

PEEK 复合材料高温蠕变性能研究

魏春雷

(江西工业贸易职业技术学院,南昌 330038)

摘要 对 3 种不同的聚醚醚酮(PEEK)复合材料进行高温蠕变实验研究,根据蠕变曲线和蠕变速率曲线获得了不同 PEEK 复合材料的抗蠕变能力,探讨了不同 PEEK 复合材料的蠕变机理。

关键词 聚醚醚酮 高温蠕变性能 蠕变实验

聚醚醚酮(PEEK)是一种芳香族结晶性热塑性聚合物,其熔点高达 334℃,密度约为 1.265 g/cm³。PEEK 主要具有如下特点:

(1)耐热性非常好。PEEK 能够长期在 250℃ 的高温条件下工作,瞬时工作温度可以达 300℃,同时,PEEK 在 400℃ 高温条件下短时间内不会发生分解。

(2)力学性能和尺寸稳定性良好。在高温工作环境条件下 PEEK 具有非常高的强度,在 200℃ 下 PEEK 的弯曲强度高达 24 MPa,在 250℃ 下的弯曲强度及压缩强度高达 12~13 MPa,使用 PEEK 制造长时间在高温环境下工作的构件是非常合适的。同时,PEEK 具有非常好的尺寸稳定性和刚性,耐蠕变性能也非常优异。

(3)耐水解性能好。PEEK 能够防止水或高压水蒸气的破坏作用。当工作环境的温度和压力非常高时,PEEK 能够连续在水中工作而具有良好的性能。

(4)阻燃性能优异。PEEK 具有自熄性,在火焰工作环境下不会释放出大量的烟及毒气。

(5)抗疲劳性优异。PEEK 在交变应力作用下具有非常好的抗疲劳性,可以达到合金材料的性能。

(6)耐磨性好。PEEK 在 250℃ 的高温下具有非常好的耐磨性。

(7)加工性优良。PEEK 容易挤出以及注塑,具有非常好的成型效果。对于注射成型,即使不对 PEEK 制品采取热处理也能够获得非常好的性能。

PEEK 目前已经成功应用于航空航天、机械、能源、汽车工程、涂料等领域。利用纤维改性可以增加 PEEK 材料的稳定性,降低磨损率,并能提高拉伸强度。由于 PEEK 材料通常情况下所处的环境温度非常高,这就需要研究其高温蠕变行为。但目前对 PEEK 材料高温蠕变性能的研究相对较少,因此笔者研究了 3 种纤维增强 PEEK 的高温蠕变性能,从

而探讨 PEEK 的蠕变机理。

1 PEEK 复合材料蠕变实验准备

蠕变性能实验利用美国 TA 公司生产的 DMA-Q800 型动态热机械分析仪来完成。实验使用的基体原料是 PEEK-1000,呈褐灰色。试样利用线切割的方法制作加工,尺寸为 50 mm×8 mm×2 mm。蠕变实验在两组不同条件下进行,第一组条件为:蠕变实验温度 300℃,载荷 35 MPa;第二组条件为:蠕变实验温度 350℃,载荷 35 MPa。

实验采用 PEEK/混杂纤维复合材料,分别为:

(1)PEEK/不锈钢纤维/CF 复合材料 I。按质量分数计其含有以下成分:19.35% 的 PEEK、7.64% 的不锈钢纤维、11.04% 的 CF、6.32% 的腰果壳油粉及 55.65% 的填料。该材料具有摩擦系数稳定、磨损率小的特点。

(2)PEEK/不锈钢纤维/CF 复合材料 II。该材料与(1)所述材料在成型过程上有所不同。该材料主要经过以下过程成型,先在高速下混合 30 s,接着在 95℃ 下预热 45 min,然后进行固化成型。该材料具备非常大的摩擦系数以及非常小的磨损量。

