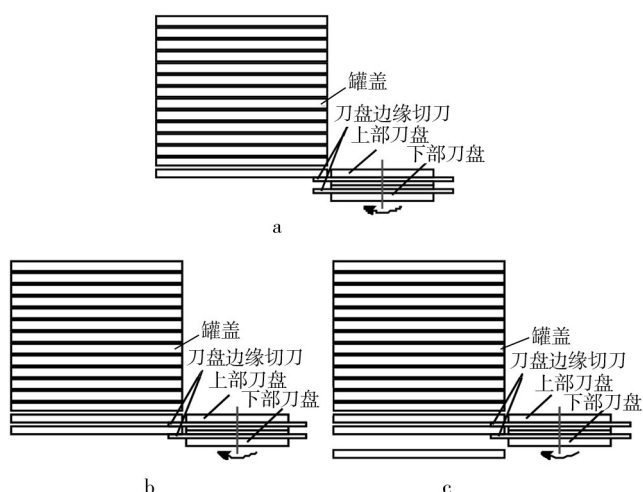


图1 分盖工艺

Fig.1 The process diagram of covers separation

1) 罐盖的初始位置位于上部刀盘的边缘切刀上(见图1a),当上部刀盘边缘切刀的一侧转动到脱离罐盖底部位置时,第1个罐盖自动脱离上部刀盘边缘切刀,下落到下部刀盘边缘切刀上。与此同时,上部刀盘边缘切刀的另一侧在转动过程中切入第1个罐盖与第2个罐盖之间,即完成罐盖分离的第1个步骤(见图1b)。

2) 下部刀盘边缘切刀的一侧转动到脱离罐盖底部位置时,第1个罐盖会自动脱离刀盘边缘切刀,在导向柱的作用下平稳准确地落到奶粉罐上。与此同时,第2个罐盖会同时脱离上部刀盘边缘切刀,落到下部刀盘切刀边缘上(见图1c)。

3) 在第1个罐盖脱离下部旋转刀盘时,开始另一个循环。

2 装置的组成及原理

该装置利用伺服电机接收到的传感器信号^[5-6],通过同步带传动来控制执行部件上下刀盘的旋转完成罐盖分离。如图2所示,刀盘转轴通过轴承固定于上下固定板,分别与同步轮、下部刀盘和上部刀盘配合。上部刀盘与锁紧块通过螺钉连接并锁紧在刀盘转轴上,下部刀盘与上部刀盘通过螺钉固定,两刀盘位置可在圆周方向上做小范围的调整,此时,就可以实现下部刀盘、上部刀盘与刀盘转轴做同步回转运动。伺服电机在张紧轮的作用下,通过同步带传动带动3个上部刀盘、3个下部刀盘以一定转速同步转动。同时,3对组合刀盘必须保持相同的相位,即每对组合刀盘的上刀盘必须同时切入罐盖间隙,而每

对组合刀盘的下刀盘必须同时脱离最底部的罐盖,以此保证罐盖平稳下落,这是罐盖分离的关键^[7]。导向柱与固定块焊接连接在下固定板底部起到导向作用,使得被分离出的罐盖能够稳定准确地落到奶粉罐上。

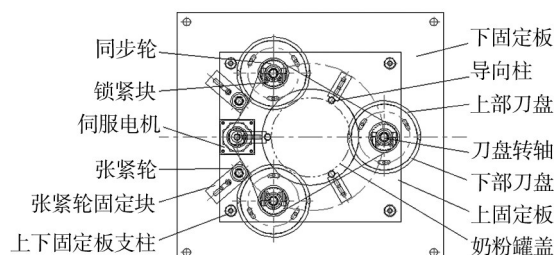


图2 装置结构与组成

Fig.2 Device structure and composition

3 刀盘的设计

3.1 刀盘的结构设计

组合刀盘是罐盖分离装置最重要的部件,由上下刀盘组合在一起来完成罐盖分离的动作,因此刀盘的结构设计至关重要,主要从两方面考虑:安装孔位和刀盘边缘切刀的外形。

3.1.1 安装孔位的设计

安装孔位的设计应遵循可调节原则。下部刀盘的安装孔应设计成腰形槽口,以便在与上刀盘的组合过程中可以适当调节两刀盘的相对位置。上部刀盘还应设计与紧固块连接的孔位,利用紧固块与刀盘转轴的锁紧作用使组合刀盘与刀盘转轴一起转动。

