

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2015.07.001

GF 增强 PP/ 苧麻纤维复合材料的制备及其性能研究^{*}

王春红,张青菊,任子龙,张荫楠,田达

(天津工业大学纺织学部,天津 300387)

摘要:采用非织造-模压工艺,以苧麻纤维为增强体和聚丙烯(PP)纤维制备了 PP/ 苧麻纤维复合材料,然后添加玻璃纤维(GF)对 PP/ 苧麻纤维复合材料进行增强改性。分别研究了不同含量苧麻纤维、GF 对复合材料弯曲性能、剪切性能及吸水性能的影响,并采用扫描电子显微镜(SEM)研究了改性前后复合材料界面结合的微观形貌变化。结果表明,当 PP/ 苧麻纤维复合材料中苧麻纤维体积分数为 40% 时,复合材料的弯曲、剪切性能最优;当添加体积分数为 5% 的 GF 和 35% 的苧麻纤维时,PP/GF/ 苧麻纤维复合材料弯曲强度、弯曲弹性模量、层间剪切强度分别增加 18.48%,10.22% 和 31.41%,且复合材料吸水率最小。

关键词: 苧麻纤维;玻璃纤维;模压成型;复合材料

中图分类号: TQ321 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2015)07-0001-05

Preparation and Properties of Glass Fiber Reinforced Polypropylene/Ramie Composites

Wang Chunhong, Zhang Qingju, Ren Zilong, Zhang Yinnan, Tian Da

(School of Textile, Tianjin Polytechnic University, Tianjin 300387, China)

Abstract: Different volume fraction of ramie fibers reinforced polypropylene composites were prepared by means of nonwoven process and mold-pressing technology. Then a certain volume fraction of glass fibers(GF) were added to fabricate the GF / ramie fibers reinforced polypropylene composites. The flexural properties and shear properties and water absorption properties of the composites were tested, the scanning electron microscope was also adopted to describe the morphology change of interface bonding conditions in the composites. The results show that the flexural and shear properties of PP / ramie fibers composites attain a peak while the volume fraction of ramie fiber is 40%. When the volume fraction of glass fiber and ramie fiber is 5% and 35% respectively, the flexural strength, flexural modulus and shear strength of the PP / GF / ramie fibers composites improves by 18.48%,10.22%, 31.41% respectively and the composite has the lowest water absorption.

Keywords: ramie fiber ; glass fiber ; mold-pressing technology ; composite

随着废物丢弃、不可降解垃圾逐年增多以及温室效应等环境问题日益加重,绿色环保材料的开发研究为缓解环境压力带来了新的希望。天然纤维具有廉价、部分可生物降解、回收便捷等优点,其增强复合材料属于环境友好型材料,近年来受到越来越多的青睐,并因其环保性能和成本优势,已得到社会的普遍认可和产业化应用^[1-3]。目前,质轻高强纤维成为纤维增强复合材料研究的热点,广泛应用于高铁、航空航天、建筑建材等领域。苧麻纤维质轻价廉,纤维长度较长,其强度在所有麻类纤维中是较高的。我国苧麻资源丰富,作物产量为世界的 90% 以上,原材料充足,因此苧麻纤维作为增强体用于制备复合材料具有很好的发展前景^[4-5]。但是植物纤维增强复合材料力学性能与其它高性能纤维(如玻璃纤维、碳纤维等)增强复合材料还有一定差距,这一缺

点限制了其在高强度要求复合材料领域的应用。目前对于苧麻纤维增强复合材料的研究大都集中在纤维化学改性方面,如张扬等^[6]采用碱处理、乙烯-辛烯共聚物接枝马来酸酐(POE-g-MAH)对苧麻纤维进行表面改性,李新起^[7]采用环氧硅油对苧麻纤维进行改性,H.Y. Choi 等^[8]对苧麻纤维进行碱处理、偶联剂处理、过氧化氢处理等。另外,已有研究采用的复合材料加工工艺多为玻璃纤维毡与苧麻纤维毡叠层热压工艺或短切纤维注塑成型工艺^[9-10],采用玻璃纤维(GF)与长苧麻纤维混合对经非织造-模压工艺制备的聚丙烯(PP)/长苧麻纤维复合材料

^{*} 国家自然科学基金资助项目(51303131)

