

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2015.01.003

可纺性 MCA 无卤永久阻燃 PA6 研究^{*}

时立程,张永,徐洪耀

(东华大学材料学院与纤维材料改性国家重点实验室,上海 201620)

摘要:通过熔融共混法制备了不同配比的尼龙 6(PA6)/磷酸三苯酯(TPP)/三聚氰胺氰尿酸盐(MCA)粒料,采用垂直水平燃烧仪、万能材料试验机、摆锤冲击试验机,研究了阻燃 PA6 粒料的组成对其阻燃和力学性能的影响。通过熔融纺丝技术证明了 PA6 阻燃粒料的可纺性,研究了材料组成对其纺丝性能的影响。使用纤维强伸度仪、热重分析仪研究了 PA6 纤维的组成对纤维力学性能和热性能的影响与规律。研究结果表明,TPP 含量的增加能够提高阻燃 PA6 粒料的阻燃等级,并且当 PA6:MCA:TPP 质量比为 90:9:0.3 时,PA6 具有较好的阻燃和力学性能。

关键词:尼龙 6;阻燃;纤维;力学性能

中图分类号:TQ323.6 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-3539(2015)01-0011-05

Study of Spinnable Halogen-free Flame-Retardant MCA/PA6

Shi Licheng, Zhang Yong, Xu Hongyao

(College of Material Science & State Key Laboratory for Modification of Chemical Fibers and Polymer Materials, Shanghai 201620, China)

Abstract: Nylon6(PA6)/three phosphoric acid phenyl ester(TPP)/melamine cyanurate(MCA) pellets were prepared through melt blending. The influence of flame retardant composition and structure on flame-retardant and mechanical properties of resulting PA6 pellets was studied with vertical horizontal combustion analyzer, universal testing machine and pendulum impact testing machine. The spinnability of flame retardant pellets was proved by the melt spinning technique. The influence of materials composition on the spinning performance of pellets was investigated. The influence of materials composition on mechanical and thermal properties of flame-retardant PA6 pellets was studied by fiber strength and elongation tester and thermogravimetric analyzer. The results show that flame-retardant rating of PA6 is improved with increasing of TPP content. The resultant flame-retardant PA6 possesses well flame-ratardancy and mechanical properties when the ratio of PA6:MCA:TPP at 90:9:0.3.

Keywords: PA6; flame retardancy; fiber; mechanical properties

尼龙(PA)具有优良的耐磨性、弹性和力学性能,可应用于建筑、化工、交通、军事、消防服装等领域。随着社会发展和科技进步,对阻燃材料的需求逐步提高,因此,阻燃 PA 材料,尤其是阻燃 PA 纤维材料的研究逐渐成为当今 PA 材料领域研究的热点。PA6 纤维的阻燃方法主要分为:后处理法^[1]、共聚合^[2]、复合纺丝法^[3-4]等。阻燃剂主要集中于无卤阻燃^[5-7]。大部分纤维的阻燃研究还是集中在对织物的阻燃后处理,但这种方法制备的阻燃纤维在机械摩擦与清洗后,性能损失较大,稳定性差^[8-9];共聚合中,由于阻燃剂的添加,对聚合体分子量和分子量分布产生较大影响,因此,聚合体的纺丝性能所受影响较大,至今还很难实现工业化生产;复合纺丝法主要是通过共混的方法,制备阻燃颗粒,然后进行熔融纺丝,制备阻燃纤维,这种纤维能够永久阻燃,并具有耐摩擦和耐清洗等特点,然而阻燃剂的组

成与结构对纤维阻燃和纺丝性能以及力学性能的影响与规律,至今还不清楚。

笔者主要采用三聚氰胺氰尿酸盐(MCA)作为无卤环保型阻燃剂^[10-13],以磷酸三苯酯(TPP)为助阻燃剂,通过熔融共混改性的方法,制备了阻燃性能优异的 MCA 无卤阻燃 PA 粒料,详细研究了阻燃剂组成及其分子结构对复合材料粒料阻燃、力学性能和可纺性的影响与规律。

