

基于废弃牛毛的隔热隔声功能材料研究

张本民¹ 单志华^{1*} 陈治军²

(1.四川大学皮革化学与工程教育部重点实验室,成都 610065;

2.徐州鸿丰高分子材料有限公司,徐州 221000)

摘 要 采用制革产生的废弃牛毛经化学处理后机械粉碎制得的毛粉与丙烯酸树脂(PAA)混合,制备了一种新型毛粉丙烯酸树脂复合物(ACC)。对 ACC 和 PAA 分别进行了导热、隔声等测试。实验结果表明:毛粉用量 30% (wt,质量分数),膜厚度 1.5mm 的 ACC 膜的导热系数为 0.012W/(m·℃),隔声量为 32db。与市售隔声产品相比,ACC 膜隔声性能优于聚氨酯泡沫类,与沥青类和橡胶类接近。

关键词 制革,牛毛,隔热,隔声,丙烯酸树脂

Research of thermal and sound insulating function material on abandoned cowhair

Zhang Benmin¹ Shan Zhihua¹ Chen Zhijun²

(1.The Key Lab.of Leather Chem.and Eng.of Ministry of Education,Sichuan University,
Chengdu 610065;2.Hongfeng Polymer Materials Co.,Ltd.,Xuzhou 221000)

Abstract A new kind of composite material ACC (acrylic resin/cowhair powder complex) was prepared with acrylic resin (PAA) and tannery abandoned cowhair processed by chemical.Both ACC and PAA were tested for thermal conductivity,sound isolation and so on.The results showed that the thermal conductivity of ACC can decrease to 0.012W/(m·℃) and the sound insulation quantity can be 32dB when cowhair powder dosage was 30% and the thickness of ACC film was 1.5mm.Compared with sold sound-proofing products,the sound insulation of ACC was close to rubber and asphalt,superior to polyurethane foam products.

Key words leather making,cowhair,thermal insulation,acoustic insulation,acrylic resin

随着环保力度的加强,制革企业通过保毛脱毛技术有效地减少了废水中的悬浮物和有机物,同时也降低了化学需氧量(COD),减少了硫化物的用量^[1]。然而,生产中产生的废弃牛毛因得不到处理被视为一种新的固体废弃物。若没有健康友好的处理途径,大量堆积的废弃牛毛必将会阻碍制革企业的发展^[2]。废弃牛毛是一种重要的角蛋白资源,含有丰富的碳、氮和硫等元素,可以直接做农作物的肥料,但存在降解难、肥效慢的问题。用化学降解再合成改性物进行资源化,易产生二次污染,再生途径效益较低^[3-5]。随着经济的发展,各种生产、交通以及生活噪声严重干扰生活环境,给人们的健康产生了很大的影响,噪音污染已成为人们关注的热点,虽然科研人员对噪音控制已经进行了深入的研究,市场上也出现了很多隔声吸声产品,但大部分隔声材料

都属于多孔材料,如羊毛隔声材料^[6]、玻璃纤维材料^[7]、碳纤维材料^[8]和聚丙烯/中空微球复合隔声材料^[9]等。本研究采用丙烯酸树脂(PAA)为载体,将废弃牛毛处理后作为填充物,制备毛粉丙烯酸树脂复合物(ACC),探究其隔热、隔声性能。

1 实验部分

1.1 材料与仪器

废弃牛毛,粤海皮革厂;市售隔声产品,上海旺音实业有限公司;丙烯酸(AA)、甲基丙烯酸甲酯(MMA)、丙烯酸丁酯(BA)、十二烷基硫酸钠(SDS)、过硫酸铵(APS)、过硫酸钾(KPS),均为分析纯,成都市科龙化工试剂厂。

合成反应装置(S212-2L 型),成都鑫益仪器有限公司;电热恒温鼓风干燥器(DHG-9070A 型),上

作者简介:张本民(1990-),男,硕士,主要从事固体废弃物研究。

联系人:单志华,男,教授,博士研究生导师,主要从事制革清洁技术研究。

海齐欣科学仪器有限公司;高速万能粉碎机(FW-200 型),北京中兴伟业仪器有限公司;导热系数测试仪(DRP-II 型),湖南湘潭湘仪仪器有限公司;在线式数字噪音计(GM1356 型),东莞市智选仪器仪表有限公司。

1.2 样品制备

1.2.1 残弃牛毛预处理

将残弃牛毛去除杂质,采用氢氧化钠溶液浸泡,清洗后,采用高速万能粉碎机(FW-200 型,北京中兴伟业仪器有限公司)机械粉碎,获得粉状毛纤维(简称毛粉)。

1.2.2 ACC 制备

采用毛粉添加量 15%(wt,质量分数,下同)、30%和 50%与 PAA 的配合比制得 ACC。将 ACC 转移至聚四氟乙烯培养皿中,在一定温度下进行成膜,每种毛粉添加量分别制得膜厚度为 0.5、1.0 和 1.5mm 的 ACC 膜。