联系人:王春红,博士,副教授,硕士生导师,主要从事绿色环保功能型纤维、纺织品及纺织复合材料研究工作

收稿日期:2015-04-22

进行增强改性的研究还很少。GF 耐高温、拉伸强度高、电绝缘性好,其增强材料目前是航空航天、轨道交通、电气、建筑等领域应用最为广泛的复合材料之一,具有质量轻、强度高、抗疲劳、耐化学腐蚀、阻燃等优点^[11-13]。添加一定含量的玻璃纤维可提高天然纤维增强复合材料的性能,拓宽其应用范围。

笔者先研究苧麻纤维含量对复合材料性能的影响,在此基础上添加一定含量的 GF 对 PP/苧麻复合材料进行增强改性,探讨 GF 含量对复合材料弯曲性能、剪切性能和吸水性能的影响。

1 实验部分

1.1 主要原材料

苧麻纤维:细度平均值约 23 μm ,切断长度为 90 mm,湖南苧麻厂;

PP 纤维:细度平均值约 18 μm ,长度 40 mm 左右,山东陵县华龙化纤有限公司;

GF:天津市宇特感光树脂板材科技有限公司。

1.2 设备和仪器

和毛机:XFH 型,青岛市胶南针织机械厂;

罗拉式梳理机:自制;

八篮烘箱:Y802A 型,常州纺织仪器厂;

电子天平:FA2004 型,上海上平仪器有限公司;

液压机:Y/TD71-45A 型,天津市天锻压力机厂;

万能强力仪:3369 型,美国 Instron 公司;

扫描电子显微镜(SEM):TM3030 型,日本株式会社日立高新技术那柯事业所。

1.3 试样制备

(1) PP/苧麻纤维复合材料的制备。

将苧麻纤维和 PP 纤维(苧麻和 PP 纤维体积比分别为 30 : 70,40 : 60,50 : 50,60 : 40)用和毛机混合开松,然后使用罗拉式梳理机梳理纤维两遍,按照设计复合材料尺寸裁剪非织造布,再将非织造布在 80℃烘箱中干燥 2 h,最后将非织造布叠层制成预成型件。复合材料制备工艺为:将预成型件放入液压机中压制,压制时,首先将液压机温度设定为 80℃,0 MPa 条件下保持 1 min,然后将预成型件在 3 MPa 下保持 4 min,之后泄压 1 min,并重新加压、释压一次,以清除预成型件中的空气;再将液压机温度调为 160℃、压力调为 5 MPa;待温度升至 160℃时,将压力加至 15 MPa,温度调节为 190℃,达到预设温度后压制 20 min;压制完成,保压冷却 6 h 后即可取出制备的 PP/苧麻纤维复合材料。

(2) GF 增强 PP/苧麻纤维复合材料的制备。

固定纤维体积分数为 40%,添加 GF 的体积分数分别为 0%,5%,10%,15%,20%,然后与体积分数分别为 40%,35%,30%,25%,20% 的苧麻纤维用和毛机混合开松,使用罗拉式梳理机混合梳理 2 遍,再平行铺网制成预成型件,复合材料制备工艺同 PP/苧麻纤维复合材料的制备工艺。制备的 GF 增强 PP/苧麻纤维复合材料配方如表 1 所示。

表 1 PP/苧麻纤维/GF 复合材料配方

编号	PP/苧麻纤维/GF 的体积比
1 [#]	60 : 40 : 0
2 [#]	60 : 35 : 5
3 [#]	60 : 30 : 10
4 [#]	60 : 25 : 15
5 [#]	60 : 20 : 20

1.4 性能测试和表征

弯曲性能依据 ASTM D790-2003 测试,加载速度 2 mm/min,跨距 48 mm;

剪切性能依据 JC/T 773-2010 测试,加载速度 1 mm/min,跨距 16 mm;

吸水性依据 GB/T 1462-2005 测试;

断面微观形貌测试:将复合材料弯曲性能测试后的试样经喷金处理,采用 SEM 观察断面微观形貌。

2 结果和讨论

2.1 苧麻纤维含量对复合材料弯曲、剪切性能影响

PP/苧麻纤维复合材料弯曲、层间剪切性能随着苧麻纤维体积分数的变化如图 1 所示。由图 1 可知,随着苧麻纤维体积分数的增加,复合材料的弯曲强度、弯曲弹性模量和剪切强度呈先增大后减小的趋势,当其体积分数为 40% 时达到最大值,分别为 74.39 MPa,3.72 GPa,6.40 MPa。影响复合材料力学性能的因素有纤维强度、树脂强度、纤维体积分数及纤维树脂界面结合情况等^[14]。纤维在复合材料中起增强作用,当苧麻纤维含量较少时,纤维在聚合物中的分散状态较好,但纤维与纤维之间应力传递性弱,纤维承受载荷较少,故其相应的力学性能较差;而随着纤维含量的增加,纤维与树脂的接触面积逐渐增大,对聚合物内部分子链段运动的阻碍能力增大,且在纤维含量未达到饱和之前,纤维被树脂包裹浸润良好,纤维与树脂之间的相互作用力增强,且纤维与纤维之间应力传递增强^[15],故弯曲强度、弯曲弹性模量和层间剪切强度呈增大趋势^[16]。当苧麻纤维体积分数超过 40% 后,苧麻纤维含量过高,苧