1 实验部分

1.1 主要原材料

PA6: 相对黏度 $\eta=2.8$, 分子量为 15 000, 纺丝级, 广州新会美达锦纶股份有限公司;

MCA: 纯度 99%, 四川精细化工研究院;

^{*} 国家自然科学基金资助项目(21271040)

联系人: 时立程, 副教授, 主要从事功能复合材料的应用研究

收稿日期: 2014-10-27

N, N' -双-(3-(3,5-二叔丁基-4-羟基苯基)丙酰胺)己二胺:1098,纯度98%,巴斯夫化工公司;

双硬脂酸铝:铝含量>5.8%,中山市华明泰化工股份有限公司;

TPP:纯度98%,江苏雅克化工有限公司。

1.2 主要仪器及设备

真空干燥箱:JM-500ZGX型,上海金玛电光技术研究所;

复合纺丝机:ABE Ø25×2型,日本阿部公司;

平行牵伸机:TF-100型,苏州特发机电技术开发有限公司;

垂直水平燃烧仪:ATLAS/HVUL2型,美国锡莱—亚太拉斯有限公司;

万能材料试验机:ZWICK/Z010型,德国兹韦克公司;

摆锤冲击试验机:ZWICK-5113.300型,德国兹韦克公司;

纤维细度仪:XQ-1型,上海利浦应用科学技术研究所;

纤维强伸度仪:XQ-1型,上海利浦应用科学技术研究所;

热重(TG)分析仪:TG 209 F1型,德国耐驰仪器制造有限公司。

1.3 阻燃 PA6 材料的制备

(1) 阻燃 PA6 粒料的制备

按表1不同配方,称取各组分在高速混合器中混合均匀后,通过双螺杆挤出机挤出造粒。阻燃PA6纤维的纺丝条件见表2。

表1 材料配比

编号	PA6	MCA	1098	双硬脂酸铝	份
1 [#]	100				
2 [#]	90	9	0.2	0.5	
3 [#]	90	9	0.2	0.5	0.1
4 [#]	90	9	0.2	0.5	0.3
5 [#]	90	9	0.2	0.5	1
6 [#]	86	12	0.2	0.5	1

表2 阻燃 PA6 纤维的纺丝条件

编号	螺杆各区温度/℃				计量泵 温度/℃	弯管温 度/℃	箱体温 度/℃	卷绕速度/ (m·min ⁻¹)
	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄				
1 [#]	260	285	275	275	270	270	275	820
2 [#]	260	280	270	270	270	270	275	820
3 [#]	265	280	275	275	270	270	270	800
4 [#]	265	280	275	275	270	270	270	814
5 [#]	260	265	275	275	270	270	270	714
6 [#]	260	265	275	275	270	270	270	714

(2) 阻燃 PA6 纤维的制备。

称取各种阻燃PA6粒料约2 kg,置于125℃真空干燥箱干燥48 h,然后向粒料中加入2 g 润滑剂硬脂酸钙,采用复合纺丝机进行熔融纺丝,喷丝孔数为36,再经平行牵伸机拉伸。

1.4 性能测试

(1) 粒料性能测试。

垂直燃烧:采用垂直水平燃烧仪,按照ASTM D 5132-2004进行测试;

力学性能:采用万能材料试验机,按照GB/T 1040.1/2-2006测试拉伸强度,按照GB/T 9341-2000测试弯曲强度和弯曲弹性模量;采用摆锤冲击试验机,按照GB/T 1843-2008测试缺口冲击强度。

(2) 纤维性能测试。

力学性能:采用纤维细度仪和纤维强伸度仪联机操作,根据GB/T 14337-2008测试纤维力学性能;

