

生物质致密成型技术研究

闫文刚^{1,2}, 俞国胜¹, 张海鹰¹, 赵雪松^{1,2}, 陈 诚¹, 刘小虎¹

(1. 北京林业大学, 北京 100083; 2. 内蒙古农业大学, 内蒙古 呼和浩特 010018)

摘要:基于化石资源日益枯竭, 燃烧化石燃料导致环境污染严重, 而生物质资源储量大, 生物质成型燃料具有低碳环保等特点, 综述了生物质致密成型技术在生物质利用中的意义及其研究现状, 介绍了我国在生物质成型燃料方面的产业政策和相关标准情况, 研究了生物质致密成型技术中加热成型和常温成型的一些特点, 并对成型技术的研究发展方向进行了展望。

关键词:致密成型; 生物质燃料块; 成型方式; 成型标准

中图分类号: TQ330.4; S216

文献标识码: A

文章编号: 1002-2767(2010)07-0135-04

哥本哈根国际气候会议提出“减少碳足迹”的倡议, 世界各国都力图减少温室气体的排放。面对石油、天然气和煤炭化石能源资源日益枯竭(见表1)、环境污染日益严重以及全球气候变暖的状

况, 世界各国都致力于研究开发新的能源来替代或减缓不可再生能源的消耗。生物质能是仅次于石油、天然气和煤炭居世界能源消费总量第4位的能源, 在整个能源系统中占有重要地位, 由于其具有资源储量大、低碳环保和可再生性等优点, 被认为是能源开发的热门领域。

1 生物质致密成型意义

在开发利用生物质资源时, 首先遇到的问题是生物质原料产地分散、自然状态松散、容积密度小, 贮存和运输过程中占用很大的空间, 使储运成

收稿日期: 2010-04-06

基金项目: 林业公益性行业资助项目(200904007); “948”引进资助项目(2005-4-76)

第一作者简介: 闫文刚(1973-), 男, 内蒙古自治区呼和浩特市人, 在读博士, 讲师, 从事生物质能源研究。E-mail: yw-g2002@yahoo.com.cn。

通讯作者: 俞国胜(1956-), 男, 浙江省宁波市人, 博士, 教授, 从事林业与园林机械研究。E-mail: sgyzh@bjfu.edu.cn。

会受到外部冻结层的阻碍, 于是产生内压, 内压过大使外层难以承受时, 则会造成产品龟裂。

4.1.2 预防措施 选择水分含量较低的原料, 沥水要干净, 冻结速冻要均匀。

4.2 干耗

4.2.1 干耗原因 果蔬在速冻过程中, 随着热量被带走的同时, 部分水分也会被带走。通常鼓风式冻结比接触式冻结干耗大。速冻果蔬在冻藏过程中也会发生干耗, 这主要是速冻品表面的冰晶直接升华所致。贮藏时间越长, 干耗越重。

4.2.2 预防措施 采取加冰衣、包装来降低或避免干耗。

4.3 变色

4.3.1 变色原因 因为酶的活性在低温下不能完全被抑制, 所以, 在常温下发生的变色, 在长期冻藏中同样发生, 只是速度减慢而已。

4.3.2 预防措施 在冻结前, 应对原料进行护色处理, 如热烫、硫处理、提高含酸量、降低 pH 或添加抗氧化剂(维生素 C 等)。

4.4 解冻时流汁

4.4.1 流汁原因 缓慢冻结易造成植物组织机

械损伤, 解冻后, 融化的水不能重新被细胞吸收, 从而造成大量汁液的流失, 组织软烂, 口感、风味、品质严重下降。

4.4.2 预防措施 提高冻结速度可以减少流汁现象^[9]。

参考文献:

[1] 黄圣明. 中国速冻蔬菜的生产与市场[J]. 食品与机械, 1995(3): 10-11.
[2] 赵晨霞. 园艺产品贮藏与加工[M]. 北京: 中国农业出版社, 2005.
[3] 武治昌, 刘玉环, 刘志芳. 影响速冻蔬菜品质的主要因素[J]. 冷饮与速冻食品工业, 2006(3): 34-37.
[4] 崔成东. 蔬菜贮藏与加工[M]. 哈尔滨: 黑龙江科学技术出版社, 1984.
[5] 罗云波, 蔡同一. 园艺产品贮藏与加工学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2002.
[6] 吴锦铸. 速冻蔬菜生产工艺(一)[J]. 中国农村科技, 2001(9): 39.
[7] 王丽琼. 果蔬贮藏与加工[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2008.
[8] 杨清香, 于艳琴. 果蔬加工技术[M]. 北京: 化学工业出版社, 2006.
[9] 赵晨霞. 果蔬贮运与加工[M]. 北京: 中国农业出版社, 2002.

