

文章编号: 1008-1542(2011)02-0201-04

高温条件下 PPS 纤维受粒子冲击产生磨损研究

李向红^{1,2}, 高翼强^{1,2}, 鲍力民³

(1. 河北科技大学纺织服装学院, 河北石家庄 050018; 2. 河北省纺织服装工程技术研究中心, 河北石家庄 050018; 3. 信州大学纤维学部, 日本长野 386-8567)

摘要: 在前期开发的常温纤维冲击磨损测试仪的基础上, 通过增加温度控制装置, 构建了高温纤维冲击磨损测试系统, 利用该系统对高温过滤材料中常用的 PPS(聚苯硫醚)纤维进行了测试。另外, 还研究了冲击气流中的粒子浓度与磨损程度之间的关系。结果表明: PPS 纤维材料的磨损程度随工作温度的增加而增加, 特别是当温度达到一定程度时, 影响非常显著; 在温度和其他实验参数不变的情况下, 磨损程度随气流当中的固体颗粒含量呈近似指数变化规律增加。

关键词: PPS 纤维; 温度; 磨损; 测试系统; 粒子冲击

中图分类号: TS101.923 文献标志码: A

A abrasion of particle-shocked PPS fiber under high temperature

LI Xiang-hong^{1,2}, GAO Yi-qiang^{1,2}, BA O Li-min³

(1. College of Textile and Garment, Hebei University of Science and Technology, Shijiazhuang Hebei 050018, China; 2. Hebei Province Research Center of Engineering and Technology of Textile and Garment, Shijiazhuang Hebei 050018, China; 3. Division of Textile, Shinshu University, Nagano 386-8567, Japan)

Abstract: PPS fiber properties were tested on the previously developed abrasion tester, to which temperature-controlled attachment was added to build a testing system for fibers under high temperature, in order to work out the abrasion of textile filter materials under high temperature. The relation between abrasion and particle density was also studied. It shows that abrasion increases with the environmental temperature, especially when the temperature rises to a high degree. When the temperature and other conditions remain unchanged, abrasion changes with the particle density nearly as a index movement.

Key words: PPS fiber; temperature; abrasion; testing system; particle impacting

过滤材料, 尤其是高温过滤材料被广泛地应用于电厂、水泥厂、冶金企业以及垃圾焚烧等领域, P84 纤维、Nomex 纤维、PPS 纤维、PTFE 纤维等耐高温材料相继开发并得到广泛应用。与滤材的开发应用相比, 有关滤材使用过程中磨损问题的研究却显得相当落后。关于高分子材料的抗磨损性能的研究可以分为 3 类: 第 1 类是对大块儿高聚物的磨损进行的研究^[1]; 第 2 类是对纤维增强体复合材料的磨损性能的研究^[2-7]; 第 3 类就是对纤维性材料的磨损性能的研究。根据查阅到的文献, 从事第 3 类研究的人很少, 只有文献[8]与文献[9]对纤维性陶瓷纤维集合体, 在含有固体粒子的高温气流和不含固体粒子的高温气体作用下的磨损情况进行了研究, 但是对于这种纤维性高聚物集合体的磨损性能的研究明显不足。另外, 查阅到了 1 篇关于金属纤维磨损的文章^[10]。

影响高温过滤材料磨损的因素很多, 本研究主要是利用含有固体粒子(砂粒)的高温气流对纤维进行冲击, 来模拟垃圾焚烧、工业废热空气的处理等场合纤维过滤材料的磨损情况。找出温度与磨损之间的变化规

收稿日期: 2010-11-08; 修回日期: 2011-01-06; 责任编辑: 张 军

作者简介: 李向红(1970), 女, 河北唐山人, 副教授, 硕士, 主要从事纺织新产品的开发及纺织材料性能方面的研究。

律。本研究所以对纤维长丝进行磨损研究而不是对高温滤材纤维集合体进行研究的原因是: 1) 高温纺织过滤材料与以往的金属、非金属材料的结构不同, 它是由若干根纤维构成的多孔状材料, 单根纤维的磨损破坏意味着整个滤材过滤功能的减退或丧失; 2) 纺织滤材的特殊加工工艺, 导致滤材产品为蓬松的、可压缩的多孔状材料, 如果直接对纤维集合体进行研究, 由于受高压气流冲击后材料本身产生的变形, 使得测试结果会有较大的误差。