TG分析:在高纯氮气,流量10 mL/min时吹扫气;在高纯氮气,流量20 mL/min时,从室温升温到700℃,升温速率为10℃/min时进行TG分析。

2 结果与讨论

2.1 阻燃性能测试

表3为PA6粒料的UL 94垂直燃烧测试结果。其中, t_1 , t_2 分别为第一次、第二次施焰后有焰燃烧时间, t_3 为第二次施焰后无焰燃烧时间。从表3可以看出,1[#]粒料的阻燃等级只有HB,加了阻燃剂之后的粒料明显比原料的阻燃等级有所提升。2[#]粒料比3[#],4[#],5[#]粒料阻燃性差,对比其组分,可以看出PA6与MCA质量比相同,但是2[#]粒料中没有添加TPP。TPP是一种有机磷系阻燃剂,在受强热后会分解为磷酸和聚磷酸,使得母体聚合物脱水炭化,所生成的炭层覆盖在材料上,能阻隔内部聚合物与氧气的接触,从而使聚合物与热源隔绝,降低了热分解过程。同时在强热下,TPP蒸发到气相中,产生 $PO_2\cdot$, $PO\cdot$ 和 $HPO\cdot$ 等活性自由基,可捕捉燃烧需要的 $H\cdot$ 和 $OH\cdot$ 等自由基,达到阻燃效果^[10,14-18]。TPP作为协同剂,与MCA协效阻燃,其产生的阻燃作用往往大于单一组分阻燃作用的简单叠加。比较5[#]和6[#]粒料,6[#]粒料阻燃性优于5[#]粒料,对比其组分,两者的 $m(\text{PA6}/\text{MCA})$ 不同,分别为10:1和7:1,这可能是因为阻燃剂MCA的比例增加,有效地提高了粒料的阻燃等级,材料燃烧时,MCA升华吸热分解成三聚氰胺以及氰尿酸,然后三嗪环在燃烧过程中会进一步分解成大量的 CO_2 , NH_3 等不燃性气

体,这些气体能稀释氧气浓度,并且能在材料表面形成一层气体保护层,从而达到阻燃效果^[11]。3[#],4[#],5[#]粒料的阻燃性能先增大后减小,对比其组分,两者的 $m(\text{PA6}/\text{MCA})$ 相同,只有 TPP 含量不同,分别为 0.1 份、0.3 份、1 份。从试验中发现,TPP 含量为 0.3 份的 4[#]粒料阻燃性能最好,这表示并不是 TPP 含量越多,阻燃性能越好,说明 MCA 与 TPP 的协同效应必须按一定比例复配才能达到最佳效果。

表 3 PA6 粒料的垂直燃烧试验

编号	厚度 / mm	t_1 / s	t_2 / s	t_2+t_3 / s	滴落	蔓延性	引燃性	阻燃等级
1 [#]	0.8	> 30			有	无	有	HB
		> 30			有	无	有	
		2.5	> 30		有	无	有	
	1.6	8.9	28.3		有	无	有	HB
		2.9	27.5		有	无	有	
		1.2	24.2		有	无	有	
2 [#]	0.8	1.2	1.1	1.1	有	无	有	V-2
		1.4	1.6	1.6	有	无	有	
		1.2	1.5	1.5	有	无	有	
	1.6	3.7	1.4	1.4	有	无	有	V-2
		4.5	2.3	2.3	有	无	有	
		2.7	1.9	1.9	有	无	有	
3 [#]	0.8	0.8	0.7	0.7	有	无	无	V-0
		0.8	0.8	0.8	有	无	无	
		0.9	1	1	有	无	无	
	1.6	0.7	0.8	0.8	有	无	无	V-0
		0.7	0.9	0.9	有	无	无	
		0.8	0.9	0.9	有	无	无	
4 [#]	0.8	0.7	0.8	0.8	有	无	无	V-0
		0.7	0.9	0.9	有	无	无	
		0.7	0.7	0.7	有	无	无	
	1.6	0.8	0.8	0.8	有	无	无	V-0
		0.7	0.9	0.9	有	无	无	
		0.9	0.7	0.7	有	无	无	
5 [#]	0.8	1.1	1.7	1.7	有	无	无	V-0
		1.1	1	1	有	无	无	
		1.1	1.5	1.5	有	无	无	
	1.6	3.2	0.9	0.9	有	无	无	V-2
		1.9	1.3	1.3	有	无	无	
		3.8	1.2	1.2	有	无	无	
6 [#]	0.8	1.2	0.9	0.9	有	无	无	V-0
		1.7	1.9	1.9	有	无	无	
		2.5	1.3	1.3	有	无	无	
	1.6	0.7	2.1	2.1	有	无	无	V-0
		1.5	2.1	2.1	有	无	无	
		2.1	1.3	1.3	有	无	无	

