

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2019.04.005

尼龙 6 / 超高分子量聚乙烯合金的性能

刘建伟, 田国锋, 王朝进, 张全福, 毕燕

(山东东辰瑞森新材料科技有限公司, 济南 250220)

摘要: 以尼龙 6 (PA6) 为第一主份、超高分子量聚乙烯 (PE-UHMW) 为第二主份, 利用共混改性方法制备了 PA6 / PE-UHMW 合金, 研究了增容剂类型、添加量以及 PE-UHMW 含量变化对合金性能的影响。结果表明, 聚烯烃接枝马来酸酐弹性体 (POE-g-MAH)、聚烯烃接枝马来酸酐 (PE-g-MAH) 均可对 PA6 / PE-UHMW 合金起到一定的增容效果, 其中, 添加 PE-g-MAH 的合金的综合性能优于添加 POE-g-MAH 的合金; 当 PA6 添加 70 份, PE-g-MAH 的添加量由 5 份增至 15 份时, PA6 / PE-UHMW 合金的韧性逐步提高, 而强度先降低后提高, 流动性、耐热性先提高后降低; 添加 10 份的 PE-g-MAH 增容不同配比 PA6 / PE-UHMW 合金, 当 PE-UHMW 的添加量由 0 份增至 40 份时, PA6 / PE-UHMW 合金的拉伸强度、弯曲强度、维卡软化点、吸水率大体上呈下降趋势, 而缺口冲击强度呈现上升趋势, 断裂伸长率变化较为复杂呈现先上升再下降再上升最后基本平稳的趋势, 且当 PE-UHMW 与 PE-g-MAH 的添加量均为 10 份时, PA6 / PE-UHMW 合金具有较好的综合性能。

关键词: 尼龙 6 ; 超高分子量聚乙烯 ; 合金 ; 性能

中图分类号: TQ323.6 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2019)04-0024-06

Properties of Nylon 6 / PE-UHMW Alloys

Liu Jianwei, Tian Guofeng, Wang Chaojin, Zhang Quanfu, Bi Yan

(Shandong Dongchen New Materials Technology Co. Ltd., Jinan 250220, China)

Abstract : Using nylon 6 (PA6) as the first principal component and ultra high molecular weight polyethylene (PE-UHMW) as the second principal component, the related PA6 / PE-UHMW alloys were prepared by blending modification. The effects of the type of compatibilizer, the amount of compatibilizer and the content of PE-UHMW on the properties of alloys were studied. The results show that grafted maleic anhydride polyolefin elastomer (POE-g-MAH) and grafted maleic anhydride polyethylene (PE-g-MAH) can increase the compatibilization of PA6 / PE-UHMW alloys. The overall properties of the alloys added with PE-g-MAH are better than those with POE-g-MAH. When the number of PA6 is 70 phr and the number of PE-g-MAH increases from 5 phr to 15 phr, the toughness index of PA6 / PE-UHMW alloys gradually increases, while the strength index decreases first and then increases, the fluidity and heat resistance index increase first and then decrease. 10 phr of PE-g-MAH are added to the mixture of PA6, PE-UHMW with different proportions for compatibilization. When the content of PE-UHMW increases from 0 phr to 40 phr, the tensile strength, bending strength, Vicat softening point and water absorption of PA6 / PE-UHMW alloys show a decreasing trend, while the notched impact strength of simply supported beam show an increasing trend. The variation of elongation at break is more complex, showing the trend of rising first, then descending, then rising, and finally stabilizing. When the mass fraction of PE-UHMW is 10 phr as that of PE-g-MAH, the related alloy has better comprehensive properties.

Keywords : nylon 6 ; ultra high molecular weight polyethylene ; alloy ; property

尼龙 6 (PA6) 又名聚己内酰胺, 其产量较大, 价格低廉, 是最常用的工程塑料之一, 在尼龙家族中

具有举足轻重的地位^[1-3]。PA6 拥有较高的 CONH / CH₂ 比例, 是一种强极性、分子间能形成氢键且具

通讯作者: 刘建伟, 工程师, 主要从事尼龙改性研究 E-mail : liujianwei067@126.com

收稿日期: 2019-01-16

引用格式: 刘建伟, 田国锋, 王朝进, 等. 尼龙 6 / 超高分子量聚乙烯合金的性能 [J]. 工程塑料应用, 2019, 47(4) : 24-29.

