

复合式环模生物质燃料颗粒成型机的研究

张彦民

(吉林农业科技学院机械工程学院, 吉林吉林 132101)

摘要:在对成型机类型、成型机理研究的基础上,设计了一款复合式环模生物质燃料颗粒成型机。对成型机工作原理、环模与压辊设计、颗粒成型过程进行了阐述,摸索复合式环模生物质成型机的构造与设计方向,对完善同类设备性能、利用生物质能源提供技术支持与参考。

引言

生物质能是直接来自于太阳能的可再生能源,与化石类能源相比具有数量庞大、分布广泛、能够再生等优点。我国作为一个农业大国,农作物秸秆资源存量巨大,通过压缩成型技术把生物质原料压制成具有一定形状的燃料块,方便储藏和运输。生物质固体燃料热值可达 $14.7 \sim 16.75 \text{ MJ/kg}$,与中质煤相当,且燃烧性能好,可广泛应用于电厂、供暖等场合。由于燃烧时不会产生硫化物并减少了桔杆违规露天焚烧现象,可以提高空气质量并节省煤炭资源。

1 生物质燃料成型机研究

1.1 成型机主要类型

生物质燃料颗粒固化成型工

艺方法主要有热压成型式、冷压成型式和常温湿压成型式^[1]

;成型机器设备主要有活塞冲压成型、螺旋挤压成型、压辊挤压成型三种。其中活塞冲压成型包含机械式和液压式,由于机构运行方式为间歇式,故生产效率不高。螺旋挤压成型机出现时间较早,但关键部件易磨损,影响机器的使用寿命。压辊式通常有环模式和平模式两种。环模式模孔相对较小,除了可以压缩燃料颗粒还可以制作饲料颗粒。由于压辊式生物质燃料颗粒机可以对生物质燃料颗粒进行连续生产,具有较高的生产效率。

1.2 冷压式颗粒成型机机理

冷压式成型是指原料经收集粉碎,达到一定的粒度,根据需要调节原料含水量,然后直接进行固化成型。冷压成型技术的特点是对物料含水

量范围的要求较低,通常生物质粉料的含水率可在6

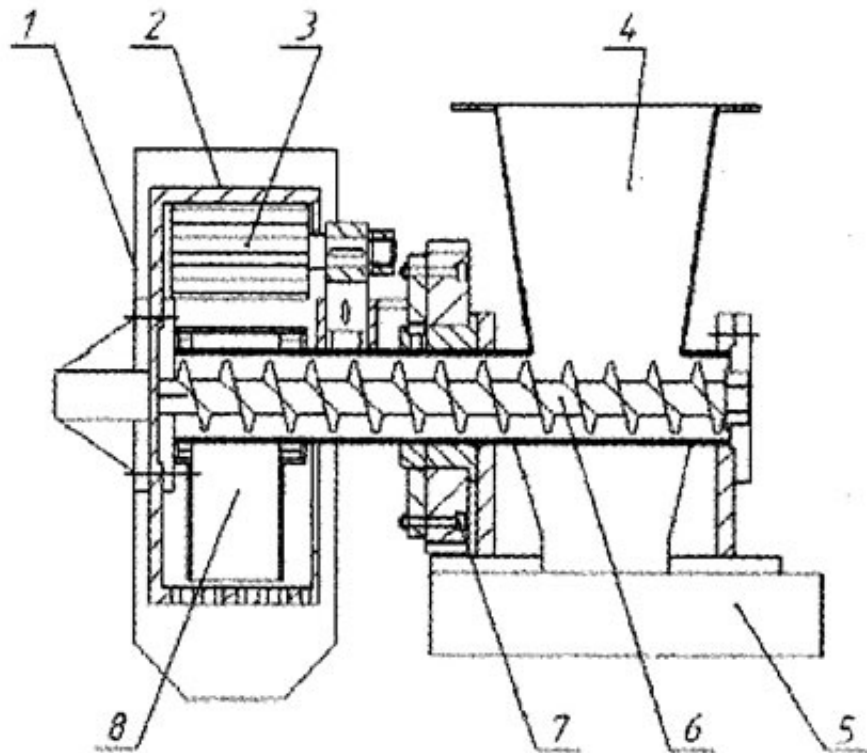
%~25%之间^[2]

