

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2025.01.008

树脂黏度对无卤阻燃玻纤增强 PA66 性能的影响

徐星驰, 张伟, 蒋炎锋, 闫照辉

(江苏立汉科技有限公司, 南京 211300)

摘要: 使用同向平行双螺杆挤出机制备二乙基次膦酸铝和多聚亚磷酸铝复合阻燃30%玻纤增强尼龙66 (PA66) 材料。研究了PA66的相对黏度对材料拉伸强度、悬臂梁缺口冲击强度、阻燃等级和灼热丝起燃性温度的影响。研究发现,随着阻燃剂添加量的上升,材料的熔体流动速率(MFR)逐渐降低,PA66树脂的相对黏度降低,材料的MFR、拉伸强度和悬臂梁缺口冲击强度上升。阻燃剂添加质量分数为19%时,相比于黏度2.67 dL/g的PA66,选用2.20 dL/g的PA66材料的MFR从3.0 g/10 min升高至7.1 g/10 min;拉伸强度从130.2 MPa提升至154.2 MPa;悬臂梁缺口冲击强度从7.5 kJ/m²提升至9.3 kJ/m²,厚度0.8 mm试样的UL 94阻燃等级从V-1级提升至V-0级,灼热丝起燃性温度从750 °C提升到775 °C。选用相对黏度低的PA66树脂有利于降低材料在挤出加工过程中的剪切热,并且降低了注塑过程中的压力损失,从而提升了材料的力学性能和阻燃等级。流动改性剂添加质量分数从0.2%提升至0.8%时,材料的MFR从6.2 g/10 min升高至15.1 g/10 min;拉伸强度从150.1 MPa降低至144.3 MPa;悬臂梁缺口冲击强度从8.8 kJ/m²降低至7.9 kJ/m²,厚度0.8 mm试样的UL 94阻燃等级均为V-1级。流动改性剂作为低分子量的添加剂在提升材料流动性的同时降低了材料的力学性能。

关键词: 尼龙66; 黏度; 拉伸强度; 冲击强度; 阻燃

中图分类号: TQ322.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2025)01-0050-07

Effect of resin viscosity on the properties of halogen-free flame-retardant glass fiber reinforced PA66

XU Xingchi, ZHANG Wei, JIANG Yanfeng, YAN Zhaohui

(Jiangsu Lihan Technology Co., Ltd., Nanjing 211300, China)

Abstract : Preparation of 30 wt% fiberglass reinforced pa66 material with diethylphosphonic acid aluminum and aluminum phosphite composite flame retardant by twin screw extruder. The influence of relative viscosity of PA66 on material tensile strength, notch impact strength, flame retardant grade, and glow-wire ignition temperature were investigated. The experiment reveal that the addition of halogen-free flame retardants reduces the melt mass-flow rate (MFR) of the material. Decrease the relative viscosity of PA66 resin, the MFR, tensile strength and notched izod impact strength of material increased. Add 19 wt% flame retardant, compared to using 2.67 dL/g PA66, the MFR of using 2.20 dL/g PA66 material increases from 3.0 g/10 min to 7.1 g/10 min. The tensile strength increased from 130.2 MPa to 154.2 MPa; The notch impact strength increases from 7.5 kJ/m² to 9.3 kJ/m², the UL 94 flame retardant grade of the sample with a thickness of 0.8 mm was increased from V-1 to V-0, and the glow ignition temperature increases from 750 °C to 775 °C. Choosing low relative viscosity PA66 is beneficial for reducing the shear heat of the material during extrusion processing, and reducing the pressure loss during injection molding, thereby improving the mechanical properties and the flame retardant grade of the material. When the amount of flow modifier added was increases from 0.2 wt% to 0.8 wt%, the MFR of the material increases from 6.2 g/10 min to 15.1 g/10 min; The tensile strength decreased from 150.1 MPa to 144.3 MPa; The notch impact strength decreases from 8.8 kJ/m² to 7.9 kJ/m², and the UL 94 flame retardant grade of the sample with a thickness of 0.8 mm is V-1. Flow modifiers, as low molecular weight additives, enhance the flowability of materials while reducing their mechanical properties.

Keywords : nylon 66 ; viscosity ; tensile strength ; impact strength ; flame retardant

通信作者: 徐星驰, 硕士, 工程师, 主要从事工程塑料改性和加工工作

收稿日期: 2024-10-21

引用格式: 徐星驰, 张伟, 蒋炎锋, 等. 树脂黏度对无卤阻燃玻纤增强 PA66 性能的影响[J]. 工程塑料应用, 2025, 53(1): 50-56.

XU Xingchi, ZHANG Wei, JIANG Yanfeng, et al. Effect of resin viscosity on the properties of halogen-free flame-retardant glass fiber reinforced PA66[J]. Engineering Plastics Application, 2025, 53(1): 50-56.

