

节能减排

市政污泥掺混半焦粉成型影响因素的实验研究

林红,滕济林,张旭辉,张云鹏,吴鹏,屈万领
(北京国电富通科技发展有限公司,北京 100070)

摘要:在市政污泥和半焦粉成型过程中,为了研究各因素对成型效果的影响,以达到在较少黏结剂添加量的条件下,制备出强度和热值都较高的型煤,开展了市政污泥掺混半焦粉成型因素影响的实验研究。在实验室条件下,以褐煤半焦粉为基本原料,通过添加不同比例的市政污泥和黏结剂,同时调节成型压力,利用压力试验机进行压球并测其强度。在实验过程中,通过对各因素进行优化,得出了污泥半焦粉成型的最佳工艺。结果表明:在黏结剂添加量为2.0%,污泥添加量为20%,成型压力为35 kN的条件下,制得了发热量在22 MJ/kg以上的污泥半焦型煤,为市政污泥的高效清洁利用提供了新途径。

关键词:市政污泥;半焦粉;黏结剂;成型;成型压力;成型水分

中图分类号:X703;TU984.11

文献标志码:A

文章编号:1006-6772(2015)04-0087-04

Briquetting factors of municipal sludge mixed with semi-coke powder

LIN Hong, TENG Jilin, ZHANG Xuhui, ZHANG Yunpeng, WU Peng, QU Wanling

(Beijing Guodian Futong Science and Technology Development Co., Ltd., Beijing 100070, China)

Abstract: In order to study the impact of various factors on briquetting effect and prepare coal briquette with higher strength and calorific value using less binder in the process of municipal sludge and semi-coke powder briquetting, the study was conducted by briquetting factors experiments. Under laboratory conditions, as the basic raw material, the lignite semi-coke powder mixed with municipal sludge and binder, was applied to the briquetting experiment by using the pressure testing machine and the tester to pressure the strength of coal briquette, while adding different proportions of municipal sludge and binder, adjusting the molding pressure. During the experiment, the optimum process of sludge and semi-coke powder briquetting was obtained by optimizing various factors. The results showed that, under the conditions of briquetting pressure of 35 kN, the binder addition level of 2.0%, and the sludge amount of 20%, the sludge semi-coke briquette with above 22 MJ/kg calorific value was produced, which provided a new way for high efficiency and cleaning treatment of municipal sludge.

Key words: municipal sludge; semi-coke powder; binder; briquetting; pressure strength; moisture content

0 引言

市政污泥是城市污水处理过程中产生的副产物,是由有机残片、细菌菌体、无机颗粒、胶体等组成的极其复杂的非均质体^[1]。污泥中除了含有灰分和大量有机营养成分氮、磷、钾等元素外,还含有铜、铝、锌、铬、砷、汞等重金属和多氯联苯、二噁英等有

毒有害物质。在污水处理过程中,细菌及大部分寄生生物留存在污泥中,病毒可以吸附在污水中的颗粒上,随颗粒的沉淀也沉积到污泥中^[2-3]。据统计,截至2014年初,全国城市、县累计建成城镇污水处理厂已达到3500多个^[4]。随着全国污水处理率的不断提高,污泥量的增加速度日益加快,污泥随意堆放造成的污染与再污染问题已经凸显出来。污泥含

收稿日期:2015-03-29;责任编辑:孙淑君 DOI:10.13226/j.issn.1006-6772.2015.04.023

基金项目:国家高技术研究发展计划(863计划)资助项目(2012AA063506)

作者简介:林红(1986—),女,河南商丘人,工程师,主要从事低阶煤综合利用的相关技术研究。E-mail:linhong@sgepri.sgcc.com.cn

引用格式:林红,滕济林,张旭辉,等.市政污泥掺混半焦粉成型影响因素的实验研究[J].洁净煤技术,2015,21(4):87-90.

LIN Hong, TENG Jilin, ZHANG Xuhui, et al. Briquetting factors of municipal sludge mixed with semi-coke powder[J]. Clean Coal Technology, 2015, 21(4): 87-90.

