



非金属矿物纤维制作汽车尾气净化器衬垫的研究

高玉杰, 李 静

(天津市制浆造纸重点实验室, 天津科技大学材料科学与化学工程学院, 天津 300457)

摘要: 采用与传统干法生产工艺不同的湿法造纸工艺,以非金属矿物纤维海泡石为主要纤维原料配加玻璃纤维、陶瓷纤维、有机纤维生产净化器衬垫. 结果表明:以非金属矿物纤维海泡石为主要纤维原料制作的净化器衬垫具有较好的物理性能.

关键词: 汽车尾气净化器; 衬垫; 海泡石

中图分类号: TQ 016 **文献标志码:** A **文章编号:** 1672-6510(2009)05-0040-05

Study on the Manufacture of Exhaustdevice Mat Made of Nonmetallic Mine Fibers

GAO Yu-jie, LI Jing

(Tianjin Key Laboratory of Pulp and Paper, College of Material Science and Chemical Engineering, Tianjin University of Science & Technology, Tianjin 300457, China)

Abstract: Different from the traditional dry-making technique, the article presented to use sepiolite, glassfiber, organic fiber and ceramic fiber as the main fiber to make the exhaust device mat by papermaking process. The results show that combining of inorganic and organic fibers can improve the physical properties of the mat effectively.

Keywords: exhaust device; mat; sepiolite

随着汽车工业的发展,汽车尾气已成为大气中的一个流动的污染源. 汽车排气公害防治中最方便可行且较为有效的措施之一就是安装净化器. 汽车尾气净化器主要由金属壳体、缓冲层和蜂窝载体组成. 弹性复合衬垫就是作为净化器缓冲层的一种很好的材料,通常由纤维、黏合剂和膨胀性材料制作而成. 衬垫安装在金属外壳与陶瓷蜂窝体之间,包覆在陶瓷蜂窝体外面. 由于含有膨胀性材料,随着环境温度的升高其厚度不断增加,从而可以很好地弥补金属壳体与陶瓷蜂窝体之间的热膨胀差别,提供很好的气密性,同时起到隔热、减震的作用,是保证净化器使用寿命和安全工作的重要部件^[1-3].

目前,我国汽车尾气催化净化器用衬垫大部分依赖于进口,而且生产方法也非湿法抄造. 在实际应用中,通常选用有机合成纤维、金属纤维、无机纤维等耐高温纤维作为主体材料;要求衬垫具有较高的耐高

温性能,具有一定的强度、耐折性能及良好的膨胀性能. 本文以我国资源丰富、价格低廉、耐高温性能良好的非金属矿物纤维——海泡石为基本原料,配加玻璃纤维、陶瓷纤维及有机纤维等,采用造纸工艺制作弹性衬垫. 考察不同纤维类型及配比对衬垫性能的影响. 结合造纸技术,开发储藏量丰富的海泡石、蛭石原料资源;研制开发价格低、质量好的机动车尾气净化器衬垫产品,替代进口,节约外汇,具有重要意义.

1 实 验

1.1 原料

海泡石;陶瓷纤维;玻璃纤维;有机纤维 A;蛭石;黏合剂等.

1.2 方法

将海泡石、蛭石在一定条件下进行活化处理,自

然风干备用. 将海泡石、陶瓷纤维、玻璃纤维及蛭石等充分分散并按一定比例混合均匀,按一定配比加入黏合剂,混匀后成形,并在 110 °C 条件下烘干.

1.3 分析检测

红外光谱的测定采用 VECTOR 22 傅里叶变换红外光谱仪. 在衬垫不同位置截取试样,使用 CMT 4503 型微机控制电子拉力机按 GB 1040—1992 《塑料拉伸性能试验方法》测定试样的抗张强度. 耐折性能以实际应用效果为检测标准. 衬垫的膨胀性能用高温加热前后厚度变化倍数表示.

2 结果与讨论

2.1 海泡石纤维基本性能

海泡石是一种含水的镁硅酸盐矿物,其基本结构为由硅氧四面体和镁氧八面体组成的层链状结构. 实验用海泡石为产自河北省易县的 α 型海泡石,该海泡石的纤维形态如图 1 所示,相关性能指标见表 1.