2.2 热性能测试

图 1 为氮气保护下 PA6 纤维的 TG 曲线图(纤维编号与粒料编号相对应)。由图 1 可以看出,纯 PA6 纤维热分解温度只有一个热分解平台,而阻燃 PA6 纤维在热分解过程中均出现了两个热分解阶段,2[#],3[#],4[#],5[#] 第一个分解平台的质量损失约为

9%,6[#] 第一个分解平台的质量损失约为 12%,这与体系中 MCA 的含量相当,可能是 MCA 的分解平台^[11],这表明在 PA6 分解之前, MCA 就已经完全分解了,商业化的 MCA 是以水为介质,三聚氰胺和氰脲酸通过氢键自组装形成巨大的氢键网络^[12]。MCA 是含氮阻燃剂,可以在受热分解过程中产生 CO_2 , NH_3 , N_2 等不燃气体,稀释可燃性气体浓度并且覆盖在聚合物周围从而阻碍聚合物与氧气的接触,发挥阻燃作用,并且 MCA 的升华温度为 350°C ,热分解温度约为 $440 \sim 450^\circ\text{C}$ 。从图 1 可以看出, MCA 均在 350°C 以下就开始升华或分解,这可能是因为 MCA 在与 PA6 共混时,样品由于受热以及双螺杆的剪切作用, MCA 的氢键受到一定程度的破坏,导致其热稳定性下降,所以在正常分解温度以下 MCA 就开始分解^[19]。第二个平台是母体 PA6 的分解平台,在热作用下, PA6 主链断裂同时释放出 NH_3 , H_2O , CO , CO_2 气体和碳氢化合物,并且阻燃 PA6 的第二分解温度比纯 PA6 的分解温度低,这可能是由于 MCA 与 PA6 强烈的氢键作用干扰了 PA6 的氢键网络^[13,20],当温度达到 600°C 时,材料几乎完全分解。

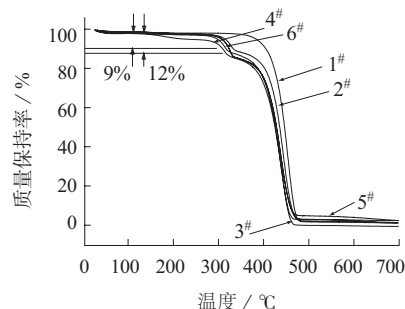


图 1 不同 PA66 纤维的 TG 图

2.3 力学性能测试

(1) 粒料力学性能测试。

表 4 为 PA6 粒料的力学性能。由表 4 可以看出,对于 PA6 与 MCA 质量比相同的 2[#],3[#],4[#],5[#] 粒料,添加了 TPP 后的 3[#],4[#],5[#] 粒料与未添加 TPP 的 2[#] 粒料相比,其拉伸强度下降,原因可能是 TPP 为小分子化合物,在基体材料中削弱了 PA6 分子链间的相互作用。而断裂伸长率、悬臂梁缺口冲击强度、弯曲强度和弯曲弹性模量均呈现上升趋势,原因可能是 TPP 为一种阻燃性增塑剂,它能增加材料的柔软性。6[#] 粒料与 5[#] 粒料相比,总体力学性能有所下降,尤其是断裂伸长率下降 23.3%、弯曲弹性模量下降 43.6%。原因可能是 6[#] 粒料中无机粒子阻燃剂

