

秸秆包装容器挤压机关键部件的设计研究

周威^{1,2}, 关祥毅², 花军^{1*} (1. 东北林业大学, 黑龙江哈尔滨 150042; 2. 哈尔滨商业大学, 黑龙江哈尔滨 150028)

摘要 为了生产环保型秸秆包装容器, 针对包装容器制作工艺进行分析, 阐述了挤压机工作原理。通过对植物秸秆和添加剂混合后的物料进行力学参数测量及挤压工艺的分析, 确定秸秆包装容器挤压机关键部件定量送料机构, 采用螺杆式输送给料机构; 挤压机机构采用凸轮式挤压进给机构。根据设计要求, 进行了螺杆式输送给料机构的参数化设计和凸轮曲线轮廓的设计。设计分析表明, 秸秆包装容器挤压机关键部件的设计能够满足挤压工艺要求, 结构简单、可靠, 能完成工作要求。

关键词 秸秆; 包装容器; 挤压机; 关键部件

中图分类号 S216.2 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2015)01-346-03

Design of Key Parts of Straw Packaging Container Extrusion Machine

ZHOU Wei^{1,2}, GUAN Xiang-yi², HUA Jun^{1*} (1. Northeast Forestry University, Harbin, Heilongjiang 15004; 2. Harbin University of Commerce, Harbin, Heilongjiang 150042)

Abstract To produce environmental straw packaging container, the production process of packaging container was analyzed, and the working principle of extrusion machine was elaborated. Through analysis and measurement of mechanical parameters and extrusion process for material plant straw and additives mixed, the extrusion machine adopting screw conveyor feeding mechanism and CAM type extrusion feed mechanism was determined. According to the design requirements, the screw conveyor feeding mechanism of parametric design and CAM curve profile design was conducted. Through the analysis, the design of the straw packaging container extrusion machine key components can meet the requirements of extrusion process, the structure is simple and reliable, and can complete the work requirements.

Key words Straw; Packaging container; Extrusion machine; Key components

包装材料是商品销售和贸易往来的重要组成部分, 植物秸秆已经被应用于包装材料。通过成型技术有效利用植物秸秆制作的包装容器具有广泛的应用前景^[1]。为了提升包装产品的竞争力, 为了高效、优质地完成秸秆包装容器的制作, 需利用高效、节能的包装容器挤压机。我国学者在这一领域开展了一系列的研究, 不仅对秸秆物理性质及压块成型等设备进行了研究^[2-6], 还对植物纤维一次性餐具成型机进行了一系列的优化^[7-10]。该文在分析秸秆与添加剂混合后物性的基础上, 优化了挤压工艺, 对包装容器挤压成型机的结构原理进行了探讨, 认为螺杆式输送给料机构和凸轮式挤压进给机构为挤压机设计的关键部件。针对这两个关键部件, 分别进行设计, 并通过运动力学分析, 使关键部件设计变得更为合理。

1 原料物性分析及工艺流程

1.1 原料物性分析 制作包装容器的植物秸秆物料特性决定了挤压机的工艺和技术要求。植物秸秆通过切削和粉碎后, 加入添加剂进行搅拌, 当搅拌均匀后, 物料通过输送装置传递到成型机模具中, 由挤压机在高温和高压下完成挤压工作。为了保证挤压质量和物料的流动性, 植物秸秆颗粒大小需要达到 60 目, 然后在颗粒中加入添加剂, 包括胶黏剂、偶联剂、稳定剂、抗氧化剂、润滑剂和防水剂。根据前序研究, 在植物秸秆颗粒中需要加入防水剂约占总重量的 4%, 同时选用 3% 羧甲基纤维素钠 (CMC) 和 4% 海藻酸钠作为补强剂, 聚乙烯醇和复合淀粉作为胶黏剂^[8]。在此种混合比例

下, 可以使挤压出的包装容器防水、防油, 且容易挤压成型。经过搅拌, 植物秸秆颗粒和添加剂混合均匀, 通过计量和输送装置使物料注入下模体, 由上模体挤压下模体, 进行加热和保压, 完成挤压工作。

