

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2019.08.022

PUR/PMMA 发泡复合材料及其室内隔音性能

王振英¹, 饶进², 郭莉梅¹

(1. 宜宾职业技术学院, 四川宜宾 644000; 2. 宜宾学院美术与艺术设计学院, 四川宜宾 644000)

摘要: 采用异佛尔酮二异氰酸酯、聚醚多元醇、聚甲基丙烯酸甲酯(PMMA)微粒、膨胀石墨等制备了聚氨酯(PUR)/PMMA/膨胀石墨发泡复合材料,并比较了PMMA微粒在5%和10%两种含量时的PUR复合材料隔音性能和力学性能。结果表明,当PMMA微粒含量为5%时,PUR复合材料对600~1200 Hz和1600~2000 Hz波段噪音的吸收系数高于50%,对200~2000 Hz波段噪音的平均插入损失为18 dB,拉伸强度、断裂伸长率、压缩强度、导热系数和极限氧指数分别为218 MPa,14%,0.26 MPa,0.031 W/(m·K)和28.2%;当PMMA微粒含量为10%时,PUR复合材料对400~2000 Hz波段噪音的吸收系数均高于50%,对200~2000 Hz波段噪音的平均插入损失为21 dB,拉伸强度、断裂伸长率、压缩强度、导热系数和极限氧指数分别为210 MPa,15%,0.30 MPa,0.033 W/(m·K)和28.4%,是一种较为理想的建筑用隔音、保温和阻燃材料,能有效降低室内噪音污染。

关键词: 聚甲基丙烯酸甲酯微粒;聚氨酯;复合材料;隔音性能

中图分类号: TQ323.8 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2019)08-0105-04

PUR/PMMA Foam Composites and Its Indoor Sound Insulation Performance

Wang Zhenying¹, Rao Jin², Guo Limei¹

(1. Yibin Vocational and Technical College, Yibin 644000, China;

2. Yibin University Academy of Fine Arts and Art Design, Yibin 644000, China)

Abstract : Polyurethane (PUR) / polymethyl methacrylate (PMMA) / expanded graphite composites were prepared by using isophorone diisocyanate, polyether polyol, PMMA particulate and expanded graphite. The sound insulation and mechanical properties of PUR composites with 5% and 10% PMMA particles were compared. The results show that when PMMA particle content is 5%, the absorption coefficient of the composites for noise in 600-1200 Hz and 1600-2000 Hz bands is higher than 50%, and the average insertion loss for noise in 200-2000 Hz band is 18 dB. The tensile strength, elongation at break, compressive strength, thermal conductivity and ultimate oxygen index are 218 MPa, 14%, 0.26 MPa, 0.031 W/(m·K) and 28.2%, respectively. When PMMA particle content is 10%, the absorption coefficient of the composites for noise in 400-2000 Hz bands is all higher than 50%, the average insertion loss of noise in 200-2000 Hz band is 21 dB. Its tensile strength, elongation at break, compressive strength, thermal conductivity and limiting oxygen index are 210 MPa, 15%, 0.30 MPa, 0.033 W/(m·K) and 28.4% respectively. It is an ideal building sound insulation, thermal insulation and flame retardant material which can effectively reduce indoor noise pollution.

Keywords : polymethyl methacrylate particles ; polyurethane ; composite ; sound insulation performance

随着科学和工业技术以及人们生活水平的迅速发展,人们的生活环境,尤其是城市生活环境受到严峻的挑战。在众多污染中,噪音污染是最为困扰人们生活的污染之一^[1]。在日常生活中,噪音污染会严重影响人的体力系统以及人的情绪,从而对人体健康造成比较大的影响。随着人们环保意识的逐

渐增强,为了有效改善人类的室内生活环境,高分子隔音材料的开发受到了愈加广泛的关注^[2-5]。

与金属材料 and 无机非金属材料相比,高分子材料通常表现出更为优异的隔音性能。尤其是高分子泡沫塑料,不仅具有优异的隔音性能,通常还具有优异化学稳定性、尺寸稳定性、较高比强度、较低的导

基金项目: 四川省教育厅人文社会科学重点研究基地项目 (GZY15C47)

通讯作者: 王振英,讲师,主要从事建筑工程材料研究 E-mail: wzydeyouxiang1984@163.com

收稿日期: 2019-06-07

引用格式: 王振英,饶进,郭莉梅. PUR/PMMA 发泡复合材料及其室内隔音性能 [J]. 工程塑料应用, 2019, 47(8):105-108.