Liu Jianwei, Tian Guofeng, Wang Chaojin, et al. Properties of nylon 6 / PE-UHMW alloys[J]. Engineering Plastics Application, 2019, 47(4) : 24-29.

有一定反应活性的结晶聚合物,具有较好的强度、刚性、耐热性能^[4-7];同样由于其极性较强,导致其吸水率较大且冲击韧性较差,同时受吸水率大的影响,其尺寸稳定性和绝缘性能也较差。超高分子量聚乙烯(PE-UHMW),是一种分子具有线型结构分子量高达 150 万以上的热塑性工程塑料,具有普通聚乙烯和其它工程塑料无可比拟的耐磨、耐冲击、自润滑、耐腐蚀、耐低温、卫生无毒、不易粘附、不易吸水、密度较小等综合性能^[8-12];而且价格适中,几乎集中了各种塑料的优点,目前还没有一种单纯的高分子材料兼有如此众多的优异性能。PA6 和 PE-UHMW 的共混改性制备的合金,兼具 PA6 和 PE-UHMW 的特点,可以有效地改善 PA6 的缺点,多年来一直是塑料改性研究的重点^[13-15]。

为了解 PA6 / PE-UHMW 合金的性能,笔者以 PA6 为第一主份、PE-UHMW 为第二主份,利用共混改性方法制备了 PA6 / PE-UHMW 合金,并对其相关性能进行了研究。PA6 为极性材料而 PE-UHMW 为非极性材料,两者的相容性较差,因此制备合金时,需要添加相关的增容剂来进行增容。聚烯烃接枝马来酸酐,一端的 MAH 基团可以与 PA6 中的酰胺基团反应,形成新结构,而另一端的聚烯烃为非极性材料与 PE-UHMW 有较好的相容性,因此聚烯烃接枝马来酸酐材料可以对 PA6 和 PE-UHMW 起到较好的增容效果,可以作为 PA6 / PE-UHMW 合金材料的增容剂。笔者首先研究了聚烯烃接枝马来酸酐弹性体(POE-g-MAH)、聚乙烯接枝马来酸酐(PE-g-MAH)这两种增容剂对 PA6 / PE-UHMW 合金材料的性能影响;其次,选择了 PE-g-MAH 作为增容剂,通过添加不同含量的 PE-g-MAH 对 PA6, PE-UHMW 进行增容,研究了 PE-g-MAH 添加量对 PA6 / PE-UHMW 合金的性能影响;最后,选择添加 10 份 PE-g-MAH 对 PA6, PE-UHMW 不同配比的合金进行增容,研究了 PE-UHMW 含量变化对 PA6 / PE-UHMW 合金的性能影响。

1 实验部分

1.1 主要原材料

PA6 : YH3400, 岳阳巴陵石化化纤有限公司;

PE-UHMW : GK02, 北京燕山石油化工有限公司;

POE-g-MAH : 5170, 海尔科化工程塑料国家工程研究中心股份有限公司;

PE-g-MAH : 9925, 上海久聚高分子材料有限公司;

抗氧剂 1098、168 和润滑剂硬脂酸钙: 市售。

1.2 主要仪器及设备

双螺杆挤出机: TE-35 型, 南京科亚机械制造有限公司;

注塑机: LY-80 型, 张家港利源机械公司;

高速混合机: SHR-10 型, 江苏白熊机械集团公司;

万能材料试验机: MT4204 型, 深圳市新三思计量技术有限公司;

冲击试验机: XJJ-50 型, 承德材料试验机厂;

熔体流动速率(MFR)测定仪: XNR-400 型, 承德材料试验机厂;

热变形维卡温度测定仪: XWR-300D 型, 承德材料试验机厂;

真空干燥箱: ZK072 型, 上海市研究仪器总厂;