聚酰胺(PA)俗称尼龙,是一种热塑性工程塑料,具有加工流动性好、轻质、耐化学性优异、强度高等优点^{[1][2]}。在日常生活中 PA 多被用于制作纤维纺丝^[3],当其作为工程塑料使用时被大量应用在汽车零部件、电子电器、电动工具、工程配件等领域^[4-6]。随着市场上新能源车逐渐成为主流,对尼龙材料也提出了更高的要求,如在制造新能源汽车电池组件的时候,要求材料具有较高的刚性及良好的阻燃性^[7]。PA 材料本身具有一定的阻燃性能,纯 PA66 树脂可以达到 UL 94 V-2 阻燃等级,但是当在 PA66 中添加玻璃纤维提升材料强度时,玻纤会在树脂中产生“烛芯效应”从而降低材料的阻燃等级^[8]。

为了满足主机厂的要求,需要对 PA66 材料进行阻燃改性。阻燃剂主要分为卤素阻燃剂和无卤阻燃剂^[9-10]。对于 PA66 卤素阻燃,使用的主要阻燃剂有十溴二苯乙烷、溴化聚苯乙烯、聚溴化苯乙烯等^[11]。卤素阻燃虽然阻燃效率高,对材料力学性能影响小,但是在燃烧过程中发烟量大,并会产生有毒物质。对于 PA66 无卤阻燃,主要的阻燃剂有红磷、三聚氰胺氰尿酸盐、三聚氰胺聚磷酸盐、二乙基次膦酸铝(ADP)和多聚亚磷酸铝等^[12-14]。现在市场上玻纤增强 PA66 主流的无卤阻燃剂是使用 ADP 和多聚亚磷酸铝进行复配^[15-16]。目前市场上开发出的无卤阻燃玻纤增强 PA66 经常出现阻燃不稳定(如有焰燃烧时间长)、力学性能低等缺点。针对这些问题,先前很多研究多集中于阻燃剂的研发和复配上。笔者研究了 PA66 树脂的黏度对无卤阻燃玻纤增强 PA66 材料流动性、力学性能和阻燃性能的影响,发现使用低黏度的 PA66 树脂可以提升材料的力学性能和阻燃性能。

1 实验部分

1.1 主要原材料

PA66-1 (EP158, 相对黏度 2.67 dL/g), PA66-2 (EP1107, 相对黏度 2.39 dL/g), PA66-3 (EP122, 相对黏度 2.20 dL/g): 瑞安市华峰集团有限公司;

短切玻璃纤维: ECS10-3.0-T435N, 泰安市泰山玻璃纤维有限公司;

无卤阻燃剂(ADP 和多聚亚磷酸铝复配): FR310H, 江苏欧普瑞新材料有限公司;

流动改性剂: TP-P1508, 德国布吕格曼公司;

OP 蜡: 科莱恩化工集团;

抗氧剂 1098、抗氧剂 168: 市售。

1.2 主要仪器与设备

同向双螺杆挤出机: HK-36, 南京科亚化工成套装备有限公司;

注塑机: EM12-V, 震雄集团;

熔体流动速率(MFR)仪: MFI-1221, 承德金建检测仪器有限公司;

万能电子拉力试验机: ETM503C, 深圳万测试验机设备有限公司;

悬臂梁冲击试验仪: PIT550 J, 深圳万测试验机设备有限公司;

水平垂直燃烧测定仪: 50 W, 南京江宁分析仪器有限公司;

灼热丝试验机: SH5141A, 广州信禾检测设备有限公司。

1.3 试样制备

PA66 在 80 °C 鼓风干燥箱中干燥 4 h 后, 将材料按照表 1 中的配比在高速混合机中混合, 然后加入双螺杆挤出机中挤出、冷却、造粒, 玻纤在挤出机均化段由侧喂料口加入。挤出加工温度分别设置为 200, 270, 270, 260, 250, 250, 240, 240, 240 °C, 机头温度 260 °C, 真空度 -0.03 MPa。粒料在 110 °C 烘箱中干燥 4 h, 然后注塑机注塑成标准试样, 注塑温度 265~275 °C。

表 1 不同试样的组成

Tab. 1 Composition of different samples

Samples						TP-P1508
	PA66-1	PA66-2	PA66-3	Glass fiber	Flame retardant	
1 [#]	51.5			30	18	
2 [#]	50.5			30	19	
3 [#]	49.5			30	20	
4 [#]		51.5		30	18	
5 [#]		50.5		30	19	
6 [#]		49.5		30	20	
7 [#]			51.5	30	18	
8 [#]			50.5	30	19	
9 [#]			49.5	30	20	
10 [#]		51.3		30	18	0.2
11 [#]		51.0		30	18	0.5
12 [#]		50.7		30	18	0.8

Notes: Content of antioxidants 1098, 168 and OP wax are 0.1%, 0.2% and 0.2%, respectively.