Wang Zhenying, Rao Jin, Guo Limei. PUR / PMMA foam composites and its indoor sound insulation performance[J]. Engineering Plastics Application, 2019, 47(8):105-108.

热系数^[6-12]。例如聚烯烃泡沫塑料、酚醛树脂泡沫塑料、聚氨酯(PUR)泡沫塑料、聚甲基丙烯酸甲酯(PMMA)泡沫塑料等,将这些高分子材料应用到建筑物中能够有效降低室内的噪音污染程度。

在众多隔音高分子材料中,PMMA具有优异力学性能、耐老化性能和较低生产成本,是一种较为理想的隔音高分子材料,可作为建筑物中的隔音材料来使用^[13]。若将其与具有低热传导系数的硬质PUR泡沫塑料、聚苯乙烯泡沫塑料等复合,所制备的PMMA复合材料用于建筑物中不仅起到隔音作用,还将起到保温隔热作用,具有较大应用价值。笔者制备了一种PUR/PMMA/膨胀石墨发泡复合材料,并对其隔音性能、隔热性能、阻燃性能及力学性能进行了研究。

1 实验部分

1.1 主要原材料

PMMA微粒:粒径为0.6 μm ,密度为1.2 g/ cm^3 ,上海瑞贝贸易有限公司;

膨胀石墨:粒径180 μm ,青岛东凯石墨有限公司;

异佛尔酮二异氰酸酯:分析纯,烟台万华化学集团股份有限公司;

聚醚多元醇:YD-4110,河北亚东化工集团有限公司;

正戊烷:分析纯,国药集团化学试剂有限公司;

泡沫稳定剂:JDHGS-007,晋大纳米科技(厦门)有限公司;

胺类复合催化剂:自制。

1.2 主要设备及仪器

电子万能试样机:UTM6104型,深圳三思纵横科技股份有限公司;

热线法快速热导仪:QTM-500型,日本京都电子工业株式会社;

氧指数分析仪:PX-01-005型,苏州市菲尼克斯质检仪器有限公司;

双传声器:4026型,丹麦bruel & kjaer公司。

1.3 PUR/PMMA/膨胀石墨复合材料制备

按表1中给出各组分量进行准确称量,将异佛尔酮二异氰酸酯作为A料,将聚醚多元醇YD-4110、正戊烷、泡沫稳定剂JDHGS-007、膨胀石墨、PMMA微粒和胺类复合催化剂均匀混合作为B料。将A料和B料于塑料量杯中混合并剧烈搅拌10 s

后,快速导入模具中封闭并置于100℃下熟化4 h,脱模,即得PMMA/PUR/膨胀石墨复合材料。

表1 PUR/PMMA/膨胀石墨复合材料配方

原料	用量/质量份
异佛尔酮二异氰酸酯	140
聚醚多元醇	100
胺类复合催化剂	2.0
正戊烷	20
泡沫稳定剂	2.0
膨胀石墨	25
PMMA微粒	0~10

1.4 性能测试

拉伸性能测试:利用电子万能试样机测得,测试方法按照GB/T 1040-1992标准执行;

压缩性能测试:利用电子万能试样机测得,测试方法按照GB/T 1041-2008标准执行;

导热系数测试:利用热线法快速热导仪测试,测试方法按照GB/T 3139-2005标准执行;

极限氧指数测试:利用氧指数分析仪测试,测试方法按照GB/T 2406.1-2008标准执行;

声学性能测试:利用双传声器测试,测试方法按照GB/T 5266-2006标准执行。

2 结果与讨论

2.1 PUR/PMMA复合材料隔音性能

采用的PMMA微粒是一种具有多孔结构的、粒径为0.6 μm 的球形颗粒,将其添加到PUR硬泡之中后,PMMA微粒的多孔结构将PUR硬泡封闭的泡沫结构贯穿起来,形成了一种贯通的、具有密集多孔结构的复合材料。这种相互贯通的多孔结构有利于声能的耗散,从而起到优异的吸声隔音作用。图1为不同PMMA微粒含量(5%,10%)时的PUR复合材料对不同频率声波的吸收系数。

