

纸浆模塑包装制品分体式吸滤成形模具设计

边兵兵¹, 李伟平¹, 沈新², 李洪贵¹, 张新昌¹

(1. 江南大学, 无锡 214122; 2. 江苏新事达纸业有限公司, 无锡 214122)

摘要: **目的** 开发一种可生产无脱模斜度纸浆模塑包装制品的成形模具。**方法** 以一种纸浆模塑酒盒底托制品为例, 通过分析该制品的结构及成形工艺, 研究模具工作尺寸计算方法、制品脱模过程和成形模具分体结构。**结果** 基于纸模制品成形工艺及模具设计要求, 设计了一种分体式吸滤成形模具。**结论** 设计分体模具必须考虑纸模制品的平均收缩率及其波动、模具制造误差和装配误差等因素, 成形上模应沿对角线拆分成对称的两部分, 成形下模应设计能准确定位上模的凸缘结构。

关键词: 纸浆模塑; 成形工艺; 工作尺寸计算; 分体结构; 成形模具设计

中图分类号: TB486+.03 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2015)13-0086-04

Split Type Suck-filtration Mold for Molded Pulp Packaging Products

BIAN Bing-bing¹, LI Wei-ping¹, SHEN Xin², LI Hong-gui¹, ZHANG Xin-chang¹

(1. Jiangnan University, Wuxi 214122, China; 2. Jiangsu Xinshida Paper Co., Ltd., Wuxi 214122, China)

ABSTRACT: This experiment developed a kind of mold which can be used to produce the special molded pulp packaging products without draft angle. The molded pulp wine-box base was taken as an example. By analyzing the structure and molding process of the product, the calculation method of mold working dimensions, demolding process and split structure of the mold were studied. Based on the requirement of molding process and mold design of pulp molded products, a split type suck-filtration mold was designed. When designing the split mold, the factors must be considered such as the average shrinkage and its fluctuation, mold manufacturing and assembly errors, etc. The upper mold should be split into two symmetrical parts along the diagonal and the lower mold needed a flange structure to locate the upper mold accurately.

KEY WORDS: molded pulp; molding process; calculation of working dimensions; split structure; mold design

纸浆模塑制品是以植物纤维或废纸作为原材料, 经过碎解、打浆、成形、干燥等工序制得的^[1-2]。为了便于湿坯从模腔中脱模, 制品平行于脱模方向的表面必须具有一定的斜度(即脱模斜度)。斜度过小会造成制品表面产生拉痕或破裂, 斜度过大则会降低制品尺寸精度^[3-4]。有的制品精度要求高或内腔深度大, 其脱模斜度越小越好; 有的制品结构上要求侧壁直立(相邻侧面交角为 90°), 或具有封闭空腔, 或成形为小开口容器^[5-7], 其结构上不允许设计脱模斜度, 它们都无法使用传统模具生产。文中以纸浆模塑酒盒底托制品为例, 开发一种新型的分体式吸滤成形模具, 着重研究模具工作尺寸计算方法、制品脱模过程、模具的

分体结构设计。

1 纸浆模塑酒盒底托制品的结构及工艺分析

1.1 纸浆模塑酒盒底托制品结构

在一些特殊情形下, 需要利用纸浆模塑工艺成形酒盒底托、方盒等无脱模斜度的制品。以一种纸浆模塑酒盒底托为例, 这种底托用于替代原有的粘贴纸盒结构的纸质底托, 其结构由底托内衬和底托套组成, 见图1。底托套需要平顺地与酒盒盒罩内表面贴合, 因而设计成直壁结构, 其相邻壁面间互成 90° 。

