

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2023.06.026

汽车用尼龙材料改性技术及其应用研究进展

薛长鸣

(上海亚大汽车塑料制品有限公司, 上海 201708)

摘要: 通过参考近几年国内相关学术文献,对汽车用尼龙(PA)的改性技术研究进展情况进行了综述。介绍了汽车用PA6和PA66等通用PA的物理改性技术,包括纤维增强改性、无机粒子填充改性、发泡改性、共混改性和耐热改性等,同时介绍了耐高温PA的共聚改性和纤维增强改性技术,并对改性PA在汽车零部件中的应用研究进展情况进行了简要总结。最后对汽车用PA改性技术的未来发展趋势进行了展望。

关键词: 汽车;尼龙;改性;应用

中图分类号: TQ323.6 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2023)06-0157-06

Research Progress in Modification Technology and Application of Nylon Materials for Automobile

Xue Changming

(Shanghai Chinaust Automotive Plastics Co., Ltd., Shanghai 201708, China)

Abstract : Through referring to relevant domestic academic literature in recent years, the research progress in modification technology of nylon (PA) for automobile was reviewed. The physical modification technologies of general PA such as PA6 and PA66 used in automobile were introduced, including fiber reinforcement modification, inorganic particles filling modification, foaming modification, blending modification, heat resistance modification and so on. At the same time, the copolymerization modification and fiber reinforcement modification technologies of high-temperature resistant PA were introduced, and the application research progress of modified PA in automotive parts was briefly summarized. Finally, the future development trend of PA modification technology for automobile was prospected.

Keywords : automobile ; nylon ; modification ; application

尼龙(PA)作为最常用的一种工程塑料,具有比通用塑料更高的力学性能和耐热性能,同时具有优良的耐磨性、抗疲劳性、耐腐蚀性、电绝缘性和易加工性等特性,广泛应用于汽车、机械等工程领域。在汽车各类零部件中,相对于聚丙烯(PP),PA更多应用于对性能要求更高的部件上,如发动机周边部件、各种管路等,因此需要对PA进行改性,以提升PA的力学性能、耐热性能,并使PA获得更多的功能特性,从而使其更好地满足汽车各类结构件、功能件的应用要求。PA的改性大多为物理改性,包括纤维增强改性、无机粒子填充改性、共混改性、发泡改性等,对于耐高温PA,共聚改性也是常用的一种改性方法。笔者根据近几年的国内相关学术文献,综述了汽车用PA6、PA66等通用PA和耐高温PA的改性技术研究进展情况,同时,简要总结了改性PA在汽车领域中的应用研究进展情况,并在最后展望了汽车用PA改性技术的未来发展趋势。

1 汽车用通用PA的改性技术研究进展

1.1 纤维增强改性

纤维增强改性是最常用的一种改性技术,其主要目的是提升PA的力学性能,所用增强纤维主要为玻璃纤维(GF)和碳纤维(CF)。纤维增强PA的力学性能与纤维的类型、长度、含量及纤维和PA的界面结合状态密切相关,同时也深受制备工艺的影响。与短纤维相比,连续纤维和纤维编织物对PA力学性能的提升幅度更大,但其制备工艺更为复杂,PA树脂对连续纤维和纤维编织物的充分浸渍是成功制备这类纤维增强改性PA复合材料的关键因素。

曲日华^[1]自制了一种马来酸酐接枝烯烃共聚物,并将其添加到GF增强PA66复合材料中,发现当GF质量分数达到30%时,GF增强PA66复合材料的力学性能最好,其拉伸强度、弯曲强度和弯曲弹性模量分别为147.4, 202, 7 783.3 MPa,相比纯PA66分别提高了约75%,112%和175%。该复

通信作者: 薛长鸣,工程硕士,正高级工程师,主要研究方向为汽车用管路系统总成中涉及的高分子材料特性及应用、总成及零部件开发及应用

收稿日期: 2023-05-12

引用格式: 薛长鸣. 汽车用尼龙材料改性技术及其应用研究进展[J]. 工程塑料应用, 2023, 51(6): 157-162.

Xue Changming. Research progress in modification technology and application of nylon materials for automobile[J]. Engineering Plastics Application, 2023, 51(6): 157-162.