1.3 ACC 膜性能测试

1.3.1 导热性测试

采用稳态法对 ACC 膜进行导热性测试,记录温度变化值,并计算不同膜的导热系数(λ)。计算公式见式(1)。

$$\lambda = -mc \frac{2h_p + R_p}{2h_p + 2R_p} \times \frac{1}{\pi R^2} \times \frac{h}{T_1 - T_2} \times \frac{dT}{dt} \Big|_{T=T_2} \quad (1)$$

式中, m 为下铜板质量,g; c 为铜块的比热容,J/(kg·℃); h_p 和 R_p 分别为下铜板的厚度和半径,mm; h 为样品的厚度,mm; T_1 和 T_2 分别为上铜板的温度和下铜板的温度,℃。

1.3.2 隔声性测试

描述隔声性的指标是隔声量,单位为分贝(dB)。隔声量为隔声材料两边噪音分贝数的差值,材料隔声量越大隔声效果越好。采用实验室自制隔声组合设备,对不同试样进行隔声测试,并与市售隔声产品隔声性能对比,记录测试结果。

2 结果与讨论

2.1 ACC 膜基本特征

PAA 膜与 ACC 膜基本参数对比见表 1。从表 1 可知,添加毛粉后制得的 ACC 膜的质量、面积密度和体积密度都有所减小。

表 1 PAA 膜与 ACC 膜基本参数对比

样品	质量/g	面积密度/(kg·m ⁻²)	体积密度/(kg·m ⁻³)
PAA 膜	6.5	1.15	1150
ACC 膜	5.0	0.88	880

2.2 ACC 膜隔热性分析

在温度为 50℃ 条件下,毛粉用量对 ACC 膜导热系数的影响见图 1。从图可以看出,添加毛粉的 ACC 膜的导热系数明显比未添加毛粉的 PAA 膜低,随着毛粉用量增加,导热系数呈非线性降低。在 50℃ 条件下 PAA 膜的导热系数为 0.033W/(m·℃),添加 30%毛粉的 ACC 膜的导热系数为 0.012W/(m·℃),与 PAA 膜相比导热系数降低了 63.6%,增加毛粉后可以提高 ACC 膜的隔热性。

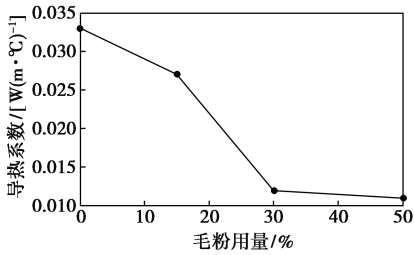


图 1 毛粉用量对 ACC 膜导热系数的影响

2.3 隔声性分析

2.3.1 膜厚度对隔声量的影响

PAA 膜、毛粉用量为 30% 的 ACC 膜,在测试频率 20~1000Hz 条件下,隔声量变化见图 2。从图可以看出,PAA 膜、ACC 膜,在 20~1000Hz 范围内隔声量基本随膜厚度增加而增加,随着频率增加隔声量也重复出现峰值,其中 ACC 膜厚度为 1.5mm 时,在频率 20~550Hz 内隔声量最大,在 450Hz 条件下,隔声量达到 32dB,在膜厚度相同条件下,ACC 膜的隔声性优于 PAA 膜。隔声量的大小不仅与隔声构件的结构、性质有关,也与入射声波的频率有关,因此不同厚度的 PAA 膜与 ACC 膜在不同频率下隔声量各不一致。ACC 膜添加了毛粉后具有了多孔材料的特征,声音入射到多孔材料时会有一部分反射,但大部分能量穿透到材料内部,在多孔材料的微孔中产生摩擦,声能逐渐变为热能而散失掉^[10]起到隔声效果。

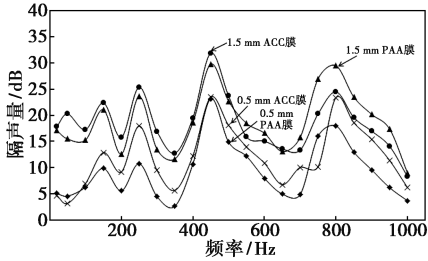


图 2 不同厚度 PAA 膜、ACC 膜的隔声量变化图

2.3.2 毛粉用量对隔声量的影响

膜厚度均为 1.5mm,PAA 膜、15%和 30%毛粉

用量 ACC 膜的隔声量变化见图 3。从图可以看出,未添加毛粉的 PAA 膜在 20~1000Hz 频率范围内隔声效果均较差,隔声量基本低于添加毛粉的 ACC 膜;在 20~1000Hz 频率范围内,毛粉添加量为 30% 的 ACC 膜的最大隔声量为 32db。添加毛粉后 ACC 膜的内部空隙率增加,不仅增加了毛粉本身的微孔,还增加了毛粉与树脂之间在成膜过程中产生的气孔,同时也使毛粉与树脂之间的界面变得粗糙,对声波衰减作用加强,使隔声量增加。