1.2 工艺流程 完善可靠的工艺既可为生产提供指导, 又可为开发适合生产的设备和生产线提供参考。图 1 为植物秸秆包装容器生产工艺流程图, 各种造型的成型产品利用植物秸秆碎料通过添加不同的原料和添加剂压制成型生产。

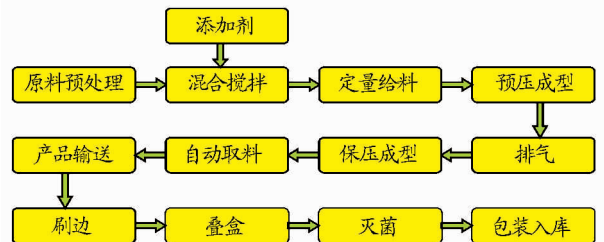


图 1 植物秸秆包装容器生产工艺流程图

在文献[8]中也给出了秸秆包装容器最佳成型工艺参数: 含水率 8%, 压力 1 000 kN, 下模温度 195 °C, 上模温度 200 °C, 定型时间 3 s, 保压时间 8 s。在此工作条件下加工出的包装容器质量最好。

2 挤压机主体结构设计

针对生产工艺流程, 挤压机要实现混合搅拌功能、定量送料、预压成型、排气处理、保压成型、刷边等工序的工作。其主体方案设计包括搅拌、送料和挤压 3 个重要步骤。

2.1 搅拌机构设计 搅拌前需对秸秆进行预处理, 以增加秸秆碎料与胶黏剂结合的表面积, 可提高成品的物理力学性能。利用组合式高速粉碎机对植物秸秆等进行粉碎, 使用分级筛筛选并过 80 目标标准筛; 最后将原料进行烘干预处理。运用搅拌机通过三维无死角的方式对物料进行混合搅拌 60

基金项目 黑龙江省自然科学基金项目 (NO. E2011147); 黑龙江省博士后资助经费项目 (NO. LBH-Z11256)。

作者简介 周威 (1977-), 女, 山东黄县人, 博士, 副教授, 在站博士后, 从事包装机械设计研究。* 通讯作者, 合作导师, 教授, 博导, 从事机械设计研究。

收稿日期 2014-11-13

min。搅拌机构采用旋转式的搅拌,搅拌机构搅拌完成后,直接将物料送入计量机构的输送料斗。

2.2 物料输送计量机构设计 给料系统由伺服电机驱动,控制螺杆进给,实现定量给料,伺服电机通过给定的脉冲数量控制转动角度,进而控制物料多少,保证进料精度。

通过螺杆计量来控制物料的进给,由于物料的流动性和黏性会由于颗粒大小、密度、粒度等因素的影响而不同,为了准确计量物料输送量,需对螺杆进行精确地设计,经测量,现生产碗口直径为 120 mm,高度为 55 mm 的秸秆包装容器所需要的材料容积为 41 000 mm³。

由于每个螺距都有确定的容积,当螺杆的转数确定,就能够获得较为精确的计量值。螺杆每转一圈次充填物料的体积可以求得:

$$v = F \times L \quad (1)$$

式中: V - 1 圈螺旋的容积 (mm³); F - 螺旋截面积 (mm²) $F = (s - b) \times t$ (其中 s - 螺距; b - 螺棱宽; t - 螺旋槽深度; L - 每圈螺旋周长 (mm), $L = \frac{\pi D m}{\cos \alpha}$ (其中 α - 螺旋升角; D - 螺纹直径, m - 螺纹头数)。