合材料已用作制备汽车后视镜连接件。林绍义等^[2]采用混合GF增强PA66,用于一种汽车零件设计。发现当混合GF中短GF、中等长度GF和长300 μm GF的质量分数分别约为35%,50%和15%时,混合GF增强PA66汽车零件的抗冲击和抗疲劳等性能得到有效提升。

刘曙阳等^[3]以具有较好流动性的低黏度PA6为基体,通过设计制造长GF浸渍模具,添加高效、低气味的相容剂,填充滑石粉、云母等矿物以改善翘曲变形和各向异性,以及筛选和复配高效抗氧剂等方法,制得了一种具有良好力学性能、低翘曲变形和较好抗老化效果的长GF增强PA复合材料,其可以应用于制备各种汽车关键零部件,如保险杠、发动机隔噪罩、仪表盘托架等,并成熟应用于新能源汽车的电池包外壳、蓄电池托架等零部件上。

周佳慧^[4]利用反应注射拉挤成型(RIP)制备了CF增强PA6复合材料。根据PA6自身阴离子聚合的特点及对设备的要求,研制了一种小型反应注射成型设备,然后结合拉挤系统,搭建了RIP实验平台。通过该实验平台,制备的复合材料纤维含量达到48%左右,且树脂与纤维的界面结合情况良好,复合材料没有存在明显的空隙,其拉伸强度、弯曲强度和层间剪切强度(ILSS)分别达到1 660, 847, 43 MPa。Hassan等^[5]为了改善CF与PA6的界面相容性,以获得较高力学性能的车用CF增强PA6材料,在400 $^{\circ}\text{C}$ 的氮气中将CF活化4 h以去除原有的上浆剂,然后将活化CF浸泡在PA6的甲酸溶液中,在CF与PA6界面中形成了较强的氢键作用,由此制得的复合材料拉伸强度、弯曲强度、冲击强度和ILSS分别提高了24.75%,33.25%,38%和72%。

王立岩等^[6]通过双螺杆熔融共混法制备了CF增强PA66复合材料,发现加入4束CF后,复合材料的力学性能最佳,拉伸强度、弯曲强度、弯曲弹性模量分别为200.2,280.2 MPa和13 560.8 MPa,与PA66相比分别提高了113.2,190.3,10 628.7 MPa,冲击强度为14.8 kJ/m^2 ,比PA66提高了6.3 kJ/m^2 。该复合材料具有较小的密度和优良的力学性能,可以广泛应用于发动机罩盖、仪表盘、车尾门等汽车零部件中。

与短纤维相比,连续纤维增强的热塑性复合材料具有更高的综合力学性能,已成为汽车制造、轨道交通和航空航天等领域的研究热点和开发重点。高智勇^[7]首先利用高温加热除浆工艺对T300B-3K连续CF进行除浆,然后通过不同处理方法对连续CF进行表面处理,最后采用薄膜层叠热压工艺制备了连续CF增强PA6复合材料。研究结果发现,最佳的除浆工艺为在450 $^{\circ}\text{C}$ 下处理1 h,与未除浆的复合材料相比,除浆后的连续CF可使PA6复合材料的拉伸强度、弯曲强度和ILSS分别提升31.6%,70.7%和44.4%。连续CF经复合处理后,可使复合材料的拉伸强度、弯曲强度及ILSS分别进一步提高21.2%,17.4%和17.1%。

与单根纤维相比,纤维编织物可在二维或三维尺度上对热塑性复合材料进行多方向上的增强,且相对热固性复合材料,纤维编织物增强热塑性复合材料具有较短的成型周期,

因而其制造成本也相对较低,另外还可多次回收利用,故在汽车等领域得到越来越多的应用。但在制备过程中,由于热塑性树脂具有很高的黏度,因此使其很难浸渍纤维编织物,导致树脂与纤维编织物界面结合存在缺陷。为了解决这个问题,陈胜^[8]制作了一种低压浇铸压制成型模具,然后利用该模具,通过热塑性树脂传递模塑(T-RTM)工艺,制备了一种双向经编GF布(BWKGF)增强PA6复合材料。采用T-RTM工艺及自制的模具,确定了相应的工艺流程和最佳的工艺参数,然后再通过原位聚合使BWKGF得到了良好的浸润。另外,分别通过3-氨丙基三乙氧基硅烷(KH550)和甲苯二异氰酸酯(TDI)对BWKGF改性,改善了BWKGF与PA6的界面结合,与未改性复合材料相比,TDI改性的BWKGF增强PA6复合材料拉伸强度提高了44.5% (130 MPa),KH550(用量为GF质量的0.5%)改性的BWKGF增强PA6复合材料拉伸强度提高了55.5% (140 MPa)。该研究为制备高性能的纤维编织物增强热塑性复合材料提供了解决方案,在汽车轻量化领域具有较好的应用前景。鲍亚东^[9]利用铺层工艺制备了车用GF增强PA66斜纹编织复合材料,通过循环载荷疲劳试验,发现在80 MPa的最大应力循环载荷条件下,铺层方式为 $[(0/90)_3]$ 的斜纹铺层复合材料试样载荷达到100万圈后仍没有断裂,因此当应力水平环境不超过80 MPa时,该类材料能够满足实际使用的需求。