分析天平: ME104E 型, 梅特勒-托利多国际贸易(上海)有限公司。

1.3 试样制备

将 PA6 材料干燥进行防潮包装待用, 按照表 1 配方, 将材料称量好, 加入到高速混合机中混合均匀, 然后加入到同向双螺杆挤出机中熔融挤出, 挤出料条经过水冷、吹风机吹干后利用切粒机造粒得到粒料。挤出机喂料段温度为 180℃, 熔融段温度为 240~260℃, 机头段温度为 260℃, 喂料螺杆转速为 5~7 r/min, 主机螺杆转速为 240~280 r/min。将制得的粒料干燥后, 利用注塑机制备标准试样。注塑温度为 260~280℃, 注塑压力为 120 MPa, 冷却时间为 45 s。

表 1 PA6 / PE-UHMW 合金配方 份

试样 编号	PA6	PE-UHMW	POE-g-MAH	PE-g-MAH	其它助 剂总和
1 [#]	70	20	10		0.5
2 [#]	50	40	10		0.5
3 [#]	70	20		10	0.5
4 [#]	50	40		10	0.5
5 [#]	70	25		5	0.5
6 [#]	70	15		15	0.5
7 [#]	90			10	0.5
8 [#]	80	10		10	0.5
9 [#]	60	30		10	0.5

注: 其它助剂指抗氧剂 1098、168 和润滑剂硬脂酸钙, 用量分别为 0.1 份, 0.2 份, 0.2 份。

1.4 测试与表征

拉伸性能按 GB / T 1040-2006 测试, 拉伸速率

为 50 mm/min;

弯曲性能按 GB/T 9341-2008 测试,测试速率为 2 mm/min;

缺口冲击强度按 GB/T 1043-2008 测试,缺口类型为 A 型;

MFR 按 GB/T 3682-2000 测试,温度 230 ℃,负荷 2.16 kg;

维卡软化点按 GB/T 1633-2000 测试,负荷 50 N,加热速率为 50 ℃/h;

吸水率按 GB/T 1034-2008 测试,水浴温度 23 ℃,时间 48 h。

2 结果与讨论

2.1 不同种类增容剂对 PA6/PE-UHMW 合金的性能影响

为了研究不同型号增容剂对 PA6/PE-UHMW 合金性能的影响,选用 POE-g-MAH, PE-g-MAH 作为增容剂对 PA6/PE-UHMW 合金性能进行研究,对表 1 中配方编号 1[#]~4[#] 进行性能测试,其结果如表 2 所示。

表 2 添加不同型号增容剂的 PA6/PE-UHMW 合金材料性能

项目	试样编号			
	1 [#]	2 [#]	3 [#]	4 [#]
拉伸强度/MPa	36.6	29.6	42.8	35.7
断裂伸长率/%	48.8	93.4	91.6	136.6
弯曲强度/MPa	40.1	25.5	49.8	35.1
弯曲弹性模量/MPa	955.4	650.9	1351.6	1015.9
缺口冲击强度/(kJ·m ⁻²)	16.6	26.1	13.8	17.2
MFR/[g·(10 min) ⁻¹]	0.84	0.06	0.79	0.07
维卡软化点/℃	129.5	95.5	143.5	120.7

由表 2 可以看出,当合金中 PE-UHMW 由 20 份增大到 40 份时,合金材料的韧性均有不同程度的提高,而强度、流动性、耐热性均有不同程度的降低。这是因为 PE-UHMW 的强度、流动性、耐热性相对于 PA6 较低,而韧性相对于 PA6 较高,增容剂比例不变时,随着 PE-UHMW 含量的增加,合金中强度、流动性、耐热性较高而韧性较差的 PA6 的比例减少,导致合金的韧性提高而强度、流动性、耐热性降低。其中,添加 PE-g-MAH 的合金材料较添加 POE-g-MAH 的合金除缺口冲击强度较低、MFR 相当外其它性能均较高。这可能是因为,添加增容剂 POE-g-MAH, PE-g-MAH 后,这两种增容剂都可以和 PE-UHMW 对 PA6 起到协同增韧的作用,而 POE-g-MAH 较 PE-g-MAH 更加柔韧,受到外界应力作用时 POE-g-MAH 较 PE-g-MAH 可以诱发更多的银纹和剪切带^[16-17],吸收更多的能量,进而使