1.4 性能测试

MFR 按 GB/T 3682-2000 测试, 测试条件为: 275 °C, 2.16 kg。

拉伸性能按 GB/T 1040-2018 测试, 拉伸速率

5 mm/min。

弯曲性能按 GB/T 9341-2008 测试,弯曲速率 2 mm/min。

悬臂梁缺口冲击强度按 GB/T 1843-2008 测试,选用 2.75 J 摆锤、A 型缺口,缺口保留宽度 8 mm。

垂直燃烧测试按 UL 94 标准测试,测试厚度分别为 3.0, 1.5 mm 和 0.8 mm。

灼热丝起燃温度测试按 GB/T 5196.13-2013 测试,测试厚度为 1.5 mm。

2 结果与讨论

2.1 PA66 相对黏度对材料力学性能的影响

图 1 列出了不同试样的 MFR,对比相同基体树脂试样可以发现,随着阻燃剂含量的增加,试样的 MFR 降低。对比不同基体树脂试样可以发现,随着 PA66 树脂黏度的降低,试样的 MFR 提升。流动改性剂添加质量分数为 0.2% 时,材料的 MFR 变化不大,当添加质量分数为 0.5% 和 0.8% 时,材料的 MFR 从 5.8 g/10 min 分别提升至 8.8 g/10 min 和 15.1 g/10 min。

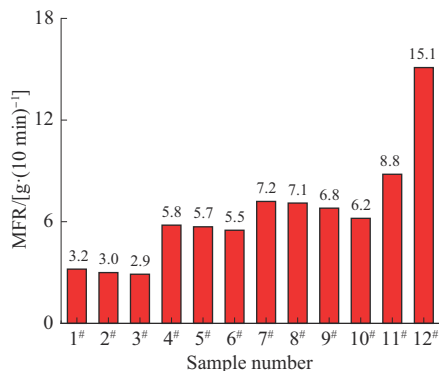


图 1 1#~12# 试样的 MFR

Fig. 1 MFR of 1#~12# samples

图 2 列出了 1#~12# 试样的拉伸强度,对比 1#、4#、7# 试样可以发现,当 PA66 相对黏度为 2.67 dL/g 时,材料的拉伸强度为 134.1 MPa,PA66 相对黏度降低为 2.39 dL/g,材料的拉伸强度升高至 152.3 MPa。PA66 相对黏度为 2.20 dL/g 时,材料的拉伸强度最高,为 154.5 MPa。对于玻纤增强阻燃尼龙材料,其拉伸强度与以下几个因素有关:玻纤与树脂基体的相容性、玻纤在材料中的保留长度^[17]、阻燃剂是否分解以及基体树脂的强度等。PA66 的相对黏度越低,代表材料的分子量越低,拉伸强度也越低。PA66 相对黏度降低,在挤出机熔融共混过程中对树脂与玻璃纤维之间的摩擦降低,使得玻璃纤维的保留长度提高,同时也有利于玻璃纤维在树脂基体中的分

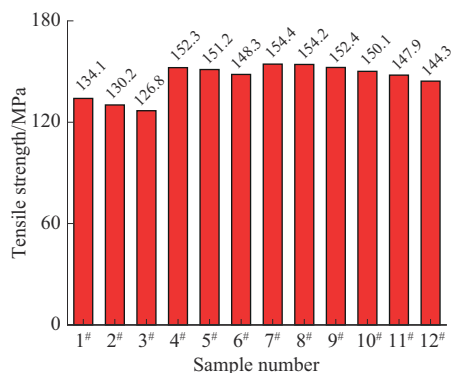


图 2 1#~12# 试样的拉伸强度

Fig. 2 Tensile strength of 1#~12# samples

散,提高材料的拉伸强度。PA66 树脂相对黏度降低使得材料在螺杆挤出过程中的剪切热降低,有利于减少阻燃剂的分解和小分子物质的产生,从而有利于提升材料的拉伸强度。当在材料中加入质量分数 0.2%、0.5% 和 0.8% 的流动改性剂时,材料的拉伸强度反而从 152.3 MPa 分别降低至 150.1, 147.9 MPa 和 144.3 MPa。引起这一现象的原因可能是因为流动改性剂本身分子量较低,会降低材料的拉伸强度,流动改性剂含量越多,材料的拉伸强度降低的越多。对于无卤阻燃玻纤增强 PA66 材料,选用相对黏度低的 PA66 树脂有利于提升材料的拉伸强度。

图 3 为 1#~12# 试样的缺口冲击强度。对比相同基体树脂试样可以发现,随着阻燃剂含量的增加,试样的缺口冲击强度降低。阻燃剂作为填充加入到树脂之中相当于应力集中点,在冲击过程中引发裂纹,从而降低试样的缺口冲击强度。对比不同基体树脂试样均可以发现,随着 PA66 相对黏度的降低,试样的悬臂梁缺口冲击强度逐渐上升。当阻燃剂质量分数为 19% 时,相对黏度 2.67 dL/g 的 PA66 试样冲击强度最高为 7.8 kJ/m²。PA66 相对黏度降低至 2.39 dL/g 时,试样的冲击强度提升至 8.8 kJ/