3.1.2 刀盘边缘切刀外形的设计

根据罐盖分离装置的工作原理,上部刀盘边缘切刀的一侧在转动到脱离罐盖底部位置时,罐盖平稳下落到下部刀盘边缘切刀上,此时上部刀盘边缘切刀的另一侧可以轻易切入底部2个罐盖之间的间隙。由此可见,刀盘边缘切刀刀口的外形设计应有利于切刀切入动作^[8-9]。同时,为了使罐盖可以顺利下落,刀盘边缘切刀范围应设计成大于 180° ,见图3。上下刀盘边缘切刀的外形采用相同的设计。

3.2 刀盘关键参数的确定

刀盘的关键尺寸及上下刀盘的组合形式需要根据罐盖的直径、厚度、结构特点及整个装置的空间条件限制来确定,组合刀盘的结构见图4。

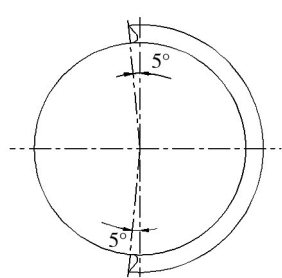


图3 刀盘边缘切刀外形

Fig.3 Cutter shape

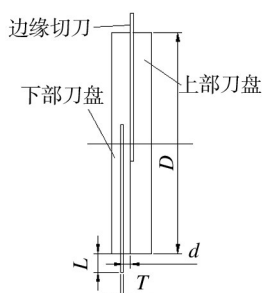


图4 组合刀盘结构

Fig.4 Schematic diagram of combined cutter

1) 刀盘边缘切刀厚度 T 及宽度 L 。边缘切刀的厚度是决定其顺利切入2个罐盖之间间隙的关键因素。根据实际测量及试验结果,取刀盘边缘切刀厚度 $T=0.5\text{ mm}$ 最合适。边缘切刀的宽度应比其切入两罐盖之间间隙的深度大 $1\sim 2\text{ mm}$,根据罐盖的结构,切入深度宜取 3 mm ,则取边缘切刀的宽度 $L=5\text{ mm}$ 。

2) 组合刀盘两边缘切刀的间距 d 。根据装置设计原理,两边缘切刀的间距应大于一个罐盖的厚度(2 mm),但不应过大,否则上部刀盘的边缘切刀无法顺利切入两罐盖间的间隙。经过反复试验,宜取组合刀盘两边缘切刀间距 $d=2.3\text{ mm}$ 。

3) 刀盘的直径 $D_{\text{刀}}$ 及转速 $n_{\text{刀}}$ 。罐盖分离装置罐盖及刀盘的参数:刀盘质量为 440 g ,罐盖质量为 60 g ,罐盖直径为 138 mm ,罐盖存储数量为 100 ,罐盖与刀盘摩擦因数为 $0.1^{[10]}$ 。根据罐盖的直径及刀盘转动的空间条件限制,取刀盘的直径 $D_{\text{刀}}=116\text{ mm}$ 。上部刀盘边缘切刀切入罐盖之间间隙的过程分别与2个罐盖之间产生滑动摩擦^[11],因此边缘切刀要顺利切入两罐盖之间间隙,就必须使刀盘在刚切入瞬间的切向力大于边缘切刀与罐盖之间产生的摩擦力^[12-13],即:

$$F_{\text{切}} > F_{\text{f}} \quad (1)$$

刀盘边缘切刀所受摩擦力 F_{f} 为:

$$F_{\text{f}} = 2N\mu_{\text{盖}}g/3 \quad (2)$$

刀盘边缘切刀瞬间切向力 $F_{\text{切}}$ 为:

$$F_{\text{切}} = m_{\text{刀}}a_{\text{刀}} = m_{\text{刀}}(v_1 - v_0)/t \quad (3)$$

