

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2016.06.028

长玻纤增强聚丙烯复合材料力学性能的研究进展

安峻莹^{1,2}, 孟征^{1,2}, 苏昱^{1,2}

(1. 北京航天试验技术研究所, 北京 100074; 2. 北京航天凯恩化工科技有限公司, 北京 100074)

摘要: 综述了长玻纤增强聚丙烯复合材料 (LGFP) 力学性能的研究进展, 包括玻纤含量、玻纤和聚丙烯树脂基体间的界面结合状态以及加工工艺等因素对 LGFP 力学性能的影响, 并对 LGFP 的研究趋势进行了展望。

关键词: 长玻纤增强聚丙烯; 界面结合; 加工; 力学性能

中图分类号: TQ322.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2016)06-0132-05

Research Progress of Mechanical Property of Long Glass Fiber Reinforced Polypropylene Composites

An Junying^{1,2}, Meng Zheng^{1,2}, Su Yu^{1,2}

(1. Beijing Institute of Aerospace Testing Technology, Beijing 100074, China;

2. Beijing Aerospace Chemical Engineering Co. Ltd., Beijing 100074, China)

Abstract: The research progress of mechanical property of long glass fiber reinforced polypropylene (PP) was reviewed, including the effects of mass fraction of glass fiber, interfacial bonding between glass fiber and PP and processing technology on the mechanical property of the long glass fiber reinforced polypropylene composites. The research prospects were also discussed.

Keywords: LGFP; interfacial bonding; process; mechanical property

近年来,汽车轻量化的相关研究日益剧增,长纤维增强热塑性复合材料 (LFRT) 越来越受到国内外科研机构和工商界的重视,并重点研究开发^[1]。LFRT 就是通过利用例如电缆包覆、在线挤出等方法,和聚丙烯 (PP)、聚酰胺 (PA)、聚对苯二甲酸乙二酯 (PET) 等树脂复合,用长纤维代替原来的短纤维,得到复合材料粒料或者板材,再通过注射或模压的工艺生产出力学性能更高的结构件,例如汽车前端模块、保险杠、仪表盘等^[2-4]。在这些材料中,长玻纤增强 PP 复合材料 (LGFP) 是应用范围最为广泛、市场增长最快的品种,与短玻纤增强 PP 材料相比, LGFP 的最大优势在于可以在其成型阶段较好地保留其玻纤的长度,使制得的塑料制品同时具有高模量和高冲击强度,而且尺寸稳定性、抗蠕变性、耐疲劳性等性能更优^[5-6]。

对于 LGFP,玻纤的含量、玻纤与 PP 树脂基体间的界面结合状态以及材料在加工过程的工艺等因素都对复合材料的力学性能高低有很大影响。研究这些因素的影响、总结规律,对得到高性能的 LGFP 制品有很重要的指导意义。

1 玻纤含量对 LGFP 力学性能的影响

纤维的长度是决定纤维增强复合材料制品性能的重要因素, LGFP 中玻纤的长度在 7~10 mm,为使玻纤在材料中起到很好的骨架作用,玻纤的长度一定要大于临界长度,当玻纤长度小于临界长度时,复合材料受到载荷时,玻纤很容易被拔出,无法发挥其作用。

在一定范围内,长玻纤的含量越高,其作为骨架也就越牢固,复合材料的力学性能就越高;当含量过高时,玻纤相互作用增加,纤维的断裂程度增加,同时含量过高也会使部分纤维得不到充分浸润,和 PP 树脂基体结合力变差,成为裂纹增长点, LGFP 复合材料的力学性能下降^[7-8]。

何建明等^[9]通过单螺杆挤出机挤出成型制备了 LGFP 复合材料,测试分析了不同玻纤含量复合材料的力学性能。结果表明,随着玻纤含量的增加, LGFP 的拉伸强度和断裂伸长率均呈现先增大后减小的趋势,拉伸强度在玻纤含量为 36.27% 时达到最大值 97.14 MPa;断裂伸长率在玻纤含量为 26.33% 时达到最大值 2.45%。随着玻纤含量的增加, LGFP 的弯曲强度、弯曲弹性模量和缺口冲击强度增加,较为合适的玻纤添加量是 30% 左右,此时 LGFP 的刚性和韧性相对来说较为均衡,综合性能优良。

