

一种无卤抑烟阻燃功能型瓦楞纸板的性能研究

杨艳玲, 张新昌

(江南大学, 无锡 214122)

摘要: 制备了具有无卤抑烟特性的阻燃剂, 并对普通瓦楞纸板进行了阻燃处理, 研究了这种阻燃剂对瓦楞纸板阻燃性能及主要机械性能的影响。结果表明: 涂覆复配阻燃剂后, 瓦楞纸板的氧指数可达到 28%, 属难燃级别; 阻燃瓦楞纸板试样边压强度提高了 12.7%, 平压强度提高了 39.1%, 戳穿强度提高了 10%, 有较明显的增强效果。

关键词: 阻燃剂; 阻燃功能型瓦楞纸板; 无卤; 抑烟; 氧指数

中图分类号: TB484.1; TB487 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2012)05-0062-04

Performance Study of a Functional Corrugated Cardboard of Halogen-free Flame Retardant Smoke Suppression

YANG Yan-ling, ZHANG Xin-chang

(Jiangnan University, Wuxi 214122, China)

Abstract: A halogen-free and smoke suppression flame retardant was prepared. Ordinary corrugated cardboard was treated with the flame retardant. The influences of the flame retardant on flame retardant performance and mechanical properties of corrugated cardboard were studied. The results showed that oxygen index of the flame retardant coated corrugated cardboard can reach 28%, which is retardant level; the flame retardant corrugated cardboard's edgewise crush resistance increases 12.7%; flat compression strength increases 39.1%; and bursting strength increases 10%; the mechanical properties are apparently enhanced.

Key words: flame retardant; flame retardant functional corrugated cardboard; flame retardant processing technology; halogen-free; smoke suppression; oxygen index

我国是世界烟花鞭炮的最大生产国和出口国, 年产量达 4 500 万箱^[1]。烟花鞭炮属易燃品, 具有易燃、易爆的危险特性, 但普通瓦楞纸板包装箱不具备阻燃特性。当烟花鞭炮在运输、销售及存储过程中发生燃烧、爆炸等危险时, 普通瓦楞纸板包装箱不仅无法阻止火焰的蔓延, 且自身也存在安全隐患。目前, 在生产实践中, 普通瓦楞纸箱也常用于打火机、导火索、喷雾剂、美发产品、棉、化纤织物、塑料、皮革、橡胶和纸张等易燃易爆危险品的包装, 因而, 阻燃的问题显得越发突出。从消防安全角度出发, 纸质材料尤其是用于包装、建筑等方面的纸质材料都应经过阻燃处理^[2]。采用阻燃技术处理的纸包装, 可达到难燃甚至不燃要求^[3], 而阻燃功能型瓦楞纸板则是对普通瓦楞纸板使用性能的拓展及延伸。阻燃功能型瓦楞纸

板在燃烧的过程中只发生炭化无明火燃烧, 可对火焰的蔓延产生阻碍作用。具备这种性能的纸包装遇火燃烧时, 纸板中的阻燃剂能最大限度地抑制燃烧^[4], 不仅可以保护纸箱内的物品, 还能阻止火源向四周扩散的速率, 为人员疏散、救援及抢救财产提供宝贵的时间。因此, 阻燃功能型瓦楞纸板的应用提高了运输、存储安全性及普通瓦楞纸板的附加价值。

瓦楞纸板本身属生态环保性包装材料, 但其在火灾中燃烧会产生窒息性和有毒气体及烟雾, 据此, 笔者开发了安全环保并具有无卤抑烟特性的新型复配型阻燃剂, 采用涂覆工艺制备了阻燃瓦楞纸板试样。通过试验研究了这种阻燃瓦楞纸板的阻燃性能, 并讨论了涂覆阻燃剂对瓦楞纸板主要机械性能的影响。

收稿日期: 2011-11-27

作者简介: 杨艳玲(1986—), 女, 辽宁鞍山人, 江南大学硕士生, 主攻包装材料与结构。

1 试样制备

1.1 试剂及材料

试验试样制备所需的试剂和材料见表 1。

表 1 试剂及材料

Tab.1 Reagent and material

试剂/材料	规格	厂家
羧甲基纤维素	CP	国药集团化学试剂有限公司
磷酸胍	CAS:5423-23-4	上海家辰化工有限公司
氢氧化镁	CP	上海试四赫维化工有限公司
B 楞单瓦楞纸板	纸板定量 250/140/250	苏州科柏印刷包装有限公司

