

生物质型煤工业成型新方法及影响因素分析

徐康富, 马永亮, 常新莲, 郝吉明 (清华大学环境科学与工程系, 北京 100084, E-mail: liang@mail. tsinghua. edu. cn)

摘要: 针对原有生物质型煤高压成型机的局限性和不经济性, 成功地开发了完全利用生物质纤维的交联作用实现成型的新产品, 初步考察了煤种、成型压力、生物质形态及配比和成型水分对新方法成型性能的影响。结果表明: 新方法对不同煤种和生物质普适性强, 型煤机械性能随生物质配比的提高而增强, 纯生物质成型性能优异, 适宜的低配比为 15%; 能将生物质交联作用固结下来的成型压力特征值 < 120 MPa, 过高的成型压力反而产生负面影响; 适当调高生物质配比和降低成型压力能显著缓解水分对高压成型的不利影响, 大同煤的许可成分高达 10% 以上。

关键词: 生物质型煤; 清洁煤技术; 成型机理; 影响因素

中图分类号: X510.5 文献标识码: A 文章编号: 0250-3301(2001)04-05-0081

A New Briquetting Method for Biomass Coal and Its Influencing Factors

Xu Kangfu, Ma Yongliang, Chang Xinglian, Hao Jiming (Dept. of Environmental Science and Engineering, Tsinghua University, Beijing 100084, China E-mail: liang@mail. tsinghua. edu. cn)

Abstract: Regarding to the limitation and low economical efficiency of conventional biomass coal briquetter determined by its briquetting method, a new briquetting mechanism using the linkage function of biomass fiber was established. The effect of different coal, briquetting pressure, biomass shape and content, water content on new brequetting mechanism was studied preliminarily. The results showed that the new mechanism was suitable for varied kinds coal and biomass. The briquette mechanical performance was improved as biomass content increased with a reasonable low limitation of about 15%. Pure biomass also could be briquetted. The briquetting pressure which could consolidate the linkage of biomass fiber was no more than 120 MPa. There would be a negative effect at too high pressure. Increasing biomass content and decreasing pressure at certain degree could offset the negative effect of water content significantly, with a permissive limitation over 10% for Datong coal.

Key words: biomass coal; clean coal technology; briquetting mechanism; influencing factors

生物质型煤技术是开发利用煤和生物质能的新途径^[1,2]。它充分利用了煤和生物质自身的优势, 便于保证燃料热值, 利于克服常规型煤性能的不足, 又由于代替部分化石燃料, 因而能减少温室气体和 SO_2 的排放, 有利于防止气候变暖和酸雨污染。更为重要的是生物质纤维的网络连接作用可省去粘结剂的使用, 也没有后续烘干工序, 因此能大大降低加工成本。开发生物质型煤成型技术的关键是如何实现生物质纤维代粘结剂的作用^[3,4]。鉴于现有生物质型煤高压成型机存在着为其成型机制所决定的局限性和不经济性, 尚需研究新的成型机制。

1 现有生物质型煤成型机的技术特征

现有的生物质型煤高压成型机沿用了习惯上采用的工业对辊成型技术。以国内引进的日本成型机为例, 采用两半型窝对接的成型方式, 只是针对生物质的物性, 在对辊上方料煤空间增设了预实送料螺旋及自动控制装置, 包括驱动电机、自动调速装置和减速机。这种对辊成型

基金项目: 国家“九五”科技攻关项目(96-910-01-01)

作者简介: 徐康富(1946~), 男, 副研究员, 主要从事大气污染防治技术研究工作。

收稿日期: 2000-09-27

方式潜藏着一个为其成型机制所决定的不利于成型的隐患.即当维持辊轮往下卷料的摩擦力不能克服辊间物料跟随辊轮同步转动所能产生的压力梯度时,必然发生部分物料相对辊面滑动上翻.辊间受挤物料特定的空间分布决定了上翻的不可避免性,从而增大成型功耗,亦使辊面容易磨损.尤其是在辊间物料提前达到准不可压缩状态之后继续挤料升压,势将引起剧烈的滑动剪切,破坏生物质纤维对两半型煤的交联作用.

原有生物质型成型机的特征之一就在于利用滑动摩擦生热,使生物质达到软化点析出木质素类粘结物而使两半型煤对接.其特征之二则在于螺旋的自动调速.按理仅起预实作用的螺旋不必自动调速,定量输送上料和螺旋的二次均料作用,会使调好的预实度相当稳定.自动调速的真实作用在于将定量供料转变为脉冲供料,造成辊轮往复不断的退让,以利用突升的脉冲协同摩擦力提升成型压力,继而靠蓄能器的回弹主动旋压维持成型压力,从而缓解高压成型中的滑动剪切.这两个技术特征,前者因势利导,然易误导向过高的成型压力,且需严格控制水分;后者物尽其用,而实际作用如何尚不得而知,拟通过工业成型试验加以验证和甄别,同时断明现有成型机之结症,以探寻更有效的成型方法和技术手段.