除CF和GF外,玄武岩纤维(BF)也可用于增强PA,于开锋等^[10]以天然环保的BF作为增强材料,制备了PA6/BF复合材料,为了解决BF与树脂基体之间界面结合较差的问题,采用 H_2SO_4 活化及偶联剂KH550处理的方法对BF进行表面改性,发现当BF质量分数为30%时, H_2SO_4 与KH550协同处理的PA6/BF复合材料具有最佳的力学性能,拉伸强度和冲击强度分别较未改性提升了24.36%和37.41%。

1.2 无机粒子填充改性

无机粒子来源广泛,价格低廉,且能提升塑料的某些性能,大多用于塑料的填充改性。但大多数无机粒子与塑料中的树脂基体相容性较差,一般需要对其进行表面改性,或添加增容剂,以改善界面相容性。将经过表面处理的无机粒子添加到PA中,或将增容剂加入到无机粒子填充PA体系,可使PA的力学性能得到明显提升,从而能够用于汽车制造等领域。另外,还可将无机粒子添加到纤维增强PA体系中,以发挥无机粒子与纤维的协同改性作用。

郑骏驰等^[11]将二氧化硅添加到PA6中,以改善PA6的力学性能,为了提升二氧化硅的作用效果,将脂肪醇聚氧乙烯醚(AEO-9)与KH550混合制备了一种复合表面处理剂(CSA)用于二氧化硅的表面改性,研究了CSA改性二氧化硅对PA6的作用效果。结果表明,当CSA改性二氧化硅质量分数为3%~4%时,可使PA6的拉伸强度、弯曲强度和冲击强度分别最多提升约17%,13.9%,14%,提升效果明显优于使用相同用量的纯二氧化硅或KH550改性二氧化硅。这种二氧化硅的改性方式有助于提升在汽车零部件领域应用的PA制品

性能。

郭政川^[12]利用滑石粉改性汽车用PA6材料,以降低材料成本并提升材料性能。研究发现,质量分数为5%的滑石粉可明显改善PA6复合材料的加工性能并能显著提升拉伸性能,同时保持了纯PA6的弯曲性能与热性能。

刘滨滨^[13]首先制备了氧化石墨烯(GO)和酰胺化改性GO(AGO),然后通过原位聚合的方法制备了GO和AGO填充PA6纳米复合材料。研究发现,GO和AGO都能提升复合材料的拉伸强度、玻璃化转变温度和热稳定性,但GO会降低复合材料的断裂伸长率和冲击强度,而AGO对这两种力学性能的影响与之相反。加入GO的复合材料弯曲强度得到提升,而加入AGO的下降较大。

Kiziltas等^[14]将石墨烯纳米片加入到PA610中,研究发现当石墨烯纳米片质量分数为8%时,复合材料的拉伸弹性模量提高95%、弯曲弹性模量提高16%、弯曲强度提高9.5%、失重10%时的温度由纯PA610的432.3℃提升到436.4℃,这表明石墨烯纳米片可用于增强汽车用PA610材料的力学性能和热性能。

陈金伟等^[15]对空心玻璃微珠(HGS)进行表面处理后,制得改性HGS(t-HGS),然后将t-HGS添加到PA66/GF体系中制得PA66/GF/t-HGS复合材料,发现当t-HGS和GF用量分别为10份和30份时,复合材料的力学性能最优。随t-HGS用量的增加,复合材料的密度降低。该材料的力学性能完全满足汽车行业标准,同时与普通制品相比,用该材料制备的汽车制品减重9.1%,获得了显著的轻量化效果。

李志超^[16]向PA6/BF复合材料添加硅碳黑,研究了硅碳黑对复合材料力学性能的影响,发现硅碳黑可提升复合材料的强度、热稳定性和结晶度,但降低了韧性,为此又添加了马来酸酐接枝聚烯烃弹性体(POE-g-MAH)作为增韧剂,结果表明,POE-g-MAH可以弥补硅碳黑对韧性的不利影响,当硅碳黑含量为2.5份时,复合材料的力学性能最佳,其拉伸强度、拉伸弹性模量、弯曲强度和冲击韧性分别提高了4.46%、171.79%、15.14%和27.77%。

