

生物质压缩成型技术的研究进展

煤、石油和天然气等化石能源在为人类社会提供能源动力的同时,也对人类的生存环境造成了巨大的危害,如温室效应、NO_x排放、SO₂排放和粉尘污染等。与此同时,人类社会也面临着化石能源枯竭的问题,所以寻求开发新的能源,实现社会的可持续发展也日益受到世界各国的重视。生物质能源作为一种可再生的清洁能源,有着良好的发展前景。美国国家科学院在《1985~2010年的能源转换》中明确指出:“到2010年,大规模生物质转化所获得的能量将是1985年能源总需求量的20倍”。我国也提出了“到2020年,可再生能源在能源构成中的比例要占10%左右”的可再生能源发展战略。但是生物质资源也具有能源密度低、可利用半径小、生产具有季节性、存储损耗大和存储费用高的缺点。而生物质压缩成型,即生物质致密成型是克服上述缺点的有效技术手段之一。

1 生物质压缩成型的理论依据

1962年德国的Rumpf针对不同材料的压缩成型,将成型物内部的粘结力类型和粘结方式分成5类: 固体颗粒桥接或架桥; 非自由移动粘结剂作用的粘结力; 自由移动液体的表面张力和毛细压力; 粒子间的分子吸引力(范德华力)或静电引力; 固体粒子间的充填或嵌合。

J.A.Lindley在对生物质燃料压缩成型的研究中指出,虽然成型物的密度和强度受温度、含水量、压力和添加剂等诸多因素影响,但实质上,都可以用Rumpf所述的一种或一种以上的粘结类型和粘结力来解释生物质成型物内部的成型机制。

一般认为,植物细胞中不仅含有纤维素、半纤维素,还含有木质素,简称木素。木素是具有芳香族特性的、结构单体为苯丙烷型的立体结构高分子化合物。在阔叶木、针叶木中干燥基木素含量为27%~32%,禾草中木素含量为14%~25%。虽然在各种植物中都含有木素,但它们的组成、结构并不完全一样。在常温下木素不溶于任何有机溶剂。木素属非晶体,没有熔点,但有软化点,当温度为70~100℃时,粘合力开始增加。木素在适当温度下(200~300℃)会软化、液化,此时加以一定压力使其与纤维素紧密粘接并与相邻颗粒互相胶接,冷却后即可固化成型。

而纤维素是植物细胞壁的主要成分之一,它是由葡萄糖组成的线形高分子,呈白色,密度为1.50~1.56×10³ kg/m³,比热为1.33~1.38 kg/(kg·K)。具有一定含水率的纤维素,在力的作用下可以形成一定形状。纤维素的含量越高,说明植物细胞机械组织越发达,颗粒成型时就需要更大的压力。生物质内纤维素含量决定了其成型的难易程度。

2 生物质压缩成型的影响因素

生物质压缩成型的主要影响因素是温度、压力、成型过程的滞留时间、物料含水率和物料颗粒度。

加热使生物质物料达到一定的温度,其主要作用为: 使生物质中的木素软化、熔融而成为粘结剂; 使所压缩燃料的外表层炭化,在通过模具或通道时能够顺利滑出而不会粘连,减少挤压动力消耗,因为生物质炭化产物具有部分石墨属性,而石墨是很好的固体润滑剂; 提供物料分子结构变化所需的能量。

但是成型物料的温度过高,可使其水分气化,挥发分大量释放,导致成型物料疏松断裂,成型失败。对生物质物料施加压力的主要目的是: 破坏物料原来的物相结构,组成新的物相结构; 加强分子间的作用力,使物料变得致密均实,以增强型体的强度和刚度; 为物料在模内成型及推进提供动力。

成型物料形状保持不变后,其在模具内所受的压应力随时间的增加而逐渐减小。因此,必须有一定的滞留时间,以保证成型物料中的应力充分松弛,防止挤压出模后产生过大的膨胀,也可使物料有较长时间进行热交换。

物料的含水率对成型影响也较大。含水率过高,挤压过程中物料的水分要受热蒸发,大量的水蒸汽通过成型筒迅速排放,导致成型失败,严重时会导致“放炮”现象,即水的瞬间气化现象。含水率过低则不利于木素的塑化和热量的传递。因为水分可以降低木素软化和液化的温度,提高成型物料的表现导热系数,均匀成型物料的温度场。