收稿日期: 2014-12-24

作者简介: 边兵兵(1989—), 男, 江西吉安人, 江南大学硕士生, 主攻纸质包装结构及加工装备开发。

通讯作者: 张新昌(1961—), 男, 河南人, 江南大学教授、硕士生导师, 主要研究方向为产品包装整体解决方案、包装材料与结构。

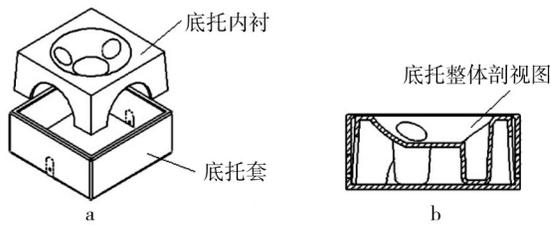


图1 纸浆模塑酒盒底托结构方案

Fig.1 The scheme of molded pulp base of wine box

1.2 底托套成形工艺分析

酒盒底托套是直壁的规则方形壳体,2个侧壁的对称位置上分别有一个用于酒盒封装和破坏性开启的功能性结构,它由铆钉孔和撕裂线组成,见图2。由于酒盒底托套的外壁需要与盒罩相贴合,且底托套外壁为展示面,所以外壁的外观要求较高,应选择底托套外壁面作为成形时的过滤面(制品湿坯与滤网相接触的面)。对于制品的其他功能性结构,一般在制品成形后的辅助加工阶段完成,成形时无需考虑。

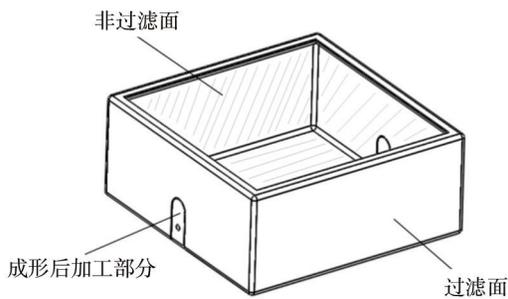


图2 酒盒底托套结构

Fig.2 The structure diagram of base of wine box

纸浆模塑制品的成形方法主要有真空负压成形法、压力成形法和压缩空气成形法等3种,根据模具的上浆方式不同,又可分为模内定量注浆法和模外吸浆法两大类^[8]。根据3种不同的纸浆模塑成形方式的特点,并结合直壁形底托套制品的生产要求,应选取注浆式真空吸滤成形工艺。底托套制品的成形工艺流程为:模框闭合—冲水和注浆—抽真空脱水成形—模框开启—湿坯脱模并转移到下个工位。其特点是设备简单、投资少、操作容易,但吸滤时间较长,且通过冲水和注浆的冲力来搅匀浆料,均匀性难以保证^[9]。

2 分体成形模具工作尺寸的计算方法

纸浆模塑成形模具的工作尺寸是指模具与制品

接触并决定制品几何形状的各处尺寸,模具工作尺寸的准确性对制品尺寸精度影响较大。纸浆模塑制品在成形时从湿坯到成品,由于水的排除而发生收缩,且同一个制品不同部位的收缩率都不相同且无规律。此外,制品的实际收缩率与浆料种类、制品结构与形状、成形条件及干燥方式等因素有关,这给纸浆模塑成形模具的工作尺寸计算造成了很大困难。

文中所述底托套制品的外形是规则的方形结构,则模具的工作尺寸具体是指模腔的长、宽和深度方向的尺寸,它们属于同类尺寸,其计算方法是相同的,一般使用平均收缩率法来计算,因此模具模腔工作尺寸的基本公式^[10]为:

$$L_m = (1 + \bar{S}) \cdot L_s \quad (1)$$

式中: L_m 为模具的公称尺寸(mm); L_s 为制品成品的公称尺寸(mm); \bar{S} 为平均收缩率, $\bar{S} = \frac{S_{\max} + S_{\min}}{2} \times 100\%$ 。

式(1)只考虑了制品的平均收缩率,但收缩率在纸模制品不同部位会有变化,其引起的误差应小于制品公差 Δ 的1/3,模具制造也会带来误差,可取制品公差的1/3~1/4。另外,由于文中研究的模具是分体结构,其装配误差不容忽视,可取制品公差的1/6左右。但各项累积误差不能超过制品规定的公差值。

考虑到以上几个对模腔尺寸影响较大的因素,基本公式(1)可调整为:

$$L_m + \frac{\delta_z}{2} + \frac{\delta_c}{2} + \frac{\delta_a}{2} = (L_s - \frac{\Delta}{2}) \cdot (1 + \bar{S}) \quad (2)$$