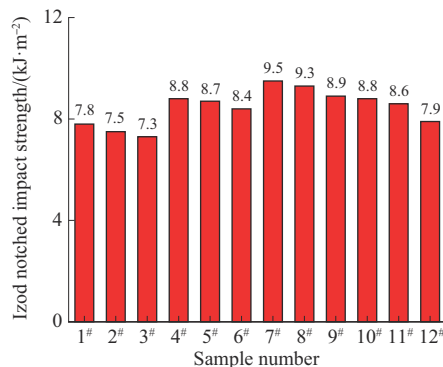
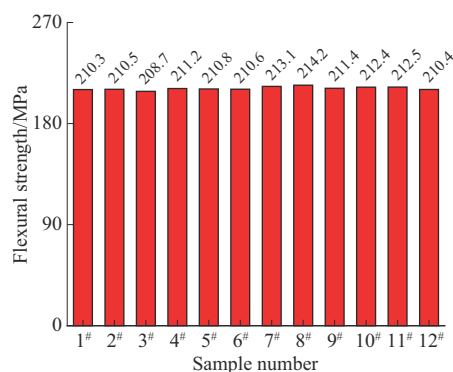
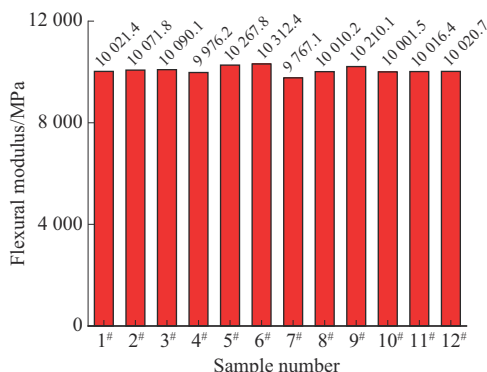


图 3 1#~12# 试样的冲击强度

Fig. 3 Impact strength of 1#~12# samples

m^2 。选用相对黏度为 2.20 dL/g 的 PA66 时,试样的缺口冲击强度最高,为 9.5 kJ/m^2 。引起这一结果的原因与前文类似,虽然高黏度的 PA66 树脂分子量高、冲击强度高,但是过高的黏度在加工过程中会增加与玻纤的摩擦;阻燃剂的加入进一步降低了试样的流动性能,降低了纤维在试样中的保留长度;此外高黏度带来的高剪切热引发阻燃剂的部分降解也会降低试样悬臂梁缺口冲击强度。所以选用相对黏度低的 PA66 树脂有利于提升试样的冲击强度。对比 4[#], 10[#], 11[#], 12[#] 试样可以发现,随着流动改性剂添加量的增加,试样的冲击强度从 8.8 kJ/m^2 逐渐下降至 7.9 kJ/m^2 , 流动改性剂降低了材料的韧性。

图 4 和图 5 分别列出了不同树脂黏度试样的弯曲强度和弯曲模量,从两图可以看出,PA66 的相对黏度和流动改性剂对试样的弯曲强度影响不大,基本都在 210 MPa 左右;对弯曲模量的影响也很小。

图 4 1[#]~12[#]试样的弯曲强度Fig. 4 Flexural strength of 1[#]~12[#] samples图 5 1[#]~12[#]试样的弯曲模量Fig. 5 Flexural modulus of 1[#]~12[#] samples

2.2 PA66 相对黏度对材料阻燃性能的影响

对于 ADP 阻燃体系的玻纤增强尼龙 PA66, ADP 和多聚亚磷酸受热降解在材料表面会形成磷酸盐炭层,起到凝固相阻燃的作用^[18]。图 6 和图 7 分别为 2[#] 和 8[#] 试样阻燃样条燃烧后的图片,可以看到

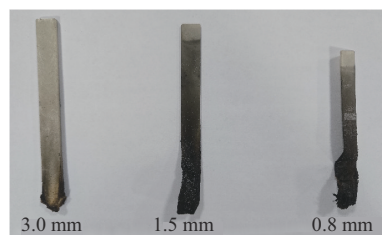
图 6 2[#]试样燃烧后图片

Fig. 6 Picture of sample 2 after flame retardant test

在火焰灼烧部位形成了明显的炭层。阻燃测试发现燃烧阻燃样条的不同部位,阻燃性能存在很大的差异。图 8 为阻燃样条模具的示意图,A 代表阻燃样条近浇口一侧,B 代表阻燃样条远浇口一侧。