1) 磷酸胍。磷酸胍为白色易溶于水结晶粉末,属磷-氮膨胀型阻燃剂(N-P IFR)。IFR 是一类环境友好型阻燃剂,以磷和氮为主要活性组分,不含卤素。含这类阻燃剂的纸质材料受热时,能在材料表面生成一层多孔炭层,起到隔热、隔氧、抑烟的作用^[5],且不影响纸包装制品的环保特性。

2) 氢氧化镁。氢氧化镁属无机阻燃剂,价格低廉,来源广泛,无毒、无腐蚀,具有较好的抑烟及消烟性能,燃烧时不造成二次污染^[6],但其阻燃效能较低,故阻燃剂添加量大。氢氧化镁不仅可起到阻燃消烟作用,而且可用于造纸填料。

3) 羧甲基纤维素。羧甲基纤维素可将氢氧化镁分散在阻燃剂中制成乳状的涂料,用来制备涂覆试剂。在制浆造纸中,羧甲基纤维素常作为纸面施胶剂及平滑剂来使用,在纸浆中加入 0.1%~0.3%(质量分数)的羧甲基纤维素能使纸张的抗张力增强 40%~50%,耐破度增加 50%,纸张的柔性增大 4~5 倍^[7]。所以,用羧甲基纤维素作为分散剂及胶黏剂,可以改善瓦楞纸板的物理机械性能。

1.2 复配阻燃剂的配制

按需要,称取 4 g 经研磨的氢氧化镁粉末、20 g 磷酸胍和 2 g 羧甲基纤维素放入烧杯中,搅拌使固形物混合均匀,再加 200 mL 水并高速搅拌,直至氢氧化镁均匀分散在阻燃剂溶液中。

1.3 阻燃瓦楞纸板试样的制备

将制备好的复配阻燃剂置于涂布刮刀与 B 瓦单瓦楞纸板之间,用 0.12 mm 涂布厚度的涂布刮刀进行手工涂覆,正反两面各处理一次,使阻燃剂均匀浸涂到纸板上,涂覆后的试样置入 50℃ 的真空干燥箱

中干燥。干燥好的纸板需根据试验内容,按标准裁切试样备用。

1.4 复配阻燃剂配方分析

采用有机磷-氮系膨胀型阻燃剂复配无机金属氢氧化物阻燃剂。该复配体系以阻燃元素磷和氮为有效活性组分,发挥协同作用,金属氢氧化物为增效剂和抑烟剂,不含卤素、无腐蚀性气体产生、利于安全和环境保护,兼有有机阻燃剂的高效阻燃及无机阻燃剂的低烟、无毒安全特性,能有效降低成本及减少无机阻燃剂的用量过大造成的纸板性能的影响。

2 试验及结果

2.1 氧指数测定

氧指数(OI)是指在规定的条件下,试样在氧、氮混合气流中,维持平稳燃烧(指保持有焰燃烧 3 min 或 50 mm 长时)所需的最低氧浓度,以氧所占的体积分数来表示^[8]。

氧指数测定原理是,物质维持平稳燃烧需消耗一定量的氧气,而不同物质维持燃烧所消耗的最低氧气量不同,通过测定物质燃烧过程中所消耗的最低氧气量来计算出物质的氧指数值,利用氧指数值评价物质的燃烧性能。一般认为氧指数<22%属易燃材料,氧指数在 22%~27%之间属可燃材料,氧指数>27%属难燃材料^[9]。

2.1.1 装置

用于氧指数测定的仪器是氧指数测定仪,它主要包括燃烧筒、试样夹、流量控制系统和点火器等(见图 1)。燃烧筒为内径 75~80 mm、高 450 mm 的耐热玻



图 1 氧指数测定仪

Fig.1 Oxygen index tester

璃管,玻璃管基座内充填高度为 100 mm、直径为 3~

5 mm 的玻璃珠,上放金属网,用于遮挡燃烧的滴落物。试样夹为金属弹簧片,用于夹持自撑型试样。流量控制系统由稳压阀、压力表、调节阀转子流量计及管路组成。流量计最小刻度为 0.1 L/min,用于计量氧气和氮气的流量,经计量后的混合气由管道输入燃烧筒。点火器为内径 1~3 mm 的喷嘴,试验火焰长度可调节范围为 3~25 mm。

2.1.2 方法

1) 样品制备。根据 GB 2406 — 1993 及 GB/T 10739,将瓦楞纸板裁切成 (100±0.5) mm×(6.5±0.5)mm 的多个试样,挑选试样外观裁切好、无严重翘曲、涂覆的氢氧化镁分散均匀的 5 个试样,将试样放入在标准大气压环境的恒温恒湿箱中,温度为(23±1)℃,相对湿度为(50±2)%,预处理 24 h 后进行氧指数的测定。