,压制成型过程中不需要加入粘结剂。它的成型机理是,成型机的核心零件压辊在常温下对具有一定粒度的生物质原料进行挤压,在高温高压作用下,原料中的木质素开始软化,粘结力增加,纤维素开始延展变形,相邻的颗粒之间啮合并重新组合,最终压制成型^[3]

。冷压成型技术的工艺只需要粉碎和压缩两个环节;因此与热压成型技术相比,具有机构简单、体积小、重量轻、成本低等优点^[4]。

1.3 环模式成型机设计

1.3.1 总体设计。环模式生物质颗粒成型机结构如图1所示,本机采取环模方式,冷压成型机理。作业时,经粉碎的生物质原料由进料口送入,经送料螺旋杆传递到环模腔室内,通过洒料嘴把原料抛散出,在离心力和洒料嘴的作用下使原料均匀地铺在环模内表面。由电机产生的动力通过联轴器、减速机、主轴传递给环模,实现环模的顺时针转动,通过齿轮将动力从主轴分到副轴,再通过换向齿轮将动力传递给与压辊相连接的齿轮,从而带动环模中的两个压辊逆时针转动,即实现环模与压辊的同时相对运动,使常见的单体运动方式变为多体运动方式。



1.集料罩 2.环模 3.压辊 4.进料口 5.机架 6.送料螺旋杆 7.齿轮
8.洒料嘴

图1 环模式生物质颗粒成型机示意图

1.3.2环模设计。环模部分是成型机设计的关键，直接影响生物质颗粒成型的质量、生产效率与环模使用寿命。在本机的设计中，环模与压辊同时转动，动力来自于同一个电动机，通过换向齿轮实现两者相对运动。当运动速度过高时会导致断层、粉料增多现象，当速度较低时会影响生产效率，依据实验数据分析，当环模内径处线速度为4~8m/s时比较合适^[5]。

环模模孔主要由导料圆锥孔、保压直孔、减压排放孔三部分组成。导料锥孔为漏斗形结构，可以使颗粒物料更容易进入保压直孔，保压直孔是物料压缩成型的主要部分。模孔形式依据不同的生物质原料特点进行设计选择。

保压直孔的有效长度与其孔径的比值称为压缩比，压缩比是与压制成型的燃料颗粒密度、强度密切相关的参数。环模开孔率会影响到环模的结构强度与生产效率，通常压制燃料颗粒成型机的环模开孔率要比压制饲料的环模开孔率小一些。为保证出料顺畅，要使模孔内壁粗糙度值在0.8~1.6之间。通过以玉米秸秆为原料进行试验，最后确定模孔结构尺寸如下：导料锥孔角度60°，直孔孔径6mm，减压孔部分直径6.5mm，直孔长度30mm，环模内径320mm，宽度90mm，压缩比5，开孔率33%^[6]。

1.3.3压辊设计。压辊与环模是成型机的核心部件，两者配合运动对原料进行挤压生成燃料颗粒。压辊主要由压辊转体、轴承、压辊轴、锁紧螺母、防尘盖等部分构成，压辊表面加工有齿状直线沟槽，以增加压辊与原料之间的摩擦力，防止打滑。压辊表面与环模内表面间的距离应控制在0.1~0.3mm之间，间距过小易引起部件摩擦碰撞或物料中断，间距过大会引起物料层过厚影响挤压成型效果与产量。本成型机采用两个压辊对称式布局，可以抵消压辊工作时产生的大部分反作用力，机构更稳定，降低成型机工作时的振动与噪音。

1.4颗粒成型过程

经粉碎好的生物质物料通过人工或传送机构输送到进料1:3，再通过送料螺旋杆把物料输送到洒料嘴，洒料嘴以和压辊相同的速度做旋转运动，物料在离心力的作用下被抛散分布到环模腔室内壁上。压辊开始对物料进行挤压，松散物料开始变得紧密，物料通过漏斗形的导料锥孔进入保压直孔，物料间的空气被逐步排出，在巨大的压力下开始发

生塑性流动和延展，物料间变得越来越紧密。物料中的木质素在摩擦产生的高温作用下开始软化，与纤维素共同作用使物料逐渐粘结在一起，最终固化成型。物料在保压直孔中停留时间越久，结构就越致密稳定，最后通过减压排放孔排出模孔，经过刀具切割成所需要长度。

2 复合式环模材料与结构

2.1 影响环模性能的主要因素

环模需要承受冲击力、交变载荷与摩擦，因此环模要有足够的强度、耐磨性与抗腐蚀性。三个性能之间相互影响和制约，如增强环模的硬度会提高其耐磨性，但在巨大的冲击力下显得缺少韧性，容易开裂。