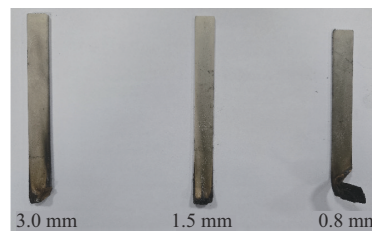
图 7 8[#]试样燃烧后图片

Fig. 7 Picture of sample 8 after flame retardant test

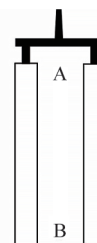


图 8 阻燃样条注塑模具示意图

Fig. 8 Injection mould diagram of flame retardant spline

表 2 列出了 1[#]~12[#] 试样的阻燃等级以及单根样条两次点火有焰和无焰燃烧总时间。首先分析 1[#], 2[#] 和 3[#] 试样,选用相对黏度为 2.67 dL/g 的 PA66,阻燃剂添加质量分数为 18% 时。测试 A 端的阻燃等级,样条厚度为 3.0 mm 和 1.5 mm 时均可以达到 V-0 阻燃等级, 0.8 mm 时达到 V-1 阻燃等级;测试 B 端时,厚度 3.0 mm 依然可以达到 V-0 阻燃等级,厚度 1.5 mm 的样条阻燃等级降低至 V-1 等级,燃烧时间增加明显,厚度 0.8 mm 时,试样阻燃仅能达到 V-2 阻燃等级,在燃烧过程中发生滴落并引燃脱脂棉。阻燃剂添加质量分数为 19% 时,A 端阻燃等级没有变化,B 端厚度 1.5 mm 的试样提升至 V-0 阻燃等级,厚度 0.8 mm 试样提升至 V-1 阻燃等级。当阻燃剂质量分数提升至 20% 时,B 端厚度 0.8 mm 时依然只能达到 V-1 等级,但是燃烧时间降低至 13.4 s 。对于同一材料,近进胶口侧的阻燃性能优于远进胶口

侧,分析后面几组材料的测试得到一样的结果,即使阻燃等级相同,B 端的燃烧时间长于 A 端。

表 2 1[#]~12[#]试样的阻燃性能

Tab. 2 Flame retardant performance of 1[#]~12[#] samples

Samples	A end						B end					
	3.0 mm		1.5 mm		0.8 mm		3.0 mm		1.5 mm		0.8 mm	
	Rate	Time/s	Rate	Time/s	Rate	Time/s	Rate	Time/s	Rate	Time/s	Rate	Time/s
1 [#]	V-0	2.4	V-0	8.2	V-1	18.2	V-0	2.4	V-1	14.3	V-2	15.4
2 [#]	V-0	1.3	V-0	8.0	V-1	14.3	V-0	2.0	V-0	9.7	V-1	18.3
3 [#]	V-0	1.0	V-0	6.4	V-1	10.4	V-0	1.0	V-0	8.7	V-1	13.4
4 [#]	V-0	2.0	V-0	8.3	V-1	17.4	V-0	1.8	V-1	15.2	V-1	23.3
5 [#]	V-0	1.8	V-0	7.4	V-1	13.5	V-0	2.3	V-0	8.7	V-1	14.3
6 [#]	V-0	0.8	V-0	5.4	V-0	9.8	V-0	1.0	V-0	6.6	V-1	10.6
7 [#]	V-0	1.4	V-0	3.2	V-0	4.3	V-0	1.5	V-0	4.5	V-0	8.8
8 [#]	V-0	0.8	V-0	2.1	V-0	2.2	V-0	1.2	V-0	2.8	V-0	3.2
9 [#]	V-0	0	V-0	0	V-0	0	V-0	0	V-0	0	V-0	1.2
10 [#]	V-0	1.7	V-0	8.6	V-1	16.4	V-0	2.2	V-1	14.3	V-1	19.1
11 [#]	V-0	2.1	V-0	8.9	V-1	16.7	V-0	2.3	V-0	9.8	V-1	15.3
12 [#]	V-0	3.1	V-0	9.5	V-1	18.3	V-0	3.4	V-0	9.5	V-1	14.3

Note: Combustion time is average total time of single spline flame and flameless combustion time after twice ignition.

