

生物质燃气高温过滤材料的研究

李晓霞 闫桂焕 孙荣峰 许敏

(山东省科学院能源研究所, 济南 250014)

摘要 日趋严格的环保要求和某些工艺过程的特殊需要,对生物质燃气中灰尘的数量和粒度提出了更高的要求,即对生物质气化系统中的过滤工艺有了新的要求。针对生物质气化工艺的特点及其灰尘的特性,重点研究了针刺过滤毡和金属多孔材料两类高温过滤材料。通过研究比较,两种材料各有优缺点,针刺过滤毡过滤精度高,运行工况比较稳定,但是过滤气速小,适用温度低,设备比较庞大;金属多孔材料过滤精度相对较低,但是过滤气速和使用温度高,设备相对紧凑。

关键词 生物质燃气 高温过滤 针刺过滤毡 金属多孔材料

中图分类号 X703.1 文献标识码 A 文章编号 1673-9108(2008)10-1389-04

Research on several high temperature-resistant filter materials

Li Xiaoxia Yan Guihuan Sun Rongfeng Xu Min

(Energy Research Institute of Shandong Academy of Sciences, Jinan 250014)

Abstract With the improvement of environmental standard and special demand for some engineering processes, strict requirements are proposed for controlling the quantity and size of fly ash in gas cleaning process. Based on the investigation on biomass gasification process and the characteristics of dust, microporous metal mesh and needle punched filter were studied in this paper. It is found that the needle punched filter has high filter-precision and relatively stable operating conditions, but low filter gas velocity, temperature application and the equipment relatively large; while the microporous metal mesh has low filter-precision, but high filter gas velocity, temperature application and relatively compact equipment. The results would be helpful for the choice of high temperature-resistant filter materials.

Key words biomass gas; high-temperature gas filtration; needle punched filter; microporous metal mesh

随着矿石燃料的日益减少和环保意识的日益加强,作为可再生、几乎无污染的生物质资源,其开发和利用越来越受到人们的重视,气化是其主要利用方式之一。尽管目前气化设备有所差异,但气化原理还是相同的,即生物质在一定的热力学条件下,首先被干燥加热继而发生热解反应,生成焦炭、焦油和气体;热解后的产物与气化剂进行燃烧反应,形成氧化高温区,同时焦油等大分子重烃类物质裂解为小分子气体;最后燃烧产物经过炽热的炭层还原后生成可燃气体,完成整个气化过程^[1]。

灰尘是生物质气化过程中不可避免的伴生物,它的大量存在会限制燃气的某些应用。无论是内燃机发电还是合成甲醇、二甲醚等液体燃料,都对生物质燃气中灰尘的数量和粒度有严格的要求。同时,生物质燃气中不可避免地会带有少量的焦油和水,达到冷凝温度后就会液化并与气体中的灰分混合成粘稠状杂质,给后续净化带来困难,据文献报道^[2],焦油冷凝的起始温度为200℃。因此,必须考

虑对燃气进行高温除尘净化。

目前广泛应用的除尘方式有旋风除尘、电除尘、湿法除尘和过滤式除尘。电除尘投资高,占地面积大,用于生物质高温燃气除尘,容易产生电极的腐蚀;湿法除尘能耗高,在高温除尘中,容易产生二次污染;目前在高温燃气净化除尘的商业化应用中,旋风除尘加过滤式除尘的组合有比较广泛的应用,有比较高的过滤效率和良好的经济性。

目前,高温除尘过滤介质一般采用耐高温过滤毡、金属多孔材料、陶瓷多孔材料。在200~300℃的高温燃气除尘中,耐高温过滤毡有比较广的应用;陶瓷多孔材料和金属多孔材料都有比较高的使用温度范围,但陶瓷多孔材料其综合性能和抗热震性远

基金项目:国家科技支撑计划(2006BAD07A0302)