2.2 常用环模材料

2.2.1 碳素结构钢。碳素钢的一种，含碳量约0.05%~0.70%，如常见的45钢，其热处理硬度一般为HRC45~50，价格低廉，多用于对性能要求不是很高的地方，随着对环模性能要求的提高，现在基本上不作为环模材料使用。

2.2.2 合金结构钢。常见的合金结构钢牌号有：20CrMnTi、40Cr、35CrMo等，热处理硬度能达NHRC50以上，具有优良的综合力学性能。用此材料制造的环模采用渗碳工艺后，可以进一步增强环模表面硬度提高耐磨性，但缺点是耐腐蚀性能较差，当环模表面硬化层被腐蚀破坏后，会急剧加速环模的磨损，降低环模的使用寿命。

2.2.3 不锈钢环模。不锈钢环模也叫做铬环模，材料有3Cr13、4Cr13等，这些材料的强度和抗冲击性能都较好，热处理硬度大于HRC50，一般经淬硬或真空淬硬制成的环模含碳0.4%~0.5%、铬12%~14%。相比合金结构钢环模抗腐蚀性得到极大提高，但耐磨性和韧性稍差一些，环模内外部的硬度比较均匀。

2.2.4 渗碳不锈钢环模。不锈钢环模经渗碳处理后具有和合金钢环模一样的淬硬表面，耐磨性得到了极大提高，硬度由外向内逐渐递减，具有良好的抗冲击能力。因经渗碳处理后，材料中碳的含量增加，使不锈钢内部的铬与碳形成晶间物的几率增加，导致其耐腐蚀性比不锈钢差，三种材料的环模性能比较见表1。

表1 三种材料的环模比较

环模种类	耐磨性	抗腐蚀性	韧性
合金环模	70	30	90
不锈钢环模	60	90	50
渗碳不锈钢环模	90	75	80

注：表中数据，0表示最低；100表示最高。

2.3 复合式环模结构

普通碳素结构钢价格低廉，但耐磨性和耐腐蚀性都较差。不锈钢的刚度、韧性和耐磨性都较好，但是价格较高。本机采用复合式环模结构，即环模由内外两层材料构成，外层为45钢，内层为4Cr13渗碳不锈钢，采用焊接方式对内外层材料进行连接，45钢作为铁基材料与4Cr13焊接时，在焊缝与母材之间常存在一个马氏体熔合区，该熔合区硬度较高，韧性较低，是易导致构件破坏的薄弱区。但由于环模内外层是以过盈方式装配在一起的，工作时环模主要承受径向的载荷，轴向的受力较小，因此，焊接方式能够满足两层材料的可靠连接，保证两层材料不发生轴向和周向的相对位移。这种结构既发挥材料的优异性能，又降低材料的成本，使环模达到较佳的性价比状态。经测试，复合式环模使用寿命与不锈钢环模基本相当，但成本仅为不锈钢环模的三分之一。

3 结语

该生物质燃料颗粒成型机具有优良的性能，复合式环模结构降低了设备的制造与维护成本，但它也有同类设备普遍存在的能耗高、易磨损、寿命短等问题，特别是原料的收集、运输和粉碎需要消耗许多能量。因此还需要通过政府扶

持、研发新工艺、降低能耗等途径形成产业化生产，这对于开发利用生物质能源、减少空气污染、满足能源需求具有积极的作用和意义。

参考文献

- [1]王春华.环模秸秆成型机压辊半径的优选与试验[J].农业工程学报, 2013, (15): 26—33.
- [2]李平, 蔡鸣, 陈正明, 崔晋波, 等.生物质固体成型燃料技术研究进展及应用效益分析[J].安徽农业科学, 2012, (14): 84—86.
- [3]刘延春, 张英楠, 刘明, 等.生物质固化成型技术研究进展[J].世界林业研究, 2008, 21(4): 41-47.
- [4]李在峰, 雷廷宙, 何晓峰, 等.生物质颗粒冷态致密成型技术[J].太阳能, 2005, (6): 42—43..
- [5]张彦民, 于振文.生物质颗粒成型机理与环模性能研究[J].农机化研究, 2013, (10): 210-212.
- [6]胡建军.秸秆颗粒燃料冷态压缩成型实验研究机数值模拟[D].大连理工大学, 2008.

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/132492.html>