

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2013.07.012

连续纤维增强热塑性复合材料制备与熔融浸渍机理研究

陈同海,贾明印,杨彦峰,薛平,蔡建臣

(北京化工大学塑料机械及塑料工程研究所,北京 100029)

摘要:介绍了 4 种连续纤维增强热塑性复合材料制备技术及这些方法的优缺点,针对具有工业化前景的熔融浸渍法,根据流体力学理论和 Darcy 定律,建立了基于物性参数、工艺参数和结构参数的连续纤维束熔融浸渍模型,并对模型进行了求解;结合理论研究和实验研究,分析了物性参数、工艺参数和结构参数对纤维浸渍效果的影响。分析结果表明,聚合物黏度和模具结构参数是影响纤维浸渍效果的关键参数。

关键词:连续纤维;热塑性复合材料;制备技术;熔融浸渍机理

中图分类号: TQ 325.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2013)07-0052-05

Study on Preparation of Continuous Fiber Reinforced Thermoplastic Composites and Melt Impregnation Mechanism

Chen Tonghai, Jia Mingyin, Yang Yanfeng, Xue Ping, Cai Jianchen

(Institute of Plastic Machinery and Engineering, Beijing University of Chemical Technology, Beijing 100029, China)

Abstract : The preparation technologies of continuous fiber reinforced thermoplastic composites and the advantages and disadvantages of the methods were described. Based on the theory of fluid mechanics and Darcy's law, a model of the melt impregnation method with industrialization prospect was established considered with physical parameters, process parameters and structure parameters. The model was also solved. Combined with the theoretical research and experimental research, the effects of the physical parameters, process parameters and structure parameters to the fiber impregnation were analyzed. The results show that polymer viscosity and mould structure parameters are the key parameters affecting impregnation effect.

Keywords : continuous fiber ; thermoplastic composite ; preparation technology ; melt impregnation mechanism

在 20 世纪 60 年代,非连续的短纤维增强热塑性复合材料实现了工业化生产,但是短纤维增强热塑性复合材料主要应用于非承力部件,很难用于结构用途。为了弥补此方面的不足,研究者开发出了长纤维增强热塑性复合材料(LFRT),与短纤维增强热塑性复合材料相比,它具有以下优点^[1]:(1)由于纤维长度较长,而且纤维分散得更好,可以明显提高制品的力学性能,特别是冲击强度;(2)比刚度和比强度高,抗冲击性能好,特别适合于汽车部件的应用;(3)耐蠕变性能提高,尺寸稳定性好,部件成型精度高;(4)耐疲劳性能优良;(5)在高温和潮湿环境中稳定性更好;(6)成型过程中纤维可以在成型模具中相对移动,纤维损伤小。目前,市场上 LFRT 主要以长玻纤增强聚丙烯(PP)和长玻纤增强尼龙为主。为了进一步提高 LFRT 的性能,扩大纤维增强复合材料在汽车、航空航天和军工等领域的应用,近几年,研究者们又开发了连续纤维增强热塑性复合材料片材,如美国 Polystrand 公司开发了用连续玻

璃纤维与聚乙烯、PP 或聚对苯二甲酸乙二醇酯复合而成的带材,北京化工大学塑料机械及塑料工程研究所开发了连续玻纤增强 PP 预浸带材等。笔者在对连续纤维增强热塑性复合材料制备技术进行总结的基础上,对具有工业化前景的熔融浸渍法建立了详细的浸渍模型,从理论上分析物性参数、工艺参数和结构参数对纤维浸渍效果的影响,以期指导浸渍模具的设计和工艺参数的制定。