MCA 的比例较大,太多的 MCA 粒子不能被 PA6 聚合物基体包围,多余的 MCA 粒子由于氢键作用会聚合在一起^[20],从而使阻燃剂较难在母体中分散均匀,导致其应力集中点较多,力学性能较差,所以虽然 6[#] 粒料阻燃性能比 5[#] 优异,但是力学性能下降过多会影响材料的使用效能。3[#],4[#],5[#] 粒料中 PA6 与 MCA 质量比相同,差别是 TPP 含量不同,分别是 0.1 份、0.3 份、1 份。由表 4 可以看出,TPP 含量为 0.3 份的 4[#] 粒料拉伸强度、缺口冲击强度、弯曲强度、弯曲弹性模量最大,而断裂伸长率最小。原因可能是当 TPP 含量由 0.1 份增加到 0.3 份时,TPP 小分子可以填充 PA6 和 MCA 形成氢键的空隙,起到填补空隙的作用,使得材料的刚性增大,从而拉伸强度、悬臂梁缺口冲击强度、弯曲强度、弯曲弹性模量增大,断裂伸长率减小。而当 TPP 含量进一步由 0.3 份增加到 1 份时,小分子在母体材料中分散不均匀,导致产生应力缺陷点,使得拉伸强度、悬臂梁缺口冲击强度、弯曲强度、弯曲弹性模量减小,而断裂伸长率增大的原因可能是过量的 TPP 含有大量柔性的 P—O 键,此时柔性增大的效果大于刚性增大的效果。

表 4 PA6 粒料的力学性能

编号	拉伸强度 / MPa	断裂伸长率 / %	缺口冲击强度 / (kJ·m ⁻²)	弯曲强度 / MPa	弯曲弹性模量 / MPa
1 [#]	74.7	43.0	4.6	96.4	2316.5
2 [#]	78.0	11.3	5.3	108.5	3064.5
3 [#]	74.3	12.9	5.7	111.9	3368.5
4 [#]	75.4	11.6	5.8	112.0	3469.0
5 [#]	74.6	12.9	5.7	111.4	3468.5
6 [#]	74.4	9.9	5.6	111.7	1957.6

(2) 纤维力学性能测试。

表 5 为 PA6 粒料纺出的纤维单丝力学性能。与原料 1[#] 纤维相比,其余几组纤维的综合力学性能有所下降。对比拉伸倍数相同的 2[#],5[#] 纤维,两者 $m(\text{PA6}/\text{MCA})$ 相同,添加了 TPP 的 5[#] 纤维的断裂力、断裂伸长率、弹性模量比 2[#] 高,但是强度比 2[#] 小,前者原因可能是作为阻燃性增塑剂的 TPP 能增加材料的柔软性,所以使得断裂力、断裂伸长率、弹性模量升高,后者原因可能是 TPP 为小分子化合物,在基体材料中削弱了 PA6 分子链间的相互作用。对比拉伸倍数相同的 5[#],6[#] 纤维单丝的力学性能可以看出,两者断裂伸长率相差不大,但是 6[#] 纤维的弹性模量和强度均比 5[#] 下降的多,由于弹性模量反应材料产生变形的难易程度,也即在相同的应力下,6[#] 纤维会产生较大的形变,这会影响材料的使用效

能。导致这种现象产生的原因可能是 6[#] 纤维中阻燃剂 MCA 的比例较大,太多的 MCA 粒子不能被母体 PA6 聚合物包围,多余的 MCA 粒子由于氢键作用会聚合在一起,使得 MCA 粒度较大,导致在纺丝过程中阻燃剂在纤维中难以分布均匀,极易产生应力集中点,降低其纤维力学性能。从表 5 能看出,根据纤维所能经受的拉伸倍数,1[#],2[#],5[#],6[#] 纤维均能经受住 3.5 倍的牵伸,而 3[#],4[#] 纤维最多只能经受得住 3 倍的牵伸,这直接说明 3[#] 和 4[#] 纤维的力学性能有所下降,也即在阻燃性能大大提高的同时,其纤维的力学性能有所下降,可能原因是阻燃性增塑剂 TPP 含量的下降,导致纤维的柔软性下降,进而造成牵伸倍数的下降。但是在该 TPP 含量下纤维仍然具有可纺性。