螺杆设计的主要参数包括:螺杆的直径、螺杆的长径比、螺槽深度、螺距、螺旋升角、螺棱宽等。单头螺纹的螺距 s 、螺旋升角 α 和螺杆直径 D 之间的关系为:

$$s = \pi \times D \times \tan \alpha \quad (2)$$

为了设计和加工的方便,设计时通常取螺距 s 等于螺杆外径 D ,即

$$s = D \quad (3)$$

故有 $\tan \alpha = 1/\pi$,这时的螺旋升角便等于 17°42'。

将以上公式代入公式(1)得

$$v = \frac{(s - b) \times t \times \pi \times D}{\cos \alpha} \quad (4)$$

根据经验公式,螺槽深度一般取 $t = (0.02 - 0.06) \times D$,

在此取 $t = 0.04 \times D$;螺棱宽一般取 $b = (0.08 - 0.12) \times D$,在此取 $b = 0.1 \times D$ 。

综合上式得 $D = 55.7 \text{ mm}$,取值 $D = 56 \text{ mm}$ 。

在设计和生产过程中,当生产能力、充填料物性质改变时,就需要更换不同的螺杆。为了便于螺杆造型过程的再现和修改,造型过程宜以程序形式实现;又为了进行多方案比较,有必要采用参数化设计,对一些特征量,如螺杆直径、螺槽深度、螺距、螺旋角、螺棱宽等,都设计成可变参数,在程序运行中由用户输入具体数值。

参数化造型是使用约束来定义和修改几何模型,约束包括尺寸约束、拓扑约束和工程约束,这些约束反映了设计时考虑的因素,实现参数化的那组参数与这些约束保持一定的关系。首先保证初始设计的形体满足这些约束,当用户输入那组参数的新值时,无需再次建立约束关系而能获得一个新的几何模型。

利用有限元软件中的螺旋扫描命令,可以快速生成螺杆。在定义螺杆截面时,将螺杆直径、螺槽深度、螺距、螺旋角、螺棱宽等设为参数,并将上文中各式定义为各参数之间的关系,经过系统内部计算,自动生成其他各参数的值如图 2,最终生成的螺杆实体模型见图 3。

名称	类型	数值	指定	访问	源	说明
PTC_COM...	字符串	lglg.prt	<input checked="" type="checkbox"/>		完全	用户定义的
V	实数	485.514373	<input type="checkbox"/>		锁定	关系
B	实数	1.600000	<input type="checkbox"/>		锁定	关系
S	实数	16.000000	<input type="checkbox"/>		锁定	关系
D	实数	16.000000	<input type="checkbox"/>		完全	用户定义的
T	实数	0.640000	<input type="checkbox"/>		锁定	关系
ALPHA	实数	17.420000	<input type="checkbox"/>		完全	用户定义的

图 2 螺杆各参数值

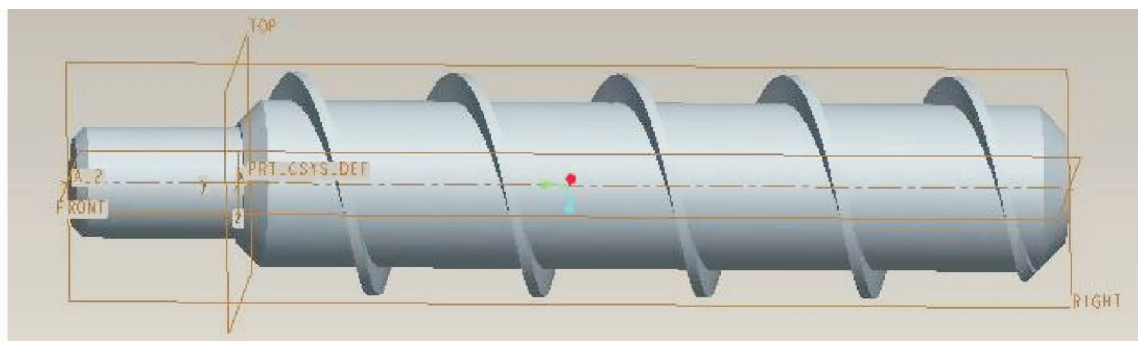


图 3 有限元软件生成的螺杆实体模型

2.3 挤压机构设计 挤压机构的下模体采用固定方式,固定在机架上,当螺杆将物料充填到下模体后,上模体通过进给机构控制,与下模体逐渐闭合,进行初压,然后撤压、排气、再次进给,实现保压。保压后,上模抬起,将挤压好的包装容器拿出,实现拔模运动。通过分析可以通过气动系统控制上模运动或通过凸轮机构实现上模运动,为了避免机器中加入

