

立式双辊道环模成型机压缩室结构设计

王述洋, 王九龙*, 崔金磊, 牛海峰, 苏君 (东北林业大学机电工程学院, 黑龙江哈尔滨 150040)

摘要 生物质燃料成型设备在实现生物质能源有效利用的过程中,起着十分重要的作用。该文对立式双辊道生物质燃料环模成型机的压缩室及压辊、成型模具等主要机构进行了结构设计,并且探讨了制粒攫取的条件,推导了变形压紧区被压入物料高度的计算公式,为环模成型机的结构优化提供了理论依据。

关键词 生物质燃料;双辊道;压缩室;结构设计

中图分类号 S216 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2014)10-03126-02

The Structural Design of Compression Chamber on Vertical Double Roller Ring-die Molding Machines

WANG Shu-yang, WANG Jiu-long et al (College of Mechanical and Electrical Engineering, Northeast Forestry University, Harbin, Heilongjiang 150040)

Abstract In the process of achieving effective utilization of biomass energy, biomass fuel molding equipments play a very important role. This paper is going to put a design of compression chamber on vertical double roller biomass fuel ring-die molding machines, mainly about pressure rollers and molds. Besides, this article investigates the grab conditions of granulation and deduces the formula of the pressed material height in the compression deformation zone, so that it can provide a theoretical basis for the structure's optimization of ring-die molding machines.

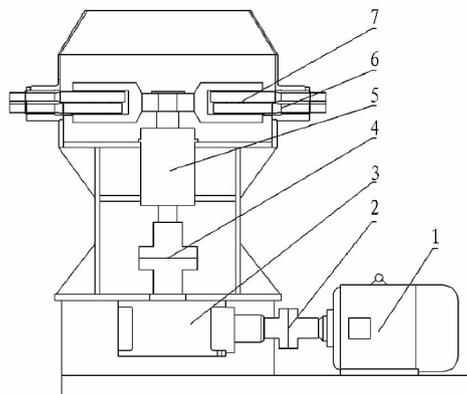
Key words Biomass fuel, Double roller, Compression chamber, Structural design

我国是一个生物质能源十分丰富的国家,每年约有2.5亿t的农作物秸秆可用于生产致密成型燃料,可加工成2亿t左右的生物质成型燃料。若用这些生物质成型燃料替代等量的煤炭,不仅可以满足2亿户农民的生活能源需求,还可以有效地减少CO₂、SO₂、烟尘排放量,分别达到4.2亿t、120万t、300万t^[1]。所以,无论在我国现阶段还是未来的发展过程中,大力发展和推广秸秆成型燃料都具有十分必要的战略意义。

生物质致密成型技术不仅能方便生物质的运输,而且还能提高生物质能源焚烧效率、减少环境的污染。在生物质成型燃料的生产过程中,主要有环模成型机、平模成型机、螺旋挤压成型机、活塞冲压成型机4种类型的成型设备。其中环模成型机由于结构简单、单机产量大、成型效果好、压缩密度大等特点而被广泛使用。目前,市场上的环模成型机有立式和卧式2种形式(区别在于环模位置不同),立式环模成型机主要用于生产孔径尺寸较大的成型燃料,后者则用于尺寸较小的成型燃料。但是,当前立式环模成型机主要采用单辊道的结构形式,而且多为一体式成型环模,这种结构形式不仅造成电能的极大浪费、产量不高,而且增加了设备的维修难度,提高了维护成本和生产成本。因此,设计一台具有能耗低、寿命长、产量高、易维修、易更换、成型效果好的立式双辊道生物质燃料环模成型机(简称立式双辊道环模成型机)具有重要意义。该文主要对立式双辊道环模成型机的压缩室及压辊、成型模具等主要机构进行了结构设计,探讨了环模成型机制粒的攫取条件,并对变形压紧区的被压入物料高度进行了计算分析。

1 压缩室结构设计

1.1 成型过程 所设计的立式双辊道环模成型机整机结构如图1所示,其产量为1.5~2t/h,生产的燃料直径为 $\phi 25$ mm。电机(37kW)启动后,通过减速器进行减速后带动主轴转动,此时,固定在主轴上的压辊作旋转运动,将压缩室内的生物质物料(10~30mm)送入成型模具中进行压缩成型。环模成型机工作时,经过切碎或粉碎后的生物质原料通过喂料机构进入到压缩室,在压辊的旋转作用下,被送入到压缩室的生物质原料均匀地铺在环模盘以后,进入到模辊间隙,产生强烈的摩擦挤压。在压辊的循环挤压下成型模孔中的温度不断升高,此时原料中的木质素不断软化而具有一定的粘结力,从而使得受到外力挤压的生物质颗粒之间相互粘接,然后进入保型段。随着生物质原料的不断加入,符合要求的成型燃料不断从成型模孔中挤出,达到一定重量和长度后就自行脱离模孔^[2],其成型密度可达1g/cm³。在生物质燃料的整个成型过程中,主要分为散料区、变形压紧区和挤压成型区3个区域(图2)。