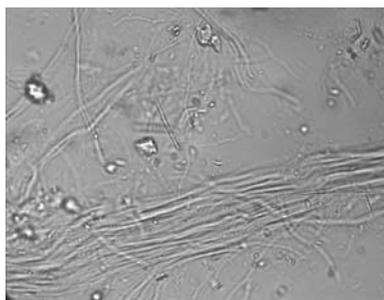


图 1 海泡石纤维的显微照片

Fig.1 Microphotograph of sepiolite fiber

表 1 海泡石纤维性能指标

Tab.1 Properties of sepiolite fiber

平均长度/ mm	打浆度/ °SR	湿重/ g	Zeta 电位/ mV	白度/ %
0.99	23	0.69	-24.8	70.18

海泡石的红外图谱见图 2, 各峰归属见表 2.

表 3 海泡石与玻璃纤维质量比对衬垫性能的影响

Tab.3 Effects of sepiolite and glass fiber composition on mat properties

编号	m (海泡石): m (玻璃纤维)	定量/($\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$)	紧度/($\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$)	厚度/mm	抗张强度/MPa	蛭石分布匀度
G I	95 : 5	2 668	0.544	3.48~5.11	0.56	+
G II	85 : 15	2 688	0.485	5.16~5.75	0.52	++
G III	75 : 25	2 666	0.342	7.48~8.12	0.45	+++
G IV	65 : 35	2 658	0.271	9.33~10.29	0.39	+++

注: “+”数量越多表示蛭石在垫片中的分布越均匀.

可以看出,海泡石与玻璃纤维混配抄造的垫片紧度随玻璃纤维用量的增加而下降,即玻璃纤维的加入可以有效地提高垫片的松厚度,增加衬垫弹性,从而

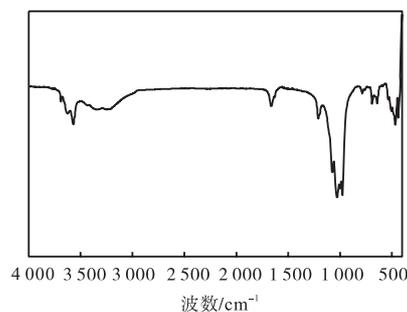


图 2 海泡石红外光谱图

Fig.2 FTIR spectrum of sepiolite

表 2 海泡石红外谱带位置及其归属

Tab.2 FTIR bands assignment of sepiolite

波数/ cm^{-1}	红外谱带归属
3 690	ν (Mg—OH)
3 624	ν [(Mg,Al)—OH]
3 569	ν (OH ₂)
3 426	ν (H ₂ O)
1 665	δ (OH ₂)
1 210	ν (Si—O—Si)
1 074	ν (Si—O)
1 028	ν (Si—O)
976	ν (Si—O—Si)
468	δ (Si—O—Si)

2.2 纤维配比对衬垫性能的影响

海泡石纤维长度短,单独用其抄制的衬垫纤维间结合紧密,成品干瘪、挺硬,松厚度低,弹性小而且容易折断. 因此通过加入长纤维来提高其松厚度、耐折度与柔软度. 实验采用的长纤维为玻璃纤维和陶瓷纤维,其分散后长度在 8 mm 左右.

2.2.1 海泡石与玻璃纤维配比对衬垫性能的影响

实验工艺条件如下:玻璃纤维分散 15 min,分散时 HCl 加入量为玻璃纤维质量的 2.5%;海泡石与玻璃纤维总用量 46%、蛭石用量 46%、黏合剂用量 8%.

海泡石与玻璃纤维质量比对衬垫性能的影响如表 3 所示.

使其在使用中可以起到较好的减震作用,并便于安装. 另外,由于玻璃纤维的加入使得浆料体系中长纤维数量增多,长纤维与海泡石短纤维相互交织成良好

的网络,减少了膨胀材料蛭石在浆料中的沉降速度,使蛭石在衬垫中的分布匀度增加,提高了衬垫的膨胀匀度与外观品质。

虽然玻璃纤维的加入在一定程度上提高了衬垫的质量,但也不是其用量越多越好,衬垫过于膨松时其减震性能也会受到影响。同时,随着玻璃纤维用量的增加,垫片的抗张强度有所降低。玻璃纤维之间的相互结合力小,而海泡石表面吸附活性中心上所带有的水分子及 Si—OH 离子团,使其纤维分子在干燥过程中相互结合而形成氢键结合力,这种结合虽然远远小于植物纤维间的结合力,但仍会高于玻璃纤维之间的结合力。玻璃纤维本身的耐高温温度只有 800 ~ 900 °C,远不及海泡石的耐高温温度,所以在保证垫片的膨松性、生产可操作性的基础上,确定选取海泡石与玻璃纤维的质量比为 85 : 15。