收稿日期:2008-02-27; 修订日期:2008-04-16

作者简介:李晓霞(1975~),女,助理研究员,主要从事生物质气化方面的研究。E-mail:lix@sdri.cn

远低于金属多孔材料,并且不容易再生。针对生物质燃气的特点,文章选用耐高温过滤毡和金属多孔材料进行研究。

1 灰尘的产生及其性质

生物质在燃烧过程中处于高温和缺氧的条件下分解析出的一些微小炭粒在炉膛中不能完全燃烧,其粒径从 $1\ \mu\text{m}$ 到 $100\ \mu\text{m}$ 不等。另外,在热解中产生的焦油在不同的温度下会裂解为不同的产物,温度越高,分解越彻底。高温能够使焦油分解得比较彻底,但是也会使气体中的组分分解为碳黑和氢,碳黑的粒径为 $0.05\sim 1\ \mu\text{m}$ 。

在气化炉出口处,由于高温燃气气流的作用,必然会携带炭黑、炭粒和灰分进入后续工段。

取固定床气化炉某一工况下经过两级旋风处理过的高温燃气,收集到的灰尘经电镜扫描发现,粒度在 $30\sim 70\ \text{nm}$ 之间^[3]。在高温燃气中,灰尘的热团聚作用比较突出,在团聚影响下,灰尘会形成比较大的颗粒。本研究对收集到的灰尘用激光粒度分析仪进行分析,结果如图1所示。

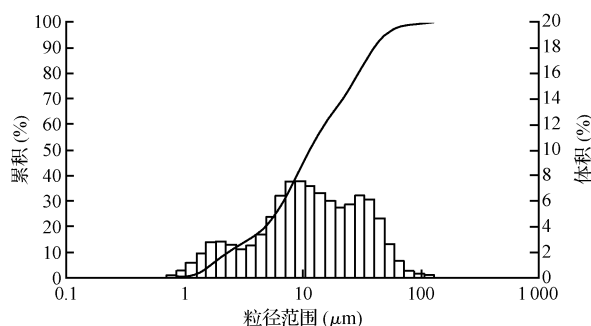


图1 某一工况下灰尘粒度分布示意图

Fig.1 Size distribution of dust under a working condition

从图1中可以看出,灰尘的粒径分布范围为 $0.6\sim 120\ \mu\text{m}$,主要集中在 $2\sim 50\ \mu\text{m}$ 之间,小于 $50\ \mu\text{m}$ 的颗粒累计体积百分比达到了 94.33% ,平均粒径为 $17.5\ \mu\text{m}$ 。

2 高温过滤材料的主要性能

生物质灰尘粒度小且分布范围广,因此采用过滤精度比较高的介质过滤能够达到比较好的除尘效果,可获得较高的除尘效率。同时,生物质燃气中不可避免地会带有少量的焦油,焦油冷凝的起始温度为 $200\ ^\circ\text{C}$ 。为了避免焦油冷凝糊袋,因此选用的介质滤料必须可在 $200\ ^\circ\text{C}$ 以上连续运行,经考察调研,

文中选用针刺过滤毡和金属多孔2类过滤材料。

针刺过滤毡分为很多类,以涤纶、丙纶为主要材料的可在 $100\ ^\circ\text{C}$ 左右使用,以玻纤、P84 为主要材料可在 $300\ ^\circ\text{C}$ 以下使用。针刺过滤毡滤料的过滤气速大约为 $1\ \text{m}/\text{min}$,过滤精度可达 $1\ \mu\text{m}$ 左右,因此该类滤料除尘效率高,但是要求控制燃气的温度在滤袋所能承受的范围内,以防止超温或酸结露损伤滤袋,以及低温时防止水结露糊袋^[4]。另外,此类滤料可承受的过滤气速相对较低。

金属多孔材料从结构形式看主要有金属烧结丝网、金属纤维毡和烧结金属粉末等。复合金属丝网具有很高的整体强度和刚性,空隙分布均匀,再生性好,过滤元件寿命长。烧结纤维毡有很高的空隙率,因此透气性好。烧结金属粉末是依靠熔融金属雾化制粉后压制成型和烧结而得,可制成各种复杂形状,相对烧结丝网且有较高的过滤精度。依据材质的不同,金属多孔材料最高可以耐 $400\sim 1\ 000\ ^\circ\text{C}$ 的高温,并且该类材料抗酸碱腐蚀,热稳定性好,过滤效率高,使用寿命长,用作高温燃气除尘领域,具有其他过滤材料无法替代的优势。