注:1-电动机;2-联轴器1;3-减速器;4-联轴器2;5-轴承支撑;6-成型模具;7-压辊。

图1 立式双辊道环模成型机的结构示意图

1.2 压辊结构设计 压辊是环模成型机中重要的部件,同

作者简介 王述洋(1957-),男,黑龙江哈尔滨人,博士,博士生导师,国家二级教授,从事生物质能源与材料开发利用技术及装备研究。*通讯作者,在读硕士研究生,研究方向:新能源特种机械及机电一体化工程。

收稿日期 2014-02-04

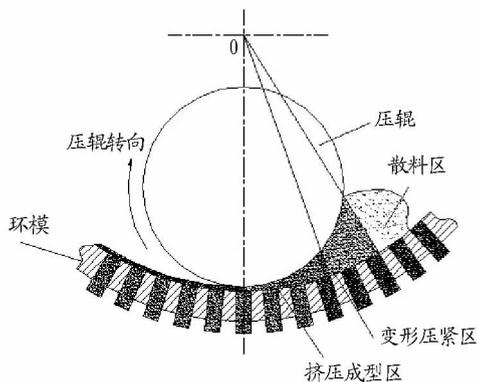


图2 成型过程示意图

时也是易损件。压辊的工况条件十分恶劣,在工作过程中承受的摩擦力大、振动剧烈。在温度较高的情况下,易产生快速摩擦磨损。如果压辊支撑轴承密封和润滑不合格,则会快速升温与侵入的灰土胶合在一起,产生严重的磨损甚至停转^[2]。而且双辊道环模成型机所需的压辊,如果采用一体式的结构,则在工作过程中容易出现“卡辊”现象。

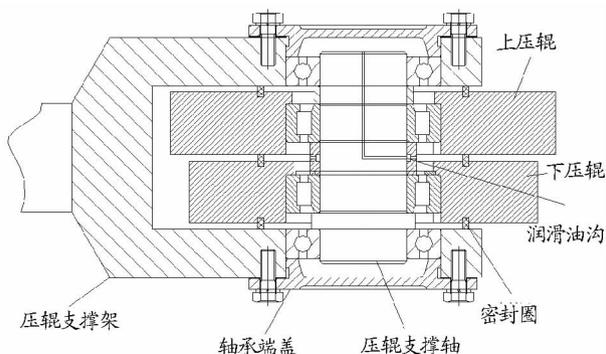


图3 双压辊结构示意图

为了提高压辊的耐磨性,延长使用寿命,设计的压辊材料选用优质合金钢,如 27SiMn、20Cr 等;为了防止出现“卡辊”现象,设计采用阶梯式独立双压辊结构,如图 3 所示。

这种阶梯式独立双压辊结构,上、下压辊可分别绕压辊支撑轴转动,因此可以避免压辊完全“卡死”的现象,而且压辊更换方便,节省了维修成本。

1.3 成型模具的结构设计 环模是环模成型机中最重要的部件,传统的结构形式主要为整体式、套筒式和分体模块 3 种形式^[2]。设计采用阶梯式、双层模孔的成型模具,直接镶嵌到环模盘中。当模孔的长径比为 5~8 时,成型效果较好^[3],设计选择的模孔长径比为 6,即成型模具的有效长度 $L = 150 \text{ mm}$,模孔的直径 $d = 25 \text{ mm}$;为了减小物料的入孔阻力,成型模具的进料孔口应有合适的锥度,如图 4 所示。

环模盘固定在机架上,成型模具镶嵌在环模盘中,二者采用过盈配合,上、下环模盘利用螺栓固定在一起,图 5 为压缩室的结构示意图。成型模具选用合金渗碳钢种或低碳镍铬合金,如含 Cr、Mn、Ti 等^[4],环模盘的材料可选用普通的碳素钢,如 45 钢。这种合金钢与普通钢的搭配使用,可以有效降低生产成本。另外成型模具采用镶嵌型结构,方便了磨损模具的更换,能够很好地节省维护费用。

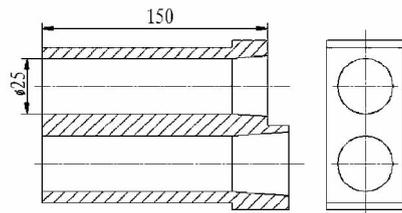
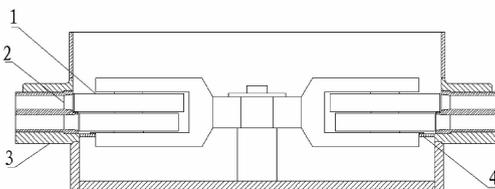