麻纤维在树脂中的分散程度受到极大影响,苧麻纤维不能被树脂完全包裹浸润,相互之间作用力减弱,界面相容性变差,复合材料内部易出现局部应力集中现象,从而影响复合材料的性能,使PP/苧麻纤维复合材料的力学性能下降。综上所述,当苧麻纤维体积分数为40%时,PP/苧麻纤维复合材料的弯曲、剪切性能最优。

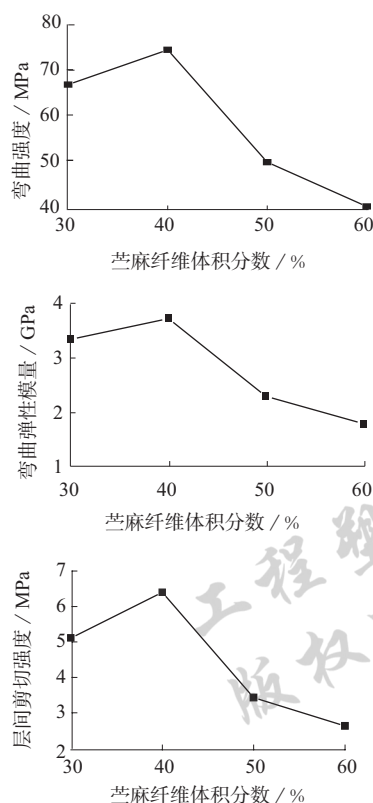


图1 苧麻纤维含量对PP/苧麻纤维复合材料力学性能的影响

2.2 GF含量对复合材料弯曲、剪切性能影响

采用GF对PP/苧麻纤维复合材料进行增强改性,制得的复合材料弯曲、剪切性能变化如图2所示。由图2可知,随着GF含量的增加,复合材料弯曲强度、弯曲弹性模量和剪切强度呈先增加后减小的趋势,当添加体积分数为5%的GF时,复合材料(2[#]试样)力学性能最优,其弯曲强度、弯曲弹性模量、层间剪切强度分别为88.14 MPa,4.10 GPa,8.41 MPa,比未添加GF时(1[#]试样)分别增加18.48%,10.22%和31.41%。这是由于当体积分数为5%的GF加入到PP/苧麻纤维复合材料中后,GF的力学性能优于苧麻纤维,受力时GF承担了复合材料的部分载荷,增加了复合材料的载荷承受能力;另外苧麻纤维、GF也起到相互促进增强的作用,增加了纤维之间的机械锁联,同时增加了纤维和树脂间的

摩擦力^[17-18],故复合材料的弯曲强度、弯曲弹性模量和层间剪切强度都有所增加。但是随着GF含量的增加,GF、苧麻纤维与树脂性能差异变大,三相形成的相界面比较清晰,复合材料界面相容性变差,复合材料因为缺乏应有的粘结强度而使弯曲、剪切性能降低。