气动元件,增加气源等附属设备,采用凸轮控制进给装置。为了减小冲击,可将凸轮推程阶段分为 2 个部分,即在上模体靠近下模体的过程采用正弦加速度运动规律以保证较小冲击;为了挤压平稳,在预压阶段和排气阶段采用等速运动规律,保证挤压壁厚均匀。保压阶段即为远休过程,回程采用正弦加速度运动规律,脱模阶段为近休阶段。

根据所生产的包装容器高度为 55 mm, 为了方便脱模, 确定了上模体移动距离为 135 mm, 即上模体行程 h 为 135 mm。根据工艺流程, 预压阶段 3s, 保压阶段 8s, 脱模 4s, 确定了上模体快速进给到下模体时间为 5s, 上模体回程为 4s, 运动循环图见图 4。

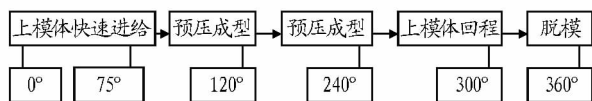


图 4 模具的运动循环图

根据工艺要求在推程采用上模体快速进给接近下模体然后匀速进给进行预压成型, 因此推程运动方程为:

$$s = h_1 \left(\frac{\varphi}{\Phi} - \frac{1}{2\pi} \sin \frac{\pi}{\Phi} \varphi \right) \quad \varphi \in [0, 75] \quad (5)$$

$$s = h_2 \frac{\varphi}{\Phi} \quad \varphi \in [75, 120] \quad (6)$$

$$h = h_1 + h_2$$

式中: s - 上模体移动位移 (mm); h - 行程 (mm); φ - 凸轮转角 ($^\circ$); Φ - 推程运动角 ($^\circ$); 其中, 根据工艺要求 $\Phi = 120^\circ$, $h = 135$ mm。

回程运动方程:

$$s = h \left(1 - \frac{\varphi}{\Phi'} + \frac{1}{2\pi} \sin \frac{2\pi}{\Phi'} \varphi \right); \varphi \in [240, 300] \quad (7)$$

Φ' - 回程运动角 ($^\circ$)。其中, 根据工艺要求 $\Phi' = 60^\circ$ 。

考虑从动件的受力情况, 根据式 (8) 计算基圆半径。

$$r_b = \sqrt{\left(\frac{|ds/d\varphi - e|}{\tan \alpha} - s \right)^2 + e^2} \quad (8)$$

确定出基圆半径 $r_b = 225$ mm 即可按解析法给出凸轮廓线表达式:

$$\begin{aligned} x &= (s + s_0) \sin \varphi + e \cos \varphi \\ y &= (s + s_0) \cos \varphi + e \sin \varphi \end{aligned} \quad (9)$$

$$s_0 = \sqrt{r_b^2 - e^2}$$

式 (9) 为理论廓线表达式。

$$\begin{aligned} x' &= x - r_c \cos \theta \\ y' &= y - r_c \sin \theta \end{aligned} \quad (10)$$