1.3 发泡改性

轻量化是目前汽车发展的主要方向之一。利用发泡技术制备PA基微孔发泡材料,不仅可以获得较好的轻量化效果,微孔孔的存在也能使PA材料获得诸如隔音、隔热等特性,提升了PA材料在汽车中的应用潜力。龚莉雯^[17]为了解决汽车用PA6因熔体强度差而导致发泡时泡孔坍塌破裂的问题,采用离子型聚合物Surlyn和双环扩链剂双噁唑啉(BOZ)分别对PA6进行改性,发现加入10份离子型聚合物Surlyn能够得到高熔体强度PA6。而后通过超临界CO₂模压式间歇发泡法制备了PA6发泡材料,发现Surlyn改性PA6发泡材料的发泡倍率最高可达24倍,其泡孔密度最高可达10⁹个/cm³,而泡孔尺寸最小可达3.4 μm。

王滨等^[18]将偶氮二甲酰胺发泡剂母粒添加到PA6/GF复合材料中,利用化学发泡法并通过注塑工艺制备了车用PA6/

GF微发泡材料制品。研究发现,发泡制品在发泡剂母粒质量分数不超过2%时可获得较好的泡孔形态及外观质量,制品密度在发泡剂母粒质量分数为2%时减小了18.1%。

李丹等^[19]通过物理发泡法制备了微发泡PA6/GF复合材料,并将其应用在汽车散热器框架上。研究发现,高发泡倍率可带来明显的减重效果,而大泡孔尺寸会降低材料力学性能,同时应控制PA6的结晶速度,避免因过快的结晶速度影响微发泡泡孔的生长,进而避免对微发泡零件外观和强度产生负面影响。

1.4 共混改性

叶士兵等^[20]制备了一种新能源汽车高压连接器用无卤阻燃增强PA66/PA6合金,采用的复配阻燃体系为二乙基次膦酸铝和亚磷酸铝,增强体系为GF。研究发现,PA6对合金阻燃性能的影响很小,随着合金中PA6含量增加,合金材料的强度和模量下降,缺口冲击强度有所上升。经85℃/相对湿度85%老化1000h后,合金的吸水率随PA6含量增加而上升,且高温条件下电绝缘性能随合金中PA6含量增加而逐渐下降。

田国锋等^[21]制备了PA6/聚间苯二甲酰己二胺(PA6I)共混物,研究发现,PA6I的加入可以提升共混物的拉伸强度、弯曲强度和透光率,降低成型收缩率和吸水率,并能提升共混物的耐车用尿素溶液的能力。

肖利群^[22]将丙烯腈-丁二烯-苯乙烯共聚物(ABS)高胶粉与PA6共混,在PA6与ABS质量比为70:25条件下,制备了汽车用PA6/ABS带色合金材料。通过受阻酚类抗氧化剂(1010)和硫醚类抗氧化剂(DLTP)的复合作用,抑制了PA6/ABS带色合金材料热氧化后的颜色黄变,另外,通过添加钛白粉降低了材料经热氧老化后的颜色变化率。所制备的PA6/ABS灰色合金材料已成功应用于汽车儿童座椅配件上。

1.5 耐热改性

秦增增等^[23]考察了碘化亚铜类热稳定剂添加量对汽车发动机用PA耐热性能的影响。发现经200℃/3000h烘烤后,材料的力学性能随热稳定剂添加量的增加呈先升高后降低的趋势,最适宜的热稳定剂添加量为3%。

刘玉飞^[24]为了解决PA6的耐热性尚不能完全满足汽车等领域应用要求的问题,合成了4种马来酸酐类共聚型耐热剂,分别是含有刚性结构的聚(N-苯基马来酰亚胺-alt-苯乙烯)(PNS)、含羧基的PNS(PCS)、含氟基的PNS(PFS)及含可交联结构的聚[N-(4-羧基苯基)马来酰亚胺-alt-三烯丙基异氰酸酯](PCT),研究了这4种耐热剂对PA6耐热性能的影响。结果表明,PCT改性PA6的耐热性能最好,PCT质量分数为10%时,热变形温度为194.3℃,其次为PFS(10%)改性PA6(182.3℃),再次为PCS(10%)改性PA6(164.8℃),最后为PNS(15%)改性PA6(138.5℃)。

2 汽车用耐高温PA的改性技术研究进展

与常规PA(PA66和PA6等)相比,耐高温PA能够承受更高的温度,具有更好的耐热性能,更适合用于制造对耐热性

能要求更高的汽车零部件。但耐高温PA的熔点较高,成型加工性较差,一般需要与其它单体共聚,以获得良好的加工性能。

李鹏飞^[25]将对苯二甲酸、己二酸和己二胺作为聚合单体,通过高温高压溶液缩聚的方法,在聚合釜内进行PA6T与PA66混合成盐,而后通过直接缩聚制得PA6T/66共聚物。研究发现,6T单元的含量是影响共聚物耐热性的主要因素,当6T单元物质的量分数为57.5%时,二次升温后共聚物的熔点可达308.4℃,具有耐热性优异和可加工性良好的特点,可用于汽车连接器。

