

超高分子量聚乙烯纤维的拉伸热老化性能研究

罗峻, 邓华, 黎仲明, 钟钜全

(广州纤维产品检测研究院, 广东 广州 511447)

摘要:设计并利用拉伸老化测试装置,在传统人工加速老化因素的条件下,增加持续受力因素,考察了超高分子量聚乙烯纤维的拉伸热老化性能。结果表明:在拉伸状态下,超高分子量聚乙烯纤维的老化将会加快。

关键词:拉伸;热老化;人工加速老化;超高分子量聚乙烯纤维

中图分类号:TS102.5

文献标识码:A

文章编号:1673-0356(2017)05-0009-03

1 老化试验研究现状

超高分子量聚乙烯(UHMWPE)通常定义为相对分子量在100万以上的线性聚乙烯,由于其具有优异的综合性能,成为继碳纤维和芳纶纤维之后的第三代高性能纤维^[1-2]。UHMWPE为线型伸直链结构,取向度近乎100%,其力学强度比碳纤维高2倍,比芳纶纤维高40%。由于UHMWPE纤维具有高强度、质轻(密度比水小能浮于水面)、高模量、耐腐蚀、耐磨损、耐光照、柔韧性好等良好性能及特点,特别适用于海洋用绳。UHMWPE纤维虽然在渔业中的应用时间不长,但用其制作的绳索在欧美、日本已成为渔业从业者最受欢迎的新材料之一^[3]。

高分子材料在实际使用过程中,难免会受热、光照、高能辐射、潮湿、持续受力等环境及应用因素的综合作用,逐步发生老化,导致性能下降,甚至失去使用价值,更甚者会酿成安全事故^[4]。评价高分子材料在实际工作环境中的耐老化性能,成为其应用的一大研究方向^[5]。目前,主要形成了两类老化试验方法:一类是自然老化试验方法,即直接利用自然环境(真实工况环境)进行的老化试验;另一类是人工加速老化试验方法,即在实验室模拟自然环境和工作情况的某些老化因素进行的老化试验。由于老化因素的多样性及老化机理的复杂性,自然老化无疑是最重要、最可靠的老化试验方法,但是,自然老化周期相对较长,不同年份、季节、地区气候条件的差异性导致了试验结果的不可比性;而人工加速老化试验模拟强化了自然气候中的某

些重要因素,如阳光、温度、湿度等,缩短了老化试验的周期,且由于试验条件的可控性,试验结果再现性强。人工老化作为自然老化的重要补充,正广泛运用于高分子材料的研究、开发、检测中^[6]。

作为海洋绳用UHMWPE纤维,长期处于高强受力状态,加上海水浸泡、紫外辐照等多种环境因素的腐蚀,其性能将随着老化而下降,进而有可能造成安全问题。因此,针对海洋环境下使用的UHMWPE纤维在一定老化程度后力学性能变化将会是一个非常重要的研究方向^[7]。国内外对UHMWPE纤维的研究主要集中在生产应用中的扩大化生产工艺和UHMWPE绳索的物理机械性能研究以及UHMWPE绳索同其他纤维绳索的性能比较研究上^[8-12],对其加速老化及其性能变化上也有少量报道,但老化过程大多集中盐雾、温度、辐照等因素上,目前并没有一个测试方法和仪器可模拟待测样品在受力情况下的老化过程。

为了研究真实使用状态下UHMWPE纤维老化后的力学性能,在实验室的人工加速老化过程中需给纤维一个持续的牵伸力,模拟其长期受力的状态。我们设计了一种拉伸老化测试固定装置,以便结合盐水浸泡、辐照、热老化等条件,更贴合实际工况对海洋绳用UHMWPE进行人工加速老化试验。

2 拉伸老化测试装置

拉伸老化测试装置设计如图1所示。该拉伸老化测试固定装置及测试方法可以将待测样品在一定预加张力的情况下,进行高温、辐射或腐蚀性溶液等老化模拟过程的测试,操作简单,实用性强,可广泛应用在需要对待测样品进行拉伸老化测试,并且待测样品的拉伸长度可控,操作灵活。图2为拉伸老化测试装置夹持样品及进行干热测试时照片。

收稿日期:2017-03-16;修回日期:2017-03-28

基金项目:广东省质监局科技项目(2015PZ08);中国纺织工业联合会科技项目(2015019)

作者简介:罗峻(1983-),男,博士研究生,主要从事纺织品检测及研发工作,E-mail:luoj@gtt.net.cn。

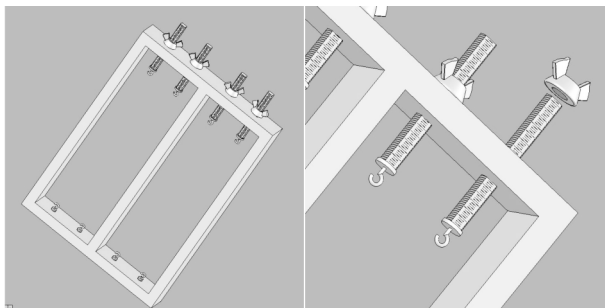


图1 拉伸老化测试装置设计图

3 试验部分

3.1 样品与仪器

超高分子量聚乙烯纤维由中国科学院宁波材料所顾群课题组提供,由凝胶浴纺丝,三次倍热牵伸所得,线密度为 538 dtex。

3.2 测试方法

采用单纤断裂强度作为评价指标。力学测试依据 GB/T 14337-2008 进行,采用全自动单纤维万能测试仪 (FAVIMAT AIROBOT2, 德国 TEXTECHNO 公司) 测试单丝纤维的断裂强力和断裂伸长率,测试根数 50 根,夹持长度 20 mm,拉伸速度 20 mm/min,预加张力 0.45~0.55 cN/dtex。