$$\cos \theta = - \frac{dy/d\varphi}{\sqrt{(dx/d\varphi)^2 + (dy/d\varphi)^2}}$$

$$\sin \theta = \frac{dx/d\varphi}{\sqrt{(dx/d\varphi)^2 + (dy/d\varphi)^2}}$$

式 (10) 为实际廓线表达式, 凸轮廓线见图 5。

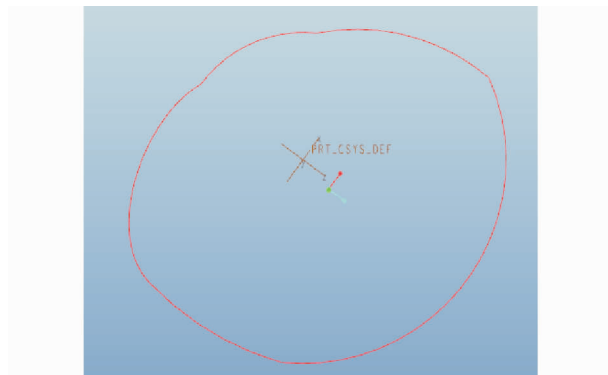


图 5 凸轮廓线

3 结论

分析了植物秸秆包装容器挤压机的工作原理, 结合秸秆与添加剂的物料特性及加工工艺, 对植物秸秆包装容器挤压机关键部件定量送料机构和挤压机机构进行了设计。

(1) 对物料定量送料机中的关键构件螺杆进行了参数化设计, 对于不同大小的包装容器, 可通过调整螺杆、套筒结构来完成物料的精确输送。

(2) 对挤压机机构关键构件凸轮进行了廓线设计, 通过凸轮挤压各过程的运动分析, 以减小冲击震动为目标, 建立了凸轮各部分的轮廓方程。

设计分析表明, 秸秆包装容器挤压机关键部件的设计能够满足挤压工艺要求, 结构简单、可靠, 能完成工作要求。

参考文献

- [1] 孟海波, 韩鲁佳. 秸秆物料的特性及其加工利用研究现状与应用前景[J]. 中国农业大学学报, 2003(6): 38-41.
- [2] 徐英英, 王红英, 李军国. 9SJP-20 型秸秆揉切挤压机的研制[J]. 农机化研究, 2006(7): 86-88.
- [3] 钱湘群. 秸秆切碎及压缩成型特性与设备研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2003.
- [4] 翁伟. HPB-IV 液压力式生物质(秸秆)成型机的设计及实验研究[D]. 郑州: 河南农业大学, 2006.
- [5] 马孝琴. 生物质(秸秆)成型燃料燃烧动力学特性及液压力式秸秆成型机改进设计研究[D]. 郑州: 河南农业大学, 2002.
- [6] 严永林. 生物质固化成型设备的研究[J]. 林业机械与木工设备, 2003, 31(12): 19-21.
- [7] 郝用兴, 刘仕平, 华林. 集成式植物纤维一次性餐具成型机[J]. 机械设计与制造, 2005(12): 117-118.
- [8] 周威. 植物秸秆包装容器造型设计研究[D]. 哈尔滨: 东北林业大学, 2010.
- [9] DOGHERTY O M J. A study of the physical and mechanical properties of wheat straw[J]. Agric Engng Res, 1995, 62: 133.
- [10] MARECHAL V, RIGAL L. Characterization of by-products of sunflower culture - commercial applications for stalks and heads[J]. Industrial Crops and Products, 1999, 10(3): 188.
- [11] 杨瑞吉. 农业生态学的多样化教学模式研究[J]. 安徽农业科学, 2011(10): 6272-6274.
- [12] 李培根, 许晓东, 陈国松. 我国本科工程教育实践教学问题与原因探析[J]. 高等工程教育研究, 2012(3): 1-6.
- [13] 杜敏华, 杨建伟, 刘雅婷, 等. 多媒体技术在中学生物教学中的应用[J]. 安徽农业科学, 2010(18): 9891-9892, 9910.
- [14] 尹宁伟. 中国一流大学实践教学体系建构的新趋势——基于《“985 工程”大学 2010 年度本科教学质量报告》的文本分析[J]. 中国大学教
- [15] 学, 2012(5): 82-88, 96.
- [16] 刘占柱, 姚丹. 农业院校多媒体教学中存在的问题及对策研究[J]. 安徽农业科学, 2010(22): 12263-12265.
- [17] 张英彦. 论高校实践教学目标[J]. 教育研究, 2006(5): 46-49, 58.
- [18] 朱建春, 张红, 李荣华. 对综合创新实践教学的经验性探索[J]. 安徽农业科学, 2009(22): 10802-10803, 10807.
- [19] 周建平. 大学实践教学的变革: 情境学习理论的视角[J]. 高教探索, 2009(4): 80-83.

(上接第 345 页)