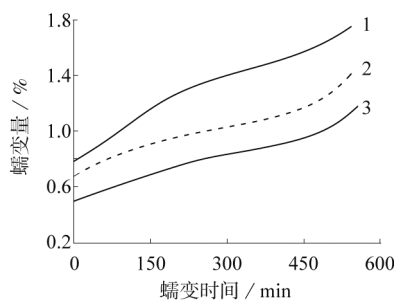
(3)PEEK/CF/SiC 纤维复合材料。其界面剪切强度在结晶度为 30% 时达到最大值,随后降低。随着结晶度的不断提高,拉伸弹性模量也不断提高。

2 PEEK 复合材料蠕变实验结果

2.1 蠕变曲线

蠕变实验温度为 300℃ 时 PEEK 复合材料的蠕变曲线见图 1。从图 1 可知,3 种复合材料都具有比较短的减速蠕变阶段,加载后 PEEK/不锈钢纤维/CF 复合材料 I 初始蠕变量为 0.79%,大于 PEEK/不锈钢纤维/CF 复合材料 II 的初始蠕变量 0.65% 和 PEEK/CF/SiC 纤维复合材料的初始蠕变量 0.48%。蠕变曲线随时间的增加变得平缓,即曲线的斜率逐

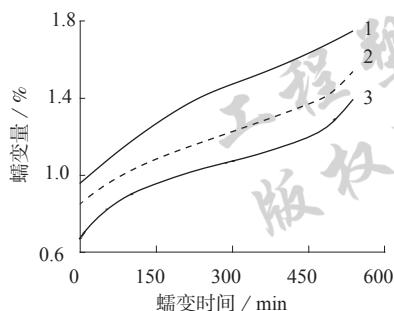
渐减小,表明蠕变速率随时间的增加而减小。



1—PEEK/不锈钢纤维/CF 复合材料 I;
2—PEEK/不锈钢纤维/CF 复合材料 II;
3—PEEK/CF/SiC 纤维复合材料

图1 蠕变实验温度为 300℃ 时 PEEK 复合材料的蠕变曲线

图 2 示出蠕变实验温度为 350℃ 时 3 种复合材料的蠕变曲线。通过对比图 1 和图 2 可以看出,相同应力下,蠕变曲线具有相同的变化趋势。随着温度升高,复合材料的蠕变量都会相应上升,说明当温度升高时,PEEK 复合材料的抗高温蠕变性能随之降低。

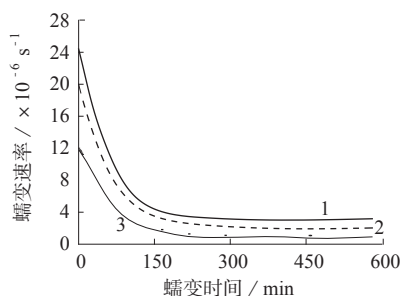


1—PEEK/不锈钢纤维/CF 复合材料 I;
2—PEEK/不锈钢纤维/CF 复合材料 II;
3—PEEK/CF/SiC 纤维复合材料

图2 蠕变实验温度为 350℃ 时 PEEK 复合材料的蠕变曲线

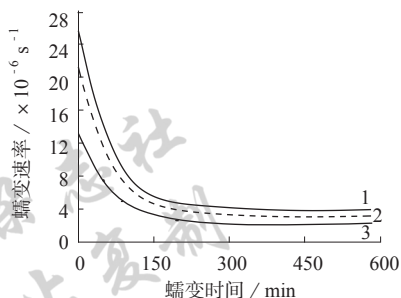
2.2 蠕变速率

图 3、图 4 分别为 300℃、350℃ 两组蠕变实验条件下不同复合材料的蠕变速率曲线。从图 3 可以看到,PEEK/不锈钢纤维/CF 复合材料 I 的稳态蠕变速率为 $3.84 \times 10^{-6} \text{ s}^{-1}$ 。对于 PEEK/不锈钢纤维/CF 复合材料 II,所对应的稳态蠕变速率有所降低,PEEK/CF/SiC 纤维复合材料的稳态蠕变速率最低,其大小为 $1.04 \times 10^{-6} \text{ s}^{-1}$ 。从图 4 可以看出,当蠕变实验温度提高到 350℃ 时,不同复合材料所对应的稳态蠕变速率都会相应增加,其中,PEEK/CF/SiC 纤维复合材料的稳态蠕变速率为 $2.5 \times 10^{-6} \text{ s}^{-1}$ 。通过对比图 3 和图 4 可知,当蠕变实验中恒定载荷大小不变的情况下,随着蠕变温度的增加,PEEK 复合材料的蠕变速率随之提高。