式中: δ_z 为模具制造误差(mm); δ_s 为收缩率变化误差(mm); δ_a 为模具装配误差(mm); Δ 为制品公差值(mm)。

略去式(2)中比其他各项小得多的 $(\Delta/2)\bar{S}$, δ_z , δ_s , δ_a 是与 Δ 有关的量,可令 $x\Delta = (\delta_z + \delta_s + \delta_a + \Delta)/2$,根据 δ 取值范围可确定 $x=0.5\sim 0.9$ (当制品尺寸较大、精度要求低时取小值,反之则取大值)。由公式(2)可得到模腔工作尺寸计算公式:

$$(L_m)_0^{+\delta} = [(1 + \bar{S})L_s - x\Delta]_0^{+\delta} \quad (3)$$

若将式(3)中 $x\Delta$ 位置进行调整,即将 $x\Delta$ 从式(3)中基本尺寸计算中调至公差带中^[11],则公式(3)可变为:

$$(L_m)_0^{+\delta} = [(1 + \bar{S})L_s]_{-x\Delta}^{+\delta-x\Delta} \quad (4)$$

高档纸模制品对于尺寸的精度要求较高,如果按照公式(1)来计算其模具的工作尺寸,难以保证制品的尺寸精确度。式(3)和式(4)考虑到了收缩率的变化、模具制造及装配误差,用于分体模具工作尺寸的

计算更加准确和可靠,有助于提高制品的尺寸精度。

3 分体式吸滤成形模具设计

分体式吸滤成形模具与传统模具区别在于:模具需拆分成若干部分以便制品脱模。模具的拆分方式受制品的脱模方式和外观质量要求的影响。

3.1 分体模具结构设计要求

纸浆模塑制品的模具设计是整个生产工艺中的关键^[12]。根据制品的结构及成形工艺要求,可提出分体式吸滤成形模具的设计要求:模具应能满足无脱模斜度的直壁形纸模制品的成形和脱模要求;成形制品湿坯的厚度均匀,且模具接缝部位对制品外观质量影响小;分体部分定位可靠,保证分体模具开模、合模动作的精准度,以保证制品尺寸和质量稳定。

3.2 制品脱模过程及成形模具分体结构

3.2.1 制品脱模过程分析

为使直壁形纸模制品脱模时各个过滤面能够分别与模具脱离,要求模具的工作面与制品相应的过滤面有法向运动(即分离)。如图2所示,底托套制品有5个过滤面,在制品湿坯从模腔内脱模和转移时,要求5个过滤面分别与模腔工作面分离。无脱模斜度的制品的脱模方向应为壁面的法线方向,以免脱模时制品湿坯与模具发生切向运动而损伤壁面。如图3所示,直壁形纸浆模塑底托套的脱模过程可确定为:模具与湿坯底面分离—湿坯随同转移模转移到下道工序—湿坯其余4个壁面与转移模分离。

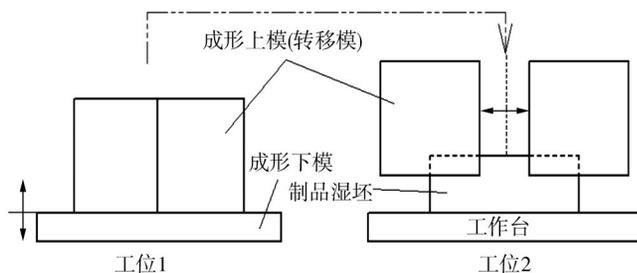


图3 制品湿坯脱模过程

Fig.3 Demolding process of the wet billet of the product

3.2.2 成形模具的分体结构分析

上述脱模过程决定了成形模具至少得拆分成下模和上模两大部分,分别用于成形制品底面和其余4个直壁面,其中上模同时充当了转移模的角色。为使制品转移后能够顺利脱模,上模应拆分成2部分。