合金材料具有更高的缺口冲击强度;由于两种增容剂都含有 MAH 端,都与 PA6 的酰胺基发生交联反应,且交联程度相当,导致添加这两种增容剂时 PA6/PE-UHMW 合金的 MFR 降低且相当;另外, PE-g-MAH 中的 PE 端相对于 POE-g-MAH 中的 POE 端与 PE-UHMW 的结构更加相似,可以更好地相容,结合得更加紧密,当合金受到拉伸时不容易断裂,因此,添加 PE-g-MAH 的合金的断裂伸长率较高;PE-g-MAH 较 POE-g-MAH 具有更高的强度和耐热性能,所以添加 PE-g-MAH 的合金的拉伸强度、弯曲强度、弯曲弹性模量、维卡软化点较高。可见,当 PA6/PE-UHMW 合金中 PA6, PE-UHMW 比例一样时,添加 PE-g-MAH 的合金的综合性能优于添加 POE-g-MAH 的合金材料。当 PE-UHMW 由 20 份变为 40 份时,添加 10 份不同类型的增容剂 POE-g-MAH, PE-g-MAH 的合金性能变化具体情况为:添加 POE-g-MAH 时,合金的拉伸强度、弯曲强度、弯曲弹性模量、MFR、维卡软化点分别由 36.6 MPa, 40.1 MPa, 955.4 MPa, 0.84 g/10 min, 129.5 ℃, 降低至 29.6 MPa, 25.5 MPa, 650.9 MPa, 0.06 g/10 min, 95.5 ℃, 降低幅度分别为 19.1%, 36.4%, 31.9%, 92.9%, 26.3%, 而断裂伸长率、缺口冲击强度分别由 48.8%, 16.6 kJ/m² 提高至 93.4%, 26.1 kJ/m², 提高幅度分别为 91.4%, 57.2%; 添加 PE-g-MAH 时,合金的拉伸强度、弯曲强度、弯曲弹性模量、MFR、维卡软化点分别由 42.8 MPa, 49.8 MPa, 1351.6 MPa, 0.79 g/10 min, 143.5 ℃, 降至 35.7, 35.1 MPa, 1015.9 MPa, 0.07 g/10 min, 120.7 ℃, 降低幅度分别为 16.6%, 29.5%, 24.8%, 91.1%, 15.9%, 而断裂伸长率、缺口冲击强度分别由 91.6%, 13.8 kJ/m² 提高至 136.6%, 17.2 kJ/m², 提高幅度分别为 49.1%, 24.6%。

2.2 增容剂含量对 PA6/PE-UHMW 合金的性能影响

为了研究增容剂含量变化对 PA6/PE-UHMW 合金的性能影响,选择了综合效果较好的 PE-g-MAH 为增容剂,通过改变其添加量对 PA6/PE-UHMW 合金材料进行了改性研究,具体按照表 1 中 3[#], 5[#], 6[#] 试样, PE-g-MAH 添加量对 PA6/PE-UHMW 合金性能影响具体如图 1~图 3 所示。

从图 1~图 3 可以看出,当 PA6 添加 70 份不变时, PE-g-MAH 的添加量由 5 份增至 15 份时, PA6/PE-UHMW 合金的韧性逐步提高,而强度先降低