表 5 PA6 纤维单丝的力学性能

编号	拉伸倍数	断裂力 / cN	断裂伸长率 / %	纤度 / dtex	强度 / (cN / dtex)	弹性模量 / (cN / dtex)
1 [#]	3.5	20.90	58.60	3.92	5.33	11.80
2 [#]	3.5	11.86	50.30	3.45	3.46	11.60
3 [#]	3.0	12.21	19.7	1.71	7.17	20.2
4 [#]	3.0	10.74	41.3	1.97	5.56	15.6
5 [#]	3.5	12.76	58.90	3.67	3.19	17.20
6 [#]	3.5	15.16	59.30	6.16	2.45	8.40

3 结论

(1) 当 $m(\text{PA6}) : m(\text{MCA}) : m(\text{TPP}) = 90 : 9 : 0.3$ 时,阻燃 PA6 粒料的阻燃性能达 V-0 等级,说明 TPP 协效 MCA 阻燃 PA6,只有在 TPP 与 MCA 达到一定比例时才具有最佳效果,同时保证了 PA6 粒料具有一定的综合力学性能。

(2) 无卤阻燃 PA6 具备可纺性以及阻燃性,同时随着阻燃性能提高,纤维力学性能有所下降。TG 结果表明,共混过程影响 PA6 与 MCA 的氢键体系,使得两者分解温度降低,从而纤维具有一定阻燃性。

参考文献

- [1] Zhang Tao, Yan Hongqiang, Wang Lili, et al. Controlled formation of self-extinguishing intumescent coating on ramie fabric via layer-by-layer assembly [J]. Industrial & Engineering Chemistry Research, 2013, 52:6 138-6 146.
- [2] 刘健飞,梁倩倩,江涌. 一种耐熔滴无卤阻燃 PTT 聚酯树脂的制备方法: 中国, 103030796[P]. 2013-04-10.
Liu Jianfei, Liang Qianqian, Jiang Yong. Preparation method of molten-drop-resistant halogen-free flame-retardant PTT (polytrimethylene terephthalate) polyester resin: CN103030796[P]. 2013-04-10.
- [3] 徐醒我,葛建军. 一种阻燃 PTT 纤维制备方法: 中国, 103013064[P]. 2013-04-03.