上模的拆分主要有如图4所示的2种形式,而且2种分体结构所对应的开模方向(如图3中箭头所示)也不同。

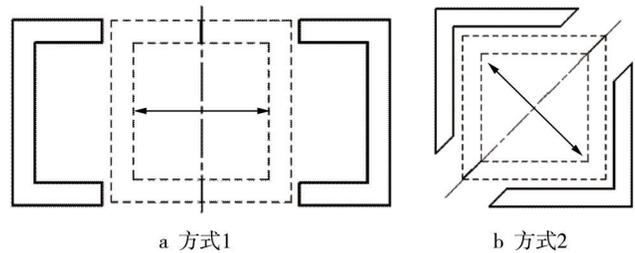


图4 模具的2种拆分方式

Fig.4 Two kinds of splitting modes of mold

上模的拆分形式直接影响制品湿坯的外观质量和脱模可靠性。一方面,模具拆分后,其接缝处会使制品成形后在外壁上产生2条分型线,但方式2的分型线在制品棱边上,外观影响较小;另一方面,按方式1拆分的模具开模过程中,模具仍有2个面与湿坯外壁保持接触,这容易导致湿坯脱模时外壁损坏,且要求模具移动很大距离。对于方式2,模具开模时分别沿对角线方向移动一小段距离,模具工作面即可与制品湿坯外壁分离而实现脱模,可靠且高效。综合考虑,按方式2拆分模具更加合理。

3.3 分体式成形模具的结构

纸浆模塑成形模具一般由凸模、凹模、网模、模座、模具背腔和气室等组成,通过模具座安装在成形机的模板上^[13]。基于制品成形工艺及分体模具设计要求,所设计的分体式成形模具结构见图5,包括成形上模和成形下模两大部分,其中成形上模是对称的分体式结构。在成形过程中,成形上、下模合模形成一个模腔,通过注浆头往模腔中定量注浆,注浆的同时进行抽真空,滤液通过模具滤水孔排出模腔,而纸浆纤维逐渐沉积在网模上,直至定量的浆料全部吸滤完毕,得到一定厚度的制品湿坯。

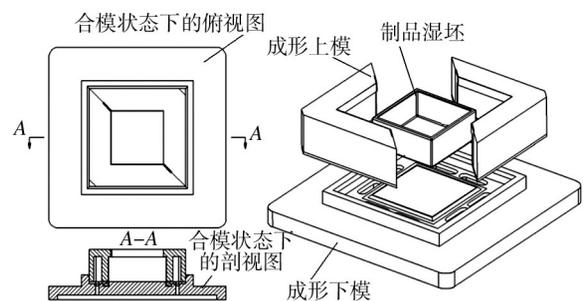


图5 分体成形模具结构

Fig.5 The structure diagram of split type mold

3.3.1 成形上模

成形上模由2个对称部分组成,结构见图6。它是具有一定壁厚的壳体,其内部开设了背腔,上模的背腔通过压网片2上的排水排气口与下模背腔相通。上模的工作面与背腔之间由滤水孔连通,工作面上部的开孔率比下部大。抽真空时,背腔内的真空度使模具工作面两侧形成压差^[14],滤液从小孔中进入背腔,并通过排水排气口进入下模的背腔,纸浆纤维则被网模截留而逐渐沉积形成制品湿坯。

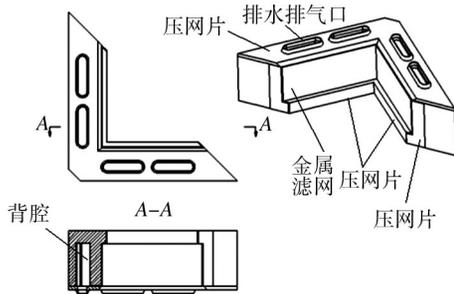


图6 成形上模结构

Fig.6 The structure diagram of upper mold

在模具工作过程中,成形上、下模之间及成形上模2个分体结构之间有频繁地分模、合模动作,模具分体结构的结合部位要承受冲击、摩擦等负荷,易发生磨损、疲劳和变形等现象。为保证模具使用寿命和模腔整体密封性,压网片应使用耐磨性、密封性较好的硬质材料。

3.3.2 成形下模

成形下模不仅是成形制品湿坯的重要部分,也是放置和定位成形上模的模座,它们合模后形成一个模腔,其结构见图7。凸缘结构可以准确而可靠地定位成形上模,同时能防止吸滤时模腔内的水外溢。下模有与上模相对应的排水排气口,并且互相连通,下模