1 连续纤维增强热塑性复合材料的制备技术

目前制备连续纤维增强热塑性复合材料的方法主要包括:原位聚合技术、粉末浸渍法、混编法和熔融浸渍法。

1.1 原位聚合技术

原位聚合技术是将增强纤维、树脂基体和引发剂均匀混合后,在一定条件下引发单体聚合,使树脂基体聚合成具有一定性能的高分子聚合物^[1]。由于

联系人:贾明印,博士,主要研究方向为高分子材料加工技术

收稿日期:2013-04-11

原位聚合技术采用物体的特殊性,从而解决了热塑性树脂基体熔融黏度大、不易浸渍纤维等技术难点^[2]。由于能够应用此技术的聚合物必须是低黏度的,然而能满足这些条件的聚合物较少,进而限制了此技术的广泛应用。

1.2 粉末浸渍法

粉末浸渍技术是将粉末状树脂基体以不同方式和各种增强纤维相结合,进而制得预浸料^[3]。粉末浸渍法具有工艺流程简单、操作控制方便、生产效率比较高等优点;但该工艺有两个难点:(1)把树脂基体加工成为足够小的粒径比较困难;(2)由于树脂基体粉末较小,易出现团聚等现象,因此需要采用特殊的生产方法避免此类现象的产生。

1.3 混编法

混编法是将树脂基纤维和增强纤维合成一股,使得它们在理论上达到单丝分散的程度,在成型过程中,每一根增强纤维被熔融后的树脂纤维均匀包覆,冷却后,经过切粒可得到一定长度的粒料。混编法的优点如下:(1)树脂纤维和增强纤维分散程度较高,实现了良好的浸渍;(2)对纤维束损伤比较少;(4)适合多种热塑性树脂;缺点是工艺比较复杂,生产成本较高,限制了其在工业生产中的应用。

1.4 熔融浸渍法

熔融浸渍法是纤维束在一定张力作用下从熔融树脂中拉出从而被浸渍^[4-5]。本课题组采用一组并排的浸渍辊,使纤维束达到均匀分散的效果,同时通过张力的作用使纤维束经过每一根浸渍辊时,促使熔体进入纤维束之间,从而实现良好的浸渍。熔融浸渍法涉及到的设备包括预分散装置、挤出机、熔融浸渍模具、牵引装置和收卷装置(或切粒机),图1为熔融浸渍的示意图。首先,将连续纤维束从纱架导入预分散装置上,预分散装置在分散纤维的同时对纤维进行加热和烘干,使纤维表面的温度在树脂熔融温度和表面处理剂破坏温度之间,以便更好地浸渍,同时挤出机将树脂基体加热熔融。之后,将

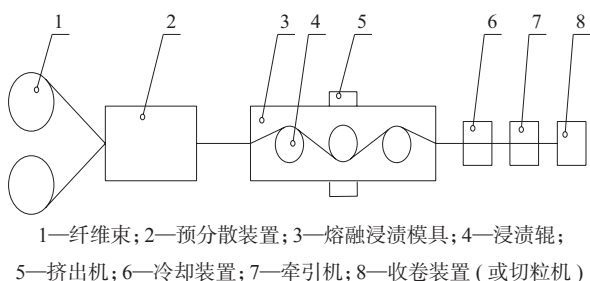


图1 熔融浸渍示意图

纤维束导入由挤出机供料的熔融浸渍装置内,在浸渍辊的作用下,对纤维束进行浸渍,然后预浸料条经过冷却装置,并在牵引机的作用下通过收卷装置收卷或者经过切粒机被切割成一定长度的颗粒。

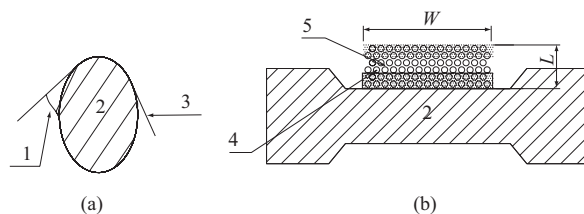
该工艺的优点是:工艺过程简单,无环境污染,最具工业化前景。该方法制备的预浸带树脂含量控制精度高,有利于提高预浸带的质量和生产效率;此外,性价比高,劳动强度低,自动化程度高,对环境友好,对工人身体伤害小,原料便于存放,灵活性高。