张志坚等^[10]通过熔融浸渍工艺制备了 LGFP,用力学性能测试等方法研究了玻纤含量对 LGFP 性能的影响。结果表明,在低玻纤含量下,随着玻纤含量的增加, LGFP 的弯曲强度、拉伸强度和冲击强度提高,当玻纤质量分数为 50% 时, LGFP 的力学性能最优,拉伸强度达 158.7 MPa,是纯 PP 的 5.7 倍,缺口冲击强度为 52.6 kJ/m²,是纯 PP 的 10.7 倍。继续增加玻纤含量,材料的力学性能下降。马旭辉

联系人: 安峻莹, 硕士, 从事高分子材料改性技术研发

收稿日期: 2016-03-18

等^[11]利用自制的熔体浸渍装置制备了 LGFPP,考察玻纤用量对 LGFPP 力学性能的影响,也得到同样结论:随着玻纤的用量的增加, LGFPP 的力学性能先增大后减小,当玻纤用量为 50% 时,复合材料的力学性能最佳。

胡帅领等^[12]利用韧性优良的共聚 PP 作为基体,制备了高性能 LGFPP 复合材料,探讨了玻纤含量对复合材料力学性能的影响。研究表明,随玻纤含量增加,复合材料的拉伸强度和模量大幅度增加,缺口冲击强度和断裂伸长率有所降低,但材料韧性仍保持较高水平。

陈生超等^[13]制备了不同玻纤含量的 LGFPP 注塑试样,研究了玻纤含量对复合材料力学性能的影响。结果表明,随着玻纤含量的增加, LGFPP 复合材料的力学性能得到了显著改善,特别是玻纤质量分数从 0 增加到 20% 时,力学性能提高最为明显,拉伸强度提高了 2.4 倍,弯曲强度提高了 2.3 倍,冲击强度提高了 4.4 倍,这主要是因为玻纤含量较低时,玻纤在制品中分散较均匀,能起到最好的增强效果,而随着玻纤含量的增加,玻纤断裂加剧,玻纤在制品内部开始出现团聚的现象,所以对力学性能的改善就不明显。

段召华等^[14]使用自制的熔体浸渍包覆长玻纤装置,制备了 LGFPP,研究了玻纤质量分数对 LGFPP 力学性能的影响。结果显示,复合材料的拉伸强度和缺口冲击强度随着玻纤含量的增加而不断增大,在玻纤含量为 30% 左右达到最大值,之后,随着玻纤含量继续增加, LGFPP 的力学性能反而下降。原因是在玻纤含量小于 30% 时,纤维断裂不严重,随着玻纤含量增加,玻纤长度大于临界值的数量增加,树脂基体和纤维的接触面积增大,纤维拔出消耗能量变大,力学性能增大;在玻纤含量大于 30% 时,玻纤在加工过程中断裂加剧,熔体流动性减小,成型工艺变差,玻纤分散不均,浸渍效果变差,所以力学性能下降。

2 玻纤和 PP 基体间界面结合对 LGFPP 力学性能的影响

作为结构材料, LGFPP 中玻纤与 PP 树脂基体的物理、化学和力学性能相差较大,要想让两者作为一个整体发挥其最佳性能,玻纤与 PP 树脂基体这两相之间必须要形成有效的界面结合。因为 PP 是非极性有机材料,不存在活性基团,玻纤是极性无机材料,两种物质结合时界面的作用力差,所以,为了有效提升 LGFPP 复合材料的综合力学性能,改善玻纤与 PP 树脂基体之间的界面粘结状况显得尤为重要^[15,16]。

玻纤与 PP 树脂基体的粘结方式主要有两种:(1)物理结合。玻纤表面与树脂基体的相容性直接影响其结合的强弱。(2)化学键结合。在玻纤表面引入过氧化物或者在树脂基体中引入功能化 PP 活化点,与玻纤表面的偶联剂形成化学键,可使界面结合的强度增大。目前,界面改性能够有效地改善复合材料界面性能,包括基体树脂的改性和玻纤的表

面处理。

2.1 PP 树脂基体的改性

向 PP 基体中引入功能化 PP 是 PP 树脂基体改性的一种,例如 PP 接枝处理,为基体提供富含活性的极性基团从而与玻纤表面的偶联剂形成化学键,提高界面强度,得到力学性能优良的 LGFPP 复合材料。