- Xu Xingwo, Ge Jianjun. Preparation method of anti-flaming PTT (polytrimethylene terephthalate) fiber: CN103013064[P]. 2013-04-03.
- [4] 黄文平. 耐高温金丝绒羊毛圈复合呢: 中国, 102888695[P]. 2013-01-23.
- Huang Wenping. Gold-thread wool circle composite cloth resistant to high temperature: CN103013064[P]. 2013-01-23.
- [5] Balabano vich A I, Eng elmann J. Fire retardant and charring effect of poly(sulfo nyldiphenylene phenylphosphonate) in poly(butylenes terephthalate)[J]. Polymer Degradation and Stability, 2003, 79(1):85-92.
- [6] Ban Danming, Wang Yuzhong, Yang Bing, et al. A novel non-dripping oligomeric flame retardant for polyethylene terephthalate [J]. European Polymer Journal, 2004, 40(8):1 909-1 913.
- [7] Ru Jongjeng, Shi Minshau, Jiang Jenlin, et al. Flame retardant epoxy polymers based on all phosphorus-containing components [J]. European Polymer Journal, 2002, 38(4):683-693.
- [8] Richard Horrocks A. Textile flammability research since 1980—Personal challenges and partial solutions [J]. Polymer Degradation and Stability, 2013, 98:2 813-2 824.
- [9] Horrocks A R, Kandola B K, Davies P J, et al. Developments in flame retardant textiles—a review [J]. Polymer Degradation and Stability, 2005, 88:3-12.
- [10] Isbasar C, Hacaloglu J. Investigation of thermal degradation characteristics of polyamide-6 containing melamine or melamine cyanurate via direct pyrolysis mass spectrometry[J]. Journal of Analytical and Applied Pyrolysis, 2012, 98:221-230.
- [11] Lu Xiushou, Qiao Xiying, Tao Yang, et al. Preparation and properties of environmental friendly nonhalogen flame retardant melamine cyanurate / nylon 66 composites [J]. Journal of Applied Polymer Science, 2011, 122(3):1 688-1 697.
- [12] 刘鹏举, 阳葵, 刘渊, 等. 高分散型三聚氰胺氰尿酸阻燃尼龙 66 的研究 [J]. 工程塑料应用, 2013(3): 11-15.
- Liu Pengju, Yang Yan, Liu Yuan, et al. Highly dispersing melamine cyanurate flame retardant Nylon 66[J]. Engineering Plastics Application, 2013(3):11-15.
- [13] Zheng Xiaorui, Wang Guojian, Wei Xua. Roles of organically-modified montmorillonite and phosphorous flame retardant during the combustion of rigid polyurethane foam[J]. Polymer Degradation and Stability, 2014, 101:32-39.
- [14] Rimdusit S, Thamprasom N, Suppakarn N, et al. Effect of triphenyl phosphate flame retardant on properties of arylamine - based polybenzoxazines [J]. Journal of Applied Polymer Science, 2013, 130(2):1 074-1 083.
- [15] Kiliaris P, Papaspyrides C D, Xalter B R. Study on the properties of polyamide 6 blended with melamine polyphosphate and layered silicates [J]. Polymer Degradation and Stability, 2012, 97:1 215-1 222.
- [16] Horrocks A R, Smart G, Kandola B, et al. Zinc stannate interactions with flame retardants in polyamides Part 2: Potential synergies with non-halogen-containing flame retardants in polyamide 6 (PA6)[J]. Polymer Degradation and Stability, 2012, 97:645-652.
- [17] Sun Jun, Gu Xiaoyu, Dong Qiulan, et al. Durable flame-retardant finishing for polyamide 66 fabrics by surface hydroxymethylation and crosslinking [J]. Polymer Advance Technology, 2013, 24:10-14.
- [18] Korobeinichev O P, Paletsky A A, Kuibida L V, et al. Reduction of flammability of ultrahigh-molecular-weight polyethylene by using triphenyl phosphate additives [J]. Proceedings of the Combustion Institute, 2013, 34:2 699-2 706.
- [19] Kiliaris P, Papaspyrides C D, Pfaendner R. Polyamide 6 filled with melamine cyanurate and layered silicates: evaluation of flame retardancy and physical properties [J]. Macromolecular Materials and Engineering, 2008, 293(9):740-751.
- [20] Hu Yuan, Wang Shaofeng, Ling Zhihua, et al. Preparation and combustion properties of flame retardant nylon 6 / montmorillonite nanocomposite [J]. Macromolecular Materials and Engineering, 2003, 288(3):272-276.

2018 全球生物塑料产能将达到 670 万 t

在近日于布鲁塞尔举行的第 9 届欧洲生物塑料会议上, 欧洲生物塑料协会预测, 未来 4 年全球生物塑料产能将急剧增长, 到 2018 年将达到 670 万 t 左右, 是 2013 年的 4 倍多。

该协会称, 全球生物塑料产能将在 2013 年约 160 万 t 的基础上逐年攀升。生物基塑料 (含非生物降解产品, 如生物基 PE 和生物基 PET) 正在取得较大进展, 同时可再生塑料和可降解塑料将受益于欧盟有关减少购物袋的新指令。

欧洲生物塑料协会主席弗朗索瓦·比耶表示, 包装仍是生物塑料的主要应用领域。此外, 纺织品和汽车领域的应用增速也非常快, 从透气性好的功能性运动服到汽车燃油管, 生物塑料正不断拓展新的市场。

欧洲生物塑料协会指出, 亚洲作为生物塑料主要生产中心的地位更受重视, 因为当前规划的项目大多将在泰国、印度和中国实施。相比之下, 欧洲生物塑料产能在全球的占比将下降至 8% 左右。 (工程塑料网)

马自达开发汽车外饰用新生物塑料

日本汽车制造商马自达汽车公司已开发出一种生物基工程塑料, 可用于汽车外饰件。该材料通过添加剂和着色剂优化生物塑料基材, 目前正在申请专利, 并优化成型规格。该生物塑料可以上色, 无需上漆, 减少了有机化合物的排放。

这种材料将首先被用于马自达 MX-5 的内饰件中, 该车定于 2015 年发售, 随后将用于其它量产车型的外饰件中。

(中国聚合物网)