2 工业成型试验

2.1 试验装置及条件

工业成型试验在北京市丰台煤炭机械厂研制的对辊高压成型机及其配套的生产线上进行.该成型机基本结构特征与日本成型机相同,只是预实送料螺旋采用手动变速,与自动调速的日本成型机在成型机理上有一定差别.试验主煤种有大同煤和临沂煤,经通用粉煤机粉碎,露天堆存和部分棚存风干.生物质有稻草和玉米秸 2 种,由 1 台饲料粉碎机粉碎.按不同生物质配比,经轮碾混合,所需的末煤调湿工作亦在此混合过程中完成,再经上料斗和皮带输送机送料,上机成型.试验用料的粒度分布见表 1.

表 1 待成型物料的粒度分布¹⁾ / %

Table 1 Granular degree distribution of
no briquette material

粒度/mm	3.0~2.0	2.0~1.0	1.0~0.3	≤0.3
临沂煤	9.5	13.0	40.6	37.0
大同煤	20.7	25.0	37.6	16.7
稻草	3.3	9.6	51.5	35.6
玉米秆	0.9	4.2	36.6	58.3

¹⁾稻草主要为 5~8 mm 长的细纤维,玉米秸以 2~5 mm 的纤维居多.

2.2 原成型方式的工业试验观察和分析

通过在预实送料螺旋不同转速和不同成型压力下的成型效果观察,发现有如下现象:

(1)在螺旋不同转速下均未见辊轮有明显退让,退让油压在各设定值下升值均很小,远未达到(事后发现的)蓄能器气囊充气压力.

(2)生物质型煤普遍冲上裂嘴,在出料皮带上即易跌为两半,风干后成型仍易发生随机性和相对较轻的裂嘴现象.

(3)临沂风干煤(含水量~3%)成型达到实用要求,形状较为规整,脚踩站人不裂,抛高跌落不易碎;大同风干煤(含水~4%)仅能在出料皮带上保持完整型煤形状,自皮带下落后即易跌为两半.

(4)两半型煤机械强度良好,亦随生物质配比和成型压力的提高而增强.

前 2 种现象表明对辊高压成型存在着严重的物料上翻,并延续至成型的终了.实际上是高压下物料的难以压缩引发了反冲作用,破坏了中低压下原有的咬入区,削弱了对辊的卷料能力,因而既不能产生明显的退让,又剪断了生物质纤维对两半型煤的交联作用.同时由于纤维的交联作用牵扯着周边煤料在径向挤压中成块上移,双侧剪切,不能与型煤基体结成整体,落下后脱离而成裂嘴.利用这种上翻摩擦生热机制,促成生物质局部软化而增强两半型煤的对接强度,如现象(3)那样在一定条件下是能够实现的.这正是现有生物质型煤成型机的主要成型机制.预实送料螺旋的自动调速只起一种辅

助作用,以取得更好而稳定的成型效果.这 2 项措施,构思很好,但非根本性的解决办法.应保持和利用现象(4)所显示的生物质纤维优良的交联作用实现成型.

2.3 工业成型改进试验及初步结果

根据上述成型试验的结果及认识,按原机的装配要求设计加工了新型轮,换下了旧型轮,并在型煤成型中拆下了预实送料螺旋,试验用料和操作方法同 2.1.首次改进试验中虽发现退让油压异常升高,不能象定压退让那样缓解滑动剪切,但仍取得良好的成型效果(见表 2).

表 2 新型轮初次成型试验结果¹⁾

Table 2 Preliminary briquetting test results

煤种	生物质	成型油压 ²⁾ /MPa		型煤单重 /g·个 ⁻¹	抗压强度 ³⁾ /N·个 ⁻¹
		设定	退让		
临沂风	稻草	12.5	19.5		1730
干煤	玉米秸	14.5	22.5	17.8	1463
大同煤	稻草	14.5	21.5	17.3	563
无烟煤	稻草	19.5	24.5	18.0	522
临沂煤	稻草	19.5	19.5	14.6	800

1) 生物质配比(内比)20%,即煤(含水):生物质=100:25;大同煤、京郊无烟煤和临沂煤为经晾晒数小时的露天煤,含水依次为 4.7%,4.7%,3.7%和 0.8%(风干煤);稻草和玉米秸含水分别为 9.5%和 19.1%.

2) 1 MPa 油压提供的成型压力为 98 kN.