张道海等^[17]自制了甲基丙烯酸缩水甘油酯接枝 PP (PP-g-GMA) 作为相容剂,利用自行开发研制的拉挤浸渍设备制备了 LGFPP 粒料,研究了 PP-g-GMA 含量对 LGFPP 复合材料力学性能的影响。结果显示, PP-g-GMA 的加入使得 LGFPP 复合材料的力学性能先升高后降低,当 PP-GMA 的质量分数为 1% 时, LGFPP 复合材料的力学性能最佳,拉伸强度、弯曲强度和缺口冲击强度分别提高 32.34%、27.38% 和 74.51%。

朱春龙等^[18]采用双螺杆挤出机挤出造粒的方式,研究了马来酸酐接枝 PP (PP-g-MAH) 用量等因素对 LGFPP 复合材料性能的影响。结果表明,随着 PP-g-MAH 用量增加, LGFPP 复合材料的力学性能呈先增大后减小的趋势,材料断面呈韧性断裂,当 GF、PP、PP-g-MAH,其他助剂的质量比是 50/46/3/1 时, LGFPP 复合材料的性能最优。这是由于加入相容剂 PP-g-MAH 后,酸酐被引到 PP 大分子链上,在成型过程中,酸酐与玻纤表面的硅羟基发生界面化学反应,树脂基体与玻纤之间发生化学交联,界面粘结强度变大,材料力学性能上升;相容剂加入过量,酸酐从饱和到过剩,反应活性点不继续增加,两相界面的粘结强度不再增大, PP-g-MAH 在加工过程易聚集,反过来影响了材料的力学性能。

段召华等^[14]采用自行研制的熔体浸渍包覆长玻纤装置,得到 LGFPP。研究结果表明, PP-g-MAH 相容剂的加入增强了界面粘结强度,有利于玻纤长度的保留, LGFPP 复合材料的力学性能得到提高,当 PP-g-MAH 的添加量为 3% 左右时, LGFPP 复合材料的综合力学性能最好,冲击强度为 10 kJ/m²,拉伸强度为 100 MPa。PP-g-MAH 上的马来酸酐基团和玻纤表面的硅羟基作用,发生化学反应使得 PP 树脂基体和玻纤紧密结合,提高了复合材料的力学性能。

张彦庆^[19]采用双螺杆挤出机一步成型的工艺方法,得到了一种 LGFPP。研究了界面相容剂等对 LGFPP 复合材料力学性能的影响。研究结果显示,加入两种界面相容剂 PP-g-MAH、PE-g-MAH 后 LGFPP 复合材料的力学性能都有所提高,但是 PP-g-MAH 倾向于增大材料的拉伸强度和弯曲强度, PE-g-MAH 则倾向于增加材料的冲击强度;两种相容剂复合使用的增强效果比单独使用要好,当 PP-g-MAH/PE-g-MAH=75/25 时, LGFPP 复合材料的力学性能最好,弯曲强度为 147.21 MPa,拉伸强度为 75.44 MPa,缺口冲击强度

为 48.66 kJ/m²。

Fu Xiang 等^[20]采用自行设计的玻纤增强 PP 浸渍装置制备了 LGFPP 复合材料,研究了 PP-g-MAH, PP-g-POE, POE 三种相容剂对 LGFPP 复合材料性能的影响。结果表明,POE 的添加降低了材料的拉伸性能,PP-g-MAH 和 POE-g-MAH 都增强了玻纤与 PP 基体的界面结合。改性效果依次为:PP-g-MAH > PP-g-POE > POE。

有些 PP 的熔体流动速率(MFR)较低,流动性不佳,较高的熔体黏度使得其与玻纤的浸渍变得十分困难,为了获得良好的浸渍效果,就需要对 PP 树脂基体进行降黏处理。通过加入有机过氧化物,使其与 PP 树脂发生化学降解作用,通过化学降解法的改性处理,得到熔体黏度低、流动性能好的 PP 熔体。孙立坤^[21]通过自主设计的熔融浸渍模具制备了 LGFPP 复合材料,加入有机过氧化物 DCP 对 PP 化学降解改性。研究表明,有机过氧化物 DCP 的加入量与 PP 的 MFR 呈线性关系,DCP 加入量越大,PP 的 MFR 越大,但 LGFPP 的力学性能却出现下降。当 DCP 加入量 0.1% 时,PP 的 MFR 达到 35 g/min,浸渍效果好,复合材料的力学性能也较佳。这是由于随着 DCP 用量的增加,PP 的歧化降解反应越加剧烈,小分子比例增加,虽然这对 PP 的 MFR 提升和浸渍过程有很大帮助,但由于降解反应导致 PP 自身相对分子质量减小,长分子链之间缠结作用减弱,传递载荷的能力下降,力学性能下降。因此需要在生产工艺和最终制品性能之间需求一个平衡点,既保证良好浸渍效果,又保证良好力学性能。