1 实验条件及实验前的预备工作

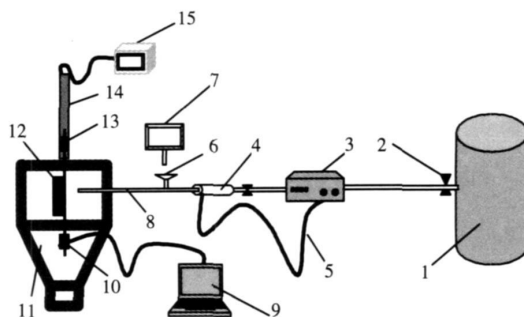
1.1 实验所用材料

所用纤维材料是由日本 Toyobo 公司提供的新型 PPS(聚苯硫醚)复合长丝。规格为 250T/60, 即 250 特的复合长丝, 复合根数为 60 根。

1.2 所用实验仪器

图 1 为构建的实验仪器装置原理示意图, 所有的磨损实验都是利用此气体冲击磨损实验装置进行的。

先通过空气压缩机产生高压空气, 并将高压空气存放于压缩空气罐当中。由型号为 MODEL MF-1 的微型振荡喂入器将固体粒子加入到金属管当中, 喂入量的多少可以进行调节。由加热器对高压空气进行加热。金属管出口直径为 5 mm, 出口到纤维试样的距离是 20 mm。高压气流的温度和压力通过温度控制器(图 1 中 3)进行控制。纤维长丝试样一端固定在带有力传感器的夹头上, 另一端固定在滑轨的夹头上, 滑轨的型号为 EZHS3A-30, 由日本 Oriental Motor 有限公司制造, 纤维被高温气流冲击一定时间以后, 启动滑轨夹头, 纤维被拉伸断裂, 相关数据由计算机记录。拉伸速度是可调的, 夹头之间的夹持距为 550 mm。



1—压缩空气罐; 2—阀门开关; 3—温度控制器; 4—加热器; 5—热传感器;
6—固体颗粒加入口; 7—粒子产生器; 8—金属管; 9—计算机; 10—拉力传感器;
11—仪器主体部分; 12—试样; 13—纤维固定夹头; 14—滑轨; 15—滑轨控制器

图 1 高温气体冲击磨损测试系统

Fig. 1 High-temperature gas-blast wearing system

1.3 实验参数的标定

固体粒子颗粒的冲击速度是影响磨损效果的最重要的实验参数, 为了正确比较不同温度下纤维的磨损情况, 实验过程中的冲击速度必须一致。直接测量金属管出口处的砂粒速度非常困难, 但是, 利用压力表可以很简单地测得该处气流的压力, 通过计算得到粒子的速度。为了保证出口处的固体粒子的冲击速度在不同的温度下始终不变, 必须调整高压气流, 使出口处的气流速度始终保持不变。在本研究过程中, 通过调整气流的压力, 使不同温度下出口处的气流速度始终为 109.15 m/s, 从而保证了出口处的粒子速度一致。

在磨损的过程中, 影响磨损效果的另外一个实验参数是气流当中的固体粒子含量。本实验当中所采用的砂粒直径是 5~40 μm, 首先放入微型振动式喂入器, 然后经过一个漏斗状的喂入口进入高压气流金属管通道。在进行正式实验之前, 对微型振动喂入器上的 10 个可调节档位以及相应的砂粒喂给量之间的关系进行了测试, 综合考虑各种因素, 最后选用的喂砂量为 2.216 g/min。

另外, 通过测试发现, 加热器处的气流温度和金属管出口处的气流温度差异较大, 且试样处的温度在刚开始时是不稳定的, 加热器温度设定后, 一般要等 20~30 min 才能趋于一个恒定值, 为了保证实验数据的准确性, 必须要对这两个温度之间的变化关系进行实验研究, 且等温度稳定后再进行实验。

2 实验及研究

2.1 利用热空气对纤维复合长丝进行冲击

为了研究纤维强力的减少是否全部由磨损, 而不是由温度的变化造成的, 首先对纤维进行不含粒子的热

空气冲击实验, 测试时的实验条件与含砂粒时的完全相同。分别在 6 种不同的温度条件下进行了测试, 冲击时间分别为 2, 4, 6, 8 和 10 min。实验所用材料的原始强力是 9.3 N。热空气的速度是 109.15 m/s, 测试结果如图 2 所示。从曲线图上可以看出, 在 132 °C 及其以下温度时, 冲击时间从 2 到 10 min 的情况下试样的强力没有明显的变化。但是当温度达到 157 °C 时, 试样的强力比 132 °C 以下时有明显的减少。