分析 1[#], 4[#], 7[#]材料阻燃结果,对于 A 端,当 PA66 的相对黏度为 2.67, 2.39 dL/g 时,厚度 0.8 mm 样条的阻燃等级均为 V-1;PA66 的相对黏度为 2.20 dL/g 时,厚度 0.8 mm 样条的阻燃等级提升至 V-0 级。对于 B 端,只有选用相对黏度 2.20 dL/g 的 PA66 为基体的材料时,厚度 0.8 mm 试样的阻燃等级达到 V-0 级,其余两个仅能在厚度 3.0 mm 时达到 V-0 阻燃等级。对比 2[#], 5[#], 8[#]试样或 3[#], 6[#], 9[#]试样也可以得到相似的规律:PA66 树脂的黏度越低,试样的阻燃性能越好。出现这一现象的原因是由于在注塑过程中,基体树脂的流动性好,阻燃剂流动性差,阻燃样条越薄,注塑时压力损失越大,在模具尾端由于注射压力的损失流动性,好的树脂率先流动至末端,使得末端的阻燃剂含量降低,导致试样的阻燃性能降低。所以对于同一试样厚度 3.0 mm 的样条,A 端和 B 端的阻燃结果基本没有差别,但是厚度 0.8 mm 的样条阻燃等级有较大差别。当选用低黏度的 PA66 树脂时,试样的流动性提升,在相同的注射工艺下注射压力损失少,所以保持阻燃剂的含量不变,降低 PA66 的相对黏度,试样的阻燃等级提升。对比 4[#], 10[#], 11[#]和 12[#]试样,四者 A 端的阻燃等级相同,B 端添加质量分数 0.5% 和 0.8% 的流动改性剂之后,厚度 1.5 mm 试样的阻燃等级从 V-1 提升至 V-0 阻燃等级。但是厚度 0.8 mm 下添加流动改性剂试样的阻燃等级依然为 V-1,这可能是由于流动改性剂本身为低分子量物质,会对阻燃产生不利影响。分析 10[#], 11[#], 12[#]试样的燃烧时间可以发现,相同厚度

试样于 A 端随着流动改性剂含量的增加,其燃烧时间逐渐增加,而 B 端随着流动改性剂的加入,试样的燃烧时间逐渐降低。出现这一现象的原因是近浇口处材料流动性对阻燃性能影响小,所以小分子流动改性剂的加入降低了试样的阻燃性能,远浇口根处流动性对试样的阻燃性能影响较大,流动性对阻燃性能的影响大于流动改性剂含量对阻燃性能的影响。

笔者另外测试过中间进胶的 0.8 mm 阻燃样条,其模具结构如图 9 所示,在这种进胶模式下,两端的阻燃测试结果完全一样。所以在日常的研究和生产过程中,对于出现的阻燃等级波动的现象,除了考虑阻燃剂含量、阻燃剂分散等因素之外,注塑样条燃烧部位的差别也是一个重要原因。选用低黏度的 PA66 树脂有利于提升材料的阻燃等级,减少阻燃剂的添加量降低材料成本,还可以减少模具结构对材料阻燃性能的影响。



图 9 阻燃样条注塑模具示意图

Fig. 9 Injection mould diagram of flame retardant spline

表 3 列出了不同材料的灼热丝起燃温度,通过数据可以发现,当阻燃剂添加质量分数为 19% 和 20% 时,选用相对黏度为 2.20 dL/g 的 PA66 试样的

表3 1[#]~12[#]试样的灼热丝起燃温度Tab. 3 Glow-wire ignition temperature of 1[#]~12[#] samples

Item	1 [#]	2 [#]	3 [#]	4 [#]	5 [#]	6 [#]	7 [#]	8 [#]	9 [#]	10 [#]	11 [#]	12 [#]
GWIT/ °C	750	750	750	750	750	750	750	775	775	750	750	750

Note: GWIT is glow wire ignition temperature.

灼热丝起燃温度最高,都达到775 °C,其余试样均为750 °C。阻燃剂在试样中分散均匀也有利于灼热丝起燃温度的提升。

3 结论

(1)在制备ADP和亚磷酸铝阻燃体系的无卤阻燃玻纤增强尼龙时,相对黏度为2.20 dL/g的PA66材料的拉伸强度和缺口冲击强度最高。

(2)选用低黏度的PA66树脂制备玻纤增强阻燃PA66材料可以降低注射成型时熔体在模具中填充时的压力损失,从而提高材料的阻燃等级以及阻燃稳定性。

(3)流动改性剂TP-P1508可以提升材料的流动性,但是会对材料的力学性能产生不利影响,流动改性剂添加质量分数达到0.5%时,添加质量分数18%的阻燃剂可以达到V-0阻燃等级。

参考文献

- [1] RÍO T G, RUIZ A. High strain rate mechanical behavior of polyamide 66 and polyamide 66-glass fiber reinforced[J]. *Mechanics of Composite Materials*, 2024, 59(6):1 217–1 222.
- [2] 李欣昊,钱程,王世杰,等.聚酰胺复合材料的制备与性能研究进展[J]. *材料导报*, 2023, 37(Z1):545–551.
LI Xinhao, QIAN Cheng, WANG Shijie, et al. Research progress on the preparation and properties of polyamide composites[J]. *Materials Reports*, 2023, 37(Z1):545–551.
- [3] LIU R, YAN Z, LIU M, et al. Nylon 66 fibers coated with environmentally friendly dopamine-modified adhesives and their interfacial adhesion with neoprene rubber[J]. *Polymer Composites*, 2024, 45(1):862–872.
- [4] 梁惠霞,张东红,张云霄,等.汽车用增韧尼龙6的热氧老化研究[J]. *工程塑料应用*, 2009(9):71–74.
LIANG Huixia, ZHANG Donghong, ZHANG Yunxiao, et al. Study on thermal oxidative aging of toughening polyamide and applied to automobile[J]. *Engineering Plastics Application*, 2009(9):71–74.
- [5] ZHANG L, TOWNSEND D, PETRINIC N, et al. Temperature dependent dynamic compressive response of PA66-GF30 composite under constant strain rate multiaxial loading[J]. *Composites Part B:Engineering*, 2022, 234(1):109 738.1–109 738.4.
- [6] 王忠强,易庆锋,王灿耀,等.良外观高玻纤含量聚酰胺66复合材料的制备与性能[J]. *工程塑料应用*, 2018, 46(9):7–12.
WANG Zhongqiang, YI Qingfeng, WANG Canyao, et al. Preparation and properties of PA66 composites with high glass fiber content and good appearance[J]. *Engineering Plastics Application*,