笔者针对熔融浸渍法,建立了连续纤维增强热塑性复合材料的浸渍模型;通过对模型求解,分析各因素对纤维束浸渍分散质量的影响,考察浸渍过程中纤维束之间的压差、渗透率等,研究拉伸张力对纤维束之间熔体压力分布的影响,探讨影响纤维浸渍分散效果的关键因素。

2 熔融浸渍机理的研究

纤维浸渍过程实质上就是熔融态的热塑性塑料渗透纤维的过程,由于渗透和扩散都源于浓度差异,二者在动力学上具有一定的相似性。根据流体力学理论和 Darcy 定律可知,纤维的浸渍质量与物性参数(纤维根数、纤维直径、纤维束的厚度、空隙率、黏度和流动速率等)、工艺参数(牵引力、牵引速度、温度和浸渍时间等)和模具结构参数(辊的数目、辊的直径和包覆角等)等众多因素相关。

根据连续纤维增强热塑性复合材料挤拉过程的运动规律和熔融浸渍模具的结构特点,建立的熔融浸渍模型如图2所示。当纤维通过张力辊时,由于张力的作用,纤维束展开一定的宽度,在纤维的拖曳带动下熔融的树脂基体进入到纤维束和浸渍辊之间的区域,即楔形区域,在楔形区产生一定的压力使得树脂基体更容易进入到两者之间的浸渍区域,如此反复,使纤维束双面不断承受熔体的挤压,从而使聚合物熔体渗透到纤维内部,实现单丝级的浸渍。



1—楔形区域; 2—浸渍辊; 3—纤维束;
4—单丝纤维; 5—单丝纤维之间的空隙
a—浸渍辊的径向剖视图; b—浸渍辊的轴向剖视图

图2 连续纤维束熔融浸渍的几何模型

根据 Darcy 定律^[6],熔体渗透纤维的速率为:

$$u = \frac{dL}{dt} = \frac{K}{\eta} \frac{dP}{dL} \quad (1)$$

式中: u ——流体渗透多孔介质的速度;

P ——压力;

L ——纤维层总厚度;

K ——渗透系数;

η ——流体的黏度。

对上式积分得:

$$L = \sqrt{\frac{2KPt}{\eta}} \quad (2)$$

纤维的厚度 H 与宽度 W 、纤维直径 D_f 、纤维根数 n_f 和孔隙率 φ 的关系为:

$$H = \frac{\pi}{4} \frac{n_f D_f^2}{W(1-\varphi)} \quad (3)$$

设纤维束与浸渍辊的包覆角为 θ , 浸渍辊的数目为 N , 浸渍辊的直径为 D , 牵引速度为 U , 则纤维束被浸渍的时间等于纤维束与每个浸渍辊发生浸渍时间的总和, 即

$$t = \frac{(N-1)\theta D}{2U} \quad (4)$$

对厚度为 H 的连续纤维束, 浸渍度 N_{imp} 与浸渍时间 t 、浸渍压力 P 等参数的关系为:

$$N_{\text{imp}} = \frac{L}{H} = \sqrt{\frac{2KPt}{\eta H^2}} \quad (5)$$

将式 (3)、式 (4) 代入式 (5) 得:

$$N_{\text{imp}} = \sqrt{\frac{16KPD\theta W^2(N-1)(1-\varphi)^2}{\eta U \pi^2 n_f^2 D_f^4}} \quad (6)$$

式 (6) 反应了浸渍度 N_{imp} 和物性参数 (纤维直径 D_f 、纤维的根数 n_f 、纤维束的厚度 H 、熔体的黏度 η 、孔隙率 φ)、工艺参数 (浸渍时间 t 、熔体的压力 P 、牵引速度 U 、牵引力 T) 和结构参数 (浸渍辊数目 N 、浸渍辊直径 D 、包覆角 θ) 的关系, 进而通过控制变量法, 可分析各参数对浸渍效果的影响。