表 4 海泡石与陶瓷纤维质量比对衬垫性能的影响

Tab.4 Effects of sepiolite and ceramic fiber composition on mat properties

编号	m(海泡石) : m(陶瓷纤维)	定量/(g·m ⁻²)	紧度/(g·cm ⁻³)	厚度/mm	抗张强度/MPa	蛭石分布匀度
C I	90 : 10	2 496	0.605	3.22~4.59	0.53	+
C II	80 : 20	2 560	0.512	4.46~5.38	0.49	++
C III	70 : 30	2 531	0.492	4.77~5.85	0.46	++
C IV	60 : 40	2 548	0.439	4.69~5.92	0.41	+++
C V	50 : 50	2 509	0.381	5.60~6.84	0.22	+++

注：“+”数量越多表示蛭石在垫片中的分布越均匀。

2.2.3 有机纤维对衬垫性能的影响

为使衬垫在运输、加工的过程中保持完整、无破损,除了对衬垫的抗张强度有一定要求外,还要具备一定的耐折性能,而折叠破损与抗张强度无线性关系。用以上工艺抄成的垫片虽具有一定的强度,但垫片的脆性较大、耐折性能较差。本文在上述 G II、C IV 配方的基础上,加入总纤维用量 1% ~ 7% 的有机纤维,考察衬垫质量指标的变化情况,结果见表 5、表 6。

表 5 有机纤维加入量对海泡石/玻璃纤维衬垫性能的影响

Tab.5 Effects of organic fiber dosage on mat properties

有机纤维加入量/%	定量/(g·m ⁻²)	抗张强度/MPa	耐折性能
1	2 549	0.51	差
3	2 579	0.43	较好
5	2 586	0.32	较好
7	2 559	0.25	好

表 6 有机纤维加入量对海泡石/陶瓷纤维衬垫性能的影响

Tab.6 Effects of organic fiber dosage on mat properties

有机纤维加入量/%	定量/(g·m ⁻²)	抗张强度/MPa	耐折性能
1	2 497	0.40	差
3	2 503	0.32	较好
5	2 456	0.21	较好
7	2 488	0.20	好

2.2.2 海泡石与陶瓷纤维质量比对衬垫性能的影响

陶瓷纤维是一种常用的耐高温纤维原料,将其与海泡石混配制作净化器衬垫。实验工艺条件如下:陶瓷纤维分散时间 20 min,分散时 HCl 加入量为陶瓷纤维质量的 4.0%;海泡石与陶瓷纤维总用量 46%、蛭石用量 46%、黏合剂用量 8%。

陶瓷纤维的耐高温温度超过 1 000 °C,可以与海泡石相媲美,且导热系数低、具有良好的隔热性能^[4]。但陶瓷纤维作为无机纤维随其用量的增加也导致了衬垫抗张强度的降低。另外,陶瓷纤维纯度低,一般渣球含量都大于 5%。因此,虽然陶瓷纤维的加入有利于提高衬垫的弹性、松厚度及柔软性,但其用量的增加也会增加产品的杂质含量及生产成本。综合考虑以上诸因素及表 4 的实验结果,认为海泡石与陶瓷纤维的最佳质量比为 60 : 40。

有机纤维在抄造中可与海泡石/玻璃纤维及海泡石/陶瓷纤维体系均匀良好地混合、无沉淀。由实验结果可以看出,有机纤维的加入可较好地提高衬垫的耐折性能;但随有机纤维加入量的增加,衬垫抗张强度有所下降。此外,有机纤维的加入会影响衬垫的耐高温性能及隔热效果,因此在满足产品质量要求的前提下以少加为宜。研究认为有机纤维的加入量以总纤维质量的 3% 时最佳。

2.3 蛭石对衬垫性能的影响

汽车尾气催化净化器衬垫与一般的隔热、减震衬垫不同,它除了应具备常规衬垫的隔热、密封作用外,最重要的就是它的厚度能够随着工作环境温度的升高而增加,从而能够补偿金属壳体与陶瓷蜂窝体之间由于热膨胀而产生的间隙,对陶瓷蜂窝体起到良好的固定和保护作用,并在陶瓷蜂窝体周边提供良好的密封,防止排放废气的泄漏^[5]。其膨胀功能是由所加入的膨胀材料所赋予的。这里采用蛭石,并用 7.5% NH₄NO₃ 预处理 24 h 进行活化。混合纤维使用 G II 配比。改变蛭石与总纤维的质量比,考察了蛭石用量对衬垫强度及热膨胀性能的影响,结果如图 3、图 4 所示。