2) 试验步骤。在试样表面距点火源 50 mm 处划上一条标记直线,再将试样垂直放在试样夹上,试样的上端距燃烧筒顶应大于 10 mm。估计初始氧气浓度并进行调节,保持燃烧筒内氮、氧混合气体流速为 (40±10)mm/s,让调节好的氮、氧混合气体流由下而上流动 30 s,排出燃烧筒内的空气。用点火器点燃试样顶部,待试样顶部被完全点燃再移去点火器,开始计时并观察随后燃烧现象。当试样保持燃烧的时间超过 3 min 或火焰前沿超过 50 mm 标记直线时,适当降低氧气的浓度;若试样保持燃烧时间不足 3 min 或火焰前沿未到达标记直线时,适当增加氧气的浓度,如此反复操作,从上下两侧逐渐逼近维持燃烧所需的最低氧气浓度值,直到上下两侧的浓度差小于 0.5%时停止,最后在该范围内进行 3 次试验,试验结果的平均值即为该材料的氧指数值。

2.1.3 试验结果

氧指数(OI)的计算公式^[10]:

$$OI=\frac{[O_2]}{[O_2]+[N_2]}\times 100\%$$

式中:[O₂]为氧的体积流量(L/min);[N₂]为氮的体积流量(L/min)。

试验通过数显氧指数测定仪读出 5 次测定氧指数值(%)为:28.5,27.5,28,28.5,28。试验结果表明,所试验阻燃瓦楞纸板样品的平均氧指数为 28%,属于难燃级别。

2.2 阻燃瓦楞纸板试样的机械性能试验

由于复配阻燃剂配方中含有粉末状的磷酸胥、氢

氧化镁和施胶剂羧甲基纤维素,为定量地分析涂覆无卤抑烟新型复配型阻燃剂对瓦楞纸板主要性能的影响,进行了涂覆阻燃剂与对照组瓦楞纸板机械性能的测定。

2.2.1 边压强度测定

1) 根据 GB/T 6546 及 GB 450,用边压取样机裁切尺寸为(25±0.5)mm×(100±0.5)mm 的多个阻燃瓦楞纸板试样,选取涂覆均匀的 10 个试样,并同时裁切 10 个普通 B 楞单瓦楞纸板试样用于进行力学对比试验。

2) 根据 GB/T 10739,将 2 组试样在标准大气压环境的恒温恒湿箱中预处理 24 h,温度为(23±1)℃、相对湿度为(50±2)%。

3) 根据 GB/T 6546 瓦楞纸板边压强度的测定法,使用微电脑环压试验机测得 2 组试样的边压强度,取平均值作为试样的边压强度。

试验结果见表 2。

表 2 边压强度测定结果

Tab.2 Results of edgewise crush resistance test						N/m
普通	3884.72	4111.1	4504.08	3974.88	4009.18	4480.56
试样	4419.8	4178.72	3867.08	4331.6	平均值:4176.17	
阻燃	5085.22	4578.56	4617.76	4692.24	4709.88	4499.18
试样	4672.8	4728.64	4852.46	4654.36	平均值:4709.11	

由表 2 可知,普通 B 楞瓦楞纸板的平均边压强度为 4 176.17 N/m,经阻燃处理后平均边压强度为 4 709.11 N/m,平均边压强度提高了 12.7%,说明涂覆阻燃剂后提高了纸板的边压强度。

2.2.2 平压强度(FCT)测定

平压强度是指纸板承受垂直于纸板方向负荷的能力,瓦楞纸板抵抗平压载荷而不发生压溃的能力是衡量瓦楞纸板力学性能的一项重要指标。

1) 根据 GB/T 1539 及 GB 450,使用取样机裁切 100 mm×100 mm 的多个进行阻燃处理的瓦楞纸板试样,选取涂覆均匀的 10 个试样,并裁切 10 个普通 B 楞单瓦楞纸板试样用于进行力学对比试验。

2) 根据 GB/T 10739—2002,将试样放置在标准大气压环境下,温度为(23±1)℃、相对湿度为(50±2)%的恒温恒湿箱中预处理 24 h。

3) 使用万能材料试验机测得 2 组试样的平压强度,取每组试样的平均值为试样的平压强度。试验结果见表 3。

表 3 平压强度测定结果

Tab.3 Result of flat compression strength test kPa

普通	166.61	131.83	149.85	156.42	127.49	128.68
试样	135.20	138.69	142.54	140.42	平均值:141.78	
阻燃	211.28	190.11	219.24	176.44	175.60	208.97
试样	174.50	214.39	206.44	196.42	平均值:197.34	