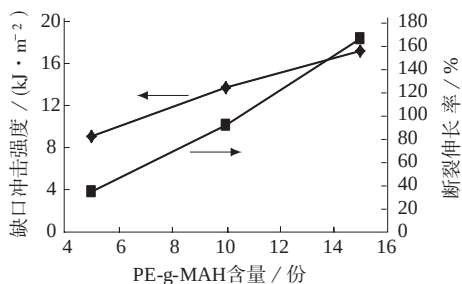


图1 不同 PE-g-MAH 用量的 PA6 / PE-UHMW 合金的
缺口冲击强度和断裂伸长率

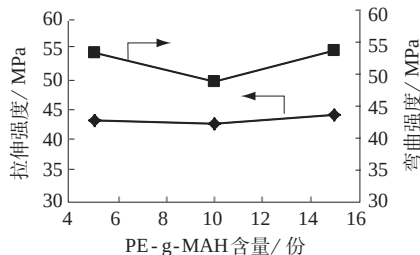


图2 不同 PE-g-MAH 用量的 PA6 / PE-UHMW 合金的
拉伸强度和弯曲强度

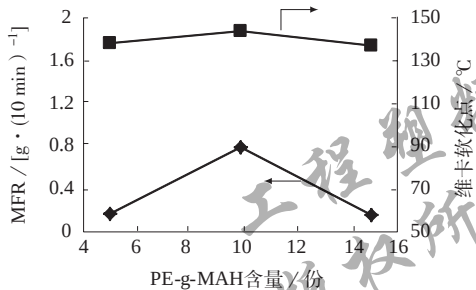


图3 不同 PE-g-MAH 用量的 PA6 / PE-UHMW 合金的 MFR 和
维卡软化点

后提高,流动性、耐热性先提高后降低。这是因为随着 PE-g-MAH 含量的增加,可以连接 PA6, PE-UHMW 的成分逐步增多,PA6, PE-UHMW 的结合也更加紧密,在 PE-g-MAH 和 PE-UHMW 协同作用下,材料受到外力作用时引发的银纹和剪切带逐步增多,可吸收能量也逐步增多,因此合金的韧性呈上升趋势;另外, PE-g-MAH 的强度比 PE-UHMW 低,随着 PE-g-MAH 含量的增加,相对于 PE-UHMW 含量降低,所以合金的强度先呈现下降趋势,同时当 PE-g-MAH 的含量增加时 PA6, PE-UHMW 结合得也更加紧密,当 PE-g-MAH 的量达到一定程度时,合金受到外力作用时这种结合力起到了主要作用,此时材料的强度又呈现上升趋势;再者, PE-g-MAH 相对于 PE-UHMW 流动性较好,随着 PE-g-MAH 含量的增加,流动性呈上升趋势,但当 PE-g-MAH 含量增加时 PE-g-MAH 与 PA6 形成的交联部分逐步提高,材料的流动性会降低,当 PE-g-MAH

的含量达到一定程度时,交联逐步成为影响流动性的主要因素,合金的流动性又会呈现下降趋势,同样虽然 PE-g-MAH 的耐热性比 PE-UHMW 低,随着 PE-g-MAH 含量的增加,合金受此影响耐热性会降低,但此时由于合金的交联也会使合金的耐热性提高,可能初期交联提高耐热起到主要作用,此时合金的耐热性呈现上升趋势,而后来 PE-g-MAH 含量增加,合金耐热逐步起到交联作用,此时合金的耐热性又会呈现下降趋势。综合来看,当 PA6 为 70 份, PE-UHMW 与 PE-g-MAH 均为 15 份即 PE-UHMW, PE-g-MAH 质量比为 1 : 1 时,合金的综合性能较好,这是因为,此时合金中 PE-UHMW 和 PE-g-MAH 中的乙烯单元数量相当, PE-UHMW 和 PE-g-MAH 可以较充分与 PA6 紧密结合,合金成为较为均一-结实整体,使合金材料的综合性能较好。合金的缺口冲击强度为 17.3 kJ/m²,断裂伸长率为 166.1%,拉伸强度为 44.3 MPa,弯曲强度为 55.0 MPa, MFR 为 0.15 g / 10 min,维卡软化点为 136.9℃。

2.3 PE-UHMW 添加量对 PA6 / PE-UHMW 合金性能的影响

为研究 PE-UHMW 添加量对 PA6 / PE-UHMW 合金材料的性能影响,笔者采用 10 份 PE-g-MAH 增容不同 PE-UHMW 含量的 PA6 / PE-UHMW 合金进行研究,不同 PE-UHMW 含量的 PA6 / PE-UHMW 合金的性能变化如图 4 ~ 图 6 所示。