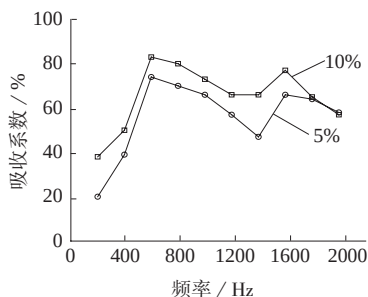


图1 不同PMMA含量时PUR复合材料的吸收系数

由图1可知,PMMA两种含量样品对不同波段的声波吸收的变化趋势大致相同,均在600 Hz和1600 Hz附近出现了吸收峰,这主要是由于复合材料的吸声隔音作用主要是由PMMA微粒所赋予的。

但随着复合材料中 PMMA 微粒含量的变化,复合材料对声波的吸收系数也发生了相应变化。总体来说,PMMA 微粒含量越高,相应复合材料对声波的吸收系数越高。当 PMMA 微粒含量为 5% 时,相应复合材料对 600~1200 Hz 波段及 1600~2000 Hz 波段的声波吸收系数可达 50% 以上;而当 PMMA 微粒含量为 10% 时, PUR 复合材料对 400~2000 Hz 波段范围内的声波的吸收系数均可达 50% 以上。以上研究结果表明,提高复合材料中 PMMA 微粒的含量有利于提高其对噪音的吸收系数。

另外,还研究了 PMMA 微粒含量与复合材料插入损失和声音频率之间的关系,如图 2 所示。

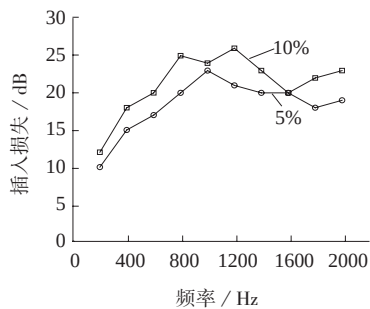


图2 不同 PMMA 含量时 PUR 复合材料的插入损失

由图 2 可知,在噪音频率为 200~800 Hz 范围内,复合材料的插入损失随着噪音频率增加而升高,而在这一范围内,含 10% PMMA 样品的插入损失始终高于含量为 5% PMMA 的 PUR 样品。当噪音频率为 800 Hz 时,含 5% PMMA 样品的插入损失为 20 dB,10% PMMA 样品的插入损失为 25 dB;噪音频率为 800~2000 Hz 时,复合材料的插入损失呈缓慢下降趋势,并在该范围内出现小幅波动。总体来说,所制备的复合材料在中高频音区(800~2000 Hz)的插入损失要高于中低频音区(200~800 Hz)的插入损失。这主要是由于中低频音波的波长较大,更易绕过隔音屏障。当噪音频率处于 200~2000 Hz 范围内,含 5% PMMA 样品的平均插入损失为 18 dB,最高插入损失为 23 dB;含 10% PMMA 样品的平均插入损失为 21 dB,最高插入损失为 26 dB。两种 PMMA 含量 PUR 复合材料的隔音效果均可满足建筑物隔音需求(>15 dB),可有效降低室内噪音污染。

2.2 PUR/PMMA 复合材料力学性能

将上述复合材料应用于建筑物中,不仅需要对其隔音性能进行研究,还需要对其力学性能、保温性能和阻燃性能进行研究。表 2 中给出了 PMMA 不

同含量时的 PUR 复合材料拉伸性能和压缩性能测试结果。如表 2 所示,当 PUR 中不添加 PMMA 微粒时,其拉伸强度为 230 MPa,断裂伸长率为 12%,压缩强度为 0.23 MPa。当在其中添加了不同组分的 PMMA 微粒后,相应 PUR 硬泡的拉伸强度有所下降,PMMA 微粒含量为 5% 和 10% 时的拉伸强度分别为 218 MPa 和 210 MPa。另外,PMMA 微粒的加入使得 PUR 硬泡的断裂伸长率和压缩强度得到了提升,两种样品的断裂伸长率分别为 14% 和 15%,压缩强度分别 0.26 MPa 和 0.30 MPa。以上结果表明,在 PUR 硬泡中添加了 PMMA 微粒后会对其力学性能造成一定程度的影响,但微粒含量为 5%~10% 范围内时,对其力学性能影响不显著。

