

文章编号:1673-9981(2019)02-0115-04

改善聚丙烯蜂窝夹芯板高温弯曲性能的研究^{*}

孟姗姗,秦永利,范欣愉,肖 鹏

广州金发碳纤维新材料发展有限公司,广东 广州 510530



摘 要:为提高聚丙烯(PP)蜂窝夹芯板的高温弯曲性能,研究了蜂窝板的聚丙烯/玻璃纤维(PP/GF)面层中玻璃纤维长度、聚丙烯(PP)芯层中滑石粉添加量和滑石粉粒径对蜂窝夹芯板高温弯曲性能的影响。试验结果表明,在满足加工性的前提下,增加聚丙烯/玻璃纤维(PP/GF)面层中的纤维长度,增加蜂窝芯中滑石粉添加量及降低滑石粉粒径,均可提高聚丙烯蜂窝夹芯板的高温弯曲性能。

关键词:聚丙烯蜂窝夹芯板;面层纤维长度;滑石粉;弯曲性能

中图分类号: TB332

文献标识码: A

鉴于三明治夹芯板的轻量化特点,越来越多的三明治夹芯板被用于汽车备胎盖板和衣帽架等部件。早期夹芯板的芯层多为纸蜂窝芯。纸蜂窝夹芯板的典型优势是高温承载性能优异。但是纸蜂窝夹芯板在生产过程中需要通过热塑性胶黏剂或热固性树脂,实现三明治夹芯结构的面层和纸蜂窝芯的粘接^[1]。因为胶水中含有大量的醛类和苯类物质,导致纸蜂窝夹芯板的气味、挥发性有机化合物(volatile organic compounds)和其他有害物质超标,不能满足国家相关法规要求,同时产品的回收再利用难度大,利用率低^[2]。

为了改善夹芯板的气味,降低有害物质含量,提升可回收性,越来越多的聚丙烯(PP)蜂窝夹芯板被开发,以替代纸蜂窝夹芯板。同时因PP良好的加工性、耐腐蚀性和低气味性,普遍用于乘用车和厢式货车^[3-4]。但在高温下,PP蜂窝夹芯板的弯曲性能较低,与常温比降幅达50%以上,限制了PP蜂窝夹芯板的推广。为了进一步拓展PP蜂窝夹芯板的应用范围,亟需提高其高温下的弯曲性能。

人们对提升蜂窝夹芯板的弯曲性能进行了一些研究,如通过增加蜂窝板面层层数,蜂窝夹芯板的弯

曲性能得到明显提高,因为增加面层有助于降低蜂窝芯中心区域的变形程度^[5-6]。另外,随着蜂窝芯壁厚增加以及孔径减小,蜂窝夹芯板的弯曲、压缩等性能呈上升趋势^[6-7]。目前的研究主要集中在面层厚度、蜂窝芯尺寸(壁厚、孔径等)等对蜂窝板弯曲性能的影响。而关于PP/GF面层的配方中蜂窝板面层中的纤维长度、PP蜂窝芯层中添加填料等对PP蜂窝夹芯板高温弯曲性能影响的研究较少。本文将重点探讨蜂窝板面层中玻璃纤维长度、在PP蜂窝芯层中添加填料和填料尺寸等对PP蜂窝夹芯板高温弯曲性能的影响,从而找到影响PP蜂窝夹芯板高温下弯曲性能的主要因素。

1 试验部分

1.1 主要原材料

聚丙烯(PP)(中国石油兰州石化公司):其熔体质量流动速率(MFR)为10~15 g/10min;玻璃纤维(中国巨石集团股份有限公司);其长度25~50 mm;黑色母(卡博特化工有限公司),滑石粉(广西

收稿日期:2019-02-15

^{*} 基金项目:广州市科技计划项目(201604046003)

作者简介:孟姗姗(1989-),女,安徽人,工程师,硕士,从事热塑性复合材料和蜂窝板开发与应用。

桂广滑石粉有限公司),抗氧剂 1010,抗氧剂 168(瑞士汽巴精细化学有限公司)。

1.2 主要设备

180063 型单螺杆挤出机 1(苏州金韦尔机械有限公司),ZZ150 型单螺杆挤出机 2(广州正装科技有限公司),玻璃纤维裁切机(江苏润源控股集团有限公司),KFK-X 1900 型复合压机 1(Meyer),Double Belt Press 型复合压机 2(Sandvik TPS),WK650 型高低温试验箱(美特斯工业系统(中国)有限公司),5967 型力学试验机(英斯特朗工程公司 Instron Engineering Corporation)。

