

# 热老化对短玻纤增强PA612混凝土性能的影响

段芳草

(河南质量工程职业学院, 建筑工程学院, 河南省平顶山市, 467000)

**摘要** 用玻纤(GF)对聚十二烷二酰己二胺(PA612)进行改性,通过控制熔融共混过程中2.5mm的短GF的长度制备PA612/SGF材料。采用老化实验研究热老化对PA612/GF力学性能的影响,并开展性能实验测试分析。研究表明:没有老化试样断面上大部分GF断裂;随老化时间达到50d时,许多GF发生了拔出,基体中形成了众多孔洞结构。当老化时间延长后,材料拉伸强度都不断降低,拉伸强度失效临界值为196MPa,保存寿命依次为6892d,具有良好的室温稳定性,能够进行长期保存。该研究有助于提高玻纤增强化工材料的认知,为后续的工艺参数优化奠定一定的理论支撑。

**关键词** 聚十二烷二酰己二胺;玻纤;热老化;力学性能;使用寿命

中图分类号:TB33 文献标识码:B

文章编号:1008-0899(2025)10-0035-02

聚酰胺(PA)是一种低密度、强度高的聚合物材料<sup>[1]</sup>。将聚丙烯酰胺加入到水泥砂浆中,可以填充孔洞,是解决混凝土与水泥砂浆抗渗性问题的一种有效途径<sup>[2]</sup>。其中,聚十二烷二酰己二胺(PA612)属于一种芳香族PA。其中,PA612的合成原料之一为癸二胺,该原料是从蓖麻油中提取得到,体现了材料制备工艺的绿色发展理念<sup>[3]</sup>。

在高温环境下,PA612/GF材料易因热老化出现分子断裂、降解及强度下降<sup>[4]</sup>。学者们针对性开展研究:姜淑梅<sup>[5]</sup>等发现20℃水煮处理比100℃更能降低GF/PA66注塑制品吸水率并提升强度保持率;刘乐文等制备PP/PA6/GF合金,通过聚丙烯接枝物增容形成双连续相结构,显著增强耐湿热老化性能;薛东等采用熔融挤出法制备玻纤增强PA612材料,指出PA612/GF30在拉伸、弯曲强度及模量方面表现最优,且PA1012/GF30可作为PA12/GF30的理想替代材料,为改善PA612/GF热老化性能提供了重要参考。

本文用玻纤(GF)对聚十二烷二酰己二胺(PA612)进行改性,通过控制熔融共混过程中GF的长度制备PA612/SGF材料。采用人工加速老化实

验,开展性能实验测试分析试样的力学性能和使用寿命。

## 1 实验

本实验以2.5mm的短GF粗纱与PA612作为原材料。在双螺杆挤出机中称量PA612,控制温度为280~320℃,转速170转/min,其中GF粗纱通过专用加料设备以12转/min的速率与PA612进行混合,在螺杆剪切作用下不断挤出并造粒<sup>[6]</sup>,由此制备得到PA612/SGF材料。本文还设计了专门的浸渍设备对GF进行浸渍处理后再将其和熔融的PA612进行混合。再将挤出连续料条切成12mm长的小段颗粒。制备设备照片和试样宏观照片见图1所示。

分别测试了160℃、200℃、240℃三种温度下的老化情况,并在老化时间依次达到0、10d、20d、30d、40d、50d时取样。



图1 制备设备照片和试样宏观照片

依据规范《混凝土物理力学性能试验方法标准》(GB/T 50081-2019)利用WAW-1000KN微机调节电液万能拉伸机作为测试设备,设定测试级别等于0.5级。为尽量消除加载模式因素对试验结果造成的影响,从最初加载阶段就设定加载速度等于0.002mm/s,直至最后试块发生破坏为止。

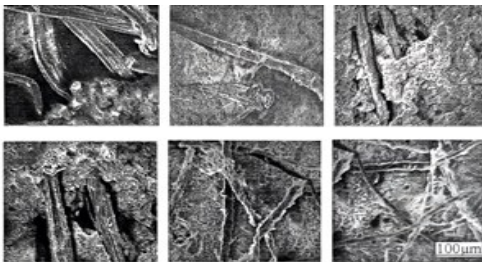
作者简介:段芳草(1986~),女,河南叶县人,硕士,讲师,研究方向:建筑工程。