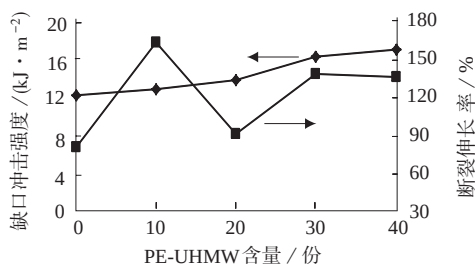


图4 不同 PE-UHMW 用量的 PA6 / PE-UHMW 合金的缺口
冲击强度和断裂伸长率

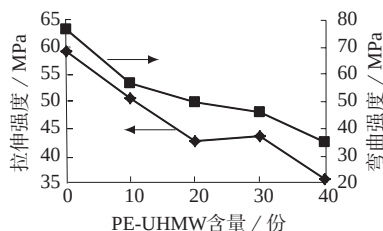


图5 不同 PE-UHMW 用量的 PA6 / PE-UHMW 合金的拉伸强度和
弯曲强度

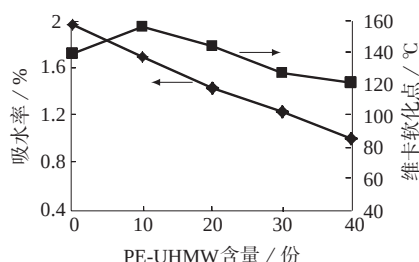


图6 不同 PE-UHMW 用量的 PA6 / PE-UHMW 合金的吸水率和维卡软化点

从图4~图6可以看出,当 PE-UHMW 的含量由 0 份增至 40 份时, PA6 / PE-UHMW 合金的拉伸强度、弯曲强度、维卡软化点、吸水率大体呈下降趋势,而缺口冲击强度呈现上升趋势,断裂伸长率变化较为复杂呈现先上升再下降再上升最后基本平稳的趋势。原因可能是, PE-UHMW 与 PA6 相比拉伸强度、弯曲强度、维卡软化点、吸水率较低而缺口冲击强度较高,当 PE-UHMW 的含量由 0 份增至 40 份时,合金的强度、耐热、吸水率较低且韧性较高的部分逐步增加,因此合金的拉伸强度、弯曲强度、维卡软化点、吸水率大体呈下降趋势,而缺口冲击强度呈现上升趋势;另外,对于合金的断裂伸长率,由于随着 PE-UHMW 含量的增加, PE-UHMW 通过 PE-g-MAH 与 PA6 可以较完全的结合,而 PE-UHMW 与 PA6 结合的部分具备更好的延伸性能且比例逐步增加,故此合金的断裂伸长率呈上升趋势,随着 PE-UHMW 的含量继续增加到一定量时出现部分 PE-UHMW 无法与 PA6 结合,分散于合金中,以非连续相形式存在于合金中,对合金的断裂伸长率起到负面效果,此时随着 PE-UHMW 量的增加,合金的断裂伸长率呈现下降趋势,但当这些未能与结合 PA6 的 PE-UHMW 量增加到一定程度时,又会在合金材料中形成连续相,对合金的断裂伸长率起到正面作用,随着 PE-UHMW 的量增加,此时合金的断裂伸长率又呈现上升趋势,当 PE-UHMW 量增加到一定程度时, PE-UHMW 对合金材料断裂伸长率的影响基本稳定下来。综上可见,当 PE-g-MAH 含量为 10 份, PA6, PE-UHMW 的总量为 90 份,随着 PE-UHMW 含量的增加,合金的拉伸强度、弯曲强度、维卡软化点、吸水率大体呈下降趋势,而缺口冲击强度呈现上升趋势,断裂伸长率变化较为复杂呈现先上升再下降再上升最后基本平稳的趋势,当 PE-UHMW 的含量与 PE-g-MAH 一样为 10 质量份时,合金具有较好的综合性能,这同样是因为此时合金中 PE-UHMW 和 PE-g-MAH 中的乙烯

单元数量相当, PE-UHMW 和 PE-g-MAH 可以较为充分与 PA6 紧密结合,合金成为较为均一结实的整体。合金的缺口冲击强度为 12.8 kJ/m^2 ,断裂伸长率为 162.9%,拉伸强度为 50.7 MPa,弯曲强度为 56.7 MPa,吸水率为 1.65%,维卡软化点为 155.8℃。