量虽然仅占污水处理总量的0.3%~0.5%,但污泥的处理费用(如设备、人工、操作等费用)巨大,几乎占到污水厂全部投资及运行费用的30%~50%,因此污泥成了多数污水处理厂亟待解决的问题^[5]。目前,国内对污泥的处理方法以填埋为主,资源化能源化利用率较低。将污泥与煤、半焦以及植物秸秆等其他生物质掺混协同焚烧,可以有效降低污泥处理的投资和处理成本,是国家支持的污泥处理方向之一^[6]。

在市政污泥掺混褐煤半焦粉有黏结剂成型的过程中,成型原料的粒度组成、原料添加比例、成型压力和成型水分都是影响型煤冷压强度的重要因素。文献[7-9]表明,成型原料的粒度组成以0.45 mm以下的颗粒占50%左右为宜,有黏结剂低压成型的压力为200~500 kg/cm²。本研究在已有的粉煤成型理论基础上,探讨市政污泥掺混半焦粉成型的影响因素。

1 实验原料及实验方法

实验研究的成型原料包括褐煤半焦粉、市政污泥和少量的添加剂。其中半焦粉是由锡林浩特褐煤在550℃条件下热解、筛分得到的粒度在2 mm以下的物料;市政污泥取自河北定州,含水率约79%;所用复合型黏结剂可相互弥补单一黏结剂存在的不足,提高型煤的整体质量^[10-12]。半焦粉和市政污泥的工业分析、发热量见表1和表2。

表1 市政污泥和半焦粉的工业分析 %

样品	M_{ar}	V_{ar}	A_{ar}	FC_{ar}
市政污泥	78.84	8.95	10.74	1.47
半焦粉	7.02	8.45	16.48	68.05

表2 市政污泥和半焦粉的发热量分析 MJ/kg

样品	$Q_{gr,ad}$	$Q_{gr,d}$	$Q_{net,ad}$	$Q_{net,d}$
市政污泥	9.28	9.94	8.52	9.29
半焦粉	25.28	27.20	24.87	26.92

从表2可看出,污泥的发热量在9.00 MJ/kg左右,具有利用价值;半焦粉热值高和水分低的特点,在保证了成型物料总水分和热值的前提下,增加了污泥的添加量和处理量。

对半焦粉、污泥半焦拌合后的混合料分别进行粒度分析,结果见表3。

表3 半焦粉和混合料的粒度分析

粒径/mm	粒度组成/%	
	半焦粉	混合料
2~1	16.10	20.77
1~0.5	14.60	34.07
<0.5	69.30	45.16
总计	100.00	100.00

表3的粒度分析表明,在2 mm以下的混合料中,<0.5 mm的物料所占的比例约为45%,这与已有结论成型原料的粒度组成以<0.45 mm的颗粒占50%左右为宜对应,所以本研究略去物料粒度组成对型煤强度的影响。拌合后的混合料粒度与半焦粉相比,呈现大颗粒比例上升,小颗粒比例下降的趋势,其原因应是添加黏结剂后,经轮碾拌合作用,污泥和半焦粉发生初步黏合,粒度增大。

为了证实上述推测,利用高速自动比表面积与孔径分析仪,对成型原料拌合前的半焦粉和拌合后的污泥半焦混合物分别进行孔体积 N_2 吸附-脱附表征,分析其BET(The Brunauer-Emmett-Teller isotherm)比表面积和孔体积,见表4。

表4 比表面积和孔体积分析

样品	比表面积/(m ² ·g ⁻¹)	孔体积/(cm ³ ·g ⁻¹)
半焦粉	294.1	0.208
成型原料	25.75	0.070

从表4可看出,半焦粉具有较大的孔体积和比表面积,这样的大比表面积是褐煤在一定的温度和压力下经干馏形成的多孔孔隙结构。拌合后的污泥半焦混合物比表面积和孔体积大为减小,说明添加的污泥与半焦粉不只是简单黏合,而是能够填充半焦粉的孔隙结构进行牢固结合,为污泥半焦成型奠定了基础。

2 实验室压球实验

实验室的压球试验设备是数显压力实验机,最大成型压力是600 kN,型煤抗压强度按照MT/T 748—2007《工业型煤冷压强度测定方法》进行。模具自制,置于压力实验机上下压板之间,压出的型煤近似球形,每个球质量51~52 g,最大直径是50 mm。

2.1 污泥、黏结剂添加比例对型煤强度的影响

将褐煤半焦粉作为基本原料,调整加入的市政

污泥的比例依次为:12%、15%、18%和20%,黏结剂添加比例分别为1.5%、1.8%、2.0%,成型压力为200 kN作压球的正交实验,得到的型煤利用鼓风机干燥箱在105℃下烘4 h后分别测其冷压强度,结果见表5。

表5 不同污泥、黏结剂添加比例条件下型煤强度对比

污泥比例/%	黏结剂添加比例/%	冷压强度/N
12	1.5	92.9
12	1.8	94.7
12	2.0	116.4
15	1.5	93.9
15	1.8	99.7
15	2.0	103.6
18	1.5	97.1
18	1.8	107.9
18	2.0	125.6
20	1.5	120.1
20	1.8	122.5
20	2.0	132.0