明星星等^[22]采用熔体浸渍工艺制备了 LGFPP 材料,研究了 MAH, DCP 含量对一步法挤出 LGFPP 复合材料力学性能和界面的影响,也得到同样结论:固定 MAH 用量,过量的 DCP 加入导致 LGFPP 复合材料的力学性能恶化,当 MAH 质量分数为 0.8%,DCP 质量分数为 0.08% 时,复合材料力学性能最优。

2.2 玻纤的表面处理

偶联剂是一种能增强有机物质与无机物质的粘合性能的助剂,它的分子中包含两种不同性质的基团,一种是亲有机物的基团,可以和有机聚合物发生物理或化学反应,另一个是亲无机物的基团,易与无机材料的表面起化学反应,所以偶联剂可以改善有机物与无机物之间的界面作用,提高复合材料的力学性能^[23-24]。

宋吉威等^[25]以相容性技术为基础,选取了 5 种不同型号的偶联剂,采用湿法改性对玻纤表面进行处理,制备了 LGFPP 复合材料,通过 PP/GF 的界面行为表征,分析了不同偶联剂对复合材料的影响规律。结果表明,和没有经过改性的材料相比,玻纤用偶联剂处理后复合材料的力学性能明

显较高,其中以偶联剂 KH560 的处理效果最好,LGFPP 复合材料的拉伸强度可达 59.14 MPa,压缩强度为 70.69 MPa,冲击强度为 10.14 kJ/m²。

陈现景等^[26]在研究了不同界面改性方法对 LGFPP 力学性能的影响。结果表明,经偶联剂表面处理的玻纤与未经接枝改性的 PP 不能形成有效的界面结和,力学性能差,而与接枝改性的 PP 界面粘结较好,力学性能有很大的增加;在改善界面粘结情况和提高复合材料的冲击强度方面,氨基硅烷偶联剂的作用好于含长碳链基团的硅烷偶联剂。

黄章勇等^[27]通过在玻纤表面接枝 β 成核剂庚二酸钙,并在玻纤增强 PP 熔融混合过程中添加少量的硬脂酸钙,在玻纤表面形成了完善的网格结构,有效地诱导形成了 β 横晶,提高了复合材料的力学性能。

3 加工工艺对 LGFPP 力学性能的影响

在加工过程中,因为 LGFPP 中树脂基体的熔体黏度较大、玻纤长度较长、流动性不好,所以注塑时充模不够充分。在注塑时一般采用增加注塑压力而且选用直径较大的流道和浇口、提高模具和料筒温度的方式来提高预浸料的充模性。在注塑过程中,螺杆剪切作用会使玻纤折断并且受到一定程度的损伤,这种情况一般发生在熔融-固态界面处和模穴充模过程中流动层和固体层的界面处,一般采用改变浇口和流道尺寸或者调整工艺的方法尽量规避^[28-31]。

宋河海^[32]通过正交实验分析方法设计注塑实验,研究了粒料长度、螺杆转速、注塑机机筒温度和注塑压力对制得的 LGFPP 复合材料注塑试样力学性能的影响。结果表明,随着注塑粒料长度的增加,制品中残余玻纤的长度显著提高,增加螺杆转速,粒料受到的剪切作用加强,制品中的残余玻纤长度就减小,综合力学性能的水平,选取的最优注塑条件是粒料长度 10 mm、机筒温度 220℃、螺杆转速 75 r/min 和注塑压力 80 MPa。

马庆华^[33]在热塑性树脂熔融状态下浸渍玻纤的理论模型基础上开发了一套适用于长玻纤增强热塑性塑料的实验装置,并研究了制备得到的 LGFPP 的力学性能。结果表明,玻纤在浸渍机头的停留时间、机头的温度及相容剂含量都对 LGFPP 浸渍工艺有影响,制备 LGFPP 最优的工艺条件是:机头温度 230℃、停留时间 80 s、相容剂 PP-g-MAH 的含量为 10%,此时,制得的 LGFPP 复合材料的拉伸强度为 99.14 MPa,弯曲强度为 161.13 MPa,冲击强度为 15.56 kJ/m²。