表 1 2008 年末石油、天然气和煤炭状况统计分析

国家	石油			天然气			煤炭		
	探明储量 /亿 t	占世界 比例/%	储采比	探明储量 /百亿 m ³	占世界 比例/%	储采比	探明储 量/亿 t	占世界 比例/%	储采比
世界	1708	100	42	18502	100	60.4	8260	100	122
中国	21	1.2	11.1	246	1.3	32.3	1145	13.9	41

注:数据引自《BP Statistical Review of World Energy June 2009》^[1]。

本增加,制约了生物质原料商品化和产业化发展。生物质致密成型燃料技术生产过程简单、成本较低,所以更容易实现大规模产业化,是生物质能源转化的优先选择技术途径之一。生物质致密成型使用最多的原料是农林废弃物,主要包括农作物秸秆和林业“三剩物”(采伐剩余物、造材剩余物和加工剩余物),我国每年有 7 亿 t 左右的农作物秸秆,林业“三剩物”的总量在 8~10 亿 t。经致密成型加工后的生物质固体成型燃料,其粒度均匀、单位密度和强度增加,便于运输和贮存,且燃烧性能明显改善,对生物质原料成为商品真正进入流通领域有重要意义^[2]。

2 国家相关产业政策和标准

根据我国出台的《农业生物质能产业发展规划(2007-2015)》,到 2010 年,结合解决农村基本能源需要和改变农村用能方式,全国将建成约 500 个秸秆致密成型燃料应用示范点,秸秆致密成型燃料年利用量达 100 万 t 左右,到 2015 年,秸秆致密成型燃料年利用量将达到 2 000 万 t 左右^[3]。近期国家发改委又出台了种植能源林 30 元·hm⁻²,生产生物质成型燃料 150 元·t⁻¹的补贴政策。

我国生物质固体成型燃料标准:国家标准 GB/T 21923—2008《固体生物质燃料检验通则》,由国家质量监督检验检疫总局和国家标准化管理委员会于 2008 年 5 月 26 日发布,2008 年 11 月 1 日实施,该标准为首次制定^[4]。农业部正在制定 7 项农业行业标准,包括:(1)生物质固体成型燃料技术条件(报批稿);(2)生物质固体成型燃料采样方法(报批稿);(3)生物质固体成型燃料样品制备方法(报批稿);(4)生物质固体成型燃料试验方法(报批稿);(5)生物质固体成型燃料成型设备技术条件(报批稿);(6)生物质固体成型燃料成型设备 试验方法(报批稿);(7)生物质固体成型燃料术语(送审稿)。

3 生物质致密成型技术研究现状

关于生物质成型燃料技术的研究,国内外学

者从不同侧面进行了大量的试验,其中美国和日本研究最早,之后西欧许多国家也开始重视压缩成型技术及燃烧技术的研究,各国先后有了各类成型机及配套的燃烧设备,并已形成了产业化,在加热、供暖、干燥和发电等领域已普遍推广应用。除日本之外亚洲其他国家的研究起步较晚,多数国家未形成规模或规模较小。我国生物质成型燃料技术的研究主要集中在高校、科研院所和一些大型企业,在引进国外技术的基础上,经过消化吸收,形成了自己的成型燃料技术,正在推广应用,向着产业化方向发展。

国内研究较早的是西北农林科技大学郭康权教授,将植物秸秆粉碎以后,在锥形模具中热压成型,开发育苗容器等产品。通过试验得出:原料在模具中流动和充填的均匀程度因模具的锥度、压缩力、加热温度、原料粒度和含水率的不同而变化;在工具显微镜下放大 20 倍,对成型块二向平均径进行观察测量,发现粒子在垂直于压缩力方向延展,面积增大,相互交叉啮合,而在平行方向上,粒子变薄,相互靠近贴合^[5]。

1999 年河南农业大学张百良教授研制了液压往复活塞双向挤压加热成型的棒状燃料成型机,其主要用于农作物秸秆的成型,当加热温度达 70~110℃时,秸秆中的木质素软化产生粘接作用,当温度达到 160℃时木质素熔融,此时加压使纤维素紧密粘接而成型,该机生产棒状燃料 60~80 kg·h⁻¹,燃料棒的密度为 0.7~0.9 g·cm⁻³。对棉秆进行了热压成型试验研究得出:温度、含水率过高在压缩过程中易产生高压蒸汽,出现“放气”或“放炮”现象,中断成型;反之,则需要较高的成型压强,增加生物质成型过程中的能量消耗;含木质素较高的生物质,成型套锥角或锥长可适当减小;含木质素较低的生物质,成型套锥角或锥长可适当增大^[6]。