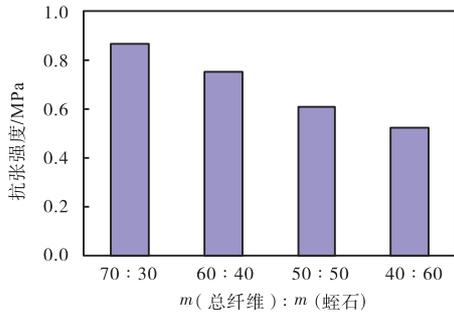


图3 蛭石用量对衬垫抗张强度的影响

Fig.3 Effects of vermiculite dosage on mat tensile strength

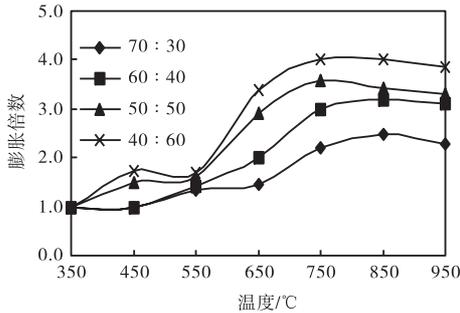


图4 蛭石用量对衬垫膨胀性能的影响

Fig.4 Effects of vermiculite dosage on expansion properties of the mat

实验结果表明,随蛭石用量的增加,衬垫的抗张强度有所下降,这是由于蛭石的加入隔断了纤维与纤维之间的连接,造成衬垫强度的降低.另一方面,蛭石用量的增加使衬垫的膨胀性能得到相应的提高.衬垫的膨胀性能与抗张强度是一对矛盾因素,纤维与蛭石的质量比在60:40及50:50时成品性能居中,并且都能达到产品质量要求.同时,纤维价格普遍高于蛭石,综合考虑成本、强度及膨胀性能等因素,选取蛭石与总纤维的质量比为50:50.

2.4 衬垫性能综合评价

根据实验结果,按如下最佳工艺条件制作G II衬垫和CIV衬垫.

(1)G II(海泡石/玻璃纤维)衬垫:

总纤维用量47%,2#蛭石(用质量分数7.5%的NH₄NO₃溶液预处理24h)用量47%,B-3型黏合剂用量6%;有机纤维加入量为总纤维质量的3%;总纤维中m(海泡石):m(玻璃纤维)=85:15.

(2)CIV(海泡石/陶瓷纤维)衬垫:

总纤维用量46%,2#蛭石(用质量分数7.5%的NH₄NO₃溶液预处理24h)用量46%,B-3型黏合剂用量8%;有机纤维加入量为总纤维质量的3%;总纤维中m(海泡石):m(陶瓷纤维)=60:40.

市售陶瓷纤维衬垫与自制的衬垫的膨胀性能如图5所示.

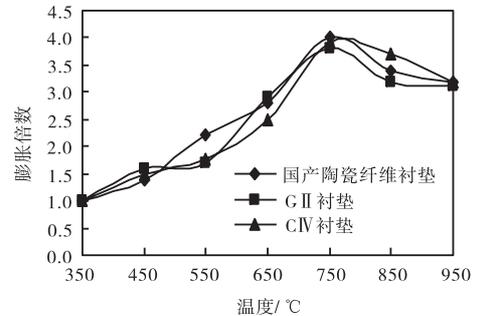


图5 衬垫膨胀性能对比

Fig.5 Comparison of expansion properties of mats

自制衬垫与市售陶瓷纤维衬垫(100%陶瓷纤维)及美国3M公司产品进行性能对比,结果如表7所示.

表7 衬垫性能对比

Tab.7 Comparison of properties of different mats

衬垫类型	定量/(g·m ⁻²)	紧度/(g·cm ⁻³)	厚度/mm	抗张强度/MPa	耐折性能	单价/(RMB·m ⁻²)
国产衬垫	3 985	0.610	5.96~6.98	0.70	好	300~400
3M衬垫	2 600	—	3.65~4.65	>0.1	好	600
G II衬垫	2 586	0.430	4.48~5.72	0.68	好	300
CIV衬垫	2 677	0.512	4.95~6.08	0.54	好	280

注:3M陶瓷纤维衬垫质量指标摘自其产品说明书,国产衬垫质量指标为实验室条件下样品测量值.

实验结果表明,G II、CIV型海泡石衬垫在强度、耐折性及热膨胀性等方面均可达到国内外同类产品水平,且价格有较大的降低.

3 结论

(1)在海泡石纤维中适当加入玻璃纤维或陶瓷纤维

可有效提高衬垫的松厚度、弹性及膨胀材料分布的均匀程度;有机纤维的加入可有效提高衬垫的耐折性能;蛭石经活化后添加到衬垫中,可使衬垫具有良好的热膨胀性能.

