

聚偏氟乙烯成型工艺与力学性能研究

Study on Forming Process and Mechanical Properties of PVDF

中航商用航空发动机有限责任公司 陈 巍
上海工程技术大学 张效迅 张才宝

[摘要] 通过试验,研究了不同工艺参数注塑成型的 PVDF 试样以及同等工艺参数下不同质量百分比短切纤维增强 PVDF 的力学行为,探讨了熔体温度、注射压力以及增强纤维含量对 PVDF 力学性能的影响趋势,为 PVDF 的工程化应用提供参考。

关键词: 聚偏氟乙烯 复合材料 注塑成型

[ABSTRACT] The mechanical behavior of PVDF coupon which is molded by different processing parameters is studied by experiment, and the mechanical behavior of PVDF which is reinforced by different percentage of short carbon fiber is also studied. The effect tendency of melt temperature, injection pressure and the fiber percentage on mechanical behavior is discussed in this paper. The aim is to provide the reference for manufacturing.

Keywords: PVDF Composites Injection molding

DOI:10.16080/j.issn1671-833x.2015.15.144

聚偏氟乙烯(PVDF)是由偏氟乙烯(VDF)通过均聚或共聚而成的含氟树脂。PVDF树脂兼具氟树脂和通用树脂的特性,除具有良好的耐化学腐蚀性、耐高温性、抗氧化性、耐气候性、耐紫外线、耐辐射性能外,还有压电性、热电性等特殊的性能^[1-2]。在含氟树脂中,PVDF具有最高的抗张强度和抗压缩强度以及出色的加工性能。PVDF的熔点(约170℃)与分解温度(316℃)相差100℃以上,热稳定性高,因而具有良好的成形加工条件。

通常情况下,通过短纤维增强,可以获得更高力学性能的PVDF制品,因此,在某些条件苛刻的场合下,PVDF甚至可以取代钛合金、哈氏合金、蒙乃尔合金等材料,也被誉为合成树脂中的“贵金属”,在航空领域具有一定的应用前景。

PVDF的主要成型方式为注塑成型,熔体温度、模具温度等注塑成型工艺参数的控制对于PVDF注塑成型的力学行为有很大的影响^[3-5]。因此,开展对PVDF注塑成型工艺与力学性能的研究,对在工程中正确设计PVDF制品,掌握其机械性能和评价产品质量具有非常重要的意义。

1 试验

(1)试验目的:通过控制注塑工艺的变化制备力学拉伸试样,通过拉伸试验,测试其力学行为,观察注塑工艺对于力学行为的影响。通过在PVDF材料中添加一定量的短切纤维,分析比对增强纤维对PVDF力学性能的影响。

(2)试验材料:试验所用PVDF和短切纤维均为国产材料,短切纤维直径为7μm。

(3)试验仪器:注塑成型使用震雄EASYMASTER

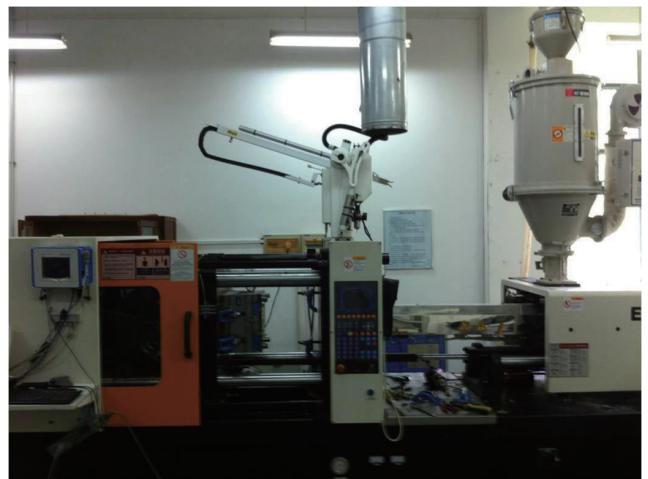


图1 试验用EM80-V注塑机

Fig.1 Injection molding machine for experiment

注塑机,型号EM80-V,如图1所示。

试验称量设备使用佰伦斯电子秤。拉伸试验在AG-25TA电子万能材料试验机上进行。

(4)试样制备。PVDF试样尺寸如图2所示,图3为试验用模具。

从图3可以清晰地看到模具的型腔以及其进胶的路线和顶出位置。

用吊车将图3中所示模具安装注塑机上,调整好模具的闭合高度。注塑成型之前,要先用一定量的PVDF材料对注塑机的机筒和喷嘴进行清洗,以防止在试样中含有其他的杂质,完成注塑试验之后,要及时地将机筒清洗干净,防止堵塞注塑机。