图4 成型模具结构



注:1-压辊;2-成型模具;3-环模盘;4-物料挡板。

图5 压缩室结构示意图

2 制粒攫取条件与被压入物料高度的分析

生物质物料从散料区进入变形压紧区主要依靠环模表面、压辊与物料之间的摩擦力^[5]。当进入变形压紧区的物料越多时,成型机的产量也就越高,因此有必要探讨一下物料被带入变形压紧区的条件(制粒攫取条件)和被压入物料的高度。

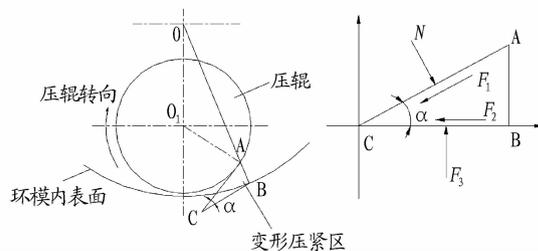


图6 立式双辊道环模成型机压缩室受力分析

取散料区与变形压紧区边界处的一小段物料进行受力分析,如图 6 所示。图中 A 点为变形压紧区的临界点,B 点为 OA 的延长线与环模内表面的交点,过 A、B 两点分别作切线,相交于点 C。以点 C 为坐标原点,CB 为 x 轴,图中 $\angle ACB = \alpha$,即为攫取角。取物料的三角柱 ABC 进行受力分析,压辊对其的压力为 N ,摩擦力为 F_1 ,环模内表面对其的压力为 F_3 ,摩擦力为 F_2 。

物料进入变形压紧区的阻力为:

$$F_{\text{阻}} = N \cdot \sin \alpha \quad (1)$$

攫取物料进入变形压紧区的力为:

$$F_{\text{攫}} = F_1 \cos \alpha + F_2 \quad (2)$$

假设物料与压辊、环模内表面的摩擦系数分别为 f_1 、 f_2 ,则有:

$$F_{\text{攫}} = f_1 \cdot N \cdot \cos \alpha + f_2 \cdot F_3 \quad (3)$$

物料进入变形压紧区的攫取条件是 $F_{\text{攫}} \geq F_{\text{阻}}$,即:

$$f_1 \cdot N \cdot \cos \alpha + f_2 \cdot F_3 \geq N \cdot \sin \alpha \quad (4)$$

由图 6 可知:

$$F_3 = N \cdot \cos \alpha + f_1 \cdot N \cdot \sin \alpha \quad (5)$$

(下转第 3130 页)

及相关学科扎实的理论知识,以及丰富的信息检索实践经验,还要求教师具有灵活运用知识的能力、良好的逻辑思维能力。PBL教学方法中,教师提出的问题应该难度适中,题目既不能太大,涵盖过多研究内容,也不能太小,输入几个题目中的检索词就可以直接完成任务。理想的情况是学生既可以直接理解问题,又对问题的解决带有探索性,能够提高学生的兴趣。在问题的设置上,还应该从易到难,逐步考虑将检索词的选择方法、同义词扩展、检中文献对问题的新认识、一次检索后的扩检与缩检等各种检索技巧融入到各种不同的检索工具中,从而使学生逐步自主地掌握各种检索工具的使用方法和技巧。

4.3 教师要参与分组讨论 在每组进行分头检索后,组内要对检索中遇到的各种问题进行讨论,此时,通过组内成员的协作,可以自行解决某些小问题,但是可能有些检索技巧或难一点的问题,学生还无法自行解决,这时候教师再参与讨论,让学生先陈述自己的检索过程和结果,然后有针对性地分析检索过程中存在的问题,同时讲授相关的检索技巧及学生提出的疑难问题,这样学生也能更快地领悟和掌握文献检索的技巧和难点。

4.4 教师要做好总结性发言 教师参与各组的讨论后,最后要在全班进行总结性发言,这个发言内容要全面,要把各组遇到的各种问题和教师认为目前尚未发现,但是学生将来

可能遇到的问题向学生进行一一讲解,这样才能把所有检索技巧传授给学生,并让所有学生全面掌握文献检索课程的内容,将来就能自如地应对各种文献需求的问题。

5 结语

综上所述,文献检索课是一门实践性很强的课程,传统的教学方式不能获得良好的教学效果,而PBL这种以问题为中心的教学法却能够激发学生强烈的学习兴趣,培养学生良好的学习习惯,非常适合于文献检索这种实践性很强的课程。通过笔者4年来分别采用传统教学方式和PBL教学法进行食品专业文献检索课程教学,比较教学效果发现,采用PBL教学法的教学效果明显优于传统教学法。但在食品专业文献检索领域,PBL教学法目前仍处于摸索阶段,有些环节仍然存在问题,相信随着教学的不断深入,方法的不断改进,教学效果将会越来越好。