2.1 物性参数对浸渍效果的影响

从式 (5) 和式 (6) 可以看出, 随着纤维的直径、根数和厚度增加, 浸渍度将降低。究其原因: 第一、单丝纤维之间形成微孔通道, 即毛细管, 当树脂基体渗透到纤维之间的微孔通道时, 由于毛细管的作用促进了树脂基体的渗透, 然而随着纤维直径的增加使得毛细管的平均孔径变大, 进而减弱毛细管的作用, 使得浸渍效果降低; 第二、由于纤维根数的增加, 导致熔体渗透纤维束的阻力增大, 进而降低浸渍效果。此外, 从式 (6) 可以看出, 随着纤维孔隙率的降

低, 浸渍度将增加。

热塑性树脂在复合材料中起着传递载荷和固定纤维束的作用, 只有树脂基体均匀地分布在纤维束的周围, 才能保证基体受到的载荷传递给每根纤维丝, 然而由于热塑性塑料的分子结构成线性, 分子量大, 室温下成固态, 加热熔融状态下, 树脂基体的黏度较大, 熔体流动困难, 导致与纤维的浸渍效果差。由式 (6) 可以看出, 随着黏度的增加, 浸渍度将会降低。英国 ICI 公司的 F. H. Cogswell 等^[7] 在研究热塑性复合材料的浸渍技术时, 认为熔体的黏度小于 $30 \text{ Pa} \cdot \text{s}$ 时最易浸渍。

2.2 工艺参数对浸渍效果的影响

浸渍时间直接影响熔体在纤维束内部渗透的情况, 从式 (5) 可以看出, 随着浸渍时间的增加, 浸渍度将会增加, 由 Darcy 定律^[6] 可知, 当渗透速率一定时, 浸渍深度随着浸渍时间的增加而增加, 从而提高浸渍的效果。H. Bijsterbosch 等^[8] 在玻纤增强聚酰胺的试验中, 考察了浸渍时间对浸渍程度的影响。研究表明: 当浸渍时间为 0.1 s 时, 浸渍度为 23% ; 当浸渍时间为 0.81 s 时, 浸渍度为 62% , 由此可见, 随浸渍时间增加, 浸渍度提高了 39% 。然而, 并不是浸渍时间越长越好, 因为热塑性塑料的熔点都较高, 如果热塑性塑料长时间处于高温和含有氧气的气氛当中, 基体易被氧化进而影响制品的质量。

热塑性塑料在加热熔融状态下黏度较大, 在没有外力的作用下很难浸渍纤维束, 由式 (5) 可以看出, 随着熔体压力的增大, 浸渍度将会增加。当压力增大时, 可以提高流体的流动速度, 在流动剪切的作用下使熔体黏度降低, 同时增加熔体的渗透速度, 两者均能提高浸渍效果。K. W. Kim 等^[9] 在碳纤增强聚醚醚酮的试验中, 考察了压力对浸渍效果的影响, 研究表明: 当压力为 $2 \times 10^5 \text{ Pa}$ 时, 浸渍度为 0.45 ; 当压力为 $1 \times 10^6 \text{ Pa}$ 时, 浸渍度为 0.75 。同样, 如果压力过大会对设备的密封性提出更高的要求, 导致生产成本的增加, 所以要结合实际生产寻求最佳的压力。

在纤维的拖曳带动下熔融的树脂基体进入到纤维束和浸渍辊之间的浸渍区域, 并产生一定的压力, P. J. Bates^[10] 总结了此处压力 P 和牵引力 T 、辊的直径 D 和纤维束宽度 W 的关系, 如式 (7) 所示:

$$P = \frac{2T}{WD} \quad (7)$$

将式(3)、式(7)代入式(5),得:

$$N_{\text{imp}} = \frac{8(1-\varphi)}{\pi n_t D_t^2} \sqrt{\frac{K T W t}{\eta D}} \quad (8)$$