叶耀挺等^[26]通过高温溶液聚合法制备了一种半生物基耐高温共聚PA——聚对苯二甲酸-戊二胺/己二酸-戊二胺(PA5T/56),其以对苯二甲酸、己二酸及生物基化合物1,5-戊二胺为共聚单体,制得的这种半生物基耐高温共聚PA具有比PA6T/66更好的热分解稳定性和成炭性,力学性能则与PA6T/66相当,可以应用于汽车的高耐热、高强度部件领域。

黄文蕊等^[27]鉴于微波具有使材料升温快速且均匀的特点,以水作为吸波介质,在密闭条件下通过微波辅助合成了可用于汽车领域的耐高温PA12T,发现相比于传统聚合方法,微波辅助聚合的时间缩短三分之一以上,且合成的PA12T的分子量分布较窄。

董豪^[28]通过先溶液聚合后固相缩聚的方法将己二胺、共聚二胺和草酸二丁酯进行聚合反应,制得了一种高耐热PA62共聚物材料。当己二胺组分物质的量分数为70%~80%时,共聚物既保持了耐高温性能,又得到了良好的加工性能,在研究的己二胺含量范围内,共聚物的饱和吸水率均小于3%。该类材料在汽车发动机周边等对耐热性能要求较高的领域具有广泛的应用前景。

郝现红等^[29]利用长度为3 mm的GF增强PA10T/1010,发现复合材料的拉伸强度、弯曲强度、缺口与无缺口冲击强度等力学性能随着GF含量增加得到明显提高。当GF质量分数为35%时,热变形温度达到约250℃,相比纯PA10T/1010(热变形温度低于100℃)得到大幅提升。GF的加入使材料应用更广泛,可用于汽车行业等领域。

蒋爱云等^[30]鉴于聚己二酰间苯二甲胺(PA MXD6)优异的阻隔性能、力学性能、耐热性及低吸水性,采用GF增强改性PA MXD6,同时加入抗氧剂1098和润滑剂TAF101,制备了一种GF增强PA MXD6复合材料,其具有强度高、尺寸稳定性优良、表面性能优异(无浮纤)等特点。与未加GF时相比,添加质量分数为50%的GF,复合材料的拉伸强度提高136%、弯曲强度提高133%、弯曲弹性模量提高240%,而简支梁缺口冲击强度提高300%。研究所得的力学性能数据为PA MXD6应用于汽车领域提供了关键支撑。

3 改性PA在汽车中的应用研究进展

3.1 管路类零部件

管路类零部件在汽车中占据非常重要的地位,其类型繁多,包括输油管、冷却液管、制动管路^[31]等。汽车管路类零

件除要求相应的材料具有较好的力学性能外,还应具有优良的耐水解性、耐候性、耐高温性等特性。PA是汽车管路类零部件常用的一种材料,但碳链较短的PA(如PA6和PA66)酰胺键密度较大,易吸水,容易影响材料的强度和耐水解性。朱建等^[32]研究发现,含水率较低的车用多层共挤PA管具有较高的室温爆破强度,PA管的耐压性能在PA的含水率低于0.6%时基本不会再随含水率的变化而变化。因此,控制PA的吸水率就成为提升车用PA管性能的一个重要因素。为此,可将吸水性较低的树脂(如聚烯烃)与PA复合,以降低PA的吸水率,但聚烯烃为非极性树脂,与PP相容性较差,需加入增容剂以改善这个问题,而增容剂的加入又可能会对吸水性产生影响。另外,PP的耐热性相对较差,其会对PA的耐高温性产生不利影响。特种工程塑料的耐热性较好,且一些品种也具有较低的吸水率,如聚苯硫醚(PPS),将PPS与PA结合,可以获得耐热性和抗水解性优良的复合管^[33],从而应用于汽车冷却液管道中。另外,常规PA因吸水率高而易水解,在冷却液管路中应用受到限制,加入耐水解剂可解决这一问题。张松峰等^[34]将增韧剂和耐水解剂加入到PA66材料中,然后通过常规挤出工艺制得耐水解PA66软管,测试发现PA66软管的爆破强度大于2.6 MPa,将PA66软管浸在100℃冷却液500 h后,爆破强度仍大于1.81 MPa,达到了整车应用的基本要求。