表 2 PUR/PMMA/膨胀石墨复合材料的力学性能

样品编号	PMMA 微粒含量 / %	拉伸强度 / MPa	断裂伸长率 / %	压缩强度 / MPa
1 [#]	0	230	12	0.23
2 [#]	5	218	14	0.26
3 [#]	10	210	15	0.30

2.3 PUR/PMMA 复合材料保温性能

对复合材料的保温性能进行了研究,不同 PMMA 含量时 PUR/PMMA/膨胀石墨复合材料导热系数如图 3 所示。

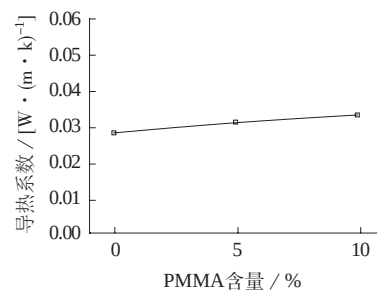


图3 不同 PMMA 含量时 PUR 复合材料的导热系数

由图 3 可知,随着 PUR 复合材料中 PMMA 微粒含量的增加,相应复合材料的导热系数出现了小范围的提升。当不添加 PMMA 微粒时,相应 PUR 硬泡的导热系数为 0.028 W/(m·K),略高于纯 PUR 硬泡 [0.023 W/(m·K)],这主要是由于膨胀石墨的添加造成的。当复合材料中 PMMA 微粒分别为 5% 和 10% 时, PUR 硬泡的导热系数分别为 0.031 W/(m·K) 和 0.033 W/(m·K),这主要是由于 PMMA 微粒的加入使得原本的闭孔结构变为一定程度上贯通的多孔结构,因此导热系数有所提升,因而添加了 PMMA 微粒后使其成为具有较优异隔热性能的材料。

2.4 PUR/PMMA 复合材料阻燃性能

阻燃性能也是建筑材料的重要性能之一,对 PUR 复合材料的氧指数进行了测试与分析,如图 4 所示。

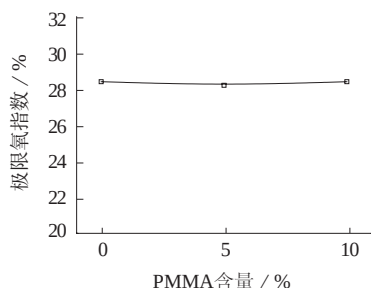


图 4 不同 PMMA 含量时 PUR 复合材料的氧指数

由图 4 可知,随着 PMMA 微粒含量变化, PUR 样品的极限氧指数基本未出现明显变化,分别为 28.4%, 28.2% 和 28.4%, 均为难燃材料 ($> 27\%$)。这是由于 PUR/PMMA/膨胀石墨复合材料的阻燃性能主要是由膨胀石墨所赋予的,因此当膨胀石墨的含量未发生改变的情况下,在 0~10% 范围内改变 PMMA 微粒的含量,不会对其阻燃性能造成明显的影响。因而,添加了 5% 和 10% PMMA 的 PUR 样品均是符合建筑防火要求的阻燃材料。

3 结论

制备了两种 PMMA 微粒含量的 PUR/PMMA/膨胀石墨发泡复合材料,并对其隔音性能、力学性能、保温性能和阻燃性能进行了研究。其中, PUR 复合材料隔音性能主要由 PMMA 微粒赋予,当 PMMA 微粒含量为 10% 时,复合材料对频率为 400~2000 Hz 范围内噪音的吸收系数均高于 50%,且对频率为 200~2000 Hz 范围内噪音的平均插入损失高达 21 dB,最高插入损失高达 26 dB;此时,复合材料也具有较优异的力学性能、保温性能和阻燃性能,其拉伸强度为 210 MPa,断裂伸长率为 15%,压缩强度为 0.30 MPa,导热系数为 0.033 W/(m·K),极限氧指数为 28.4%,是一种较理想的建筑用隔音、保温和阻燃材料,能有效降低室内噪音污染。