从式(8)可以看出,随着牵引力的增加,浸渍度将会增加,其原因是增加纤维束的张力,会使楔形树脂膜压力提高和纤维束的渗透系数下降,但总的结果可以使渗透速度增加,提高浸渍效率。R. J. Gaymans 等^[11]在连续玻璃纤维增强聚丙烯的试验中,考察了牵引力对浸渍效果的影响,研究结果表明:在接触时间均为 0.18 s 的条件下,当牵引力为 3 N 时,浸渍度为 0.4;当牵引力为 7 N 时,浸渍度为 0.5。

通常,聚合物熔体的黏度随温度的升高而降低,所以升高温度可以降低熔体的黏度,从而提高浸渍效果。P. Peltonen 等^[12]在玻纤增强聚丙烯的试验中,考察了温度对浸渍程度的影响,研究结果表明:当聚合物的温度从 180℃ 提高到 230℃ 时,聚合物的浸渍度将提高 20%。如果温度过高,会引起聚合物的碳化,导致生产的失败。

2.3 模具结构参数对浸渍效果的影响

模具是熔融浸渍的核心部分,它将关系到产品的最终质量,模具的结构参数主要包括:浸渍辊的数目、浸渍辊的直径和包覆角等。

从式(6)可以看出,随着浸渍辊数目的增加,浸渍度将会增加,因随浸渍辊数目增加,纤维浸渍时间将会增加,进而提高浸渍效果。此外,采用多个浸渍辊时,熔体可以从纤维束的上下两面渗入,使浸渍距离下降,浸渍速率提高。H. Bijsterbosch 等^[8]在长玻纤增强聚酰胺的试验中,考察了浸渍辊数目对纤维浸渍效果的影响,研究结果表明:在没有浸渍辊的条件下,90% 的纤维束没有被浸渍,然而,当浸渍辊的数目增加到 5 个时,且在低速率的牵引下,85% 的纤维束将被浸渍。此外,从式(6)可以看出,随着浸渍辊直径的增加,浸渍度将会增加,由于辊径的增加,使得纤维束在辊上的接触时间增加和接触面积变大,进而将提高浸渍效果。P. Peltonen 等^[13]在连续玻纤增强聚丙烯的试验中,考察了浸渍辊的接触长度对浸渍效果的影响,研究结果表明:纤维束和浸渍辊的接触长度很短时(2.5 mm 左右),浸渍程度为 62%,然而当接触长度增加到 19 mm 时,浸渍度提高到 94%。但在实际设计当中,包覆角不能太大,否则会造成纤维磨损严重,并且阻力过大也会导致拉断纤维,造成生产不连续。

因此,通过模具结构参数的优化,可以提高纤维的浸渍效果,从而可以提高产品质量。表 1 是北京化工大学塑料机械及塑料工程研究所通过模具结构优化后制备的连续玻纤增强聚丙烯颗粒的力学性能,其中,浸渍辊数目为 12,包覆角为 70°,浸渍时间为 2.2 s。从表 1 可以看出,优化后的增强颗粒的力学性能显著优于国内其他改性厂家的性能指标。

表 1 连续玻纤增强聚丙烯颗粒力学性能对比

项目	北京化工大学塑料机械及塑料工程研究所	国家复合改性聚合物材料工程技术研究中心	金发科技公司	美国泰科纳公司
灰份(玻纤含量)/%	50.2	52.6	50	50
拉伸强度/MPa	154	147	125	130
弯曲强度/MPa	209	185	200	205
弯曲弹性模量/MPa	9 280	13 800	8 552	12 200
简支梁缺口冲击强度/(kJ·m ⁻²)	43	35	32	13
简支梁冲击强度/(kJ·m ⁻²)	88	80	72	45
热变形温度/℃	162	160	159	157