相对短碳链PA(PA6, PA66),长碳链PA(PA12, PA612, PA11, PA1010, PA1012)的酰胺键密度较低,具有较低的吸水率,已成为管路类零部件最常用的PA材料。长碳链PA管的加工方法多为挤出成型,成型工艺对长碳链PA管的性能有着非常重要的影响。庄玮^[35]分析了影响车用PA12波纹管质量的因素,总结了PA波纹管在挤出成型过程中常见的问题及产生质量缺陷的原因,并提出了相应的解决方法。张宁宁等^[36]通过挤出工艺制备了卡车用PA11制动管路,探讨了挤出工艺对PA11管断裂伸长率的影响,得到了PA11管最佳的挤出工艺参数,制备的PA11管的断裂伸长率达到219%,解决了重型卡车在转弯制动时PA11制动管路易断裂的问题。

PA可制作成水管,应用于新能源汽车的水冷系统上,王星荣^[37]介绍了PA水管的类型和连接结构,探讨了PA水管的设计方法。PA还可用于制作汽车空调软管的阻隔材料,王峰等^[38]考察了PA阻隔层厚度对汽车空调软管性能的影响,发现较大的PA阻隔层厚度可以提升空调软管耐制冷剂渗透性和耐真空性,同时也增大了空调软管的弯曲强度。

3.2 其它汽车零部件

除管路类零部件外,PA材料在汽车发动机周边部件中的应用也越来越广泛,陈剑锐等^[39]介绍了应用于汽车动力系统的短期高耐热PA和长期高耐热PA材料,以及耐高温生物基PA材料,并对相关的制备工艺和关键技术进行了总结,通过几个典型应用案例展示了长期高耐热PA材料在汽车动力系统领域的应用情况,包括增压空气冷却器、进气歧管、进气口隔热罩、涡轮管道谐振器、热侧涡轮风管等部件。王敏

等^[40]从发动机链条张紧器、排气控制元件、油过滤器外壳、发电机系统等方面对耐高温PA在汽车领域中的应用进行了简要介绍。

GF增强PA具有优异的性能,可应用于多种汽车部件中,如通过无机矿物填充和GF增强的复合改性技术,再添加增韧剂、抗氧化剂、润滑剂等组分,经过精心的配方设计,由此制得的改性PA6可应用于汽车发动机罩盖^[41];GF增强PA6在新宝马3系至7系汽车转向柱模块中已得到应用,可将质量减轻20%^[42];GF增强PA66具有良好的力学性能和低的吸水性,可应用于制作汽车连接器^[43]。

另外,各种功能化改性PA材料在汽车部件中的应用越来越广泛,如利用高导热PA材料制作的散热器可应用于汽车后雾灯,其相比于传统铝制散热器,不仅质量降低减轻了30%,还能满足LED后雾灯的散热及力学性能要求,生产成本也得到降低,实现汽车雾灯散热器的“以塑代铝”^[44]。通过搭配适当黏度的PA及不同种类的聚烯烃基接枝弹性体,可获得耐低温高流动性PA66材料,其可应用于制造汽车扎带^[45]。PA还可应用于新能源汽车动力总成悬置系统,与金属材料悬置系统相比,质量减轻约37%~50%,成本降低约10%~28%,且减震效果相对较优^[46]。

4 结语

对PA进行改性可以大幅提升其各项性能,拓宽PA在汽车领域的应用范围,为此,研究者们开发了多种改性技术,包括纤维增强、无机粒子填充、发泡改性、共聚改性等。在这些改性技术中,都有一些关键因素对最终的改性效果产生非常重要的影响,如增强和填充改性中纤维和无机粒子与PA的界面设计、发泡改性中泡孔形态和尺寸的控制、共聚改性中单体种类、比例的选择及合成工艺的设计等,这需要研究者进行深入的研究,以掌握各种关键因素的影响规律,从而进一步提升各类PA材料的改性技术,使改性PA更好地应用于汽车领域。另外,针对汽车用PA的改性技术研究,笔者认为未来将在连续纤维和纤维编织物增强PA的成型加工、长碳链PA的改性加工、耐高温PA的共聚改性以及生物基PA的合成与改性等方面获得更多的突破,从而推动改性PA材料应用于更多的汽车零部件中,持续扩大PA在汽车中应用比例,为汽车轻量化和高性能化发展带来更多贡献。