由表 3 可知,普通瓦楞纸板试样的平均平压强度为 141.78 kPa,经阻燃处理后的试样平均平压强度为 197.34 kPa,提高了 39.1%,说明涂覆阻燃剂提高了纸板的平压强度。由于 CMC 的表面施胶作用及部分 CMC 随磷酸胍深入纸板纤维内部,CMC 及氢氧化镁的添加增强了纸板表面的封闭性,提高了纸板纤维间的结合力,进而提高了纸板的机械强度。

2.2.3 戳穿强度测定

戳穿强度可反映瓦楞纸板抗拒外力破坏的能力指标,接近纸箱在运输、装卸时的实际情况。

试验过程如下:(1)根据 GB/T 2679.7 及 GB 450,使用取样机裁切 175 mm×175 mm 的多个涂覆瓦楞纸板试样,选取涂覆均匀的 8 个试样,并裁切 8 个普通 B 楞单瓦楞纸板试样用于力学对比试验;(2)根据 GB/T 10739,将试样放入恒温恒湿箱中进行预处理,在温度为(23±1)℃、相对湿度为(50±2)%的标准大气压环境下放置 24 h;(3)根据 GB/T 2679.7 纸板戳穿强度的测定,使用戳穿强度仪测得 2 组试样的戳穿强度,取每组试样的平均值为试样的戳穿强度。试验结果见表 4。

表 4 戳穿强度测定结果

Tab.4 Results of bursting strength test kg·cm

普通试样	24.58	25.54	25.57	27.61	平均值:
	26.62	28.51	28.36	27.41	26.78
阻燃试样	28.23	28.36	29.54	30.45	平均值:
	30.53	30.51	27.56	30.46	29.46

由表 4 可知,普通 B 楞瓦楞纸板试样的平均戳穿强度为 26.78 kg·cm,而经阻燃处理后的试样平均戳穿强度为 29.46 kg·cm,提高了 10%。说明了涂覆阻燃剂提高了瓦楞纸板的抗拒外力破坏的能力。

新型无卤抑烟阻燃功能型瓦楞纸板与相同规格的普通瓦楞纸板相比,机械性能有较大提高。分析可知,主要是因为使用了 CMC 做胶黏剂及分散剂。CMC 的成膜性非常优异,常用作表面施胶剂,而表面

施胶对提高纸张的各方面性能具有重要作用,可以提高纸板表面的封闭性,提高纸板纤维间的结合力。

3 结论

1) 开发了新型的无卤抑烟复配阻燃剂,利用这种阻燃剂加工的阻燃瓦楞纸板,其氧指数可达到 28%,达到了难燃级别。

2) 与相同规格的普通瓦楞纸板相比,新型无卤抑烟阻燃功能型瓦楞纸板的机械性能有较大提高。其边压强度提高了 12.7%,平压强度提高了 39.1%,戳穿强度提高了 10%。

研究结果表明,开发的新型无卤抑烟阻燃功能型瓦楞纸板阻燃效果明显,其机械性能也有较大提高。

参考文献:

[1] 东经“阻燃瓦楞纸板”项目通过鉴定填补国内空白[J]. 中国包装工业,2008(1-2):58.
" Flame Retardant Corrugated Cardboard " Project Through The Appraisal Fill Domestic Blank[J]. China Packaging Industry,2008(1-2):58.
[2] 周永信,师双成,杜召梅,等. 前景诱人的纸质阻燃材料[J]. 湖北造纸,2007(4):46-48.
ZHOU Yong-xin, SHI Shuang-cheng, DU Zhao-mei, et al. Prospects Good Flame Retardant Paper Material[J]. Hubei Paper,2007(4):46-48.
[3] 李国志,丁毅. 阻燃技术在纸包装中的应用[J]. 包装工程,2009,30(4):160-161.
LI Guo-zhi, DING Yi. Application of Flame Retardant Technology in Paper Packaging [J]. Packaging Engineering,2009,30(4):160-161.
[4] 黄放辉,雷利荣. 阻燃蜂窝纸板[J]. 纸和造纸,2008,27(1):46-47.
HUANG Fang-hui, LEI Li-rong. Fire Retardant Honeycomb Paperboard[J]. Paper And Paper Making,2008,27(1):46-47.
[5] 欧育湘,李建军. 阻燃剂——性能、制造及应用[M]. 北京:化学工业出版社,2006.
OU Yu-xiang, LI Jian-jun. Fire Retardant [M]. Beijing: Chemical Industry Press,2006.
[6] 郑志荣,钟铨. 绿色环保阻燃剂的研究现状[J]. 浙江纺织服装职业技术学院学报,2007,6(4):10-14.

ogy[J]. Recording and Medium,2005(1):50—54.