3 结论

根据流体力学理论和 Darcy 定律,建立了熔融浸渍法制备连续纤维增强热塑复合材料的浸渍模型,研究了物性参数、工艺参数和结构参数对纤维束浸渍效果的影响,研究结果表明:(1)对于物性参数,浸渍度随着纤维根数、纤维直径、纤维束的厚度、空隙率和黏度的增加而降低;(2)对于工艺参数,浸渍度随着浸渍时间、熔体压力和牵引力的增加而增加,但是随着牵引速度的增加而降低;(3)对于结构参数,浸渍度随着浸渍辊的数目、浸渍辊的直径和包覆角的增加而增加。分析结果表明,聚合物黏度和模具结构参数是影响纤维浸渍效果的关键参数。

参考文献

- [1] 张晓明,刘雄亚.纤维增强热塑性复合材料及其应用[M].北京:化学工业出版社,2006.
Zhang Xiaoming, Liu Xiongya. The applications of fiber reinforced thermoplastic composite materials[M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2006.
- [2] 段召华,陈弦.长玻纤增强复合材料的浸渍技术的发展研究[J].塑料工业,2008,36(B06):221-224.
Duan Zhaohua, Chen Xuan. Study of development of impregnation of long glass fiber reinforced thermoplastic composites[J]. China Plastics Industry, 2008, 36(B06):221-224.
- [3] Timothy Hartness. Thermoplastic powder technology for advanced composite systems[J]. Journal of Thermoplastic Composite Materials, 1988, 1(3):210-220.
- [4] Beland S. High performance thermoplastic resins and their composites[M]. Park Ridge, N J: Noyes Data Corporation, 1990(6):99-101.

- [5] Stephen Grove. Thermoplastic aromatic polymer composites: A study of the structure, processing and properties of carbon fiber-reinforced polyetheretherketone and related materials[J]. Composites Manufacturing, 1993, 4(1):59.
- [6] Gaymans R J, Wevers E. Impregnation of a glass fiber roving with a polypropylene melt in a pin assisted process[J]. Composites Part A: Applied Science and Manufacturing, 1998, 29(5):663-670.
- [7] Cogswell F N, Hezzell D J, Williams P J. Fiber-reinforced compositions and methods for producing such compositions: EP, 0056703[P]. 1992-05-27.
- [8] Bijsterbosch H, Gaymans R J. Impregnation of glass rovings with a polyamide melt. Part 1: Impregnation bath [J]. Composites Manufacturing, 1993, 4(2):85-92.
- [9] Kim T W, Jun E J, Um M K, et al. Effect of pressure on the impregnation of thermoplastic resin into a unidirectional fiber bundle [J]. Advances in Polymer Technology, 1989, 9(4):275-279.
- [10] Bates P J, Charrier J M. Pulling tension monitoring during the melt impregnation of glass roving [J]. Polymer Composites, 2000, 21(1):104-113.
- [11] Gaymans R J, Wevers E. Impregnation of a glass fibre roving with a polypropylene melt in a pin assisted process[J]. Composites Part A: Applied Science and Manufacturing, 1998, 29(5):663-670.
- [12] Peltonen P, Tormala P. Melt impregnation parameters [J]. Composite Structures, 1994, 27:149-155.
- [13] Peltonen P, Lahteenkorva K, Paakkonen E J, et al. The influence of melt impregnation parameters on the degree of impregnation of a polypropylene / glass fiber [J]. Journal of Thermoplastic Composite Materials, 1992, 5(4):318-343.