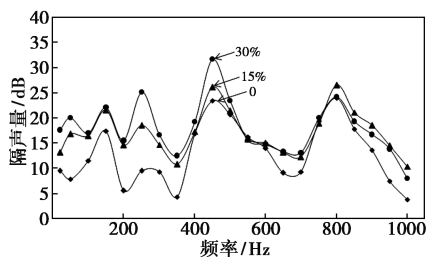


图 3 PAA 膜、15% 和 30% 毛粉用量 ACC 膜的隔声量变化图

2.3.3 ACC 膜与市售隔声产品的隔声量对比

沥青类、橡胶类和聚氨酯泡沫类均为市场销售量较好的隔声产品。沥青类隔声产品,厚度 2.0mm,密度大,质量大。橡胶类隔声产品,厚度 2.0mm,弹性好,其内部填充着尺寸均匀的颗粒,形成一定孔隙。聚氨酯泡沫类隔声产品,厚度 7mm,质量较小,孔洞较多,孔洞尺寸较大。

ACC 膜与市售隔声产品的隔声量比较见图 4。从图可以看出,沥青类和橡胶类产品在不同频率下隔声量都很接近,隔声效果也较优异,聚氨酯泡沫类

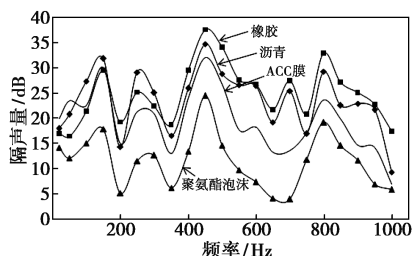


图 4 ACC 膜与市售隔声产品的隔声量比较图

产品隔声效果相对较差,添加 30% 毛粉、膜厚度为 1.5mm 的 ACC 膜的隔声性能接近沥青类和橡胶类隔声产品,优于聚氨酯泡沫类产品,隔声量达到 32db,在实际应用会有一定优势^[11]。

3 结论

采用制革厂产生的废弃牛毛经处理后与 PAA 混合可以得到一种新型材料 ACC。通过控制毛粉用量、ACC 膜厚度,可使该材料具有优异的隔热性能。在某些特定频率下,该材料还具有良好的隔声效果。经过与市售隔声产品对比,发现 ACC 膜隔声性能优于聚氨酯泡沫类,与沥青类和橡胶类接近。

参考文献

- [1] 罗建勋,蓝振川,李书卿,等.清洁化制革研究的进展与所面临的困难[J].皮革科学与工程,2007,17(3):51-55.
- [2] 王永昌.牛毛回收工艺及牛毛利用[J].西部皮革,2010,32(9):52-54.
- [3] 张全彬,敖宁建.角蛋白在生物材料中的应用[J].材料导报,2012,26(20):270-272.
- [4] 张本民,陈志军,单志华.牛毛降解物——淀粉两性填充材料研究[J].中国皮革,2016,45(4):23-27.
- [5] 张本民,陈志军,单志华.毛粉新型有机肥的制造[J].皮革科学与工程,2016,26(2):50-55.
- [6] Coriscadden K W, Biggs J N, Stiles D K. Sheep's wool insulation: a sustainable alternative use for a renewable resource[J]. Resources, Conservation and Recycling, 2014, 86(13): 9-15.
- [7] 危良才.玻璃纤维吸音材料试制成功[J].四川环境,1984,20(4):67-69.
- [8] 赵东林,沈曾民.碳纤维结构吸波材料及其结构设计[J].兵器材料科学与工程,2000,23(6):51-58.
- [9] 梁基照,朱波.聚丙烯/中空玻璃微球复合材料隔声特性分析[J].塑料科技,2014,42(7):49-53.
- [10] 顾平,高小华.织物隔声与吸声的工作机理[J].南通纺织职业技术学院学报(综合版),2008,8(3):1-4.
- [11] Sgard F C, Oluy X, Atalla N, et al. On the use of perforations to improve the sound absorption of porous materials[J]. Applied Acoustics, 2005, 66(11): 625-651.

收稿日期:2016-10-10

修稿日期:2017-10-16

欢迎登陆《化工新型材料》投稿系统, www.hgxx.org