将式(2)和式(3)代入式(1),得到刀盘边缘切刀的线速度为:

$$v_1 > 2N\mu_{\text{盖}}gt/(3m_{\text{刀}}) + v_0 \quad (4)$$

式中: N 为罐盖存储数量; μ 为罐盖与刀盘的摩擦因数; $m_{\text{盖}}$ 为单个罐盖质量(g); g 为重力加速度; t 为刀盘边缘切刀从静止到切入瞬间的时间(s); $m_{\text{刀}}$ 为刀盘的质量(g); v_0 为刀盘边缘切刀的初速度(m/s)。取 $t=0.5\text{ s}$, $v_0=0$ 。

经过计算可得,刀盘边缘切刀的线速度 $v_1 > 4.5\text{ m/s}$ 。

刀盘的转速 $n_{\text{刀}}$ 计算公式为:

$$n_{\text{刀}} = 60 \times 1000v_1 / (3.14D_{\text{刀}}) \quad (5)$$

式中: v_1 为刀盘边缘切刀的线速度(m/s); $D_{\text{刀}}$ 为刀盘的直径(mm)。

经过计算可得:刀盘的转速 $n_{\text{刀}} > 741\text{ r/min}$,即刀盘的转速必须大于 741 r/min 才能顺利切入两罐盖之间的间隙。

刀盘三维模型见图5,上刀盘见图5a,下刀盘见图5b,组合刀盘见图5c。

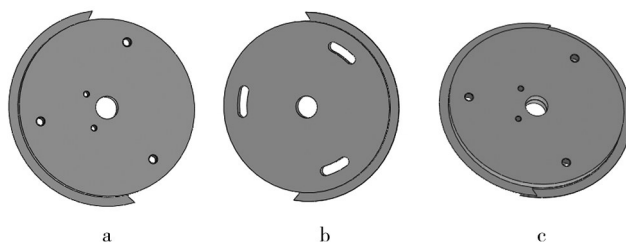


图5 刀盘三维模型

Fig.5 Three-dimensional model of the cutter

4 运动分析

该罐盖分离装置主要依靠上下刀盘组合使用来实现罐盖分离动作。上部刀盘边缘切刀完成罐盖的分离,罐盖下落到下部刀盘边缘切刀上,下部刀盘转动一定角度后罐盖自动脱离,如此往复,就可以将罐盖逐个分离出来。

用三维软件SolidWorks对该装置进行建模,再用SolidWorks Motion插件对其运动进行仿真^[14-15],上下刀盘边缘切刀切入点的角位移特性曲线见图6。由图6可知,在任何时间点,上下刀盘边缘切刀切入点转动的角度都相差 10° 。

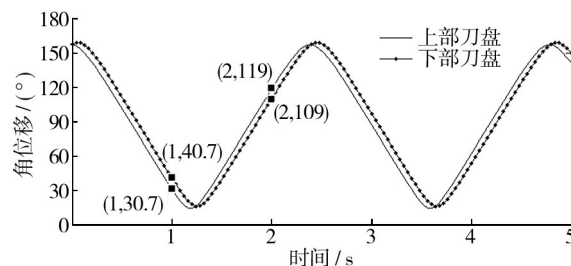


图6 刀盘边缘切刀切入点角位移特性曲线

Fig.6 Angular displacement characteristic curve of the break-through point of the cutter edges

当 $t=1\text{ s}$ 时,下部刀盘边缘切刀切入点转动的角度

比上部刀盘边缘切刀切入点转动的角度大 10° ,即表示罐盖脱离上部刀盘边缘切刀时,可以顺利落到下部刀盘边缘切刀上;当 $t=2\text{ s}$ 时,下部刀盘边缘切刀切入点转动的角度比上部刀盘边缘切刀切入点转动的角度小 10° ,即表示上部刀盘边缘切刀在分离出底部罐盖时,落在下部刀盘边缘切刀上的罐盖已经完成脱离,以便上部刀盘边缘切刀分离出来的罐盖可以下落到下部刀盘边缘切刀上。