1.3 样品制备

聚丙烯/玻璃纤维(PP/GF)面层制备:将 PP、抗氧剂 1010、抗氧剂 168 和黑色母等按照一定比例混合均匀后,通过料筒加入到单螺杆挤出机 1 中进行熔融挤出,挤出机温度设为 190~230℃。熔融态挤出膜通过挤出机模唇下方的对辊挤压定型,得到一定厚度的 PP 膜。玻璃纤维丝束通过玻璃纤维裁切机的刀辊,在一定的裁切速度下,裁切成长度为 25 mm、50 mm。多层 PP 膜(2~3 层)与多层(1~2 层)裁切的玻纤丝束交叉铺层后,通过传输带一起传递到复合压机上,在复合压机 1 中将其压成具有一定厚度和面密度的 PP/GF 面层,复合温度为 180~230℃,复合压力 0.2~0.5 MPa。

聚丙烯(PP)蜂窝芯制备:将 PP、滑石粉等按照一定比例混合均匀后,通过料筒加入到挤出机 2 中熔融挤出,然后通过特定的成型设备冷却定型为特定厚度的蜂窝芯。挤出机温度设为 190~230℃。

聚丙烯(PP)蜂窝夹芯板制备:按照从下至上的顺序依次将 PP/GF 面层、PP 蜂窝芯、PP/GF 面层铺层,再将 3 层材料通过传输带传递到复合压机 2 中,通过加热熔融、冷却定型,最终制成具有特定厚度的蜂窝夹芯板样品。复合温度为 190~230℃,复合压力 0.25~0.3 MPa。制备的样品厚度偏差±0.5 mm。

1.4 测试与表征

按照 GB/T1456-2005 对制备的蜂窝夹芯板进行弯曲强度和弯曲模量测试。弯曲测试模式为三点弯,弯曲样条尺寸为 200mm×60mm,测试跨距为 160 mm,测试速率为 2 mm/min。

2 试验结果与讨论

2.1 面层中纤维长度对蜂窝夹芯板高温弯曲性能的影响

蜂窝夹芯板的结构类似于二维的“工字梁”形状,其上下面层可承受弯曲时的压缩和拉伸载荷。弯曲模量和弯曲挠度与面层的模量有关。

在 PP 蜂窝芯中未添加滑石粉等填料的基础上,调整蜂窝夹芯板面层中玻璃纤维长度,以探讨纤维长度对蜂窝夹芯板高温弯曲性能的影响。1 号样的玻璃纤维长度为 25mm,2 号样的玻璃纤维长度为 50%的 25 mm 和 50%的 50 mm 组合,3 号样的玻璃纤维长度为 50 mm,试验结果列于表 1。由表 1 可知,1 号样分别在常温 23℃和 80℃测试时,蜂窝夹芯板在 80℃的弯曲强度和弯曲模量比 23℃的分别降低 56%,48%;在 80℃测试时,2 号样蜂窝夹芯板的弯曲强度和弯曲模量比 1 号样的分别提高 12.5%,7.7%,3 号样蜂窝夹芯板的弯曲强度和弯曲模量比 1 号样的分别提高 37.5%,19%。随着玻璃纤维长度增加,玻璃纤维可承载更高的弯曲外力,从而提高蜂窝夹芯板的整体模量。试验结果表明,增加玻璃纤维长度可改善蜂窝夹芯板的高温弯曲性能。

表 1 玻璃纤维长度对蜂窝夹芯板高温弯曲性能的影响
Table 1 The effects of glass fiber length in PP/GF skin on high temperature bending property of honeycomb sandwich panel

样品	玻纤长度/mm	温度/℃	弯曲强度/MPa	弯曲模量/MPa
1 号	25	23	1.8	50
	25	80	0.8	26
2 号	25(50%) +50(50%)	80	0.9	28
3 号	50	80	1.1	31