[4] CHOI Yoon-seok, KOON Bon-ki, LEE Ji-hyung. Template Based Image Mosaics[J]. Lecture Notes in Computer Science,2007:305—350.

[5] 马令坤,张震强. 图像拼接方法研究[J]. 微机信息,2007(02X):303—305.

MA Ling-kun,ZHANG Zhen-qiang. Research on Image Mosaic[J]. Computer Information, 2007 (02X): 303 — 305.

[6] 杨枝领,王开. Visual C++ 数字图像获取处理及实践应用[M]. 北京:人民邮电出版社,2003.

YANG Zhi-ling,WANG Kai. Visual C++ Digital Image Processing and Applications[M]. Beijing: People Post and Telecommunications Press,2003.

[7] 赵娟,孙澎涛. 基于像素级的图像融合[J]. 长春工程学院学报,2011,12(2)106—108.

ZHAO Juan,SUN Peng-tao. The Image Fusion Based on Pixel-level[J]. Changchun Inst Tech,2011,12(2):106—108

[8] BRADSKI Gary,KAEHLER Adrian. Learning OpenCV. O'Relly Media[M]. 2008

[9] 徐敏,唐万有,马千里. 基于 Blob 算法的印刷缺陷在线检测的研究[J]. 包装工程,2011,32(9):20—23.

XU Min,TANG Wan-you,MA Qian-li,et al. Research of Printing Defect On-line Detection Based on Blob Algorithm[J]. Packaging Engineering,2011,32(9):20—23.

(上接第 65 页)

ZHENG Zhi-rong,ZHONG Xuan. On the Study of Green Enviroment-Friendly Flame Retardants [J]. Journal of Zhejiang Textile & Fashion Vocational College,2007,6(4):10—14.

[7] 羧甲基纤维素. 百度百科词条[EB/OL]. <http://baike.baidu.com/view/1379484.htm>.

Carboxy Methyl Cellulose [EB/OL]. <Http://Baike.Baidu.Com/View/1379484.Htm>.

[8] 李国华,王林静. 试论用氧指数评价燃烧性能级别[J]. 山东消防,1998(12):41.

LI Guo-hua,WANG Lin-jing. Try to Talk about with the Oxygen Index Evaluation Combustion Performance Level [J]. Shandong Fire,1998(12):41.

[9] 氧指数. 百度百科词条[EB/OL]. <http://baike.baidu.com/view/348364.htm>.

Oxygen Index [EB/OL]. <Http://Baike.Baidu.Com/View/348364.Htm>.

[10] 姚洪波. 路用阻燃沥青的性能与阻燃机理研究[D]. 长沙:长沙理工大学,2008.

YAO Hong-bo. With the Performance of Asphalt Road Flame Retardant and Its Mechanism [D]. Changsha: Changsha University of Science And Technology,2008.

(上接第 85 页)

[6] 韩金宏,蒋跃明,励建荣. 杨梅果实采后生物学和贮运保鲜技术研究进展[J]. 亚热带农业研究,2005,2(1):9—10.

HAN Jin-hong, JIANG Yue-ming. Advances in Postharvest Biology and Handling of Red Bayberry During Storage, Transportation and Distribution[J]. Subtrop ical-Agriculture Research,2005,2(1):9—10.

[7] 张方洪,董传万. 杨梅保鲜问题中的功能性包装设计[J]. 包装工程,2004,25(4):142—143.

ZHANG Fang-hong, DONG Chuan-wan. Functional Packaging Design f or Keeping the Fruit of Waxberry Fresh[J]. Packaging Engineering, 2004, 25 (4): 142 — 143.

[8] 张立德,牟季美. 纳米材料和纳米结构[M]. 北京:科学出版社,2001.

ZHANG Li-de, MOU Ji-mei. Nanometer Materials and Nanometer Structure[M]. Beijing: Science Press,2001.

[9] YANG Zhen-feng, ZHENG Yong-hua,CAO Shi-feng,et al. Effects of Storage Temperature on Textural Properties of Chinese Bayberry Fruit[J]. Journal of Texture Studies,2007,38:166—177.

[10] 徐雪权,陈晓强,黄士文,等. 慈溪市横河镇杨梅包装的发展、存在问题与对策[J]. 农技服务,2010,27(7):950—951.

XU Xue-quan,CHENG Xiao-qiang, HUANG Tu-wen,et al. The Development, Problem and Countermeasures of Waxberry Packing in Henghe Town Cixi City[J]. Agri-cultural Services,2010,27(7):950—951.