2005 年北京林业大学俞国胜教授主持的《生物质成型燃料高压致密成型技术引进》项目,对生物质常温高压致密成型方式进行了研究。项目组

回彩娟和李美华硕士对成型过程中的主要因素:压力、原料含水率、原料种类等进行了研究分析,回归出压块密度与压力的函数关系式,找出了成型的最佳压力和含水率范围,并验证了压块的燃烧性能。选用体视显微镜对成型块进行观察,发现粘结机理主要是粒子间的机械镶嵌。翁国胜教授在研究生物质常温成型机理的基础上,研制、开发了一种液力双向挤压的生物质成型燃料常温成型机(见图 1)。该机的装机功率为 22 kW,加工能力为 500~600 kg·h⁻¹,实际成型能耗不大于 40 kWh·t⁻¹。生物质成型块的密度可通过调节成型设备液压系统的压力来调整,既能满足加工畜牧业养殖所需的粗饲料要求,又可满足生物质成型燃料加工的要求,最大密度可达到 1.2 g·cm⁻³。目前已投入到生产实践当中^[7]。



图 1 液力双向挤压常温成型机

1998 年江苏正昌粮机集团公司开发了内压环模式颗粒成型机;中国林业科学研究院林产化

学工业研究所,于 1998 年研制成功了生物质颗粒燃料成型机,该机由旋风干燥装置、木质素加热软化装置和颗粒成型装置三大部分组成,总装机功率 29 kW,其中旋风干燥 5 kW、加热软化 7 kW、颗粒挤压成型 17 kW;原中南林学院从 2002 年起,在引进瑞典技术的基础上,开发了生物质颗粒燃料成型机;河南省科学院能源研究所,研制了一种在常温下生产颗粒燃料的环模式成型机,该机由一台 17 kW 的主电机驱动环模和压辊实现颗粒成型的挤压,一台 1.5 kW 的变频电机驱动螺旋供料装置为挤压装置,通过调整供电的频率可实现原料供应量的调整;清华大学清洁能源研究与教育中心,通过对具有纤维结构生物质材料的研究和分析,研制出了一种常温成型颗粒燃料生产设备,原料在自然干燥含水率状态下被粉碎成细小颗粒或纤维状,然后放入机器中便可制成颗粒状燃料,能耗低于国外同类设备的能耗,颗粒成型燃料产品的强度大于国外同类产品;在生物质块状燃料常温成型方面,首钢研制了一种机械活塞冲压式生物质块状燃料成型机,原料成型靠活塞的往复运动实现,其进料、压缩和出料过程都是间歇式的,即活塞每工作 1 次可以形成 1 个压缩块,在压缩管内,前一块与后一块挤在一起,但有边界,当压缩块燃料从成型机的出口处被挤出时,在自重的作用下能自动分离^[5]。国内部分生物质致密成型设备比较见表 2。

表 2 国内生物质致密成型设备主要性能指标比较

研究与生产单位	产品型号	规格/台·a ⁻¹	生产率/kg·h ⁻¹	电耗/kWh·t ⁻¹
江苏省连云港市东海粮食机械厂	OBM-88	150	120	120.5
陕西省武功县轻工机构厂	SX-7.5,11	200	85~150	100
广西林市安无机炭机械厂		150	120	100
河北正定常宏木炭设备制造厂	JD-A	150	120	100
西北农业大学能源研究室	SZJ-80A		80	71.4
江苏林产化学工业研究所	MD		120	100
辽宁省能源研究所产业基地		200	100	110
中国农机院能源动力所	SYJ-35		50~100	83.3
江苏省国营九三〇五厂	MD 型	100	110~130	102.9
河南农业大学	HPB-Ⅲ		60~80	39.78~47.9
北京林业大学			500~600	40

总体来看,目前我国的生物质成型燃料设备的技术原理比较先进,成本低廉,运行能力不高;管理不规范,缺乏支持政策;在全国范围内,还处于研究示范试点阶段,规模化和市场化较差,推广速度缓慢。

4 存在的问题

按成型机构的不同来区分,生物质燃料成型

机械有螺旋挤压式、活塞冲压式(包括机械式、液压式)和辊模碾压式(包括环模式和平模式);按成型过程是否对原料加热,又分为常温成型和加热成型;按压缩成型时成型模腔是否密闭分为开模成型和闭模成型。目前在生物质致密成型技术中,对加热成型的研究占据着主要地位。但加热