由表5可见:①在压力和污泥添加量相同的条件下,黏结剂的量增大,型煤强度也增大(考虑到实际生产中成型的经济性,本研究将黏结剂添加比例控制在2.0%);②在压力和黏结剂添加量相同的条件下,污泥添加量增大(20%以内),型煤强度也增大。当污泥量添加量为20%、黏结剂添加量为2.0%、压力为200 kN的条件下,型煤强度最大为132 N。

2.2 成型压力对型煤强度的影响

在压球过程中,如果成型压力过大,不仅使能耗增加,而且会出现压溃现象^[13],影响型煤强度。要确定最佳成型压力,就要测试不同成型压力下的型煤强度,强度最大者对应的压力即为最佳成型压力。将污泥添加量定为20%,黏结剂的添加量定为2.0%,试验中成型压力分别选10、20、30、40、60、80和100 kN,得到的型煤在105℃下烘4 h后分别测定冷压强度,结果见表6。

表6 不同试验压力条件下型煤冷压强度对比

成型压力/kN	冷压强度/N	成型压力/kN	冷压强度/N
10	127.8	60	97.5
20	130.2	80	79.2
30	147.1	100	73.3
40	107.9		

从表6可看出:①在10 kN的压力条件下,污泥掺混半焦粉在黏结剂条件下就可以成型,且其强度与表5中200 kN条件下相当;②成型压力并不是越大越好,型煤强度随压力变化趋势如图1所示。

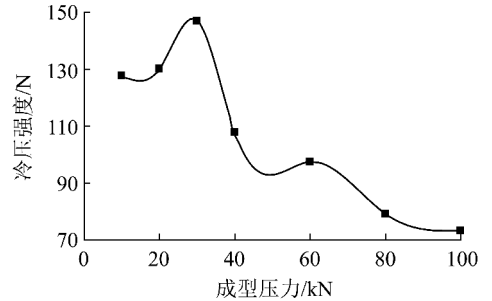


图1 型煤强度随试验压力的变化趋势

从图1可看出,在成型压力为30 kN左右时,型煤强度值达到最大;当成型压力超过60 kN时,型煤强度急剧下降。由此可以得出,在成型压力为30 kN左右时,型煤强度达到最佳。分别选择压力25、35与30 kN做对比,并添加2.0%改良的黏结剂(黏结剂-1),测试型煤强度,结果见表7。

表7 污泥、黏结剂添加量以及成型压力对型煤强度的影响

编号	污泥添加量/%	成型压力/kN	冷压强度/N
1	15	25	225
2	15	30	234
3	15	35	258
4	20	25	232
5	20	30	256
6	20	35	268
7	25	35	151
8	30	35	138
9	35	35	122
10	40	35	100

从表7前6组的数据可看出,当成型压力为35 kN(换算成压强为17.5 MPa)时,型煤强度达到最大;从表中第3、6~10组的数据可看出,在成型压力为35 kN条件下,污泥添加量为20%时,型煤强度最大。分析污泥添加量继续增大而型煤强度降低的原因,应该是污泥量的增加导致成型物料水分高,煤粒表面形成较厚的水膜,不但影响黏结剂的作用过程,使颗粒间接触不紧密,而且还会导致型煤脱模困难,降低型煤产率^[14-15]。

对表7中第3组和第6组型煤(型煤1号和型煤2号)的发热量进行检测,结果见表8。表8中型煤1号的污泥添加量为15%,型煤2号的污泥添加量为20%,2种型煤的发热量都在22 MJ/kg以上,

符合民用型煤标准(民用型煤的发热量规定为18~20 MJ/kg)。

表8 型煤发热量检测结果 MJ/kg

样品	$Q_{gr,ad}$	$Q_{gr,d}$	$Q_{net,ad}$	$Q_{net,d}$
型煤1号	23.47	24.63	23.05	24.30
型煤2号	23.32	24.48	22.91	24.16

3 结 论

1)型煤强度随成型压力呈现曲线变化。0~35 kN时,随成型压力增加,型煤强度逐渐增加;35 kN以上时,随成型压力增加,型煤强度反而呈现降低趋势。最佳成型压力为35 kN(17.5 MPa)。

2)黏结剂的添加量越大,型煤强度越大。但是考虑到型煤生产的经济性,本研究将最佳添加比例定为2.0%。

3)在黏结剂添加比例为2.0%的条件下,污泥的最佳量为20%。当污泥添加量小于20%时,随着添加量增大,型煤强度增大;当污泥添加量大于20%时,随着污泥添加量增大,型煤强度降低。

参考文献:

[1] 许晓萍.我国市政污泥处理现状与发展探析[J].江西化工,2010(3):24-32.
[2] Rulkens W. Sewage sludge as a biomass resource for the production

of energy:overview and assessment of the various options[J]. Energy and Fuels,2008,22(1):9-15.