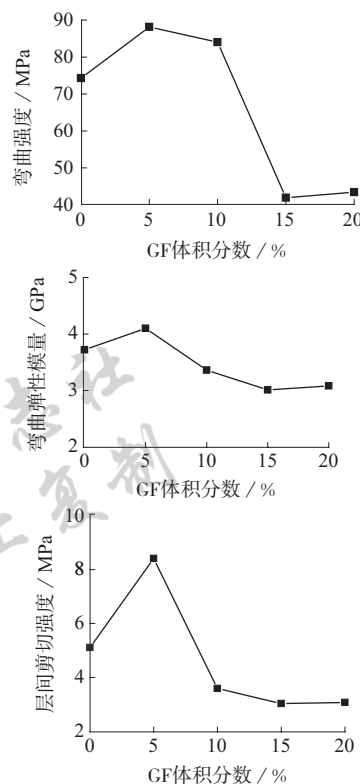


图2 GF含量对PP/苧麻纤维/GF复合材料力学性能的影响

2.3 纤维含量对复合材料吸水性能的影响

图3为苧麻纤维、GF体积分数对复合材料吸水率的影响。

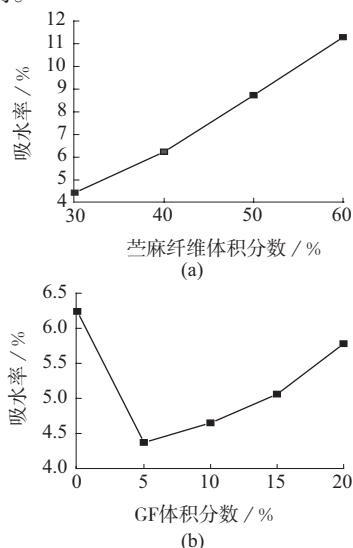
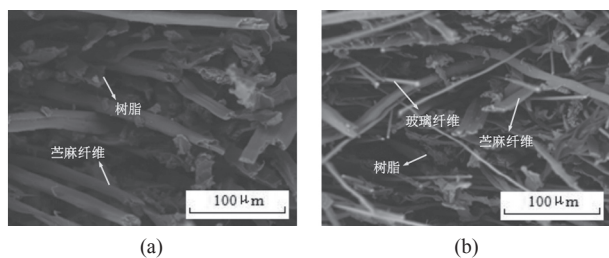


图3 苧麻纤维、GF含量对复合材料吸水率的影响

复合材料吸水性能影响因素主要有:纤维和树脂种类、纤维和树脂界面结合、温度及复合材料吸水后吸收水与纤维和树脂的界面结合等。而植物纤维由于其独特的结构和性质不管是否被树脂包覆都具有很高的吸水性^[19]。由图 3a 可知,随着苧麻纤维含量不断增大,复合材料的吸水率逐渐增大。这主要因为苧麻纤维是亲水性的,纤维中含有大量羟基等亲水性基团,随着纤维含量的增加,羟基官能团的数量也会相对增大。另外,随着苧麻纤维体积分数增加复合材料界面结合变差,导致复合材料内部存在缺陷,故复合材料的吸水率会随着苧麻纤维含量的增大而增大。由图 3b 可知,加入 GF 后,复合材料的吸水性低于 PP/苧麻复合材料,但随着 GF 含量的增加吸水率呈先下降后上升趋势。这主要因为,GF 属于疏水性纤维,吸水性比苧麻纤维差,当添加一定量的 GF 后,复合材料的吸水性在一定程度上降低,故当 GF 体积分数为 5% 时复合材料吸水率较低。但是,随着 GF 含量的增加,复合材料界面结合性能变差,GF、苧麻纤维和树脂界面结合不致密,有部分缝隙存在,从而导致复合材料吸水率增加。

2.4 复合材料断面微观形貌分析

图 4 示出 1[#] 及 2[#] 试样的复合材料 SEM 照片(放大 200 倍)。由图 4a 可知,1[#] 试样界面结合良好,断面较为平整,苧麻纤维均匀分布在树脂中,嵌在树脂中并与树脂紧密相连,因而复合材料力学性能较好。由图 4b 可知,当 GF 的体积分数为 5% 后,由于纤维性能差异,GF、苧麻纤维和树脂界面结合稍差于苧麻纤维、树脂界面,断面处有部分纤维拔出,但由于 GF 优良的力学性能,添加的 GF 对复合材料的增强作用大于对复合材料的界面破坏作用,故使复合材料弯曲性能、剪切性能有所增加,吸水率最低;当 GF 体积分数大于 5% 时,GF 对界面的破坏作用大于对复合材料的增强作用,导致复合材料的弯曲性能、剪切性能随着 GF 含量的增加而降低,而吸水性能有所增加。



a—1[#] 试样; b—2[#] 试样

图 4 2 种复合材料断面的 SEM 照片

3 结论

(1) 当苧麻纤维体积分数为 40% 时, PP/苧麻复合材料力学性能最优。

(2) 当添加体积分数为 5% 的 GF 对 PP/苧麻复合材料进行改性时,复合材料的弯曲强度、弯曲弹性模量、剪切强度达到最高分别为 88.14 MPa, 4.10 GPa, 8.41 MPa, 比未改性前分别提高 18.48%, 10.22% 和 31.41%。