张彦庆^[19]用双阶双螺杆挤出机一步成型制得 LGFPP 复合材料,发现成型工艺中压延机起着很重要的作用。当压延机下方的两个压辊的加热温度在 130℃ 以下时,LGFPP 复合材料的表面温度会降低过快,复合材料的平整性能会

变差,当压延机下方两个压辊的加热温度高于 150℃时,LGFPP 复合材料容易粘辊,复合材料的表观光洁性能会受影响;为使得 LGFPP 复合材料表面光滑平整,压延机下方的两个压辊的加热温度应控制在 130~150℃。

张峰等^[34]使用熔体浸渍工艺制备了 LGFPP 复合材料,研究注塑温度对 LGFPP 复合材料力学性能的影响。结果显示,LGFPP 复合材料的力学性能受注塑的温度影响很大,增加注塑温度不但可以明显提高 LGFPP 复合材料的力学性能,还能明显改善制品表面的浮纤现象,优化制品外观。注塑温度在 290℃时,样品的力学性能最优。

张道海等^[35]采用熔体浸渍工艺制备得到 LGFPP 复合材料,研究了浸渍时间对 LGFPP 复合材料力学性能、形态、储能模量的影响。结果表明,长玻纤浸渍时间增多,LGFPP 复合材料的力学性能先增大后减小,当浸渍时间为 7.03 s 时,LGFPP 复合材料的力学性能最好。这是因为浸渍时间短,玻纤在基体树脂中不能得到良好的浸渍,导致力学性能较差,而浸渍时间过长,基体树脂会发生降解,使复合材料力学性能降低。当浸渍时间为 7.03 s 时,玻纤在基体树脂中能够浸透,而且基体树脂还没引起分解,所以此时复合材料力学性能最优。

黎敏等^[36]研究了螺杆组合对玻纤增强 PP 性能及产品外观的影响,制备了高性能、成型外观优的 LGFPP 材料。研究发现,螺杆剪切强度增大,LGFPP 材料的力学性能降低,MFR 提高,成型后的制品外观变好,所以为了得到良好外观和优良力学性能的制品,需要选择合适的剪切强度的螺杆组合进行生产。

周翔等^[37]采用模压成型工艺制备了三种 LGFPP 片材复合蜂窝板材,研究热压压力、热压温度、保压时间的影响,最终确定了制备 3 层连续玻纤单向片材复合蜂窝板的工艺为:热压压力 0.5 MPa,热压温度 200℃,保压时间 25 s。面板层数增加,连续玻纤单向片材复合蜂窝板、连续玻纤混编纱复合蜂窝板和连续玻纤交叉片材复合蜂窝板的弯曲性能由逐渐增大到趋于稳定,侧压性能逐渐增大。

骆行^[38]使用啮合同向双螺杆挤出机加工 LGFPP,研究了不同螺杆组合对制品中玻纤长度及材料的力学性能的影响。结果表明,使用剪切速率和剪切应力低且分布窄、停留时间较短、分布混合好的螺杆元件及组合,制品中的玻纤长且均匀分布,力学性能得到改善。

4 问题及展望

LGFPP 在完全满足成型要求和各项性能要求的同时,还在轻量化和降低成本等方面有明显的效果,在汽车零部件领域具有广泛的应用前景^[39-40]。近十几年来,LGFPP 复合材料的研究取得了很大进步,但诸如玻纤浸渍技术优化、加