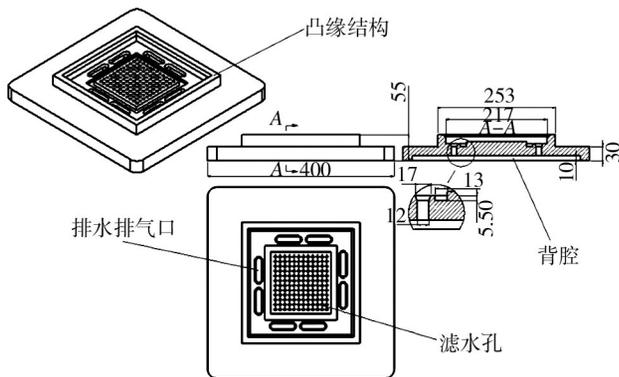


图7 成形下模结构

Fig.7 The structure diagram of lower mold

底部有背腔,工作面上均匀分布着滤水孔,并附有金属滤网,滤水孔与背腔相通。模具通过模座安装在成形机的模板上,模板的另一面安装有气室,气室与背腔相通^[15]。

4 结语

文中以无脱模斜度的酒盒底托套纸模制品为例,研究了一种分体式吸滤成型模具。在设计此类模具时需注意:除了考虑纸模制品的平均收缩率、分体模具的工作尺寸的计算外,还应考虑制品收缩率的波动、模具制造误差和装配误差等因素;模具模腔为方形结构,成形上模应沿对角线拆分成对称的两部分,从而对制品湿坯的外观质量影响较小,脱模效率更高,成形下模应能准确而可靠地定位成形上模;成形下模应设计合理的与上模外形结构相吻合的凸缘结构,以使成形上模定位可靠,同时防止注浆时模腔内的水外溢。

采用文中所开发的分体式吸滤成型模具,在制品成形后,模具分体部分可按一定方式运动,使模具沿制品外壁法线方向开模,制品脱模过程可靠而高效。

参考文献:

- [1] 朱圣光,夏欣. 纸浆模塑工艺与技术[M]. 北京:机械工业出版社,2007.
ZHU Sheng-guang, XIA Xin. The Process and Technology of Paper Molded Pulp[M]. Beijing: Machinery Industry Press, 2007.
- [2] 李新芳. 纸浆模塑材料性能的研究现状和开发应用[J]. 包装工程,2009,30(1):124—126.
LI Xin-fang. Research Progress and Application of Pulp Molded Material[J]. Packaging Engineering, 2009, 30 (1) : 124—126.
- [3] 黄俊彦. 纸浆模塑产品的结构形式及其设计[J]. 中国包装工业,2010(9):69—71.
HUANG Jun-yan. The Structure and Design of Pulp Molded Products[J]. China Packaging Industry, 2010(9):69—71.
- [4] 陈海燕. 纸浆模塑产品的模具设计研究[D]. 西安:西安理工大学,2007.
CHEN Hai-yan. Research on the Mold Design of Molded Pulp Product[D]. Xi'an: Xi'an Science and Engineering University, 2007.
- [5] 曹国荣. 纸浆模塑产品的研究进展[J]. 包装工程,2006,27(1):25—27.
CAO Guo-rong. Progress in the Development of Molded Pulp

- 化研究[J]. 中南林业科技大学学报, 2012, 32(11): 177—180.
- HAO Jing-xin, LIU Wen-jin, WU Xin-feng. Optimal Model for Lengthwise Cutting Bamboo Tube to Prepare Rectangle Strip[J]. Journal of Central South University of Forestry & Technology, 2012, 32(11): 177—180.
- [15] 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 Design of Packaging Machine[J]. Package Engineering, 2005, 26(1): 19—21.
- [16] 李世国, 华梅立, 贾锐. 产品设计的新模式——交互设计[J]. 包装工程, 2007, 28(4): 90—92.
- LI Shi-guo, HUA Mei-li, JIA Rui. A New Mode of Product Design Interaction Design[J]. Package Engineering, 2007, 28(4): 90—92.
- [17] 杨明朗, 王红. 人机交互界面设计中的感性分析[J]. 包装工程, 2007, 28(11): 11—13.
- YANG Ming-liang, WANG Hong. Emotional Analysis of Man-machine Interaction Interface Design[J]. Package Engineering, 2007, 28(11): 11—13.
- [18] 韩志强. 步进电机 PLC 控制的研究设计[J]. 轻工机械, 2006, 24(4): 114—115.
- HAN Zhi-qiang. Stepper Motor PLC Control Study Design[J]. Light Industry Machinery, 2006, 24(4): 114—115.
- [19] 唐竞新. 脉冲电流源型步进电机驱动器的研究[J]. 清华大学学报: 自然科学版, 1999, 39(9): 122—126.
- TANG Jing-xin. Pulse Current Source Type Stepping Motor Drives[J]. Journal of Tsinghua University: Science and Technology, 1999, 39(9): 122—126.