(5) 试验方案。注塑成型若干个不同注塑工艺参数以及同等工艺参数下 PVDF 与短切碳纤维增强 PVDF 试样, 对其进行力学拉伸试验, 并对不同工艺参数注塑成型的 PVDF 试样以及同等工艺参数添加不同量碳纤维的 PVDF 试样的力学行为对比。

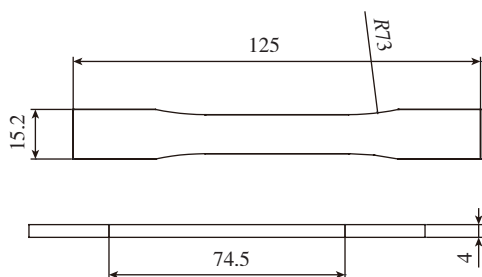


图2 PVDF试样(mm)
Fig.2 PVDF specimen

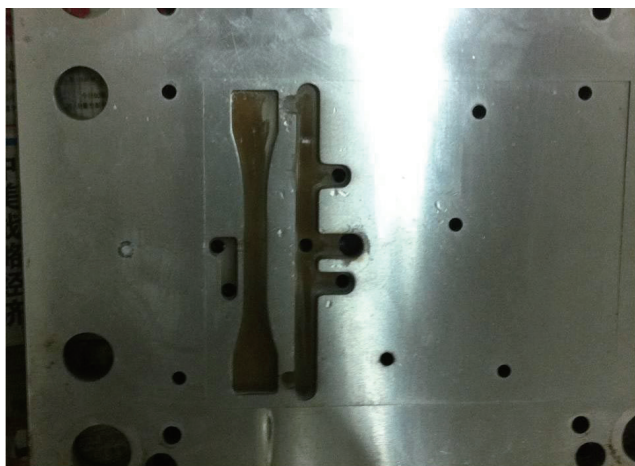


图3 试验模具
Fig.3 Mold for experiment

纤维增强 PVDF 按照纤维质量百分比 1:200, 1:133 和 1:100 进行混合。称取 3 份 400g 的 PVDF 粉末, 再分别称取 2g、3g、4g 的短切碳纤维丝, 分别将称取的短切碳纤维丝添加到 PVDF 粉中, 混合均匀。

关于短切碳纤维丝不能选择长度太长的短切丝。短切碳纤维丝过长, 容易缠绕在注塑机的螺杆上下不去, 从而堵塞注塑机。短切碳纤维丝也不能添加过多, 由于碳纤维这种材料的熔点高, 流动性差, 注塑过程中, 碳纤维丝下不去, 会造成注塑机堵塞。

影响 PVDF 成型性能的主要参数有熔体温度、注射压力、注射时间等。本试验重点讨论熔体温度(即料温)、注射压力对材料力学性能的影响。本次试验的成型工艺参数如表 1 所示。其中, #8、#9、#10 试样是分别在 400g 的 PVDF 粉中添加 2g、3g 和 4g 的短切碳纤维丝制成的试样。

2 结果与讨论

对 #1~10 试样进行拉伸试验, 得出不同工艺条件下和添加不同含量的短切碳纤维丝试样的抗拉强度, 如表 2 所示。

对上述试验数据进行处理, 得出试样弹性模量、抗拉强度、屈服强度随注塑压力和料温的变化关系, 如图 4~9 所示。

由图 4~6 可以看出, 在 250~280℃ 范围内, 随着料温的升高, 注塑成型所得 PVDF 试件的抗拉强度是先上升, 然后降低, 波动的幅度很小; 注塑所得的 PVDF 试件的屈服应力也会先升高再降低; 注塑所得的 PVDF 试件的弹性模量逐渐减小, 当料温进一步升高到 280℃ 时, 注塑所得 PVDF 试件的弹性模量变得很小。