2018, 46(9):7–12.

- [7] 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.
- [8] ZHANG Z, YANG M, CAI K, et al. Effect of the flame retardants and glass fiber on the PA66/polyphenylene oxide composites[J]. *Materials*, 2022, 15(3). DOI:10.3390/ma15030813.
- [9] WANG W, WANG F, LI H, et al. Synthesis of phosphorus-nitrogen hybrid flame retardant and investigation of its efficient flame-retardant behavior in PA6/PA66[J]. *Journal of Applied Polymer Science*, 2023, 140(8). DOI:10.1002/app.53536.
- [10] 冯建立,王学军. PA66阻燃改性研究进展[J]. *塑料工业*, 2023, 51(1):23–29.
FENG Jianli, WANG Xuejun. Research progress on flame retardant modified polyamide 66[J]. *China Plastics Industry*, 2023, 51(1):23–29.
- [11] 孙吉,何文涛.三氧化二锑对尼龙阻燃性能的影响研究发展动态[J]. *材料导报*, 2021, 35(Z1):560–565.
SUN Ji, HE Wentao. Research progress of the influence of antimony trioxide on the flame retardant properties of nylon[J]. *Materials Reports*, 2021, 35(Z1):560–565.
- [12] WU Y, YANG T, CHENG Y, et al. Synthesis phosphorus-sulfur reactive flame retardant for polyamide 66 with high flame retardant efficiency and low smoke[J]. *Polymer Degradation and Stability*, 2023, 214:110 378–110 394.
- [13] ZHANG H, LU J, YANG H, et al. Comparative study on the flame-retardant properties and mechanical properties of PA66 with different dicyclohexyl hypophosphite acid metal salts[J]. *Polymers*, 2019, 11(12). DOI: 10.3390/ polym11121856.
- [14] 齐可心,张安莹,陈赛赛,等. MCA阻燃尼龙66的制备及其性能研究[J]. *合成纤维工业*, 2024, 47(3):64–67.
QI Kexin, ZHANG Anying, CHEN Saisai, et al. Preparation and properties of MCA flame retardant nylon 66[J]. *China Synthetic Fiber Industry*, 2024, 47(3):64–67.
- [15] 郭承鑫,秦铭骏,翟一霖,等.杂化三聚氰胺聚磷酸盐的合成及其在聚酰胺6中的阻燃应用[J]. *中国塑料*, 2019, 33(8):44–48.
GUO Chengxin, QING Mingjun, ZHAI Yilin, et al. Synthesis of melamine polyphosphate hybrid and its application for flame retardancy of polyamide 6[J]. *China Plastics*, 2019, 33(8):44–48.
- [16] 叶士兵,夏建盟,冯嘉春.无卤阻燃增强PA66/PA6合金的性能研究[J]. *合成材料老化与应用*, 2023, 52(1):6–8.
YE Shibing, XIA Jianmeng, FENG Jiachun. Study on properties of halogen-free flame-retardant reinforced PA66/PA6 alloy[J]. *Synthetic Materials Aging and Application*, 2023, 52(1):6–8.
- [17] 张九夫,罗开强,徐军,等.长玻璃纤维增强PA66复合材料的综合性能及其影响因素研究[J]. *中国塑料*, 2022, 36(3):1–8.
ZHANG Jiufu, LUO Kaiqiang, XU Jun, et al. Study on comprehensive properties and influencing factors of long glass fiber reinforced PA66 composites[J]. *China Plastics*, 2022, 36(3):1–8.

- [18] 陶四平,索倩倩,张现军.二乙基次磷酸铝在增强聚酰胺体系中的阻燃机理[J].工程塑料应用,2020,48(12):133-139.
TAO Siping, SUO Qianqian, ZHANG Xianjun. Flame retardant

mechanism of aluminium dipropylphosphinate in reinforced polyamide system[J]. Engineering Plastics Application, 2020, 48(12): 133-139.