2.2 芯层中添加滑石粉对蜂窝夹芯板高温弯曲性能的影响

在弯曲外力下,蜂窝夹芯板会出现剪切挠度变形,剪切挠度与芯层的剪切模量有关。因此,对于 PP

芯层来说,增加芯层的模量可以提升 PP 蜂窝夹芯板在高温下的弯曲性能。

滑石粉的主要成分为水合硅酸镁 ($3\text{MgO} \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$)。由于滑石粉特殊的薄片状结构,在塑料中是一种有效的增强材料,无论常温和高温下,都可赋予塑料较高的刚性和抗蠕变性。滑石粉对塑料材料热变形温度的影响较为明显,可以有效地提高各种塑料的热变形温度^[8],从而增加塑料的耐热性。

在面层玻璃纤维长度为 50 mm 的条件下,在蜂窝芯层中添加 10 μm 滑石粉以探讨滑石粉的添加量对蜂窝夹芯板高温弯曲性能的影响,试验结果如图 1 所示。由图 1 可见,随着滑石添加量的增加,蜂窝夹芯板的弯曲强度和弯曲模量逐渐增加。在 80 $^{\circ}\text{C}$ 下,与未添加滑石粉的蜂窝板相比,添加质量分数 15% 滑石粉后,蜂窝夹芯板的弯曲强度和弯曲模量分别提高 18%,16%。在 PP 蜂窝芯层中添加滑石粉后,滑石粉自身既可以作为增强填料,也可以作为成核剂。成核剂的作用主要是细化材料晶粒,提高聚丙烯的结晶性,从而改善材料的力学性能。

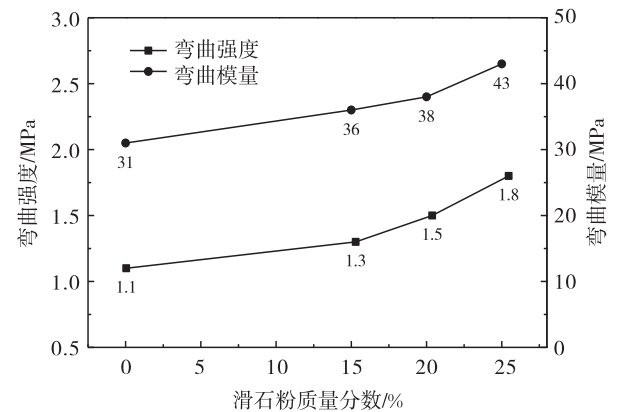


图 1 芯层中滑石粉添加量对蜂窝夹芯板高温弯曲性能的影响

Fig. 1 The effects of talc content in PP honeycomb core layer on high temperature bending property of honeycomb sandwich panel

2.3 滑石粉粒径对蜂窝夹芯板高温弯曲性能的影响

在面层玻璃纤维长度为 50 mm,芯层中滑石粉添加质量分数为 25%的条件下,探讨滑石粉粒径对蜂窝夹芯板高温弯曲性能的影响。由图 2 可见,随着滑石粉粒径降低,蜂窝夹芯板的高温弯曲强度和弯曲模量提高,其原因是滑石粉粒径降低后,滑石粉的

表面积增加,与 PP 的接触面积相应增加,从而可充分地发挥滑石粉抗蠕变耐高温特性。

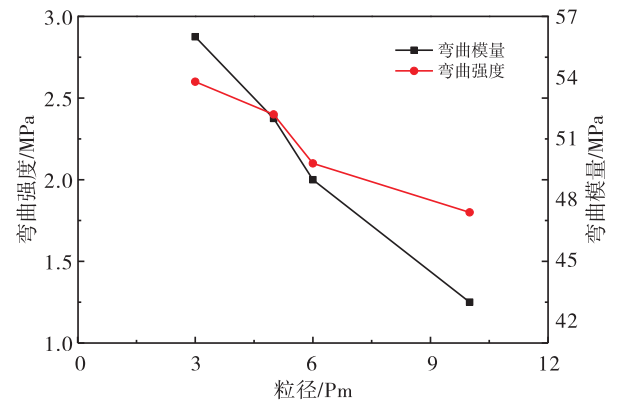


图 2 滑石粉粒径对蜂窝夹芯板高温弯曲性能的影响

Fig. 2 The effects of talc particle size on high temperature bending property of honeycomb sandwich panel