3 结论

(1) 将质量份数为 10 份的增容剂 POE-g-MAH, PE-g-MAH 添加到不同配比 PA6 / PE-UHMW 混合料中,当合金中 PA6、PE-UHMW 比例一样时,添加 PE-g-MAH 的合金的综合性能优于添加 POE-g-MAH 的合金;且当合金中 PE-UHMW 由 20 份增大到 40 份,添加增容剂 POE-g-MAH, PE-g-MAH 时,合金的韧性均有不同程度的提高,而强度、流动性、耐热性均有不同程度的降低。

(2) 当 PA6 含量为 70 份不变, PE-g-MAH 的含量由 5 份增至 15 份时, PA6 / PE-UHMW 合金的韧性逐步提高,而强度先降低后提高,流动性、耐热性先提高后降低;且当 PE-UHMW 与 PE-g-MAH 均为 15 份时,合金的综合性能较好,缺口冲击强度为 17.3 kJ/m^2 ,断裂伸长率为 166.1%,拉伸强度为 44.3 MPa,弯曲强度为 55.0 MPa, MFR 为 0.15 g/10 min ,维卡软化点为 136.9℃。

(3) 添加质量份数为 10 份的 PE-g-MAH 增容不同配比 PA6, PE-UHMW 混合料,当 PE-UHMW 的含量由 0 份增至 40 份时, PA6 / PE-UHMW 合金的拉伸强度、弯曲强度、维卡软化点、吸水率大体上呈下降趋势,而缺口冲击强度呈现上升趋势,断裂伸长率呈现先上升再下降再上升最后基本平稳的趋势;且当 PE-UHMW 含量与 PE-g-MAH 一样为 10 份时,合金具有较好的综合性能,缺口冲击强度为 12.8 kJ/m^2 ,断裂伸长率为 162.9%,拉伸强度为 50.7 MPa,弯曲强度为 56.7 MPa,吸水率为 1.65%,维卡软化点为 155.8℃。

参考文献

- [1] 张婷婷,赵献峰. 尼龙 6 改性研究 [J]. 山西化工, 2018, 38(4):132-134.
Zhang Tingting, Zhao Xianfeng. Study on modification of nylon 6 [J]. Shanxi Chemical Industry, 2018, 38(4):132-134.
- [2] 董建勋,何泽涵,杨光杰,等. 我国尼龙 6 和尼龙 66 发展研究 [J]. 能源与环境, 2018, 40(6):162-164.
Dong Jianxun, He Zehan, Yang Guangjie, et al. Study on development of nylon 6 and nylon 66 in China [J]. China Energy and Environmental Protection, 2018, 40(6):162-164.
- [3] 孙彩虹,毕静利,张艳君,等. 尼龙 6 物理改性技术研究进展 [J].