1—PEEK/不锈钢纤维/CF 复合材料 I;
2—PEEK/不锈钢纤维/CF 复合材料 II;
3—PEEK/CF/SiC 纤维复合材料

图3 蠕变实验温度 300℃ 时 PEEK 复合材料的蠕变速率曲线



1—PEEK/不锈钢纤维/CF 复合材料 I;
2—PEEK/不锈钢纤维/CF 复合材料 II;
3—PEEK/CF/SiC 纤维复合材料

图4 蠕变实验温度 350℃ 时 PEEK 复合材料的蠕变速率曲线

根据图 3 和图 4 的蠕变速率曲线,可以计算出 PEEK/不锈钢纤维/CF 复合材料 I、PEEK/不锈钢纤维/CF 复合材料 II、PEEK/CF/SiC 纤维复合材料在恒速稳态蠕变阶段所对应的激活能分别为 164.0、226.4、324.8 kJ/mol。从计算结果可以看出,按照 PEEK/不锈钢纤维/CF 复合材料 I、PEEK/不锈钢纤维/CF 复合材料 II、PEEK/CF/SiC 纤维复合材料的顺序,抗蠕变能力不断提高。

2.3 蠕变机理分析

蠕变变形的机理主要有 3 种方式,分别是滑移、扩散性蠕变以及晶界滑动。从图 1 和图 2 可知,相对于 PEEK/不锈钢纤维/CF 复合材料 I,PEEK/不锈钢纤维/CF 复合材料 II 和 PEEK/CF/SiC 纤维复合材料的蠕变性能有所提高。主要原因是后 2 种复合材料中的混杂纤维具备更好的热稳定性、并且具有很高的强度以及较大的弹性模量,这些特点都会对晶界产生较大的约束作用,进而能够有效地缓解 PEEK 复合材料在高温环境下产生滑移、扩散性蠕变以及错位运动,因此 PEEK 复合材料的抗蠕变能力大大地提高了。另外,后 2 种 PEEK 复合材料中纤维具有传递载荷的功能,具有非常高的热稳定性,

不容易产生变形,进而有效地使 PEEK 复合材料的抗蠕变性能得到了提高。

3 结语

目前有很多 PEEK 复合材料的改性方法,如纤维增强、晶须增强、聚合物共混等,可以利用蠕变实验对不同的 PEEK 材料进行抗蠕变性能分析,从而可以为 PEEK 的改性设计提供有利的理论依据,并且能够有效地提高 PEEK 复合材料的热力学性能、摩擦性能以及加工性能,进而能够增加 PEEK 材料

的应用领域。

参考文献

[1] 付国太,刘洪军,张柏. PEEK 的特性及应用[J]. 工程塑料应用,2006,34(10):69-71.

[2] 周伟. 热处理对 TC4 合金组织与性能的影响[J]. 热加工工艺,2005(8):26-28.

[3] 王敏敏,赵永庆,周廉. 钛合金蠕变行为的影响因素分析[J]. 稀有金属材料与工程,2002,31(2):135-138.

[4] 王敏敏. Ti40 阻燃钛合金的高温蠕变行为[J]. 稀有金属材料与工程,2003,32(2):117-118.

STUDY ON HIGH TEMPERATURE CREEP PROPERTY OF PEEK COMPOSITE

Wei Chunlei

(Jiangxi Vocational Technical College of Industry & Trade, Nanchang 330038, China)

ABSTRACT The high temperature creep properties of three PEEK composites were carried out, and the anti-creep capabilities of different PEEK composites were obtained according to the creep curves and creep velocity curves. Finally the creep mechanism of different PEEK composites was analyzed.