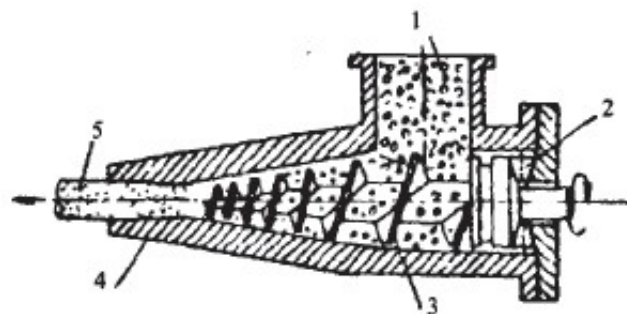
此外,物料的颗粒度也对成型有着重要的影响。构成生物质成型块的主要物质形态为不同粒径的粒子,粒子在压缩过程中表现出的充填特性、流动特性和压缩特性对生物质的压缩成型有很大的影响。通常生物质压缩成型分为2个阶段。第一阶段,在压缩初期,较低的压力传递至生物质颗粒中,使原先松散堆积的固体颗粒排列结构开始改变,生物质内部空隙率减少。第二阶段,当压力逐渐增大时,生物质大颗粒在压力作用下破裂,变成更加细小的粒子,并发生变形或塑性流动。此时粒子开始充填空隙,粒子间更加紧密地接触而互相啮合,一部分残余应力贮存于成型块内部,

使粒子间结合更牢固。构成成型块的粒子越细小,粒子间的充填程度就越高,接触就越紧密;当粒子的粒度小到一定程度(几百至几微米)后,成型块内部的结合方式和主次甚至也会发生变化,粒子间的分子引力、静电引力和液相附着力(毛细管力)开始上升为主导地位。根据研究,成型块的抗渗水性和吸湿性都与粒子的粒径有密切关系,粒径小的粒子比表面积大,成型块容易吸湿回潮;但与之相反的是,由于粒子的粒径变小,粒子间空隙易于充填,可压缩性变大,使得成型块内部残存的内应力变小,从而削弱了成型块的亲水性,提高了抗渗水性。

3 生物质压缩成型的机械设备

目前世界各地研制生产的生物质压缩成型机械设备按照产品形态主要分为2大类,一类是压缩块,另一类是压缩粒。而按照机械作用原理又可以分为3类,即螺旋压缩成型、活塞压缩成型和模压成型,现分述如下。

螺旋压缩成型机械最早是由美国开发研制并实际应用的,其原理如图1所示。成型原料依靠重力落入螺旋压缩成型机械中,锥形螺杆在其他动力机械的带动下,推动成型原料进入横截面积渐渐变小的压缩成型筒内,成型物料在锥形螺杆和压缩成型筒的作用下,内压应力越来越大,在压缩成型筒的顶端达到最大内压应力而成型,再经过一段应力松弛段,被推出螺旋压缩成型机械,成为成型物料。

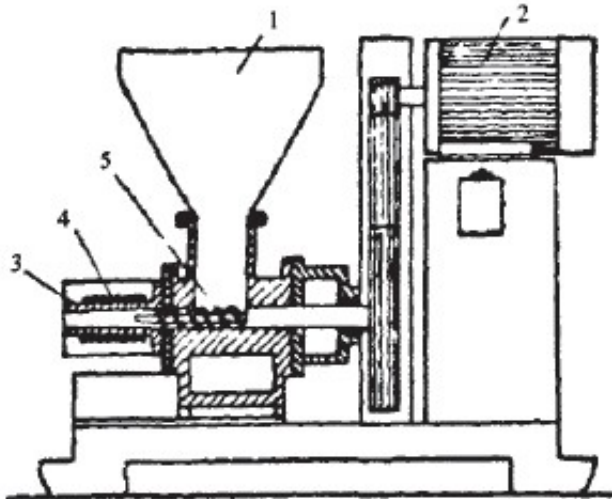


1. 成型原料 ;2. 推力轴承;3. 锥形螺杆;
4. 压缩成型筒;5. 成型物料

图1 螺旋压缩成型原理

为了降低螺旋压缩成型设备的功耗,可以在成型原料中加入粘结剂。物料在高压下密度增大,并在粘结剂的作用下成型。为了避免使用添加剂导致的用户对燃烧效率下降和污染物排放增加的担心,又开发了加热螺旋压缩技术,即在螺旋压缩机压缩成型筒外设置一加热装置,使生物质中的木素受热塑化后具有粘性,从而降低螺旋压缩成型设备的功耗,其原理如图2所示。加热螺旋压缩成型设备过去以电加热设备为主要加热元件,现在以导热油为加热介质的加热螺旋压缩成型设备已经开发出来,避免了电加热设备容易漏电、加热段筒壁过厚导致的大传热阻力等缺点。为了缩短加热段长度,可以在压缩原料进入压缩成型筒之前就进行部分加热处理,即预热,也称为具有预热的加热螺旋压缩成型。

木材废料一般难压缩,在压力作用下变形较小,而纤维状植物秸秆容易压缩,在压力作用下变形较大。在常温不加热的条件下进行压缩成型时,较难压缩的原料就不易成型,容易压缩的原料则成型也较为容易;但在加热的条件下进行压缩成型时,木材废料虽然难于压缩,但其本身的木素含量高,在高温下能起粘结作用,成型反而容易,而植物秸秆等原料的木素含量低,粘结能力弱,因此不易成型。