成型技术和常温成型技术都存在一些问题。

4.1 加热成型技术

加热成型即在成型过程中对原料进行加热的成型方式,其工艺流程一般为:原料→预处理(粉碎)→干燥→加热、成型→冷却包装。该成型方式有 3 个特点。

4.1.1 对原料含水率要求严格 由于绝干的生物质传热性差,水分是生物质原料中最好的传热介质,所以理论上讲热压成型中生物质原料的含水率越高传热越好,木质素和半纤维素软化程度越高,越容易成型。然而,含水率过高在压缩过程中易产生高压蒸汽,会出现“放气”或“放炮”现象,中断成型过程。试验证明加热成型过程原料含水率控制在 8%~12%,成型效果最好。而通常生物质原料处理前的含水率都高于 8%~12%,所以在成型前需要对原料进行干燥处理。

4.1.2 成型部件易损耗 由于成型过程是在 200℃ 以上的温度完成的,所以成型部件极易磨损,维修周期在 200 h 左右。

4.1.3 对原料种类适应性差 对调定加热温度的成型设备,由于不同原料木质素和半纤维素含量不同,所以在一定加热温度下,不同种类原料的软化程度不同,所需成型压力也不一样,导致成型效果有差异。加热温度低,不易成型;加热过度,还会造成成型产品表面炭化烧焦及生物质的热能损耗。同时加热器和干燥设备均有一定能耗。

4.2 常温成型技术

常温成型技术的工艺流程一般为:原料→预处理(削片或粉碎)→成型→包装。比加热成型技术减少了原料烘干、成型时加热和降温等 3 道工序,可节约能耗 44%~67%。

该成型方式的特点:原料最大含水率可达

22% 左右,物料成型过程中不会发生“放气”或“放炮”现象;由于成型过程不加热,所以减轻了由加热引起的机械设备磨损;常温高压致密成型不破坏原料的分子结构,无化学反应和加热裂解分化的作用,因此成型燃料可以保持原物料的热值,几乎没有热量的损耗;由于原料没有加热软化,所以成型所需压力较加热成型大;块状燃料常温成型技术中开模成型相对于闭模成型省去了卸料工序,使得工艺更加简化^[8]。

为促进我国生物质成型燃料产业的发展,政府需制定更加完善的生物质成型燃料产业政策和标准。常温成型技术较加热成型技术具有更好的经济性,有利于生物质成型技术的商业化推广,通过对生物质常温成型机理的深入研究,研制出更加高效节能且自动化程度高的常温成型设备,是相关领域专家学者的努力方向。

参考文献:

- [1] BP. BP Statistical Review of World Energy [EB/OL]. <http://www.eedu.org.cn/Soft/tools/guide/200907/379.html>, 2009-07-21.
- [2] 俞国胜,肖江,袁湘月,等. 发展中国林木生物质成型燃料[J]. 生物质化学工程, 2006, 40(B12): 45-50.
- [3] 刘福. 我国生物质固体成型燃料技术已获突破[EB/OL]. <http://www.farmer.com.cn/wlb/nmr/bn7/200909090075.htm>, 2009-09-09.
- [4] 张克芮. GB/T21923—2008《固体生物质燃料检验通则》制定的基础和依据[J]. 煤质技术, 2009, 7(4): 23-25.
- [5] 郭康权,赵东,查养社,等. 植物材料压缩成型时粒子的变形及结合形式[J]. 农业工程学报 1995, 11(1): 138-143.
- [6] 张百良,李宝谦,赵朝会,等. HPB-1 型生物质成型机的试验研究[J]. 农业工程学报, 1999, 15(3): 133-136.
- [7] 俞国胜,侯孟. 生物质成型燃料加工装备发展现状及趋势[J]. 木工机械与设备, 2009, 37(2): 4-8.
- [8] 回彩娟. 生物质燃料常温高压致密成型技术及成型机理研究[D]. 北京:北京林业大学, 2006.

Research of Biomass Dense Shaping Technology

YAN Wen-gang^{1,2}, YU Guo-sheng¹, ZHANG Hai-ying¹,
ZHAO Xue-song^{1,2}, CHEN Cheng¹, LIU Xiao-hu¹

(1. Beijing Forestry University, Beijing 100083; 2. Inner Mongolia Agricultural University, Huhhot, Inner Mongolia 010018)

Abstract: Because of the increasing depletion of fossil resources and the serious pollution, biomass resources have the characteristics of low-carbon, environmental protection and large reserves, the biomass forming dense meaning and research were overviewed, the biomass briquette in industrial policy and pertinent standard conditions in China were introduced to study the characteristics of heat forming and shaping techniques at room temperature forming in the biomass densification forming technology, at the same time, molding technology research and development direction were predicted.

Key words: dense forming; biomass fuel block; forming method; molding standard