[3] 顾夏生,黄铭荣,王占生,等.水处理工程[M].北京:清华大学出版社,1985:159-160.
[4] 王建俊,王格格,李刚,等.污泥资源化利用[J].当代化工,2015,44(1):98-100.
[5] Coakley P. Research on sewage sludge carried out in the department of university collage london[J]. Journal institute Sewage Purification,1995(9):59-62.
[6] 顾全文.市政污泥处理与资源化利用技术研究[J].山西冶金,2014(2):21-23.
[7] 高玉杰.型煤成型影响因素分析及型煤成型机的设计[D].太原:山西大学,2009.
[8] 田斌,许德平,杨芳芳,等.成型压力与粉煤粒度分布对冷压型煤性能的影响[J].煤炭科学技术,2013,41(10):125-128.
[9] 邓加耀,张会强,吴坚,等.粒度、压力和水分对型煤冷态强度的影响[J].工程热物理学报,2004,25(9):182-184.
[10] 孙孝仁.型煤设备与型煤黏结剂[J].能源工程,1994(4):13-15.
[11] Yildirim I Tosun. Clean fuel-magnesia bonded coal briquetting[J]. Fuel Processing Technology,2007,88(10):977-981.
[12] Sczerka J, Pedzich Z, Nikiel M, et al. Influence of raw materials morphology on properties of magnesia-spinel refractories[J]. Journal of the European Ceramic Society, 2007(27):1683-1689.
[13] 徐振刚,刘随芹.型煤技术[M].北京:煤炭工业出版社,2001.
[14] 常鸿雁.粉煤成型机理研究[D].太原:太原理工大学,2002.
[15] 吉登高,王祖训,张丽娟,等.粉煤成型原料粒度组成的试验研究[J].煤炭学报,2005,30(1):100-103.

(上接第76页)

3)高效煤粉锅炉系统具有良好的经济和社会效益,应用前景广阔,其迅速兴起可促进燃煤锅炉行业的转型,可视为目前最经济环保的洁净煤燃烧技术和最实用的城市供热燃煤技术。

参考文献:

[1] 张沈生,孙晓兵,傅卓林.国外供暖方式现状及发展趋势[J].工业技术经济,2006,25(7):131-134.
[2] 曾享麟,蔡启林,解鲁生,等.欧洲集中供热的发展[J].区域供热,2002(1):1-8.
[3] 辛坦.丹麦热计量改革经验概要[J].供热制冷,2009(10):23.
[4] Joanne M Holford, Gary R Hunt. Fundamental atrium design for natural ventilation[J]. Building and Environment,2003,38(3):409-426.
[5] ChristanSchmoll,王兆立,宋若子.德国和波兰供热计量特点与经验[J].建设科技,2009(22):71-73.
[6] 康艳兵,张建国,张扬.我国热电联产集中供热的发展现状、

问题与建议[J].中国能源,2008(10):1-10.

[7] 刘春生.新型高效煤粉锅炉供热系统在城市供热中的推广和应用[J].区域供热,2013(2):60-62.
[8] 中研普华城市供热行业分析专家.2013—2017年中国集中供热行业发展前景研究报告[R].深圳:中研普华公司,2013:1-361.
[9] 崔丽娜.浅谈国内外集中供热控制系统现状及应用[J].民营科技,2011(8):47-52.
[10] 刘剑,霍兆义,尹洪超.城市集中供热的发展及面临的问题[J].节能与环保,2008(4):33-35.
[11] GB 13271—2014,锅炉大气污染物排放标准[S].
[12] 国家发展和改革委员会.燃煤对我国大气质量的影响及对策[R].北京:国家能源局,2012:6-17.
[13] 何海军,纪任山,王乃继.高效煤粉工业锅炉系统的研发与应用[J].煤炭科学技术,2009,37(11):1-4.
[14] 宋春燕,张鑫,李婷.高效煤粉锅炉替换层燃锅炉技术改造与能效分析[J].洁净煤技术,2015,21(3):98-102,106.
[15] 唐家毅,卢啸风,刘汉周,等.国外低NO_x煤粉燃烧器的研究进展及发展趋势[J].热力发电,2008,37(2):13-18.