

# 高强高模聚乙烯纤维定性鉴别方法的研究

付世伟<sup>1,2</sup>

(1. 福建省纤维检验局, 福建 福州 350026; 2. 东华大学, 上海 201620)

**摘要:**通过对高强高模聚乙烯纤维的外观状态、溶解性能、燃烧性能及熔点的研究,为定性鉴别高强高模聚乙烯纤维提供参考依据。

**关键词:**高强高模聚乙烯纤维; 外观形态; 燃烧法; 显微镜法; 熔点法

**中图分类号:**TS102.52

**文献标识码:**A

**文章编号:**1673-0356(2015)01-0045-02

高强高模聚乙烯纤维又称超高分子量聚乙烯纤维(UHMWPE),它是20世纪90年代初出现的高科技、高性能纤维,是当今世界三大高科技纤维(碳纤维、芳纶、高强高模聚乙烯纤维)之一。高强高模聚乙烯纤维由于分子量极高,主链结合好,取向度、结晶度高,因此它的比强度是当今所有纤维之最,相当于优质钢丝的15倍,普通化学纤维近10倍<sup>[1]</sup>。其生产工艺是以超高分子量聚乙烯为原料,将其溶解于一种特殊溶剂中,经喷丝孔喷出成丝。在溶解过程中,原先相互缠绕呈无序排列的大分子逐渐被打开,并保持到冻胶原丝中,纤维经过拉伸,聚乙烯高分子达到极高的取向度和结晶度,从而赋予纤维高强度和高模量<sup>[2]</sup>。

高强高模聚乙烯纤维以其优异的性能,在多领域得到广泛应用。国防军需装备上,由于该纤维的耐冲击性能好,比能量吸收大,可以制成防护衣料、头盔、防弹材料。其在防弹衣中的应用最为引人注目,它具有轻柔的优点,防弹效果优于芳纶,现已成为美国防弹背心市场的主要纤维。航空航天上,由于该纤维复合材料轻质高强和抗冲击性能好,适用于各种飞机的翼尖结构、飞船结构和浮标飞机等。民用方面主要有:(1)绳索、缆绳方面,用该纤维制成的绳索、缆绳、船帆和渔具适用于海洋工程,是该纤维的最初用途;(2)体育器材用品上已经制成安全帽、滑雪板、帆轮板、钓竿、球拍、自行车、滑翔板、超轻量飞机零部件等,其性能较传统材料为好;(3)可用作生物材料,该纤维增强复合材料用于牙托材料、医用移植物和整形缝合等方面,它的生物相容性和耐久性都较好,并具有高稳定性,不会引起过敏,已作临床应用,还用于医用手套和其他医疗措

施等方面;(4)工业上,该纤维及其复合材料可用作压力容器、传送带、过滤材料、汽车缓冲板等,建筑方面可以用作墙体、隔板结构等,用它作增强水泥复合材料可以改善水泥的韧度,提高抗冲击性能。

## 1 试验

### 1.1 准备材料

高强高模聚乙烯纤维规格:44 tex/240 f,样品由浙江千禧龙特种纤维有限公司提供。

### 1.2 试验试剂及药品

选取的试剂为如下所列种类:95%~98%硫酸、70%硫酸、60%硫酸、40%硫酸、36%~38%盐酸、15%盐酸、65%~68%硝酸、88%甲酸、99%冰乙酸、氢氟酸、氢氧化钠、1 mol/L次氯酸钠、硫氰酸钾、N,N-二甲基甲酰胺、环己酮、丙酮、苯酚、四氯化碳、吡啶、1,4-丁内酯、二甲亚砜、二氯甲烷、四氯化碳、二氧六环、四氢呋喃、氢氧化铜、氢氧化铵(浓氨水)、乙酸乙酯。

### 1.3 试验仪器

CU-II纤维细度分析仪、哈氏切片器、显微热分析仪、烧杯、玻璃棒等。

## 2 结果与讨论

### 2.1 燃烧特征

由于纤维所具有的结构特性决定了它们固有的耐热性,在燃烧时速度快慢、火焰颜色、产生的气味、燃烧后灰烬的形状颜色是不一样的,因此可以用燃烧法先观察其燃烧特性。首先用镊子夹取少量试样,缓慢靠近火焰,观察纤维对热的反应,再将纤维移入火焰中,使其充分燃烧,观察纤维在火焰中的燃烧情况,然后将纤维撤离火焰,观察纤维离火后的燃烧状态。当试样火焰熄灭时,嗅闻其气味,待冷却后观察残留物的状态,并用手轻捻残留物<sup>[3]</sup>。高强高模聚乙烯纤维燃烧

收稿日期:2014-11-03;修回日期:2014-11-08

作者简介:付世伟(1981-),男,工程师,在职硕士研究生,主要研究方向为纺织服装性能检测。

特征现象如表 1 所示。

表 1 高强高模聚乙烯纤维燃烧特征

项 目	特 征
靠近火焰时	软化熔缩
火焰中	边熔融边燃烧,燃烧速度缓慢,且伴有熔融液滴落
离开火焰时	继续燃烧,有时会熄灭
燃烧时的气味	石蜡味
残留物特征	灰白色蜡片状,不易碾碎

从高强高模聚乙烯纤维靠近火焰、接触火焰、离开火焰时所呈现的不同燃烧状态以及燃烧时所产生的气味和燃烧后的残留物的特征,参照 FZ/T 01057.2—2007 中其他纤维燃烧的特征描述,这种燃烧特征与乙纶相似,这样可以区别出与大部分纤维的燃烧特征。