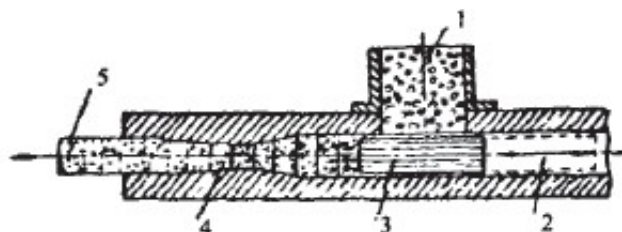


1. 料仓;2. 电动机;3. 压缩成型筒;4. 加热段;5. 锥形螺杆

图2 加热螺旋压缩成型原理

螺旋压缩成型机械的另一个缺点是锥形螺杆与成型原料之间工作时处于干摩擦状态，导致普通材质的螺杆的使用寿命很短，而喷涂、堆焊和高耐磨材质的使用可以提高锥形螺杆的使用寿命。

为了避免锥形螺杆干摩擦损耗，又开发出了如图3所示的活塞压缩成型技术。根据推动活塞的装置的不同，活塞压缩成型技术又分为飞轮活塞压缩和液压活塞压缩2种。飞轮活塞压缩依靠存储于飞轮中的转动动能压缩成型原料，但其设备庞大，震动强烈而且噪音剧烈，推广和应用都有一定困难。液压活塞压缩装置则避免了飞轮活塞压缩设备的上述缺点，但是由于生物质压缩成型时，物料表观密度增加很多，因此液压机械行程很大，导致液压活塞压缩装置生产率不高。



1. 成型原料;2. 传动机构;3. 压缩活塞;
4. 压缩成型筒;5. 成型物料

图3 活塞压缩成型原理

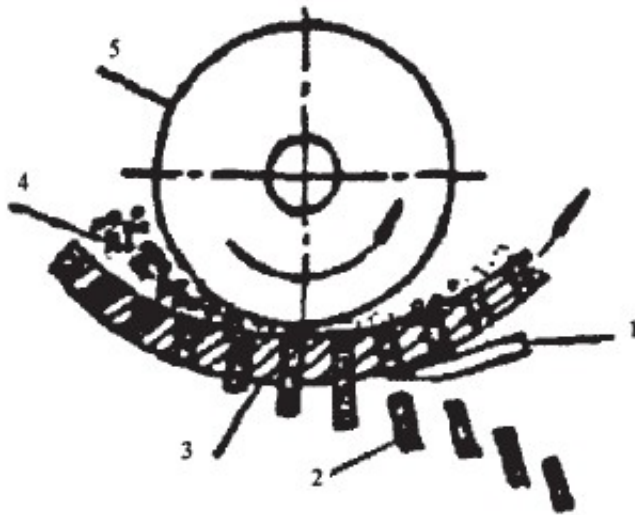
目前使用的模压颗粒机主要有平模颗粒机和环模颗粒机2种，都是根据饲料颗粒成型机改造而来的。其原理分别如图4和图5所示。

环模颗粒机产量大，耗电少，这是平模颗粒机无法比拟的。而平模颗粒机由于转速低于环模颗粒机等原因，使得其产量小于环模颗粒机，同时由于其转速低压力大，因此压制的颗粒密度很大。而对于木屑、秸秆等难成型的粗纤维，则正需要很大的压力。环模颗粒机由于其结构限制，压力不可调，压制这些物料时就会超出压力负荷，导致模具压轮轴承磨损或坏掉。而平模颗粒机结构简便，压力可调，产量稳定，颗粒密度大，并且模具正反2面都可以使用。同时，平模压轮直径的大小不受模具直径限制，可以加大内装轴空间，选用大号轴承增强压轮的承受能力，既提高了压轮的压制力又延长了使用寿命。



1. 切断刀具;2. 成型颗粒;3. 平模;4. 成型原料;5. 压轮

图4 平模颗粒机原理



1. 切断刀具;2. 成型颗粒;3. 环模;4. 成型原料;5. 压轮

图5 环模颗粒机原理

对比平模颗粒饲料机，生物质燃料成型机的设备损耗比较严重，这主要是由于成型原料所致。麦秸秆、水稻秆等生物质含有大量的纤维素、半纤维素和木质素，它们之间的联系是很紧密的，磨具在对这些原料挤压时，要克服很大的应力，所以就会使磨具磨损很严重。

4 生物质压缩成型的发展趋势

生物质压缩成型克服了生物质资源密度低、可利用半径小、生产具有季节性、存储损耗大和存储费用高的缺点，但是虽然经过几十年的理论探索和工程实践，却仍然没有解决生物质压缩成型设备磨损严重和功耗较大的问题。

回顾生物质压缩成型技术的发展历程，展望生物质压缩成型技术的发展趋势，可以看出，液压压缩成型设备磨损小，运行噪音低，同时加热压缩成型表面炭化技术可以降低成型原料与设备之间的摩擦阻力，其技术本身也可以降低生物质压缩成型所需要的压缩功，从而有效降低设备功耗。如果液压压缩成型能够克服液压设备行程长所导致的生产率低的缺点，加热压缩成型能够避免过度加热导致的醛类释放污染，两者有机集合，将会开拓一个生物质压缩成型技术的新思路。李源，张小辉，郎威，王启民

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/45618.html>