3.3 老化方法

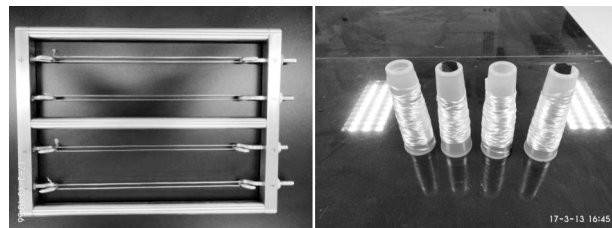
干热:将样品置于已达预设温度的恒温烘箱 (UF55plusB0, 德国 Memmert 公司) 中进行干热老化,到设定时间取出。

湿热:按照 ASTM D1141-2013 配备人造海水,装入密封盒内,密封后放入恒温烘箱 (UF55plusB0, 德国 Memmert 公司) 中调节水温至设定温度,水温偏差 不大于 1 °C 时,将试样放入密封盒中,老化至设定时间,取出试样。

受力:将试样缠结于拉伸老化测试装置上,调节上端旋钮使其纤维伸直,测定其长度。按预设伸长率调节旋钮使其到达预设伸长度,再进行干热或湿热老化,如图 2(a) 所示。

3.4 结果与讨论

根据前期研究成果,90 °C 热老化温度能较快地显示出 UHMWPE 纤维的老化变化趋势,因此,本研究选用 90 °C 作为干热和湿热老化的温度。选择的老化时间为 10、35、100 天。拉伸老化测试装置中纤维的有效长度约为 30 cm,拉伸长度为 2.0%。不同老化时间、90 °C 干热老化后 UHMWPE 纤维的单纤断裂强度测试数据如图 3 所示。



(a) 受力拉伸状态

(b) 非受力拉伸状态

图2 样品老化测试状态图

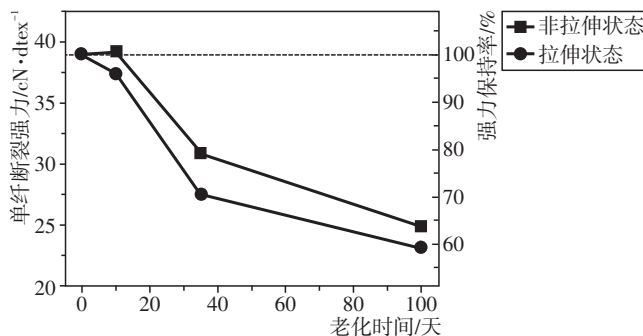


图3 干热老化条纤断裂强力图

从图 3 数据分析可看出,UHMWPE 纤维在非拉伸和拉伸状态下的干热老化都会造成其断裂强力的下降。在老化开始的前 10 天,断裂强力下降较慢;从 10 天开始,断裂强力迅速下降;随着老化时间的增加,下降趋势逐渐缓和。100 天 90 °C 干热老化后,样品在非拉伸状态下断裂强力下降 35%;在拉伸状态下断裂强力下降 40%。

对相同的样品,我们也进行了非拉伸和拉伸状态下的湿热老化试验,老化后单纤断裂强力如图 4 所示。湿热老化后单纤强力变化趋势与干热老化后的数据相近,均呈现出缓和—急降—缓和的趋势。100 天 90 °C 湿热老化后,样品在非拉伸状态下断裂强力下降 78%;在拉伸状态下断裂强力下降 73%,湿热老化造成纤维单纤强力的衰减程度较干热老化弱,可以认为是在湿热条件下,温度变化较为温和,有利于纤维中非晶区域或结晶缺陷区域进行重排,从而使其断裂强力衰减程度减弱。

在测试样品中,相同老化时间后,无论是干热老化还是湿热老化,基本上纤维在拉伸状态下老化后的断裂强度都低于非拉伸状态的数值,表明了拉伸对纤维寿命有一定的影响作用,因此评价 UHMWPE 纤维的寿命及其安全性能时,需考虑纤维持续受力的情况,才能更贴近实际的工况。利用我们设计的拉伸老化测试装置,可以很好地模拟样品的实际工况,使人工加速老化过程更贴近样品的使用环境。