参考文献

- [1] 曲日华.高性能纤维增强尼龙66复合材料的制备及应用研究[D].沈阳:沈阳工业大学,2020.
Qu Rihua. Preparation and application of high performance fiber reinforced nylon 66 composites[D]. Shenyang: Shenyang University of Technology, 2020.
- [2] 林绍义,等.机电技术,2018(1):30-31,34.
Lin Shaoyi, et al. Mechanical & Electrical Technology, 2018(1):30-31,34.
- [3] 刘曙阳,等.江苏科技信息,2017(30):37-40.
Liu Shuyang, et al. Jiangsu Science and Technology Information, 2017(30):37-40.
- [4] 周佳慧.碳纤维增强尼龙6反应注射拉挤成型研究[D].南京:南京航空航天大学,2021.
Zhou Jiahui. Research on reaction injection pultrusion of carbon fiber reinforced nylon 6[D]. Nanjing: Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, 2021.
- [5] Hassan E A M, et al. Mechanics of Composite Materials, 2022, 58(2):261-270.
- [6] 王立岩,等.塑料,2020,49(1):15-18,22.
Wang Liyan, et al. Plastics, 2020, 49(1):15-18, 22.
- [7] 高智勇.连续碳纤维预处理工艺及其增强尼龙热塑性复合材料制备与性能研究[D].济南:山东大学,2022.
Gao Zhiyong. Study on continuous carbon fiber treatment and its reinforcement on the properties of nylon thermoplastic composites [D]. Jinan: Shandong University, 2022.
- [8] 陈胜.双向经编玻璃纤维/尼龙6复合材料的制备及性能研究[D].福州:福建工程学院,2022.
Chen Sheng. Preparation and properties of bidirectional warp knitted glass fiber/nylon 6 composites[D]. Fuzhou: Fujian University of Technology, 2022.
- [9] 鲍亚东.车用玻璃纤维增强尼龙66二维斜纹编织复合材料的性能研究[D].南京:东南大学,2017.
Bao Yadong. Properties of glass fiber reinforced PA66 twill weave composite[D]. Nanjing: Southeast University, 2017.
- [10] 于开锋,等.化工设计通讯,2021,47(7):106-107.
Yu Kaifeng, et al. Chemical Engineering Design Communications, 2021, 47(7):106-107.
- [11] 郑骏驰,等.工程塑料应用,2023,51(1):115-122.
Zheng Junchi, et al. Engineering Plastics Application, 2023, 51(1): 115-122.
- [12] 郭政川.3D打印改性尼龙极小曲面结构及性能研究[D].大连:大连理工大学,2021.
Guo Zhengchuan. Research on performance of modified nylon minimal surface structures based on 3D printing[D]. Dalian: Dalian University of Technology, 2021.
- [13] 刘滨滨.改性氧化石墨烯/尼龙6复合材料的制备及其性能研究[D].广州:华南理工大学,2021.
Liu Binbin. Preparation and properties of modified graphene oxide/nylon 6 composites[D]. Guangzhou: South China University of Technology, 2021.
- [14] Kiziltas A, et al. Composites Part C: Open Access, 2021, 6. DOI: 10.1016/j.jcomc.2021.100177.
- [15] 陈金伟,等.现代塑料加工应用,2019,31(3):36-39.
Chen Jinwei, et al. Modern Plastics Processing and Applications, 2019, 31(3):36-39.
- [16] 李志超.尼龙6/玄武岩纤维复合材料改性研究[D].长春:吉林大学,2021.
Li Zhichao. Study on modification of nylon 6/basalt fiber composite[D]. Changchun: Jilin University, 2021.
- [17] 龚莉雯.改性尼龙6微孔发泡材料的制备及其性能研究[D].宁