## 2 结果分析

### 2.1 组织分析

试样冲击断面SEM图像见图2所示。没有经过老化试样断面上大部分GF保留原来的样子,没有起到细晶强化的目的。随着老化时间的增加,GF变得更为细小,具有明显的细晶强化的效果,整体表现出来比未老化更好的GF效果,可见采用老化技术可以提高GF的微观状态。但是在老化30d的时候效果不是很好,因为实际操作的时候应该尽量避免设置老化30d。

随着老化时间达到50d时,许多GF拔出,基体中形成了众多孔洞结构,相对于未老化试样,此时GF具有更加光滑的表面,GF和树脂间发生了明显脱粘,从而导致材料力学强度显著减小。此外,当GF和树脂出现脱粘后还会引起非晶区缺陷数量增加,引起结晶度降低。



(a)未老化;(b)老化10d;(c)老化20d;  
(d)老化30d;(e)老化40d;(f)老化50d

图2 试样冲击断面SEM图像

### 2.2 使用寿命分析

PA612/SGF材料拉伸强度变化见图3,通过老化时间与强度拟合可得失效临界天数及特定温度下的存放与寿命预测方程。图4显示拟合方程相关系数近1,线性关系良好,计算得出PA612/SGF材料室温保存寿命达29670d,表明其具备良好室温稳定性,可长期保存。而混凝土作为脆性材料,受外力作用时易快速破坏、耗能少,破坏过程会释放大量能量并引发明显损伤。

Arrhenius模型通过温度与反应速率的关系评估高分子材料老化寿命。其中,活化能 $E$ 代表分子从常态到活跃态所需能量, $E$ 越大,反应越难进行,材料温度敏感性越高。在特定温度区间内 $E$ 为常数,但超过该范围后, $E$ 可能改变,导致老化机理复杂化,影响模型适用性。

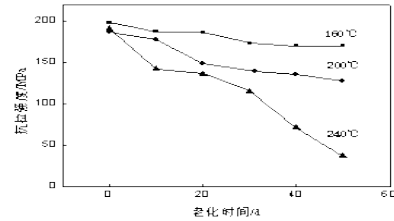


图3 PA612/SGF材料的拉伸强度变化

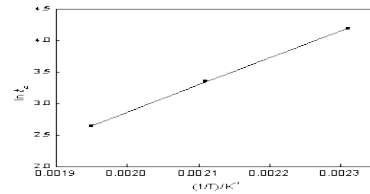


图4 PA612/SGF材料 $\ln t_f$ 与 $1/T$ 拟合直线

## 3 结语

本文研究热老化对短玻纤增强PA612混凝土力学性能与寿命的影响。未老化试样断面多GF断裂。老化50d时,大量GF拔出,基体出现孔洞。随老化延长,材料拉伸强度持续降低,失效临界值196MPa,保存寿命达6 892d,表明其室温稳定性良好,可长期保存。

### 参考文献

- [1] 丁超,张亚军,郑一泉,等.玻纤增强聚酰胺/酚醛树脂复合材料制备及性能[J].工程塑料应用,2021,49(06):21-26.
- [2] 方基永,李波,俞雁,等.玻璃纤维增强聚酰胺66耐冷却液性能研究[J].中国塑料,2020,34(03):14-19.
- [3] 刘冰肖,胡国胜,张静婷,等.耐高温PA10T/66及PA10T/66/GF非等温结晶动力学研究[J].工程塑料应用,2019,47(03):101-105.
- [4] 梁惠霞,李英,张绍岩.酚醛改性对玻纤增强聚酰胺66复合材料耐湿性的影响[J].塑料科技,2016,44(10):49-52.
- [5] 娄淑梅,陈鹏,陈志远,等.热处理工艺对玻纤增强聚酰胺66抗老化性能的影响[J].高分子材料科学与工程,2022,38(11):81-87+95.
- [6] 刘乐文,尹朝清,丁明笃.玻璃纤维增强聚丙烯/聚酰胺6合金的研究[J].塑料工业,2020,48(10):65-69.
- [7] 薛东.玻纤增强不同长链聚酰胺材料性能及注塑产品对比[J].工程塑料应用,2022,50(05):56-60.
- [8] 陈全贵,张美林,王孝军,等.半芳香族聚酰胺PA6T及其PTFE复合材料的摩擦磨损性能研究[J].中国塑料,2021,35(07):1-11.
- [9] 龚舜,桂源,邓建平,等.聚酰胺弹性体基永久性抗静电剂改性EVAC复合材料制备及性能[J].工程塑料应用,2021,49(07):34-39.