3 结 论

在满足加工性的前提下,增加聚丙烯/玻璃纤维 (PP/GF) 面层中的纤维长度,增加蜂窝芯中滑石粉添加量及降低滑石粉粒径,均可提高聚丙烯蜂窝夹芯板的高温弯曲性能。

参考文献:

- [1] 余历军. 纸蜂窝夹芯板的研制[J]. 中小企业科技, 1995 (2):19-20.
- [2] 薛振荣,薛凯,张立隆. 汽车 PHC 行李箱盖板 VOC 性能的改进[J]. 汽车工艺与材料, 2017(9):7-9.
- [3] 郁焕敬. PP 蜂窝板在复合材料货厢上的应用研究[J]. 汽车实用技术, 2017(16):182-183.
- [4] 刘环裕. 基于吸塑滚压协同作用的塑料蜂窝板连续成型技术与机理研究[D]. 广州:华南理工大学, 2017.
- [5] 杨仁寅,何玉厚,吴红亮. 单层和多层金属蜂窝板压缩和弯曲性能的比较[J]. 轻金属, 2017, 6(12):53-55.
- [6] 周翔,薛平,吴晓娜,等. 连续玻纤增强聚丙烯片材复合蜂窝板材制备及力学性能研究[J]. 塑料工业, 2015 (12):78-82.
- [7] 周丽英,吴明春,何和智. 正六边形蜂窝结构塑料板抗弯性能有限元分析[J]. 塑料, 2016(3), 78-80.
- [8] 潘巍. 滑石粉、硅藻土改性 PP 复合材料的性能研究[D]. 北京:北京化工大学, 2016.

Research on improving high temperature bending property of polypropylene honeycomb core sandwich panel

MENG Shanshan, QIN Yongli, FAN Xinyu, XIAO Peng

Guangzhou Kingfa Carbon Fiber Materials Development Co., Ltd., Guangzhou 510530, China

Abstract: In order to improve the high temperature bending property of polypropylene (PP) honeycomb core sandwich panel, the effects of glass fiber length in PP/GF skin, the content of talc in PP honeycomb core and diameter of talc on high temperature bending property of PP honeycomb core sandwich panel were investigated. The results show that the high temperature bending property of polypropylene honeycomb sandwich panel can be improved by increasing the fiber length in the surface layer of polypropylene/glass fiber (PP/GF), increasing the amount of talc powder in honeycomb core and reducing the particle size of talc powder under the premise of satisfying processability.

Key words: PP honeycomb core sandwich panel; length of GF; talc; bending property

(上接第 101 页)

Study on quasi-static tensile mechanical behavior of cast WE43 magnesium alloy at low temperature and high temperature

KNAG Yuehua¹, HUANG Zhenghua¹, WANG Shuncheng¹, YAN Hong², CHEN Rongshi², ZHENG Kaihong¹

1. Guangdong Institute of Materials and Processing, Guangzhou 510650, China; 2. Institute of Metal Research, Chinese Academy of Sciences, Shenyang 110016, China

Abstract: The quasi-static tensile mechanical behavior including fracture behavior of cast WE43 magnesium alloy at $-196\sim 300\text{ }^{\circ}\text{C}$ was investigated by OM, SEM and TEM. The results indicate that the standard heat treated (T6) alloy has equiaxed grains with average grain size of $104\text{ }\mu\text{m}$. The crystals are mianly composed of finely dispersed β' and β_1 precipitates within the matrix and coarse particles at grain boundaries with precipitate free zones of width about 300 nm . When the deformation temperature is decreased to $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$, the alloy still achieves a certain fracture elongation of 3.2% , rather than a complete brittle fracture. The cause is partly attributed to that the precipitate free zone could undertake some plastic deformation. When the deformation temperature was increased from $24\text{ }^{\circ}\text{C}$ to $250\text{ }^{\circ}\text{C}$, the fracture elongation of the alloy is significantly increased from 2.4% to 13.5% , which indicates a brittle-tough transition. This could be due to the increase of non-basal slip and grain boundary slide.

Key word: WE43 magnesium alloy; mechanical behavior; fracture behavior; brittle fracture; brittle-tough transition