第三十七届国际橡塑展推出“聚焦马来西亚-买家参观激励计划”

迈向深化全球合作 跨出战略性一步

为进一步推展橡塑技术及其创新应用,作为全球领先国际塑料橡胶展之一的“CHINAPLAS 国际橡塑展”的主办单位——雅式展览服务有限公司(雅式)荣幸地宣布今届展会推出“聚焦马来西亚-买家参观激励计划”,并已与马来西亚塑料制造商协会(MPMA)就“CHINAPLAS 2025 国际橡塑展”结成战略合作伙伴。旨在借助各自的影响力互相推广,加强国际联系,履行展会对提升技术交流和促进全球贸易合作的使命。第三十七届“CHINAPLAS 国际橡塑展”将于2025年4月15-18日在深圳国际会展中心(宝安)举行。



塑料产业在马来西亚经济中扮演着重要的角色,为电子电气、汽车、食品和饮料包装、医疗、建材等下游制造业提供支持。2024年马来西亚塑料市场规模估计可达39亿美元,预计到2029年将进一步跃升至47.1亿美元,期间的复合年均增长率(CAGR)为3.91%。这一增长势头得益于日益扩张的下游行业需求,以及塑料和回收技术的创新发展。

马来西亚一直是“CHINAPLAS 国际橡塑展”的重要观众来源地之一。作为展会的长期合作伙伴,MPMA在组织参观团、合办在线研讨会及参与展会同期活动等方面,不遗余力地提供强大支持。展会的“聚焦马来西亚-买家参观激励计划”,标志着双方合作的一个重要里程碑。此举措将实现互利共赢,惠及整个橡塑行业,有助于提升展会对海外观众的吸引力,并巩固“CHINAPLAS 国际橡塑展”在橡塑行业展会中的国际领先地位。雅式预期未来的战略合作伙伴的阵容将不断壮大。

雅式展览服务有限公司总经理梁雅琪表示:“我们很荣幸‘CHINAPLAS 2025 国际橡塑展’把马来西亚作为焦点,并期待与MPMA强强联手,共同推动橡塑产业持续升级。通过凝聚双方的实力和资源,我们致力创建一个全球化平台,促进业界合作,助力行业可持续发展。我们期待在展会上向马来西亚观众带来更多有意义的业务交流。”

梁总补充道:“鉴于橡塑材料的广泛应用,MPMA将与马来西亚的其他贸易部门和行业协会合作,向橡塑加工行业推广‘CHINAPLAS 2025 国际橡塑展’。我们非常乐意为MPMA的参观团提供一系列专享礼遇,包括免费商贸配对服务、工厂参观和交流会等。”

为了充分发挥双方合作的影响力,雅式与MPMA计划于2025年1月(即展会举行前三个月)在马来西亚吉隆坡联合举办一场海外新技术交流会,率先揭晓即将在展会上展出的最新解决方案,引发各方对展会的期待,同时促进与会者的积极交流、拓展商脉。

马来西亚塑料制造商协会(MPMA)主席CC Cheah对与“CHINAPLAS 2025 国际橡塑展”在“聚焦马来西亚 - 买家参观激励计划”下的战略合作感到振奋。他表示:“这对于马来西亚和MPMA来说都是一个难能可贵的机会,可以与国际市场接轨,加强贸易关系,并就可持续发展、循环经济和高端技术等全球重要挑战相互交流。我们热切期待为展会凝聚更多行业领袖、专家、相关持分者及意见领袖,助力橡塑行业的积极变革。这次合作不仅惠及我们协会的会员,还有终端行业,期待进一步驱动整个行业的增长和发展。”

雅式除了与MPMA达成战略合作伙伴合作外,还积极参与泰国、越南、印尼等国家和地区的一系列推广活动,不遗余力地向海外观众宣传“CHINAPLAS 2025 国际橡塑展”。想了解更多详情,请浏览展会官网 www.ChinaplasOnline.com 或电邮至 Chinaplas.pr@adsale.com.hk。

关于“CHINAPLAS 2025 国际橡塑展”

“CHINAPLAS 2025 国际橡塑展”由雅式展览服务有限公司、北京雅展展览服务有限公司、雅展展览服务(上海)有限公司及雅式展览服务(深圳)有限公司主办,中国轻工业联合会-中国塑料加工工业协会、广东省塑料工业协会、杜塞尔多夫展览(中国)有限公司、深圳市高分子行业协会及上海塑料行业协会共同协办,并获得多个海内外专业协会大力支持。

“CHINAPLAS 国际橡塑展”首办于1983年,自2006年起成为全球展览业协会(UFI)认可的塑料橡胶工业展,“CHINAPLAS 2025 国际橡塑展”更是连续第34次荣获欧洲塑料和橡胶工业机械制造商协会(EUROMAP)独家赞助的中国橡塑展览会。“CHINAPLAS 国际橡塑展”是全球领先的国际塑料橡胶展。

(雅式展览服务有限公司)