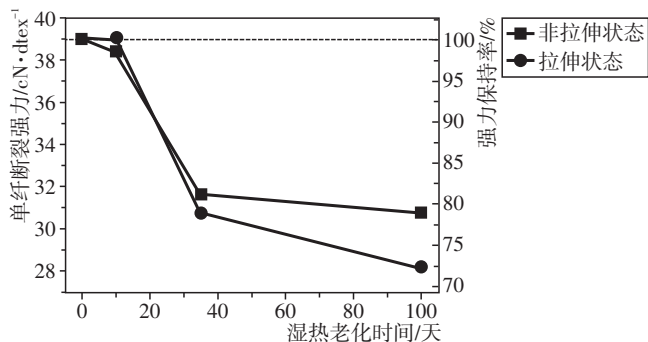


图4 湿热老化条件下单纤断裂强力图

4 结语

利用设计的拉伸老化测试装置,考察了 UHMWPE 纤维在一定拉伸比例下,人工加速干热和湿热老化过程后单纤强力的变化。数据表明,拉伸条件(持续受力)作用下,UHMWPE 纤维的强度会受到一定的影响。在传统温度、盐度等人工加速老化条件的基础上增加持续受力的条件,能更全面地对样品的老化性能进行描述。

参考文献:

[1] 赵刚,赵莉,谢雄军. 超高分子量聚乙烯纤维的技术与市场发展[J]. 纤维复合材料, 2011, (1): 50-56.

- [2] 黄安平,朱博超,贾军纪,等. 超高分子量聚乙烯的研发及应用[J]. 高分子通报, 2012, (4): 127-132.
- [3] 陶肖卫. UHMWPE 绳缆后整理技术及力学性能研究[D]. 青岛:青岛大学, 2015.
- [4] 陈金爱,郑玉梅,余雪辉. 不同型号氙灯人工加速老化试验[J]. 合成材料老化与应用, 2007, (3): 4-7.
- [5] 兰明荣. 人工加速老化试验中常见问题探讨[J]. 塑料科技, 2006, (4): 76-80.
- [6] 刘晓艳,徐鹏,张华鹏,等. 超高分子量聚乙烯纤维热处理研究[J]. 合成纤维, 2004, (1): 25-26.
- [7] 邓华,罗峻,杨建. 浅谈海洋用超高分子量聚乙烯纤维人工加速老化的评价方法[J]. 中国纤检, 2016, (12): 86-88.
- [8] 杜宏斌,王子强,陶俭,等. 高效 CM 催化剂在 UHMWPE 生产中的应用[J]. 合成树脂及塑料, 2011, (1): 40-43.
- [9] 顾静. UHMWPE 纤维性能及其应用研究[D]. 苏州:苏州大学, 2015.
- [10] 王成忠,李鹏,于运花,等. UHMWPE 纤维表面处理及其复合材料性能[J]. 复合材料学报, 2006, (2): 30-35.
- [11] 徐杰. UHMWPE 超高分子量聚乙烯的链缠结初始研究[D]. 宁波:宁波大学, 2015.
- [12] 尹文梅,黄安平,贾军纪,等. 超高分子量聚乙烯纤维的生产应用现状[J]. 合成纤维, 2013, (4): 7-10.

Study on Stretching and Thermal Aging Property of Ultra High Molecular Weight Polyethylene Fiber

LUO Jun, DENG Hua, LI Zhong-ming, ZHONG Ju-quan
(Guangzhou Fiber Product Testing Institute, Guangzhou, 511447, China)

Abstract: A tensile aging test device was designed and used. Under the condition of artificial accelerated aging, the tensile and thermal aging properties of ultra high molecular weight polyethylene (UHMWPE) fiber were investigated by increasing the continuous stress. The results showed that the aging of UHMWPE fiber would be accelerated in the tensile state.

Key words: stretching; thermal aging; artificial accelerated aging; ultra high molecular weight polyethylene fiber

纺织高新技术稳定用于航天领域

由东华大学产业用纺织品教育部工程研究中心主任陈南梁领衔团队开发研制的“半刚性电池基板玻璃纤维网格”(简称“半刚玻纤网格”)为“天舟一号”编织了提供能源动力的“玻璃翅膀”。

据了解,这是继助力“天宫一号”、“天宫二号”飞天后,半刚玻纤网格又一次成功应用于“天舟一号”货运飞船发射中。团队研制的半刚玻纤网格,是一种以玻璃纤维为原料、采用经编工艺生产的高密度高品质经编织物;与南京玻璃纤维研究院合作,研制出高强度、低延伸度、高柔软性的特种玻璃纤维,从源头上保证了

航天织物的高品质。有了特种玻璃纤维,生产工艺和织造设备也要随之更新换代,自主研究提出了经编技术成圈理论,成功开发出适用于特种玻璃纤维的特种整经工艺,并自己动手设计制造出我国首台航天特种玻璃纤维织造用经编机。为进一步优化电池帆板的载体构造,科研团队又将玻璃纤维织物做成了网格形状。据陈南梁介绍,这样做一方面是可以有效地帮助电池帆板减轻重量,让飞行器整体更加轻量化,另一方面电池帆板能透过网格进行正反双面发电,发电量可提高 15%。

(摘自:中国纺织报)