3) 抗压强度由中国矿业大学型煤研究所测定(下同).

此结果突出表明了新型轮提高成型压力的超常能力,反映出缓解滑动剪切的卓越性能,亦在对煤种普适性和许可水分等方面初步显示出全面的优势.

对蓄能器排气降压实现定压退让之后,又发现退让距离过大,且因辊径过大,在低配比下失控.故采用高配比按降压法凭现场观察探寻实用的成型压力,并在低配比下结合不同煤种和生物质加以对比验证.试验结果见表 3.

水分对成型性能影响的试验结果见表 4.

2.4 新型轮成型影响因素分析

2.4.1 成型压力及纤维形态的影响

粘结剂低压成型研究表明,在成型压力达到 25 MPa 以后,型煤的机械强度主要取决于粘

表 3 改进后工业成型试验初步结果

Table 3 Preliminary results of improved briquetting tests

煤种 ¹⁾	生物质 ¹⁾ 种类	配比/%	成型油压 ²⁾ /MPa		抗压强度 /N·个 ⁻¹	
			设定	工作		
大同煤 6.0	玉米秸	17	17.5	17.5	458	
		30	14.5	14.5	1330	
	稻草			17.5	17.5	1717
			50	14.5	14.5	1885
				10.5	13.0	2472
			30	14.5	14.5	1191
临沂煤 0.7	玉米秸	17	10.5	13.0	1133	
		17	14.5	14.5	1076	
	稻草	25	12.5	13.0	1208	
		25	14.5	14.5	1169	
		30	14.5	14.5	1992	
		30	14.5	14.5	1443	
无烟煤 4.67	稻草	30	14.5	14.5	1051	
		30	12.5	13.0	989	

1) 物种下的数值为其含水百分率;大同煤和无烟煤为经晾晒的露天末煤,大同煤在露天存放 4 年;临沂煤为冬季棚存风干煤,历次测试含水率为 0.7%~2.6%.

2) 气囊充气压力要求 10 MPa,经 1.5 级新表校正,最低退让油压为 13 MPa.

结剂,成型压力的增强作用很小.原有的生物质型煤成型技术在 ~200 MPa 成型压力下取得最高的机械强度.照此推断,在新成型机制下也会存在着一个将生物质纤维的交联作用固定下来的成型压力特征值.从 50% 生物质高配比下得到的最低成型油压 13 MPa(为蓄能器气囊冲气压力所决定)也适用于低配比下过度退让的成型情况看,此特征值对应的成型油压不超过 13 MPa;按成型力全部集中在高压退让对应的半弦高度上计,实际上成型压力特征值不到 120 MPa.高于特征压力,型煤机械强度反而下降.这与模压成型实验结果相反,可能是由于对辊成型中难免存在的料煤相对滑动随成型压力提高而加剧,而在相对滑动中,生物质纤维的交联作用变成了有害的牵扯作用,使型煤机械强度下降.在原有的对辊成型方式中则为摩擦生热作用所遮盖.同理,在对辊成型中,纤维形成长短的影响并不重要,如试验结果所表明的,长

纤维的稻草不再具有模压成型中的显著优势,反而不如短纤维的玉米秸.生物质纤维的破碎,特别是对硬杆类,重在控制纤维的粗细.

表 4 临沂风干煤不同加水量成型试验结果¹⁾

Table 4 Briquetting test results of Lingyi coal with different water added

加水量/ %	0	2	4	6
抗压强度/ N·个 ⁻¹	770	667	474	197

1) 临沂风干煤(含水 1.2 %): 稻草(含水 11.4 %) = 85: 15, 成型油压 14.5 MPa, 风干煤加水先混合, 再加稻草一起混合.

2.4.2 煤料水分对成型的影响

新成型机制不需利用摩擦生热使生物质软化实现成型, 料煤许可水分需求可以放宽. 然而, 如表 4 所反映的, 水分对高压成型仍有显著的不利影响. 从机理方面分析, 水分的影响表现在 2 个方面. 其 1, 水分的润滑作用加剧了物料在辊间的相对滑动, 表现为成型机工作电流随水分增加而减少, 更为典型的如表 2 末行那样工作油压没上去, 辊轮不退让, 实际成型压力低于设定油压的对应值. 其 2, 中高压下料煤过量水分被挤出, 如前期模压试验所表明的, 经风干的大同煤和柳州混煤外加 8 % 水分, 显水点的压力在 100 MPa 开外. 此显水点是水分影响的一个转折点. 在显水点之前的中低压范围内, 抗压强度随成型压力增高而增强, 且高于风干煤的抗压强度, 在显水点之后, 对全末煤成型的影响则完全相反. 生物质纤维的适量吸水可使这种负面影响延缓至更高的成型压力, 生物质配比越高, 延缓作用越强. 适当提高生物质配比和降低成型压力, 有利于提高成型许可水分. 如含水 6 % 的大同煤外加水 6.0 % (煤样的测试水分为 10.2 %), 按 20 % 配比配入含水 9.3 % 的玉米秸, 在成型油压 13 MPa 下得到的型煤抗压强度为 767 N/个.