表1 注塑成型工艺参数

序号	料筒温度			模具温度 /℃	注射压力 /%	保压压力 /%	注射时间 /s	冷却时间 /s	
	后部	中部	喷嘴						
#1	未添加增强纤维	220	250	250	60	60	30	3	8
#2		220	250	260	60	60	30	3	8
#3		220	250	270	60	60	30	3	8
#4		220	250	280	60	60	30	3	8
#5		220	250	260	60	50	30	3	8
#6		220	250	260	60	70	30	3	8
#7		220	250	260	60	80	30	3	8
#8	添加增强纤维	220	250	260	60	60	30	3	8
#9		220	250	260	60	60	30	3	8
#10		220	250	260	60	60	30	3	8

注: 表 1 中注射压力和保压压力都是以 138MPa 为基数, 注塑速率是以 EASYMASTER 注塑机的原始参数为基数。

由图 7~9 可以得出,其他工艺条件相同的情况下,随着注塑成型过程中注射压力从 50% 增加到 80%,注塑成型所得 PVDF 试件的屈服强度先上升,然后下降,在 3MPa 左右有波动;随着注射压力逐渐增大,注塑所得 PVDF 试件的抗拉强度逐渐增大,当注射压力达到 70%,抗拉强度又会下降;注塑所得 PVDF 试件的弹性

表2 拉伸试验结果

试样编号	增强纤维 /%	拉力 /N	弹性模量 /MPa	抗拉强度 /MPa	屈服强度 /MPa
#1	0	1441.3	2141.1	36.0	3.38
#2	0	1450.1	2104.1	36.3	3.52
#3	0	1477.3	1830.8	36.9	2.94
#4	0	1416.1	846.5	35.4	2.71
#5	0	1428.9	1892.6	35.7	2.89
#6	0	1458.1	1923.2	36.5	3.28
#7	0	1449.7	1576.7	36.2	2.74
#8	1:200	1683.3	2812.7	42.1	3.07
#9	1:133	1574.9	1803.4	39.4	2.92
#10	1:100	1506.5	1689.3	37.7	3.15

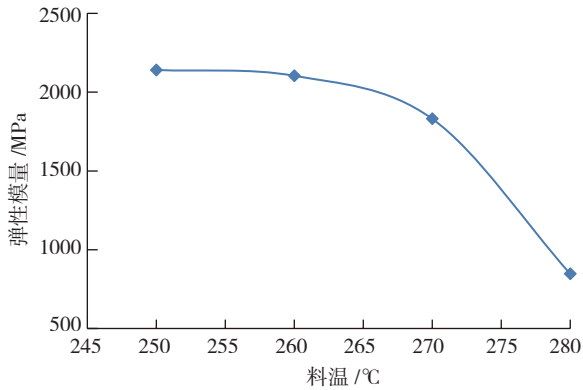


图4 弹性模量与料温的变化关系
Fig.4 Relationship between elasticity modulus and melt temperature