工工艺的进一步优化、玻纤在制品中的取向和分布的研究与控制等仍需进一步研究探索,以期建立起 LGFPP 产品质量和微观结构之间的桥梁,更好地实现产品的质量管控。

参考文献

- [1] 武胜军. 材料应用,2013(9):45-49.
Wu Shengjun. Material Application,2013(9):45-49.
- [2] Parveen B, et al. API Conf Proc,2014,1593:432-435.
- [3] 杨宇威. 汽车工艺与材料,2012(10):30-34.
Yang Yuwei. Automotive Technology and Materials,2012(10):30-34.
- [4] 蒋顶军,等. 玻璃纤维,2012(5):40-44.
Jiang Dingjun, et al. Glass Fiber,2012(5):40-44.
- [5] 李挺,等. 广东化工,2014,41(7):125-127.
Li Ting, et al. Guangdong Chemical Industry,2014,41(7):125-127.
- [6] 王选伦,等. 山东化工,2016,45(1):6-9.
Wang Xuanlun, et al. Shandong Chemical Industry,2016,45(1):6-9.
- [7] 胡朝晖,等. 塑料工业,2011,39(11):35-36.
Hu Zhaoxue, et al. Plastics Industry,2011,39(11):35-36.
- [8] 曾彪,等. 上海塑料,2015(2):11-16.
Zeng Biao, et al. Shanghai Plastics,2015(2):11-16.
- [9] 何建明,等. 橡塑技术与装备,2014,40(24):29-31.
He Jianming, et al. Plastics Technology and Equipment,2014,40(24):29-31.
- [10] 张志坚,等. 工程塑料应用,2013,41(1):35-38.
Zhang Zhijian, et al. Engineering Plastics Application,2013,41(1):35-38.
- [11] 马旭辉,等. 塑料科技,2013,41(12):65-68.
Ma Xuhui, et al. Plastic Technology,2013,41(12):65-68.
- [12] 胡帅领,等. 塑料工业,2011,39(3):56-63.
Hu Shuailing, et al. Plastic Industry,2011,39(3):56-63.
- [13] 陈生超,等. 工程塑料应用,2013,41(12):44-48.
Chen Shengchao, et al. Engineering Plastics Application,2013,41(12):44-48.
- [14] 段召华,等. 高分子材料与工程,2010,26(4):124-126.
Duan Zhaoxue, et al. Polymer Materials and Engineering,2010,26(4):124-126.
- [15] Guo J B, et al. Adv Mater Res,2013,652:93-97.
- [16] 陶莹莹,等. 山东化工,2015,44(12):48-49.
Tao Yingying, et al. Shandong Chemical Industry,2015,44(12):48-49.
- [17] 张道海,等. 塑料工业,2013,41(2):37-39.
Zhang Daohai, et al. Plastic Industry,2013,41(2):37-39.
- [18] 朱春龙,等. 塑料工业,2015,43(7):89-93.
Zhu Chunlong, et al. Plastic Industry,2015,43(7):89-93.
- [19] 张彦庆. 长玻璃纤维增强聚丙烯复合材料的制备与研究[D]. 上海:华东理工大学,2012.

- Zhang Yanqing. Preparation and study of long glass fiber reinforced polypropylene composites[D]. Shanghai:East China University of Science and Technology, 2012.
- [20] Fu Xiang, et al. Journal of Reinforced Plastics and Composites, 2010, 29(6):936-949.
- [21] 孙立坤. 连续 / 长玻璃纤维增强塑性复合材料生产工艺的研究 [D]. 北京:北京化工大学, 2014.
- Sun Likun. Study on the production process of continuous / long glass fiber reinforced plastic composites[D]. Beijing:Beijing University of Chemical Technology, 2014.
- [22] 明星星, 等. 塑料, 2012, 41(5):37-39.
- Ming Xingxing, et al. Plastics, 2012, 41(5):37-39.
- [23] 谢长庆. 煤炭与化工, 2014, 37(9):18-28.
- Xie Changqing. Coal and Chemical Industry, 2014, 37(9):18-28.
- [24] 张志坚, 等. 玻璃纤维, 2013(3):11-22.
- Zhang Zhijian, et al. Glass Fiber, 2013(3):11-22.
- [25] 宋吉威, 等. 塑料科技, 2014, 42(6):105-108.
- Song Jiwei, et al. Plastics Science and Technology, 2014, 42(6):105-108.
- [26] Xu Yaoling, et al. Computational Materials Science, 2012, 61:34-41.
- [27] 黄章勇, 等. 云南化工, 2012, 39(3):6-9.
- Huang Zhangyong, et al. Yunnan Chemical Industry, 2012, 39(3):6-9.
- [28] Ren Pu, et al. Fibers and Polymers, 2014, 15(7):1507-1516.
- [29] Wang Jinchuan, et al. Materials Science and Engineering A, 2011, 528:3169-3176.
- [30] Xi Zhenhao, et al. Journal of Cellular Plastics, 2014, 50(5):489-505.
- [31] Kim N, et al. J Mater Sci, 2014, 49:6333-6342.
- [32] 宋河海. 连续长玻纤增强聚丙烯复合材料的制备及其性能研究 [D]. 北京:北京化工大学, 2013.
- Song Hehai. Study on Preparation and properties of continuous long glass fiber reinforced polypropylene composites[D]. Beijing:Beijing University of Chemical Technology, 2013.
- [33] 马庆华. 塑料工业, 2014, 42(8):64-67.
- Ma Qinghua. Plastic Industry, 2014, 42(8):64-67.
- [34] 张峰, 等. 塑料, 2012, 41(6):60-62.
- Zhang Feng, et al. Plastics, 2012, 41(6):60-62.
- [35] 张道海, 等. 浸渍时间对 PP/LGF 复合材料力学、动态力学性能和形态的影响 [C]. 复合材料与节能减排研讨会论文集, 2013.
- Zhang Daohai, et al. Effect of impregnation time on mechanical properties and morphology of PP / LGF composites[C]. Symposium on composite materials and energy conservation and emission reduction, 2013.
- [36] 黎敏, 等. 塑料工业, 2014, 42(9):113-117.
- Li Min, et al. Plastic Industry, 2014, 42(9):113-117.
- [37] 周翔, 等. 塑料工业, 2015, 43(12):78-82.
- Zhou Xiang, et al. Plastic Industry, 2015, 43(12):78-82.
- [38] 骆行. 啮合同向双螺杆挤出机玻纤增强聚丙烯螺杆组合的研究 [D]. 北京:北京化工大学, 2013.
- Luo Xing. Intermeshing co rotating twin screw extruder screw combination of glass fiber reinforced polypropylene[D]. Beijing:Beijing University of Chemical Technology, 2013.
- [39] 贾明印. 新材料产业, 2011(6):39-44.
- Jia Mingyin. New Material Industry, 2011(6):39-44.
- [40] 董鹏, 等. 塑料制造, 2015(8):73-75.
- Dong Peng, et al. Plastic Manufacturing, 2015(8):73-75.