(3) 添加 GF 后,能有效地改善复合材料的吸水性,且 GF 体积分数为 5% 时复合材料吸水率最低。

参考文献

- [1] 洪钧,毕松梅,朱钦钦. 苧麻纤维增强聚丙烯复合材料的性能研究[J]. 塑料科技, 2012, 40(2): 45-47.
Hong Jun, Bi Songmei, Zhu Qinqin. Study on the property of ramie roving reinforced polypropylene composite[J]. Plastics Science and Technology, 2012, 40(2): 45-47.
- [2] 王春红,王瑞,沈路,等. 亚麻/聚乳酸基完全可降解复合材料的成型工艺[J]. 复合材料学报, 2008, 25(2): 63-67.
Wang Chunhong, Wang Rui, Shen Lu, et al. Forming technology of flax noil fibers reinforced polylactide biodegradable composites[J]. Acta Materiae Compositae Sinica, 2008, 25(2): 63-67.
- [3] 韩海山,孙占英,沈春银,等. 剑麻纤维增强聚丙烯复合材料的制备及性能研究[J]. 工程塑料应用, 2009, 37(5): 21-25.
Han Haishan, Sun Zhanying, Shen Chunying, et al. Preparation and properties of sisal fiber reinforced PP composite[J]. Engineering Plastics Application, 2009, 37(5): 21-25.
- [4] 张长安,张一甫,曾竟成. 苧麻纤维增强聚丙烯复合材料研究[J]. 玻璃钢/复合材料, 2001(6): 16-17, 27.
Zhang Changan, Zhang Yifu, Zeng Jingcheng. Study on ramie noil fiber reinforced PP composite[J]. Fiber Reinforced Plastics / Composites, 2001(6): 16-17, 27.
- [5] Wang Hongguang, Xian Guijun, Li Hui, et al. Durability study of a ramie-fiber reinforced phenolic composite subjected to water immersion[J]. Fibers and Polymers, 2014, 15(5): 1029-1034.
- [6] 张扬,温变英,李晓媛,等. 苧麻纤维表面修饰对聚丙烯/苧麻纤维复合材料性能的影响[J]. 中国塑料, 2014, 28(8): 47-51.
Zhang Yang, Wen Bianying, Li Xiaoyuan, et al. Effect of surface modification of ramie fiber on properties of PP / ramie fiber composites[J]. China Plastics, 2014, 28(8): 47-51.
- [7] 李新起. 苧麻纤维表面改性及其车用复合材料的研究[D]. 长沙: 湖南大学, 2011.
Li Xinqi. Study on the surface modification of ramie fiber and the fiber reinforced polymer composites for automobile[D]. Changsha: Hunan University, 2011.
- [8] Choi H Y, Lee J S. Effects of surface treatment of ramie fibers in a ramie / poly(lactic acid) composite[J]. Fibers and Polymers, 2012,