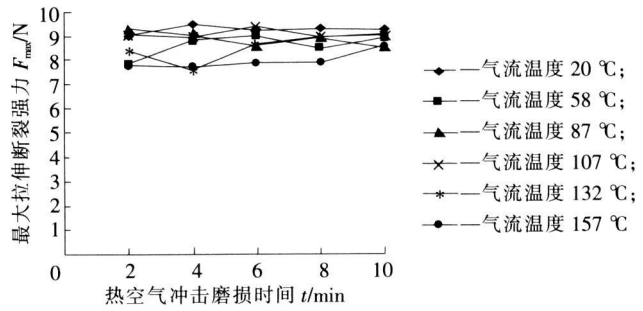


图 2 试样的强力与受热空气作用时间之间的变化关系

Fig. 2 Relation between F_{max} and hot air impact time

2.2 含固体粒子的高温气流冲击实验

在利用热空气对试样进行冲击磨损实验以后, 利用含有粒子的热空气对试样进行了冲击实验, 测试温度和前面的完全相同, 固体粒子喂入量为 2.216 g/min, 冲击时间分别为 0.5, 1, 2 和 4 min, 测试结果如图 3 所示。由于纤维强力的大小在很大程度上依赖于纤维的粗细, 冲击以后所测得的纤维材料的绝对强力并不能准确的表示纤维的受磨损的状况, 所以, 笔者定义了一个新的变量 F_{lr} (强力损失率) 来表示纤维材料受粒子冲击以后的受磨损程度。 $F_{lr} = (F_0 - F_1) / F_0 \times 100\%$, 其中: F_0 为磨损前的纤维材料的强力, F_1 为磨损后的纤维材料的强力。利用 F_{lr} 可以正确地评价纤维材料的受磨损状况。

2.3 不同含砂量条件下的冲击磨损实验

气流中所含固体粒子的量是影响材料磨损的重要因素之一, 为了找出两者之间的变化规律, 对不同气流含砂量进行了研究测试, 实验条件为室温; 空气压力为 0.2 MPa; 冲击磨损时间为 2 min, 每一条件下重复 5 次实验, 求平均值, 结果如图 4 所示。从图 4 中不难看出, 纤维强力损失率随着气流当中的含砂量的增加呈近似指数变化规律增加。

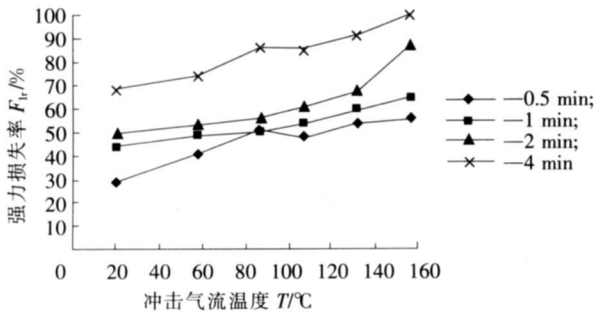


图 3 强力损失率 F_{lr} 与气流温度之间的变化关系

Fig. 3 Relation between F_{lr} and temperature

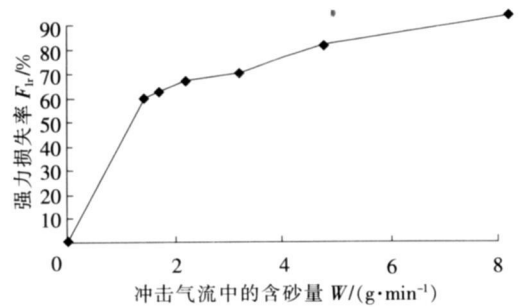


图 4 喂入砂量与强力损失率 F_{lr} 之间的变化关系曲线

Fig. 4 Relationship between the sand amount and F_{lr}

3 结 论

1) 成功地构建了一套测试系统, 该系统是利用纤维的应力应变来间接地反映纤维材料在高温条件下受磨损的情况。该测试系统可以用于各种材料的磨损测试。通过设置气流的速度、温度和气流当中所含固体粒子的量的多少, 可以用于模拟的各种场合, 特别是用于高温过滤材料场合下的各种纤维材料的磨损情况。根据模拟实验的测试结果, 为企业选择材料提供参考数据, 并且可以通过对实验数据的分析来预测高温过滤材料的使用寿命。

2) 研究发现, 在短时间的作用情况下, 纤维材料的强力几乎不受温度变化的影响, 即使温度达到 157 °C, 强力也只有很少的下降, 说明本研究中所使用的纤维具有非常好的耐高温性能, 同时也说明在其后所做的高温粒子冲击实验当中, 纤维的强力的损失是由于纤维受到磨损而产生的, 而不是由于温度的变化而产生的; 当温度超过 150 °C 时, 纤维的强力损失是受粒子的磨损和温度 2 个因素影响的, 但温度的影响相对来说还是