- 山东化工,2018,47(11):55-56.
- Sun Caihong, Bi Jingli, Zhang Yanjun, et al. Research progress on physical modification technology of nylon 6[J]. Shandong Chemical Industry, 2018, 47(11):55-56.
- [4] 湛继宗,周创业,何勇. PA6/PA102 共混物性能研究[J]. 合成技术及应用,2018,33(3):27-31.
- Chen Jizong, Zhou Chuangye, He Yong. Study on properties of PA6/PA102 blends[J]. Synthetic Technology and Application, 2018, 33(3):27-31.
- [5] 陈欣,马敬红,龚静华. 凉感锦纶6的制备与工艺研究[J]. 合成纤维,2018,47(7):7-10.
- Chen Xin, Ma Jinghong, Gong Jinghua. Study on preparation and process of cool-feeling polyamide 6 fiber[J]. Synthetic Fiber in China, 2018, 47(7):7-10.
- [6] 刘冰灵,聂耀辉,金志学,等. 远红外锦纶6的制备及其性能[J]. 纺织导报,2018(7):48-51.
- Liu Bingling, Nie Yaohui, Jin Zhixue, et al. Preparation and performance of far-infrared PA6 fiber[J]. China Textile Leader, 2018(7):48-51.
- [7] 田银彩,张浩鹏,李根宇. CaCl_2 对 PA6 结构和力学性能影响[J]. 塑料,2018,47(3):23-26.
- Tian Yincui, Zhang Haopeng, Li Genyu. Effect of CaCl_2 on the structure and mechanical property[J]. Plastics, 2018, 47(3):23-26.
- [8] 王绪财,王伟,陈春晓,等. 超高分子量聚乙烯复合材料抗多发弹性能试验研究[J]. 中国测试,2018,44(10):145-150.
- Wang Xucai, Wang Wei, Chen Chunxiao, et al. Experimental study on the multi-hit performance of PE-UHMW composite material[J]. China Measurement & Test, 2018, 44(10):145-150.
- [9] 侯慧玉. 超高分子量聚乙烯材料在石油化工企业的应用[J]. 山东化工,2018,47(16):114-115.
- Hou Huiyu. Application of ultra-high molecular weight polyethylene material to petroleum chemical industry[J]. Shandong Chemical Industry, 2018, 47(16):114-115.
- [10] 杨萌,赵宁,徐坚. 超高分子量聚乙烯功能复合材料及其应用[J]. 高分子通报,2018(8):25-32.
- Yang Meng, Zhao Ning, Xu Jian. Ultra-high molecular weight polyethylene-based functional composite materials and applications[J]. Polymer Bulletin, 2018(8):25-32.
- [11] 陈雪雪. 超高分子量聚乙烯及其改性材料的消声减振性能研究[D]. 太原:中北大学,2018.
- Chen Xuexue. Noise reduction and damping performance of ultra-high molecular weight polyethylene[D]. Taiyuan:North University of China, 2018.
- [12] 常铁,袁成清,郭智威. 老化状态下的 PE-UHMW 干摩擦行为研究[J]. 摩擦学学报,2018,38(4):468-477.
- Chang Tie, Yuan Chengqing, Guo Zhiwei. Dry sliding behavior of PE-UHMW under aged condition[J]. Tribology, 2018, 38(4):468-477.
- [13] 许睿,薛平,马海霞,等. 尼龙6改性超高分子量聚乙烯[J]. 工程塑料应用,2017,45(8):29-33.
- Xu Rui, Xue Ping, Ma Haixia, et al. Ultra high molecular weight polyethylene modified by nylon 6[J]. Engineering Plastics Application, 2017, 45(8):29-33.
- [14] 吴进雪,王亚洁,谭洪生,等. PA6/POE-g-MAH/PE-UHMW 材料的制备及性能[J]. 工程塑料应用,2017,45(7):96-100.
- Wu Jinxue, Wang Yajie, Tan Hongsheng, et al. Preparation and properties of PA6/POE-g-MAH/PE-UHMW composites[J]. Engineering Plastics Application, 2017, 45(7):96-100.
- [15] 游一兰,刘士军,李笃信,等. HDPE 三单体固相接枝物的制备及其对 PA6/PE-UHMW 的改性研究[J]. 塑料工业,2016,44(6):38-40,52.
- You Yilan, Liu Shijun, Li Duxin, et al. The preparation of ternary-monomer graft copolymers of HDPE by solid-phase grafting method and its application on the modification of PA6/PE-UHMW[J]. China Plastics Industry, 2016, 44(6):38-40, 52.
- [16] 陈相见. 弹性体增韧半芳香尼龙 PA12T 复合材料的制备与性能研究[D]. 郑州:郑州大学,2018.
- Chen Xiangjian. Preparation and properties of elastomer toughened semi-aromatic PA12T composites[D]. Zhengzhou:Zhengzhou University, 2018.
- [17] 李童. 核壳结构改性剂改性尼龙的研究[D]. 长春:长春工业大学,2017.
- Li Tong. Study on modification of nylon by core-shell structure modifier[D]. Changchun:Changchun University of Technology, 2017.

欢迎订阅 2019 年《工程塑料应用》、《化学分析计量》杂志

邮发代号 24-42, 24-138 全国各地邮局均可订阅

欢迎广大读者到当地邮政局(所)订阅 2019 年《工程塑料应用》、《化学分析计量》杂志,订阅杂志及合订本光盘及过期刊物的读者可直接向杂志社办理订阅。《工程塑料应用》为月刊,大 16 开本,每月 10 日出版,2019 年定价 20 元/期,全年 240 元。《化学分析计量》为双月刊,大 16 开本,单月 20 日出版,2019 年定价 20 元/期,全年 120 元。

电话:(0531)85878223 85878057 传真:(0531)85947355