塑料和弹性体助 VR 设备轻量化舒适化

为提高“虚拟现实”(VR)设备的舒适度,塑料行业从业者都会想到塑料和弹性体,它们能够使 VR 设备轻量化舒适化。VR 实际上是一种可创建和体验虚拟世界的计算机系统,用上 VR 设备玩游戏,那么你就好像真置身在游戏场景中,在游戏里面你看到的场景都像是真的在你身边存在。

现阶段的 VR 设备中,光学设备是必不可少的,使用时绑在人的眼睛处。目前这种光学设备体积都是相对较大的,而且佩戴时间较长后,容易疲劳,部分使用者甚至头晕不适(和体验的场景也有关系)。所以提高 VR 佩戴舒适度将成为 VR 技术中的一个重要部分,目前的思路有两个,一是提升光学电子系统技术,改变目前的设计,让 VR 设备更小;二是将 VR 设备轻量化,采用更轻质更舒适的材料制造设备,结合以上两点找到较好的解决方案。

那么从材料角度看,VR 轻量化会是怎样的呢?

(1) 目前 VR 设备外壳已经大量采用塑料材料了,因为通常塑料比金属轻,而且塑料坚固、耐摩擦、防水和柔韧性都方面都是表现不错的,从原料成本和加工难度看,塑料已经是第一选择,设备中配套还会使用弹性体材料和纤维等高分

子材料,工程师今后将在选材和设计方面做更多优化,使之佩戴更加舒适。

(2) 光电系统中,比如透镜,采用光学塑料材料也是趋势,相比无机玻璃而言,光学塑料种类繁多,光学参数选择范围广,设计更灵活,而且目前光学塑料加工技术较高,所以塑料透镜也将大量应用在 VR 设备中。

(3) 通过对比汽车轻量化和可穿戴设备发展,塑料和弹性体在此两个领域一直扮演着重要角色,在 VR 设备上也将呈现出同样的趋势,而发展速度主要取决于 VR 技术本身,预计未来 5 年是 VR 技术大发展窗口阶段,那么对于塑料等行业或许迎来新的风口。

(4) 适合的 VR 材料该考虑以下几点:轻而强、与皮肤接触有舒适感、耐环境、热安全性、电安全性和生物安全性好。其中生物安全性尤其重要,首先设备是可穿戴的与人体直接接触,其次目前尚未研究报告指出长时间佩戴 VR 对人眼和身体的影响,这方面值得关注。

目前 VR 发展前景已经明朗,未来必然为相关产业链提供无限商机,VR 将采用大量非金属材料,而塑料和弹性体等材料行业正处在风口,未来一片光明。(高分子网)