很小的。

3) 一个新的物理量 F_{11} 被定义, 用来表示纤维性材料受磨损以后的强力损失率, 实验结果表明, 随着温度的增加, 纤维的强力损失率增加。在同样的冲击作用时间条件下, 温度越高, 纤维的强力损失率越大, 在同一温度下, 冲击的时间越长纤维的强力损失率越大; 当温度达到一定高度以后, 温度本身对纤维的强力损失产生较大的影响, 当然这种温度上的影响是随着材料的不同而存在较大的差异的, 本实验采用的是耐高温的 PPS 纤维, 所以当温度超过 150 °C 时, 才对强力的损失有较大的影响。

4) 气流当中的固体粒子含量对纤维材料的磨损非常显著, 在本实验条件情况下, 所用纤维材料的强力损失随气流含砂量的增加呈指数变化关系增加。

参考文献:

- [1] MENSA J W M, DEGE E W J. Friction and wear behaviour of 18 polymers in contact with steel in environments of air and water [J]. *Wear*, 1991, 149: 255-268.
- [2] RAJESH J J, BIJWE J. Influence of fillers on the low amplitude oscillating wear behaviour of polyamide 11 [J]. *Wear*, 2004, 256: 1-8.
- [3] WRIGHT N A, KU KUREKA S N. Wear testing and measurement techniques for polymer composite gears [J]. *Wear*, 2001, 251: 1 577-1 578.
- [4] GOMES J R, SILVA O M, SILVA C M. The effect of sliding speed and temperature on the tribological behaviour of carbon-carbon composites [J]. *Wear*, 2001, 249: 240-245.
- [5] REINICKE R, HAUPERT F, FRIEDRICH K. On the tribological behaviour of selected, injection moulded thermoplastic composites [J]. *Wear*, 1998, 229: 763-771.
- [6] HANCHI J, EISS N S. Dry sliding friction and wear of short carbon fiber reinforced polyetheretherketone (PEEK) at elevated temperatures [J]. *Wear*, 1997, 203-204: 380-386.
- [7] FRIEDRICH K, LU Z, HAGER A M. Recent advances in polymer composites tribology [J]. *Wear*, 1995, 190: 139-144.
- [8] HEUER V, WALTER G, HUTCHINGS I M. High temperature erosion of fibrous ceramic components by solid particle impact [J]. *Wear*, 1999, 233: 257-262.
- [9] HEUER V, WALTER G, HUTCHINGS I M. A study of the erosive wear of fibrous ceramic components by solid particle impact [J]. *Wear*, 1999, 229: 493-501.
- [10] BOYER L, NOEL S, CHABRERIE J P. Electrochemically activated wear of metal fibre brushes [J]. *Wear*, 1987, 116: 43-58.
- [11] 高翼强, 李向红, 鲍力民. 聚酰胺纤维的磨损与冲击角度之间关系的研究 [J]. 河北科技大学学报 (Journal of Hebei University of Science and Technology), 2010, 31(3): 265-269.
- [12] 高翼强, 李向红, 薛建昌. HXFA299 型棉精梳机梳理质量挖潜的实验研究 [J]. 河北科技大学学报 (Journal of Hebei University of Science and Technology), 2010, 31(1): 71-73.

(上接第 196 页)

3) 每篇论文须提供所有作者的履历(每个作者最多 150 个单词)及他们的 E-mail, 并且必须指定一个通讯作者, 注明他(她)的 E-mail;

4) 稿件用英文撰写, 要求表达流畅, 符合英文表达习惯;

5) 论文的具体格式要求请参见示例及说明, 网页地址如下:

<http://xuebao.depart.hebust.edu.cn/message/example.doc>。

2 其他要求

1) 提交英文撰写的论文时, 附带一份中文版本;

2) 所有投稿及征询邮件均请发送至 ijmic2010@163.com ;

3) 本编辑部接受所有作者的直接投稿, 谢绝一切代理和转交;

4) 收稿截止时间: 2011 年 9 月 10 日 (因版面限制, 经审理质量合格的稿件按投稿日期的先后顺序刊用);

5) 具体有关信息, 请详见河北科技大学学报编辑部关于 IJMIC “专刊”的网页 (请点击 <http://xuebao.depart.hebust.edu.cn/message/zhuankan.htm>)。

咨询电话: 0311-81668290; 0311-81668292; 18931129856(张老师)

(河北科技大学学报编辑部)