(上接第 89 页)

- Products[J]. Packaging Engineering, 2006, 27(1): 25—27.
- [6] 刘志忱, 叶柏彰. 封闭式型腔制品使纸浆模塑产业更上一层楼[J]. 中国包装, 2006(3): 76—77.
- LIU Zhi-chen, YE Bai-zhang. Closed Cavity Products Make the Molded Pulp Industry Have a Further Improvement[J]. China Packaging, 2006(3): 76—77.
- [7] AKIRA N, YASUSHI Y, YASUSHI Y, et al. Method for Producing Pulp Molded Article: US, 006605187B1 [P]. 2003.
- [8] 黄俊彦, 朱婷婷. 纸浆模塑生产实用技术[M]. 北京: 印刷工业出版社, 2007.
- HUANG Jun-yan, ZHU Ting-ting. Practical Technology for Production of Molded Pulp[M]. Beijing: The Printing Press, 2007.
- [9] 求亚珍, 俞威. 纸浆模塑中捞浆与灌浆方式对制品均匀一致性的影响[J]. 轻工机械, 2005(3): 121—122.
- QIU Ya-zhen, YU Wei. Influences on Pulp Homogeneity by Way of Dredging & Filling in Pulp Molding[J]. Light Industry Machinery, 2005(3): 121—122.
- [10] 杨予勇, 孟静. 注射模工作尺寸简单计算法研究[J]. 模具工业, 2006, 32(10): 54—58.
- YANG Yu-yong, MENG Jing. Simple Computational Method for Working Dimensions of Injection Mould[J]. Die & Mould Industry, 2006, 32(10): 54—58.
- [11] 任长春, 单以才, 谢波. 注塑模具成形零件工作尺寸工程算法研究[J]. 现代塑料加工应用, 2012, 24(5): 53—56.
- REN Chang-chun, SHAN Yi-cai, XIE Bo. Engineering Algorithm Research on Injection Mould Shaping Part Dimensions [J]. Modern Plastics Processing and Applications, 2012, 24(5): 53—56.
- [12] 陈海燕, 杨斌. 纸浆模塑制品工艺及其模具设计[J]. 广东印刷, 2007(2): 39—42.
- CHEN Hai-yan, YANG Bin. Process and Mold Design of Pulp Molded Product[J]. Guangdong Print, 2007(2): 39—42.
- [13] 于永建, 张新昌. 纸浆模塑真空吸滤成形阻力因素分析[J]. 包装工程, 2005, 26(1): 12—13.
- YU Yong-jian, ZHANG Xin-chang. Analysis on Resistance of Vacuum Filtering Molding Process[J]. Packaging Engineering, 2005, 26(1): 12—13.
- [14] 张以忱, 黄英, 姜翠宁. 纸浆模塑真空吸滤成形机理研究[J]. 真空, 2003(3): 52—57.
- ZHANG Yi-chen, HUANG Ying, JIANG Cui-ning. Shaping Principle of Vacuum Filtering of Pulp-Molding[J]. Vacuum, 2003(3): 52—57.
- [15] 欧汉德. 纸塑吸滤模具中吸滤成形设计的改进研究[J]. 模具制造, 2011(1): 69—71.
- OU Han-de. Improvement of Design for Paper Suction Molding Mold[J]. Mold Manufacturing, 2011(1): 69—71.