对于针刺过滤毡滤料文章选用比较有代表性的 FMS-氟美斯,对于金属多孔滤料文章选用不锈钢烧结网(316 L),两者的特性分别列于表1和表2中。

氟美斯(FMS)系列滤料由玻纤和其他化学纤维混合及层状复合而成,吸收了玻纤和化学纤维的长处,是一种比较高效的复合材料。从表1中可以看出,FMS-氟美斯系列材料能耐高温,取规格为 $5\ \text{cm}\times 20\ \text{cm}$ 的滤料进行径向和纬向的拉伸试验,径向和纬向拉力均为 $2\ 000\ \text{N}$,抗拉强度大,不易变形,在脉冲反吹系统应用中,能够获得比较小的阻力和比较好的反吹效果。

不锈钢烧结丝网由不锈钢纤维编织成非织造布结构,在连接点进行烧结,结构由保护层、过滤层以及支撑层组成。利用不同直径的纤维构成单层或多层复合结构可以实现不同的工作要求。不锈钢烧结丝网具有比较高的工作强度,在比较高的过滤速率下也能够提供较高的过滤精度。不锈钢烧结丝网的过滤精度由组成丝网的每层结构的性能以及层与层之间的结合情况决定。从过滤机理上讲,不锈钢烧结丝网属于表面过滤材料。

3 高温燃气除尘试验

为了比较针刺过滤毡和金属多孔滤料在高温燃

表 1 FMS-氟美斯系列滤料的性能指标

Table 1 Technical index of FMS

	FMS-9806 高温型	FMS-9807 通用型	FMS-9808 耐强酸型	FMS-9809 耐强高温型
克重(g/m ²)	>800	>800	>800	>800
材质	P84、玻纤/玻纤基布	芳纶、玻纤/玻纤基布	PPS、玻纤/玻纤基布	P84、玻纤、不锈钢纤维/玻纤基布
厚度(mm)	2.2~3.2	2.5~3.5	2.5~3.5	2.2~3.2
透气度(m ³ /(m ² ·min))	10~20	8~20	10~20	10~20
使用温度(℃)	260(短时 300)	220(短时 260)	200(短时 230)	300~400
过滤风速(m/min)	1~1.5	1~1.5	1~1.5	1~1.5

表 2 5 层不锈钢烧结网(316 L)主要技术参数

Table 2 Main technical index of sintered metal wire cloth(316 L)

名义过滤精度 (μm)	绝对过滤精度 98%(μm)	孔隙率 (%)	阻力系数	使用温度 (℃)	冒泡压力 (Pa)	拉伸强度 (N/mm ²)	厚度 (mm)	重量 (kg/m ²)
2	8~9	38	1.4×10 ⁶	<450	2 800~6 400	120	1.7	8.4
5	12~14	38	1.2×10 ⁶	<450	2 500~6 000	120	1.7	8.4
10	16~18	38	7×10 ⁵	<450	2 200~5 500	120	1.7	8.4
20	28~32	38	4×10 ⁵	<450	1 800~4 500	120	1.7	8.4

气中的除尘性能,以氟美斯(FMS-9806)和绝对过滤精度为 18 μm 5 层不锈钢烧结网(316 L)为滤料,分别制作了脉冲袋式过滤器。借助下吸式固定床生物质产气系统,将该过滤器放置于旋风除尘后进行试验研究。

图 2 给出了试验装置示意图,高温含尘燃气经进气口进入除尘器,经过滤介质过滤后,进入集气室,经集气室的出气管排出。高温洁净燃气经压缩机压缩后进入气包,由脉冲控制仪控制脉冲阀的开启,对系统进行反吹。在进出口管均设置 U 形管压差计,测定反吹前后滤管内外压差,进口设热电偶,在出口设置取样点,出灰采用称重的方式。过滤效率表达式如下:

$$\eta = \frac{C_h \times V}{C_h \times V + S_b} \times 100\% \quad (1)$$

式中:η 为过滤效率,%;C_h 为除尘器出口处的气体含

尘浓度,g/m³;V 为处理气量,m³;S_b 为出灰重量,g。试验中得出的数据结果如表 3 所示。

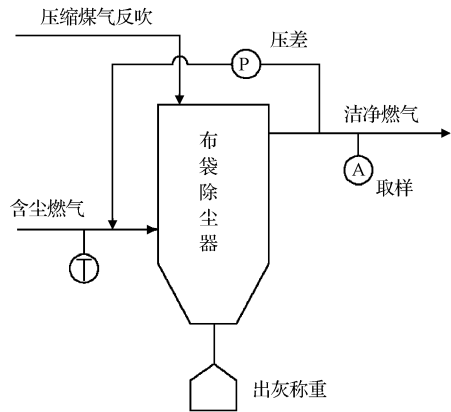


图 2 除尘器试验装置示意图

Fig 2 Schematic diagram of experimental setup

表 3 生物质高温燃气过滤除尘试验结果

Table 3 Testing results of hot biomass gas dedusting

项 目	过滤风速 (m/min)	过滤面积 (m ²)	压降控制 (ΔPa)	使用温度 (℃)	出口杂质含量 (mg/Nm ³)	过滤效率 (%)
氟美斯(FMS-9806)	0.7	4.5	1 500	210~260	3.24	99.5
不锈钢烧结网 316 L	5.3	0.6	2 000	210~320	13.64	97.9

试验中发现,由于 FMS-9806 承受的温度范围较小,系统运行过程中会发生超温现象,所以需要在除尘器前设置降温设备,以防止 FMS-9806 中的 P84 发生水解。该设备的过滤风速为 0.7 m/min。与金属多孔滤料相比,较低的过滤风速使得过滤面积增大,设备安装也占据了很大的空间。但是 FMS-9806 过滤精度高,运行过程中经脉冲反吹压降可控制在 1 500 Pa 以内。经测试,设备出口燃气中的杂质含量仅为 3.24 mg/Nm³,对高温燃气的过滤效率达到了 99.5%。

材质为 316 L 的不锈钢烧结网可在 450 ℃ 以下使用。试验中过滤风速为 5.3 m/min,是 FMS-9806 的 7.6 倍,大大减小了过滤面积,从而使得设备体积大大缩小。试验中发现,不锈钢烧结网过滤器的阻力可控制在 2 000 Pa 以下。净化后燃气中的杂质含量为 13.64 mg/Nm³,测杂质的滤片上含有少量的炭黑。该过滤精度可以满足后续设备用气的需要。

在经济性的比较方面,不锈钢烧结网的价格远远高于过滤毡的价格,但是不锈钢烧结网由于有比较高的过滤风速,在与过滤毡处理同样高温燃气的情况下,能有一个比较小的过滤面积,在达到一定的处理气量时,不锈钢烧结网过滤设备的整体投资能够拥有比过滤毡过滤设备更好的经济性;同时不锈钢烧结网的使用温度范围较广,从而节省了使用高

温过滤毡系统所需增加降温设备的费用。

4 结 论

生物质燃气高温过滤的研究是一项重要的课题,符合日益严格的环保要求,而且能够节省大量能源。进行高温滤料的选择,首先要考虑被处理高温燃气的性质,还要在经济性以及适用性各方面进行比较。不锈钢烧结多孔材料,即使在高过滤风速下也会提供高的渗透性和低的压降,适用温度高。目前,不锈钢金属多孔材料已经进入初步工业化的应用。限于时间的关系,本研究对各种高温滤料应用于生物质燃气净化的性质和试验研究还不够全面,应加快对高温过滤材料的研究及开发。

参 考 文 献

- [1] 马隆龙,吴创之,孙立. 生物质气化技术及其应用. 北京: 化学工业出版社, 2003
- [2] 周志军,赖开忠,周俊虎,等. 气化过程中焦油催化裂解的影响因素研究. 热力发电, 2005, (11): 26 ~ 29
- [3] 闫桂焕,许敏,孙荣峰,等. 生物质焦油转化方法的研究比较. 煤炭转化, 2007, 30(增刊): 26 ~ 28
- [4] 钱怡松,许居鹁,顾李定. 高温袋式除尘器的应用. 产业用纺织布, 2006, (9): 29 ~ 33