参考文献

- [1] 张文华,黄志中,张晓文. PBL教学法在进修生文献检索教学中的应用[J]. 中国医学教育技术, 2009, 23(5): 504-506.
- [2] BARROWS H S, TAMBLYN R M. The portable patient problem pack a problem-based learning unit [J]. Journal of Medical Education, 1977, 52(12): 1002-1004.
- [3] 何立芳,彭建波. PBL教学法在文献检索课中的实践和体会[J]. 图书馆工作与研究, 2007(4): 82-83, 108.
- [4] 王剑,刘研,张锦萍,等. 文献检索课PBL教学模式应用探析[J]. 卫生职业教育, 2012, 30(6): 44-45.
- [5] 张佳,陈杰,窦丽华. PBL教学模式在自动化专业文献检索教学中的应用[J]. 中国现代教育装备, 2013(17): 49-50.

(上接第3127页)

由于 $0^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$, 所以联立(4)、(5)得:

$$\tan \alpha \leq \frac{f_1 + f_2}{1 - f_1 \cdot f_2} \quad (6)$$

由式(6)可知, α 与摩擦系数 f_1, f_2 成正比关系, 影响摩擦系数的因素(压辊材料、物料成分等)也是影响攫取角 α 的因素。在环模成型机工作的过程中, 只有满足式(6)的攫取条件, 物料才能被挤压制粒。

在图6中, 设环模的内表面半径 OB 为 R , 压辊的外表面半径 O_1A 为 r , OA 的长度为 x , 由几何关系可知: $\angle OAO_1 = \angle ACB = \alpha$, 由于压辊与环模内表面之间的距离很小, 跟 $R-r$ 相比可以忽略不计, 因此在三角形 OAO_1 中, 利用余弦公式有:

$$\cos \alpha = \frac{r^2 + x^2 - (R-r)^2}{2 \cdot r \cdot x} \quad (7)$$

由实际情况可知:

$$x > 0, R > r \quad (8)$$

根据式(7)可得:

$$x^2 - 2r \cdot \cos \alpha \cdot x + r^2 - (R-r)^2 = 0 \quad (9)$$

式(9)有实数解的条件是 $\Delta \geq 0$, 即:

$$\begin{aligned} \Delta &= (-2r \cdot \cos \alpha)^2 - 4 \cdot [r^2 - (R-r)^2] \\ &= 4r^2 \left[\left(\frac{R}{r} - 1 \right)^2 - \sin^2 \alpha \right] = 4r^2 \left(\frac{R}{r} - 1 + \sin \alpha \right) \cdot \left(\frac{R}{r} - 1 - \sin \alpha \right) \geq 0 \end{aligned} \quad (10)$$

由式(8)可知, 当式(10)成立时, 则要求:

$$\left(\frac{R}{r} - 1 - \sin \alpha \right) \geq 0 \quad (11)$$

当式(11)成立时, 解式(9)得:

$$x = r \cdot \cos \alpha + \sqrt{r^2 \cos^2 \alpha - (2R \cdot r - R^2)} \quad (12)$$

则被压入物料的高度 h (即 AB 的长度)为:

$$h = R - x = R - r \cdot \cos \alpha - \sqrt{r^2 \cos^2 \alpha - (2R \cdot r - R^2)} \quad (13)$$

根据式(6)与式(13)可知, 被压入物料的高度与压辊、环模的结构参数及物料特性有关。当压辊、环模的材料、尺寸一定, 被加工物料种类、属性参数确定时, 则被压入物料的高度就一定, 即使加入过多的物料, 也不会增加产量。

3 结论

对立式双辊道环模成型机压缩室进行了结构设计: 压辊采用阶梯式独立双压辊结构, 可以有效避免完全“卡死”的现象; 成型模具采用独立结构, 直接镶嵌在环模盘中, 方便维修更换, 降低生产成本。通过分析计算可知, 环模成型机的制粒攫取条件和压紧区被压入物料高度不仅与压辊、环模的材料有关, 还与物料种类、属性参数有关。

参考文献

- [1] 王许涛, 刘丽莎, 刘俊红, 等. 秸秆成型燃料在农村推广的影响因素及模式[J]. 安徽农业科学, 2008(21): 9240-9241, 9256.
- [2] 张百良. 生物质成型燃料技术与工程化[M]. 北京: 科学出版社, 2012.
- [3] 谷志新, 杨迪, 徐凯宏. 生物质燃料固化成型环模参数化设计[J]. 能源研究与信息, 2012(2): 101-105.
- [4] 阳向军. 卧式环模制粒机环模失效原因浅析[J]. 饲料工业, 2003(9): 9-10.
- [5] 施水娟. 环模制粒机挤压成形机理分析与结构参数优化[D]. 南京: 南京理工大学, 2011.