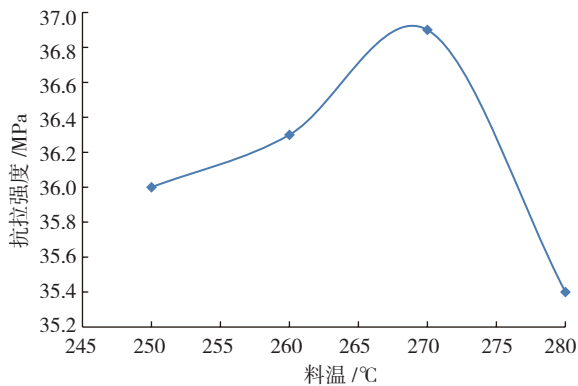


图5 抗拉强度与料温变化关系
Fig.5 Relationship between tensile strength and melt temperature

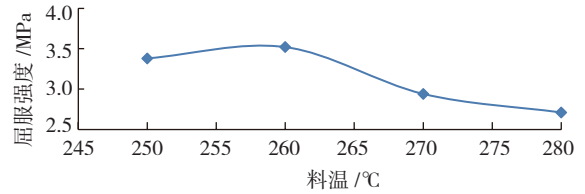


图6 屈服强度与料温的变化关系
Fig.6 Relationship between yield strength and melt temperature

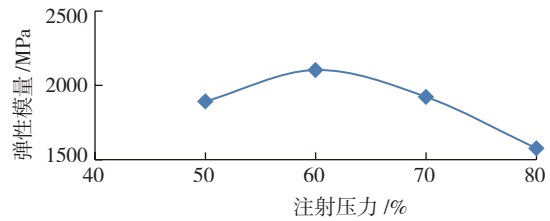


图7 弹性模量与注射压力的变化关系
Fig.7 Relationship between elasticity modulus and injection pressure

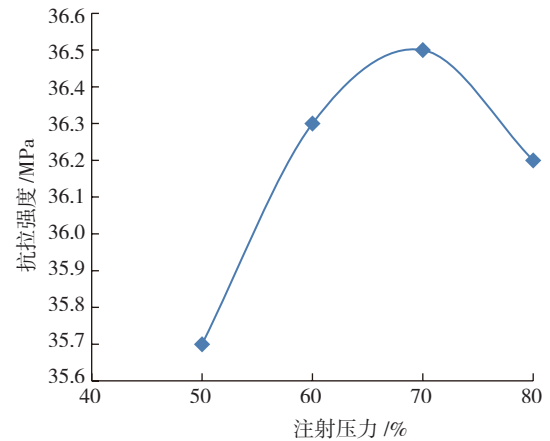


图8 抗拉强度与注射压力的变化关系
Fig.8 Relationship between tensile strength and injection pressure

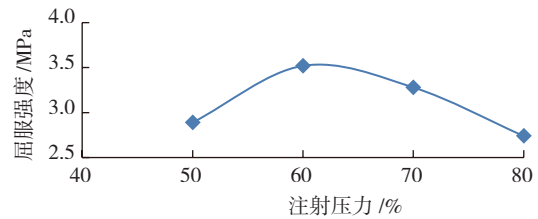


图9 屈服强度与注射压力的变化关系
Fig.9 Relationship between yield strength and injection pressure

模量先上升后下降。

由图 10~12 可知,注塑工艺条件完全相同的情况下,特种塑料 PVDF 中添加短切碳纤维丝比例为 1 : 200、1 : 133、1:100,材料的抗拉强度有显著的提升;随着 PVDF 中短切碳纤维丝比例从 1:200 到 1:100,材料的抗拉强度从 42.1MPa 下降到 37.7MPa;然而,在 PVDF 中添加上述比例的短切碳纤维丝,对于材料的屈服强度没