- 波:宁波大学,2020.
- Gong Liwen. Preparation and properties of modified nylon-6 microcellular foaming material[D]. Ningbo: Ningbo University, 2020.
- [18] 王滨,等.工程塑料应用,2018,46(9):53-59.
- Wang Bin, et al. Engineering Plastics Application, 2018, 46(9): 53-59.
- [19] 李丹,等.上海塑料,2021,49(6):57-61.
- Li Dan, et al. Shanghai Plastics, 2021, 49(6):57-61.
- [20] 叶士兵,等.合成材料老化与应用,2023,52(1):6-8,140.
- Ye Shibing, et al. Synthetic Materials Aging and Application, 2023, 52(1):6-8, 140.
- [21] 田国锋,等.工程塑料应用,2018,46(8):23-27.
- Tian Guofeng, et al. Engineering Plastics Application, 2018, 46(8): 23-27.
- [22] 肖利群.塑料工业,2017,45(5):133-137.
- Xiao Liquan. China Plastics Industry, 2017, 45(5):133-137.
- [23] 秦增增,等.盐科学与化工,2021,50(8):34-37.
- Qin Zengzeng, et al. Journal of Salt Science and Chemical Industry, 2021, 50(8):34-37.
- [24] 刘玉飞.马来酸酐类共聚型耐热剂的合成及其在尼龙6中耐热机理的研究[D].贵阳:贵州大学,2020.
- Liu Yufei. Synthesis of maleic anhydride copolymerization heat resistant agents and their heat resistant mechanism in nylon 6[D]. Guiyang: Guizhou University, 2020.
- [25] 李鹤飞.半芳香族耐高温尼龙PA6T-66的制备与性能研究[D].上海:东华大学,2022.
- Li Hefei. Preparation and properties of semi-aromatic high temperature resistant nylon PA6T-66[D]. Shanghai: Donghua University, 2022.
- [26] 叶耀挺,等.工程塑料应用,2021,49(11):46-50.
- Ye Yaoting, et al. Engineering Plastics Application, 2021, 49(11): 46-50.
- [27] 黄文蕊,等.化工进展,2022,41(1):336-342.
- Huang Wenrui, et al. Chemical Industry and Engineering Progress, 2022, 41(1):336-342.
- [28] 董豪.耐高温尼龙N62共聚物的合成及性能表征[D].上海:东华大学,2016.
- Dong Hao. Synthesis and characterization of high temperature resistant nylon N62 copolymer[D]. Shanghai: Donghua University, 2016.
- [29] 郝现红,等.工程塑料应用,2018,46(2):31-35.
- Hao Xianhong, et al. Engineering Plastics Application, 2018, 46(2):31-35.
- [30] 蒋爱云,等.工程塑料应用,2023,51(1):17-21.
- Jiang Aiyun, et al. Engineering Plastics Application, 2023, 51(1): 17-21.
- [31] 郭晓春.科技创新与应用,2015(18):130.
- Guo Xiaochun. Technology Innovation and Application, 2015 (18):130.
- [32] 朱建,等.汽车零部件,2022(5):50-53.
- Zhu Jian, et al. Automobile Parts, 2022(5):50-53.
- [33] PPS-聚酰胺管为电动汽车冷却液管路提供耐高温新选择[J].橡塑技术与装备,2022,48(7):76.
- PPS-polyamide pipe provides a new option for high temperature resistance for electric vehicle coolant lines[J]. China Rubber/Plastics Technology And Equipment, 2022, 48(7):76.
- [34] 张松峰,等.汽车工艺与材料,2023(2):16-19,24.
- Zhang Songfeng, et al. Automobile Technology & Material, 2023 (2):16-19, 24.
- [35] 庄玮.中国塑料,2021,35(5):92-96.
- Zhuang Wei. China Plastics, 2021, 35(5):92-96.
- [36] 张宁宁,等.工程塑料应用,2021,49(3):77-80.
- Zhang Ningning, et al. Engineering Plastics Application, 2021, 49 (3):77-80.
- [37] 万星荣.汽车实用技术,2020(14):51-53.
- Wan Xingrong. Automobile Applied Technology, 2020(14):51-53.
- [38] 王峰,等.中国橡胶,2022,38(8):45-48.
- Wang Feng, et al. China Rubber, 2022, 38(8):45-48.
- [39] 陈剑锐,等.工程塑料应用,2022,50(4):159-164.
- Chen Jianrui, et al. Engineering Plastics Application, 2022, 50(4): 159-164.
- [40] 王敏,等.工程塑料应用,2022,50(3):170-175.
- Wang Min, et al. Engineering Plastics Application, 2022, 50(3): 170-175.
- [41] 曹亮.用于汽车发动机罩盖的增强尼龙6材料的制备[D].北京:北京化工大学,2015.
- Cao Liang. Fabrication of reinforced nylon 6 composites for automobile engine cover[D]. Beijing: Beijing University of Chemical Technology, 2015.
- [42] 魏正英.现代塑料加工应用,2017,29(6):8.
- Wei Zhengying. Modern Plastics Processing and Applications, 2017, 29(6):8.
- [43] 金晓明. PBT与PA66玻纤材料流动性及对连接器性能影响的研究[D].苏州:苏州大学,2018.
- Jin Xiaoming. Study on the fluidity of glass-fiber reinforced PBT & PA66 and the effect on connector properties[D]. Suzhou: Soochow University, 2018.
- [44] 狄春峰,等.上海塑料,2021,49(4):64-68.
- Di Chunfeng, et al. Shanghai Plastics, 2021, 49(4):64-68.
- [45] 陆大光,等.塑料工业,2020,48(12):165-167.
- Lu Daguang, et al. China Plastics Industry, 2020, 48(12):165-167.
- [46] 黄协京.时代汽车,2020(23):92-93.
- Huang Xiejing. Auto Time, 2020(23):92-93.