KEYWORDS PEEK, high temperature creep property, creep test

汽车塑料零部件需求日益提高

汽车塑料零部件行业对汽车行业的依存程度很高,随着近年来我国汽车市场的持续高速发展,世界汽车保有量的不断增加,市场对汽车塑料零部件产品的需求日益提高。

据汽车工业协会相关人士测算,国内中级轿车平均塑料用量约为 135 kg/辆,根据塑料的平均单价可以测算出单车用塑料原材料的价值约为 2000 元。通过对多位业内专家访谈和对汽车塑料件主要代表产品的分析认为,一般汽车塑料零部件原材料占总成本比例为 50%~70%。如此计算,单车塑料件价值将达到平均 3300 元左右。按此保守估计,目前塑料件市场容量约为 350 亿左右,到 2013 年将达到 500 亿元以上。

(中塑网)

山塑环保型木塑型材生产线旺销市场

青岛山塑挤出设备有限公司自主研发的环保型木塑型材生产线推向市场后销售形势一直很好。该设备多项经济技术指标达到国际先进水平,其生产出来的带有原始木纹的 PE、PP、PVC 木塑型材,集合了木材、塑胶优点的,实现了“以塑代木”,保护了有限的森林资源、减少了“白色污染”,可广泛应用于地板、护栏、托盘、包装箱、隔墙板、门窗套、踢脚线等诸多领域。

青岛山塑研制的这种环保型木塑型材生产线,采用特殊设计的螺杆机筒、模具及挤出机,具有自动化程度高、生产速度快、操作灵敏、适应能力强、使用寿命长等特点。该设备在生产木塑型材过程中使用的锯末、刨花、麦草、棉秸、糠、花生壳均为废弃的低价值自然资源,经过筛选、粉碎、研磨和塑料原料混配(植物纤维添加比例达 50%~75%)后,经特殊工艺配方挤出而成,生产出的 PE、PP、PVC 木塑型材不含甲醛,带有原始木纹,具有较高的强度和硬度,而且质量轻、防水、

防潮、防腐、防霉变、阻燃、不变形,易回收再利用,使用时可任意钻、刨、钉、锯、贴合、印刷、油漆,可制成各种截面形状和尺寸使用,广泛应用于地板、公园长椅、凉亭、护栏、楼梯扶手、托盘、包装箱板、装饰包装材料等领域。

(工塑)

塑料加工业重在调整创新

据中国塑料加工工业协会新任理事长钱桂敬表示,“十二五”期间,中国塑料加工工业发展的重点是要做好产业结构调整和提高自主创新能力,以此来提升行业整体实力,增强国际竞争力,实现由大到强的新突破。

钱桂敬介绍说,目前行业“十二五”规划已进入修订完善阶段。规划重点有两个,一是要把结构调整作为转变发展方式的主攻目标和重要抓手。要通过调整,使塑料加工业产品结构、企业组织结构、产业布局更加合理。一方面,要大力推广先进加工工艺技术,提高先进技术装备水平和所占比重;另一方面,要加快淘汰落后产能和低档产品,提高中高档产品比重。

规划的另一个重点是加强技术研发投入力度,提高自主创新能力。塑料加工行业很多领域涉及当代材料科学中最前沿技术,这些前沿技术的突破将会引发材料和加工行业深刻的技术革命。要在充分发挥企业自主创新主体地位的基础上,大力推动有条件的企业建立国家级技术中心,充分发挥龙头企业技术创新示范作用,进一步发挥产学研在科技攻关中的作用。对工程塑料、特种工程塑料,特别是纤维增强复合材料、聚合物合金、功能母料、超细纤维聚氨酯合成革及水性聚氨酯树脂,以及塑料机械、模具等重点领域中的重点课题进行集体攻关,力争取得突破。与此同时,还要关注塑料在车、船、航空航天等方面的应用,进一步拓宽塑料加工业发展空间。

(中聚网)