5 结语

该新型旋转式分盖装置结构简单,整个转动过程利用同步带进行传动,运行平稳。另外,该装置没有复杂的零件,易于制造,节省了制造成本。通过实际使用证明,该装置满足设计要求,取得了良好的经济效益。由于装置本身的限制,其分盖的最大效率只有每分钟30个,因此无法满足高速分盖要求。

参考文献:

- [1] 曹利杰,韩炬,马伟伟.金属包装容器封口方式分析[J].包装工程,2004,27(6):136—138.
CAO Li-jie, HAN Ju, MA Wei-wei. Analysis on the Seal Mode of Metal Packaging Container[J]. Packaging Engineering, 2004, 27(6): 136—138.
- [2] LONG K. Visual Inspection of Can Seams in Home Food Preservation[J]. UAF, 2005(7): 6—13.
- [3] 李树义,杨国欣.灌装中三种送盖机构的设计特点与不足[J].包装与食品机械,1985(2):21—23.
LI Shu-yi, YANG Guo-xin. The Features and Shortcoming of Design in the Three Feeding Mechanism of Filling Machine[J]. Packaging and Food Machinery, 1985(2): 21—23.
- [4] Anonymous. Oyster's Cup Filling and Sealing[J]. Dairy Industries International, 2010, 75(12): 39.
- [5] 李瑞平,冯济纓,黄明琪.包装机械设计中的控制技术[J].包装工程,2005,26(1):19—21.
LI Rui-ping, FENG Ji-ying, HUANG Ming-qi. Control Technology in the Design of Packaging Machine[J]. Packaging Engineering, 2005, 26(1): 19—21.
- [6] SUN Hai-yuan. The Detection System for Pharmaceutical Bottle-packaging Constructed by Machine Vision Technology [C]// 2013 3rd International Conference on Intelligent System Design and Engineering Applications (ISDEA), 2013: 1423—1425.
- [7] 周文玲,刘安静.灌装封盖机传动系统设计方案的比较研究[J].包装工程,2007,28(3):91—99.
ZHOU Wen-ling, LIU An-jing. Comparison Research on Design Scheme of Driving System for Filling and Sealing Machine [J]. Packaging Engineering, 2007, 28(3): 91—99.
- [8] 陈莎莎,张印,王泽文,等.微型旋转切刀刃口的曲线设计[J].当代农机,2011(10):91—94.
CHEN Sha-sha, ZHANG Yin, WANG Ze-wen, et al. The Curve Design of Cutting Edge in Micro Rotary Cutter[J]. Contemporary Farm Machinery, 2011(10): 91—94.
- [9] 单春贤,邵霞.小型电动型割草机刀盘变形实验分析与仿真[J].农业机械学报,2010,41(12):81—83.
SHAN Chun-xian, SHAO Xia. Simulation of Minitype Grass Trimmer' s Cutter Deformation[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2010, 41(12): 81—83.
- [10] 成大先.机械设计手册(第5版)[M].北京:化学工业出版社,2008.
CHEN Da-xian. Mechanical Design Manual (5th Edition) [M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2008.
- [11] WANG Yang. Dynamics Simulation Study of One-blade Cutting Sugarcane Process[C]// 2010 International Conference on Electrical and Control Engineering (ICECE), Wuhan, 2010: 5186—5190.
- [12] 段天青.双圆盘割草机的研制[D].甘肃:甘肃农业大学,2007.
DUAN Tian-qing. The Development of Double Discmower[D]. Gansu: Gansu Agricultural University, 2007.
- [13] PHILLIP C J, CLAIRMONT L C, SUNIL K M, et al. Cutting Energy Characteristics of Miscanthus Giganteus Stems with Varying Oblique Angle and Cutting Speed[J]. Biosystems Engineering, 2012(1): 42—48.
- [14] 陈超祥,胡其登.SolidWorks Motion运动仿真教程[M].北京:机械工业出版社,2012.
CHEN Chao-xiang, HU Qi-deng. SolidWorks Motion Motion Simulation Course[M]. Beijing: Machinery Industry Press, 2012.
- [15] SU Xiao-ping, XU Lian. Development of a Special Machine Rotating Cutter Based on Virtual Prototyping[J]. International Journal of Plant Engineering and Management, 2008, 13(2): 96—100.