中国塑料管道行业增速放缓

中国的塑料管道行业在 2012 年的增长速度降到了五年来的最低点,主要因为受到了政府减少基础设施支出和房地产市场衰退的影响,而且经济环境也更加不景气。

当然,中国市场的“衰退”可能和世界其他地区的衰退并不是一回事。2012 年,中国塑料管道产量仅增长了 10%,至 1 100 万 t。这样的增幅对许多国家的管道行业来说都会很令人满意了。但对中国来说,100 万 t 的产量增长实际上是 2008 年以来最小的,远低于 2011 年 160 万 t 的增长,更不及 2010 年 260 万 t 的大幅增长。

中国塑协塑料管道专业委员会秘书长王占杰说:“在行业发展方面,虽然增长速度在放缓,但仍保持着增长势头。今年上半年相比 2012 年略有增长,这是因为市政府对基础设施项目的投资推动了需求的增长,并为行业注入了些许强心剂。”

初步数据显示,在今年上半年里,中国的塑料管产量增幅为 10%~15%,且这一趋势有望在下半年继续保持。中国约有 60% 的管道用于建筑施工行业,他说。

尽管 2012 年增速不及 2010 和 2011 年,但管道行业对此反应不一。大型管道生产企业看起来情况要好得多,而较小的企业越来越难获得资源进行更新换代并保持竞争力。

行业官员表示,即使当前的增速有所放慢,但国内市场的发展仍将推动需求的增长。

城市化是一个重要的因素。在中国,每年有 1 500~2 000 万人迁移到城市,预计城市化率将从 2010 年的 47.5% 增长至 2015 年的大约 51.5%。

这也意味着基础设施方面的支出将显著增加。国家住房和城乡建设部科技发展促进中心在会上公布的数字显示,2010 年,中国的天然气管道总长为 35 万 km,但到明年这一数字将增至 60 万 km。

农村的基础设施也在不断完善。中国节水供水研究所公布的数据显示,中国今年将投入约 220 亿元人民币建造处

理厂,改善对农村地区 3 000 万人口的供水质量,其中对管道的支出将占到 60%。(化信网)

巴斯夫与索密克石川联合开发塑料座椅阻尼器

近日,巴斯夫与索密克石川株式会社联合研发的新型阻尼器被日本汽车制造商选用,显著提高了汽车座椅的舒适性。它不仅使前排座椅的倾斜移动更加平稳流畅,其阻尼能力也增强了车内安全。对于汽车制造商而言,此项创新有助于简化生产工艺,从而降低系统成本。

据索密克阻尼器业务工程管理部门总经理 Masaaki Takii 介绍,塑料阻尼器结构可采用油压设计,使座椅更加平稳地从竖直位置调至几乎水平的任意位置。此外,从前排手套箱到后排尾门的各种应用都可以采用这种创新阻尼设备,以提高车主的舒适性、便捷性和安全性。

“Ultramid® 高模量聚酰胺产品的玻璃纤维含量达到 60%,具有优异的力学性能。其吸水性非常低,有助于保持良好的尺寸稳定性。此外, Ultramid® 零部件还具有良好的加工性和出色的表面质量,即使在高油压状态下也不会发生泄露。”巴斯夫特性材料部门亚洲技术营销总监 Martin Baumert 博士表示,“我们很快就意识到,这些油压阻尼器需要采用特性材料。只有巴斯夫独有的高模量产品才能满足这些严格要求。”座椅器采用 Ultramid® 代替铝,质量减轻了 50%。

通过在座椅阻尼器中使用塑料,成功实现了部分组件的集成,从而简化了生产工艺、降低了整体成本。用塑料代替质量更重的金属,实现了汽车轻质化和燃油节约。目前,由于力学性能不断提高,塑料用量已经占到整车质量的近 20%,未来它将成为汽车制造商和供应商的首选材料。

阻尼器在汽车中应用广泛,包括手套箱、座椅调节杆和扶手等。任何能够打开或倾斜的零部件都可以通过阻尼器控制。采用 Ultramid® 制造的索密克阻尼器可用于控制打开或倾斜移动速度,减轻紧急制动造成的冲击,更好地吸收驾驶过程中产生的震动。(润滑网)