参考文献

[1] 施利红. 城市环境噪声污染与监测技术 [J]. 低碳世界, 2019(2): 14-15.
Shi Lihong. Urban environmental noise pollution and monitoring technology [J]. Low Carbon World, 2019(2): 14-15.
[2] 刘飞, 王超, 李博弘, 等. 丙烯酸树脂基新型高分子隔声材料的制备与研究 [J]. 化学与粘合, 2017, 39(4): 271-274.
Liu Fei, Wang Chao, Li Bohong, et al. Preparation and study on the acrylic resin based new polymer sound insulating material [J].

Chemistry and adhesion, 2017, 39(4): 271-274.
[3] 郭小晶. 新型高分子阻燃隔声减振材料的研究与生产 [J]. 化学工程与装备, 2017(9): 37-40.
Guo Xiaojing. Research and production of new flame-retardant, sound-insulating and vibration-absorbing polymer materials [J]. Chemical Engineering and Equipment, 2017 (9): 37-40.
[4] 刘辉, 孙梅荣, 张国英, 等. 基于低频噪声防护的高阻尼硅橡胶改性 ABS 隔音材料的制备 [J]. 合成树脂及塑料, 2016, 33(1): 68-72.
Liu Hui, Sun Meirong, Zhang Guoying, et al. Preparation of high damping silicone rubber modified ABS resin as low-frequency noise insulating material [J]. China Synthetic Resin and Plastics, 2016, 33 (1): 68-72.
[5] Lee J C, Hong Y S, Nan R G, et al. Soundproofing effect of nano particle reinforced polymer composites [J]. Journal of Mechanical Science & Technology, 2008, 22(8): 1468.
[6] 罗丹. 层状 EVA 基阻燃隔音复合材料的制备及性能研究 [D]. 株洲: 湖南工业大学, 2016.
Luo Dan. Preparation and properties of layered EVA-based flame retardant and sound insulation composites [D]. Zhuzhou: Hunan University of Technology, 2016.
[7] 张春春, 巩继贤, 范晓丹, 等. 柔性吸声隔音降噪纺织复合材料 [J]. 复合材料学报, 2018, 35(8): 7-17.
Zhang Chunchun, Gong Jixian, Fan Xiaodan, et al. Sound-absorbing and sound insulation soft composite materials of textile for noise reduction [J]. Acta Materiae Compositae Sinica, 2018, 35 (8): 7-17.
[8] 刘倩. 高分子蜂窝状多孔膜的构筑和性能研究 [D]. 聊城: 聊城大学, 2018.
Liu Qian. Construction and properties of macromolecule honeycomb porous membranes [D]. Liaocheng: Liaocheng University, 2018.
[9] 曹恩思. 原位合成 AC/MMT 复合发泡剂及其颗粒分散和发泡研究 [D]. 北京: 北京化工大学, 2017.
Cao Ensi. In situ synthesis of AC/MMT composite foaming agent and its particle dispersion and foaming [D]. Beijing: Beijing University of Chemical Technology, 2017.
[10] Huq M M, Chen Peiqi, Hsieh C T, et al. Sound transmission loss from polyvinyl acetate polymer mixed with different porous carbons [J]. Microporous & Mesoporous Materials, 2016, 232: 184-188.
[11] Golzari M, Jafari A A. Sound transmission loss through triple-walled cylindrical shells with porous layers [J]. Journal of the Acoustical Society of America, 2018, 143(6): 3529-3544.
[12] Zhang Yiwei, Zhang Benmin, Shan Zhihua. Preparation of sound-insulating material based on discarded cow hair [J]. Journal of Applied Polymer Science, 2018: 46332.
[13] 李平兰. 一种装潢内饰隔音材料: CN104845036A [P]. 2015-08-19.
Li Pinglan. An interior decoration sound insulation material: CN104845036A [P]. 2015-08-19.