- 13(2):217-223.
- [9] 刘婷,陆绍荣,王一靓,等. 剑麻纤维/玻璃纤维混杂增强聚丙烯复合材料的结构与性能[J]. 塑料,2010,39(3):63-65.
- Liu Ting, Lu Shaorong, Wang Yiliang, et al. The structure and property of sisal and glass fibers hybrid reinforced polypropylene[J]. Plastics,2010,39(3):63-65.
- [10] 刘晓烨,戴干策. 麻纤维/玻璃纤维混杂增强聚丙烯复合材料的性能研究[J]. 塑料工业,2007,35(6):35-38,49.
- Liu Xiaoye, Dai Gance. Study on property of Jute(sisal) fiber / glass fiber hybrid reinforced PP[J]. China Plastics Industry,2007,35(6):35-38,49.
- [11] 刘新年,张红林,贺祯,等. 玻璃纤维新的应用领域及发展[J]. 陕西科技大学学报:自然科学版,2009,27(5):169-171,180.
- Liu Xinnian, Zhang Honglin, He Zhen, et al. Application in new fields and development of glass fiber[J]. Journal of Shaanxi University of Science & Technology:Natural Science Edition,2009,27(5):169-171,180.
- [12] 赵华俊,毕松梅,李建. 玻璃纤维的含量对复合材料的力学性能影响及表征研究[J]. 安徽工程科技学院学报:自然科学版,2009,24(1):37-40.
- Zhao Huajun, Bi Songmei, Li Jian. Effects of the glass fiber content on the mechanical properties of composites and its characterization[J]. Journal of Anhui University of Technology and Science:Nature Science Edition,2009,24(1):37-40.
- [13] Laura D M, Keskkula H, Barlow J W, et al. Effect of glass fiber surface chemistry on the mechanical properties of glass fiber reinforced, rubber-toughened nylon6[J]. Polymer,2002,43:4673-4687.
- [14] Öztürk S. Effect of fiber loading on the mechanical properties of kenaf and fiberfrax fiber-reinforced phenol-formaldehyde composites[J]. Journal of Composite Materials,2010,44:2265-2288.
- [15] 李津,王春红,贺文婷,等. 洋麻纤维的表面改性及其在聚丙烯基复合材料中的应用[J]. 工程塑料应用,2014,42(2):6-10.
- Li Jin, Wang Chunhong, He Wenting, et al. Surface modification of kenaf fiber and application of it on polypropylene composite[J]. Engineering Plastics Application,2014,42(2):6-10.
- [16] El-Shekeil Y A, Sapuan S M, Abdan K, et al. Influence of fiber content on the mechanical and thermal properties of Kenaf fiber reinforced thermoplastic polyurethane composites[J]. Materials and Design,2012,40:299-303.
- [17] 罗崇禧,陆绍荣,郭栋,等. 剑麻纤维/长玻纤混杂增强PP复合材料的力学性能研究[J]. 塑料工业,2012,40(4):60-63.
- Luo Chongxi, Lu Shaorong, Guo Dong, et al. Study on the mechanical property of SF / LGF hybrid reinforced pp composites[J]. China Plastics Industry,2012,40(4):60-63.
- [18] Haneefa A, Bindu P, Aravind I, et al. Studies on tensile and flexural properties of short banana / glass hybrid fiber reinforced polystyrene composites[J]. Journal of Composite Materials,2008,42(15):1471-1489.
- [19] Kushwaha P K, Kumar R. Influence of chemical treatments on the mechanical and water absorption properties of bamboo fiber composites[J]. Journal of Reinforced Plastics and Composites,2010,30(1):73-85.

大众引擎罩盖采用巴斯夫巴数特® 三聚氰胺树脂泡沫

大众汽车公司在北美生产的捷达、高尔夫、帕萨特、途观和甲壳虫等车型中采用巴斯夫巴数特®TG三聚氰胺树脂泡沫作为EA888发动机的吸声材料。该吸声部件由泡沫加工商Rogers Foam(马萨诸塞州萨默维尔市)采用巴数特®生产,并由一级的引擎盖供应商Exo-s(加拿大舍布鲁克)负责组装。

巴数特®北美区市场发展专员Holli Woodard介绍道,为了达到北美市场日益严格的燃油经济性和排放标准,目前汽车行业正广泛地使用体积更小、性能更强的直喷发动机。这些发动机产生的热量更高、噪音更大,对驾乘舒适性造成了影响。因此,越来越多的汽车制造商和供应商开始寻求新材料来解决这一挑战。Exo-s和Rogers Foam采用巴斯夫巴数特®TG泡沫开发的引擎盖满足了大众汽车公司在这些方面的要求。

巴数特®TG是唯一一种专为热成型工艺开发的热固性聚合物泡沫,它主要用于生产形状复杂的三维部件以及面向狭小空间的定制部件。在热成型过程中,泡沫表面可附加无纺布材料以增强材料性质。

在引擎盖中使用巴数特®泡沫可一举解决汽车制造商所面临的多个挑战:它能够在发动机舱的高温环境下提供优异的吸声性和阻燃性,同时减轻引擎盖质量。其开孔泡沫结构尤其有利于中、高频声音的吸收。泡沫表面的无纺毛布进一步提高了在整个频率范围内的吸声性能,确保大众汽车的驾驶者和乘客享受舒适安静的旅途。

此外,巴数特®三聚氰胺泡沫还提高了引擎盖的阻燃性,可防止明火持续燃烧,阻燃性能达到了UL 94 V-0防火等级的要求。巴数特®泡沫可在最高240℃的温度下保持出色的NVH性质。

巴数特®TG的密度仅为9 kg/m³,远低于发动机舱传统隔音材料的密度,因此有助于降低油耗和减少CO₂排放。从项目发起到在北美区投产,相关各方始终保持了密切合作。新引擎盖目前已被用于大众汽车田纳西州查塔努加市和墨西哥普埃布拉州基地生产的车型,未来有望被用于所有搭载EA888发动机的车型。

大众汽车公司的EA888四缸发动机一直是小排量涡轮增压发动机领域的标杆。第三代EA888涡轮增压四缸直喷发动机的质量更轻,油耗更低,在低转速下可提供更大的扭矩,从而提高了车辆的性能。(工程塑料网)