(2)海泡石/玻璃纤维衬垫的最佳工艺条件为:总纤维用量47%,2#蛭石(用质量分数7.5%的NH₄NO₃溶液预处理24h)用量47%,B-3型黏合剂用量6%;

有机纤维加入量为总纤维质量的 3%;总纤维中 m (海泡石) : m (玻璃纤维) = 85 : 15. 海泡石/陶瓷纤维衬垫的最佳工艺条件为:总纤维用量 46%,2#蛭石(用质量分数 7.5%的 NH_4NO_3 溶液预处理 24 h)用量 46%, B-3 型黏合剂用量 8%;有机纤维加入量为总纤维质量的 3%;总纤维中 m (海泡石) : m (陶瓷纤维) = 60 : 40.

(3)在最佳工艺条件下制备的 G II、CIV型海泡石衬垫在强度、耐折性及热膨胀性等方面均可达到国内同类产品水平,且价格有较大的降低.

参考文献:

[1] 李俊. 汽车尾气催化净化器[J]. 汽车与驾驶维修, 1994(4):14.
 [2] Langer R L, Sanocki S M, Howorth G F. Multilayer intumescent sheet; US, 6051193[P]. 2000-04-18.
 [3] Langer R L, Sanocki S M, Howorth G F. Multilayer intumescent sheet and pollution control device; US, 6365267 [P]. 2002-04-02.
 [4] 欧阳咏昱. 浅谈陶瓷纤维及其应用[J]. 纺织导报, 2002(2):10-12.
 [5] 郑菁英. 汽车尾气催化净化器在中国实用的可行性[J]. 环境保护, 1998(4):15-17.

(上接第 21 页)

(2)对于一些提取目标化合物有典型官能团的体系,可以在定量分析的同时,利用红外光谱考察不同提取条件所得提取物的指纹特征,从提取物整体(目标成分和杂质)的角度了解影响提取过程的关键因素,从而为更好地确定最佳提取工艺提供充分的依据.

参考文献:

[1] 柯铭清. 中草药有效成分理化与药理特性[M]. 长沙:湖南科学技术出版社,1982:202-209.
 [2] 舒晓宏,冯梅,陈华. 槐米中芦丁提取最佳 pH 值的实验研究[J]. 大连医科大学学报,2005,27(2):91-92.
 [3] 季梅,李强. 槐米中芦丁的提取工艺研究[J] 山东医药, 2002,42(33):40-41.
 [4] 廖华卫,邓金梅,宋粉云. 正交法优化槐米中芦丁的提

取工艺[J]. 广东药学院学报,2006,22(3):275-276.

[5] 郭孝武,林书玉,王蕊娥. 不同频率超声对提取芸香甙成分的影响[J]. 陕西师范大学学报:自然科学版, 1996,24(1):50-52.
 [6] 张黎明,赵希,高文远. 红外光谱技术在槐米总黄酮提取过程中的应用[J]. 林产化学与工业,2007,27(S1):60-64.
 [7] 周群,李静,孙素琴,等. 中药配方颗粒红外光谱法的快速鉴别[J]. 分析化学,2003,31(3):292-295.
 [8] 陆婉珍,袁洪福,徐广通. 现代近红外光谱分析技术[M]. 北京:中国石化出版社,2000:14-36.
 [9] 刘树兴. 芦笋中芦丁的提取及其鉴定[J]. 食品工业科技,2001,22(4):39-41.
 [10] 苏克曼,潘铁英,张玉兰. 波谱解析法[M]. 上海:华东理工大学出版社,2002:92-117.

(上接第 39 页)

[3] Dieterleh D. Aqueous emulsions, dispersion and solutions of polyurethane: symthesis and properties[J]. Progress in Organic Coatings, 1981(9):281-340.
 [4] 樊小景,王海花. 聚氨酯中性施胶剂的制备及应用[J]. 中国造纸学报,2007,22(2):63-67.
 [5] Blum, Harald. Self-crosslinking polyurethane, polyurethane polyurea or polyurea dispersions for sizing agents:

US,6586523[P]. 2003-07-01.

[6] 郝广杰,张邦华,宋谋道,等. 叔胺型水性聚氨酯的合成及其性能[J]. 应用化学,1998,15(3):30-34.
 [7] 陈维涛. 水性聚氨酯体系的性能研究与应用[D]. 天津:天津科技大学,2006.
 [8] 沈明. 瓦楞原纸的表面施胶[J]. 江苏造纸,2007(4):35-36.