有明显的影响;材料的弹性模量先上升后下降。

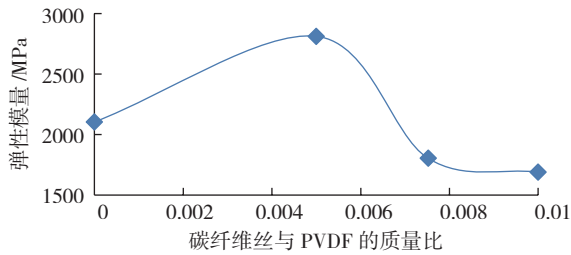


图10 弹性模量与增强纤维质量比变化关系图

Fig.10 Relationship between elasticity modulus and percentage of fiber

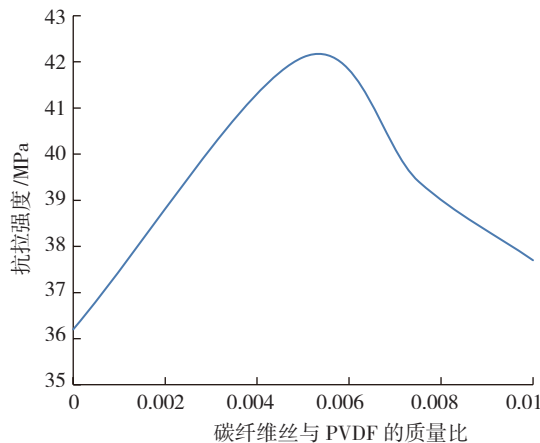


图11 抗拉强度与增强纤维质量比的变化关系

Fig.11 Relationship between tensile strength and percentage of fiber

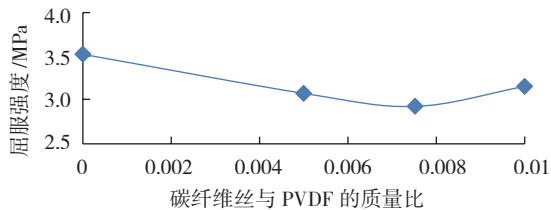


图12 屈服强度与增强纤维质量比的变化关系

Fig.12 Relationship between yield strength and percentage of fiber

3 结论

本文研究了特种塑料PVDF的注射成型工艺参数改变和特种塑料PVDF中添加一定量的短切碳纤维丝对于特种塑料PVDF的力学行为的影响。通过注射成型试验,制备了不同工艺条件下的PVDF试样以及同等工艺参数含2g、3g和4g的短切碳纤维丝的PVDF试样。通过拉伸试验,分析了不同工艺条件和同等工艺条件下含不同量短切碳纤维丝特种塑料PVDF的力学行为。主要结论如下:

(1)特种塑料PVDF的注射成型工艺参数中,料温的变化对于材料的抗拉强度没有明显的影响,当料温过

高时,弹性模量和屈服强度会有很大的下降。

(2)特种塑料PVDF的注塑成型工艺参数中,注射压力的变化对于材料的力学性能影响不大。

(3)特种塑料PVDF中添加一定量的碳纤维,对于材料的抗拉强度有显著的提高,但随着纤维含量的增加,其强度呈现下降趋势,因此在使用过程中必须严格控制纤维含量,达到最佳配比,以发挥其最佳性能。

参考文献

- [1] 吴金坤. PVDF的特性及其生产现状. 化工新型材料. 1999(6):10-13.
- [2] 卓震. 聚偏二氟乙烯(PVDF)特性及其在工业工程中的应用. 腐蚀科学与防护技术, 2004, 16(2):118-120.
- [3] 张甲敏, 王雪静, 连照勋. 聚偏二氟乙烯注塑成型技术. 塑料科技, 2008, 36(10):58-61.
- [4] 戚晓芳, 余琨, 冯玉军, 等. 拉伸工艺对聚偏二氟乙烯结构性能的影响. 东南大学学报, 1999, 29(11):68-73.
- [5] 张士林, 范孜娟. 聚偏氟乙烯树脂性能加工应用. 工程塑料应用, 2005(4): 67-69.

(责编 玲犀)

(上接第143页)

模板(XX梁.qcprofile),并确定检查结果形式(XML)、是否要自动修复等,随后实施检查,直至没有错误,输出检查结果形成检查报告。

6 结束语

结合生产实际,所开发的可定制的产品模型质量检查系统已经在某飞机制造厂的部分专业厂得到了初步应用。结果表明整个系统不论是从性能还是结构组织上,都表现良好,并且界面友好,操作简单,使用方便,具有一定的实用价值。

参考文献

- [1] 张智普, 陈海华. 三维数字化模型质量检查技术研究. 战术导弹控制技术, 2010,27(3):56-62.
- [2] 冯潼能, 王铮阳, 宋娅. MBD技术在协同设计制造中的应用. 航空制造技术, 2010(18):64-67.
- [3] Alemanni M, Destefanis F, Vezzetti E. Model-based definition design in the product lifecycle management scenario. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2011, 52(1-4):1-14.
- [4] 熊光楞, 张和明, 李伯虎. 并行工程在我国的研究与应用. 计算机集成制造系统, 2006, 6(2):526-530.
- [5] 杨国强, 危干军. 企业三维设计规范的制定和实施. 航空标准化和质量, 2003(1):38-39.
- [6] Kumar S, Singh R, Sekhon G S. Cckbs: a component check knowledge-based system for assessing manufacturability of sheet metal parts. Journal of Materials Processing Technology, 2006, 172(1):64-69.
- [7] 敖永刚, 万敏, 李新军. 基于KBE的飞机钣金件工艺审查系统. 北京航空航天大学学报, 2006,32(9):1096-1099.

(责编 古京)