2.4.3 对煤种的普适性和适用的生物质配比

成型新机制完全利用生物质纤维的交联作用实现型煤整体成型, 从理论上讲, 生物质配比越高, 型煤机械强度越好, 同时也应适用于不同煤种的成型. 表 3 中不同配比和不同煤种的初

步试验结果已予验证, 表 5 的试验结果也可说明新机制对煤种的普适性. 这对生物质能的工业开发利用具有十分重要的意义.

表 5 不同煤种型煤的抗压强度¹⁾/ N·个⁻¹

Table 5 Resist pressure intensity of briquette coal from different type coals

煤种	临沂煤	大同煤	无烟煤
水分/ %	0.7	6.0	4.7
抗压强度	1443	1191	1051

1) 稻草(含水 11.4 %), 配比 30 %, 成型油压 14.5 MPa

配比的影响参见表 3. 高配比下抗压强度急剧升高, 与生物质交联作用所赋予的优良的跌落强度有关. 如 50 % 玉米秸的型煤施压至 3000 N 以上显著压扁而不裂. 从满足型煤机械强度上说, 需找出适用的低配比. 表 6 的测试结果表明, 17 % 配比下型煤机械强度已足够大. 从含湿成型考虑, 适用的生物质配比以下低于 15 % 为宜.

表 6 临沂风干煤玉米秸型煤的机械强度

Table 6 Machinery intensity of briquette coal added corn stalk from Lingyi coal

玉米秸/ %	成型油压/ MPa	抗压强度	跌落强	转鼓强		
水分	配比	设定	退让	/ N·个 ⁻¹	度/ %	度/ %
9.3	17.0	10.5	13.0	1133	96.3	82.5

2.5 新型轮成型性能优势与技术特征

上述情况表明, 新型轮有着超常的提升成型压力的能力, 成型许可水分成倍提高, 不用螺旋预实送料也能将生物质配比提高至 50 % 以上, 并在恢复螺旋预实送料的情况下实现了纯生物质型块的成型. 这种优势主要是由其成型单元经交叉叠合在基本封闭的情况下利用少许压缩量提升压力, 且在封闭的过程中产生一个自上而下的推压所造成的, 可能的滑动剪切只发生在型煤一侧的外表面; 加上辊间物料自预实阶段的错动, 加强了生物质纤维的交联作用和物料颗粒间的镶嵌作用, 因此显示出比模压成型更优异的成型性能.

3 结语

(1) 新的成型方法充分利用生物质纤维的交联作用,大大提高了生物质型煤/型块成型的技术经济性能。

(2) 对煤种和生物质的适应性增强,不同煤种和生物质形态的差异显著缩小。

(3) 能将生物质交联作用固结下来的成型压力特征值 $< 120 \text{ MPa}$, 含湿成型适用的生物质配比为 $15\% \sim 100\%$ 。

(4) 成型许可水分成倍提高,通过适当调高生物质配比和降低成型压力则能进一步提高许可成型水分。

显然,成型新机制的开发成功不但使成型机大为简化,也使成型工艺得到最大简化:取消

原煤和生物质的烘干工序和供热设备以及与原先干粉作业配套的劳保和环保设施,加上生物质纤维的代粘结剂作用,型煤加工成本减至粘结剂低压成型的一半以下,将有力推动型煤技术的工业应用。

参考文献:

- 1 Hein K R G, Be mtgen J M. A clean coal technology ——co-combustion of coal and biomass, *Fuel Processing Technology*, 1998, 54: 159 ~ 169.
- 2 徐康富, 龙兴. 浅谈生物质型煤利用生物质能的意义及环境效益. *能源研究与利用*, 1996, (3): 3 ~ 6.
- 3 赵智海. 无粘结剂冷压成型工艺生产工业型煤. *煤炭加工与综合利用*, 1996, (4): 83.
- 4 周祥瑜等. 固硫型工业型煤无粘结剂成型工艺. 见: 国家环保总局, *大气污染防治技术研究*. 北京: 科学出版社, 1993. 18 ~ 25.

更 正

本刊 22 卷 3 期目次上第 123 页论文“天然有机高分子絮凝剂壳聚糖制备工艺的改进”的第一作者名曹德芳更正为曾德芳,在此向作者致歉。