### 2.2 显微镜观察

利用显微镜观察纤维的纵向和横向截面形态特征来鉴别各种纤维,是广泛采用的一种方法。具体操作步骤:取少量高强高模聚乙烯纤维,均匀平铺在载玻片上,加上一滴甘油,盖上盖玻片,放在显微镜载物台上进行观察,选取放大倍数,将镜头调节至最低,然后缓缓向上移动镜头,或左右、前后移动载物台,至观察到纤维形态为止,然后调整放大倍数后继续观察,在显微投影仪下高强高模聚乙烯纤维的纵面形态如图 1 所示。

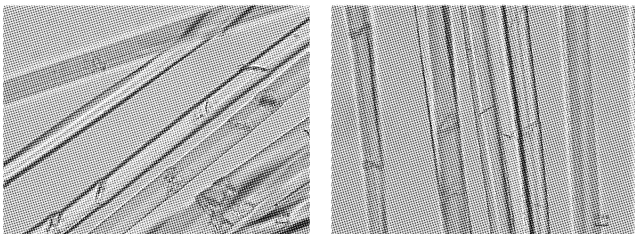


图 1 高强高模聚乙烯纤维纵面图

由图 1 可看出高强高模聚乙烯纤维表面光滑,有的带有明显的疤痕,这些特殊的形态可能是纤维在成型过程中拉伸和摩擦所造成的。在**高强高模聚乙烯纤维切片过程中**,由于**高强高模聚乙烯纤维比较坚硬**,较难在哈氏切片器上完成切片过程。较高模量的性质使得其横截面切片困难,在纤维鉴定中也可以根据该项特征对纤维进行定性。

### 2.3 溶解

将少量的高**高强高模聚乙烯纤维**试样分别置于不同的试剂中,在室温与煮沸条件下观察其溶解性能,具体溶解结果见表 2。

从表 2 中得知,除了环己酮和苯酚四氯甲烷,高强高模聚乙烯纤维在各种试剂中不管室温还是煮沸条件下均不溶解,这种溶解特征可以作为鉴别**高强高模聚**

乙烯纤维重要依据。从**高强高模聚乙烯**分子结构上来看,其极性非常小,因而溶于环己酮类的溶剂,环己酮可以作为该类型纤维与其他纤维产品混纺进行定量分析的溶剂。

表 2 高强高模聚乙烯纤维的溶解性能

试剂名称	室温	煮沸	试剂名称	室温	煮沸
95%~98%硫酸	I	□	丙酮	I	I
70%硫酸	I	□	四氢呋喃	I	I
60%硫酸	I	□	苯酚	I	□
40%硫酸	I	I	苯酚四氯乙烷	PSS	□
36%~38%盐酸	I	I	吡啶	I	I
15%盐酸	I	I	1,4-丁内酯	I	□
1 mol/L 次氯酸钠	I	I	二甲亚砜	I	□
5%氢氧化钠	I	I	环己酮	I	S
65%~68%硝酸	I	□	四氯化碳	I	I
88%甲酸	I	I	二氯甲烷	I	I
99%冰乙酸	I	I	二氧六环	I	I
氢氟酸	I	/	乙酸乙酯	I	I
铜氨	I	/	N,N 二甲基甲酰胺	I	I
65%硫氰酸钾	I	I			

符号说明:S-溶解,I-不溶解,□-结块,PSS-微溶。

### 2.4 熔点测试

取少量样品,利用显微热分析仪对其熔点进行测试,测试结果显示**高强高模聚乙烯纤维**的熔点范围为 148~150 ℃,这与 FZ/T 01057.4—2007 标准资料上的乙纶熔点温度 130~132 ℃有一定的提升,这可能是与该纤维的聚合度有关,聚乙烯的链段很柔软,容易进入晶区,高分子量的聚乙烯形成较大的片晶,熔点升高。

## 3 结论

通过对**高强高模聚乙烯纤维**的燃烧性能、外观形态、溶解性能及熔点测试试验,可以发现**高强高模聚乙烯纤维**的一些性能:其纤维表面光滑,有的带有明显的疤痕,其横截面切片较为困难;燃烧特征现象与乙纶相似;除了环己酮和苯酚四氯甲烷能溶解外,在绝大多数试剂中不管室温还是煮沸条件下均不溶解;高强高模聚乙烯纤维熔点范围为 148~150 ℃。这些显著特征为日后鉴别**高强高模聚乙烯纤维**提供一定的检测依据。当然,任何单一方法都不能有效地对一种纤维进行准确的定性,只有多种鉴别方法相结合才能提高鉴别的准确性。

### 参考文献:

[1] 李月华. 强力纤维——高强高模聚乙烯纤维[J]. 山东纺织经济, 2007, (3): 72—73.

(下转第 66 页)

数据带入相应的公式求得着装时各部位尺寸,并与测量中的相应尺寸对比,选择准确度较高的公式作为贴体原型的常用公式。

简化的原则是选择符合行业结构设计规范和人体研究的关键因素作为控制部位数值<sup>[5]</sup>,通过统计所得的符合人体结构关系规律的公式,将公式的定数和系数进行调整使其便于计算。行业规范中人体胸部形态的各关键控制部位的基本数据尺寸为  $UB$  和  $B-UB$ ,人体数据分析也表明: $BP$  是结构设计的重要影响因素。因此,在内衣结构设计的公式中主要采用  $B$ 、 $UB$  和  $BP$  作为关键参数,公式筛选同时参照相关性关系的大小和内衣结构设计中的合理性,符合人体结构关系规律,最终得出近似关系表达式的简化结果。经简化后最终贴身原型的应用公式见表 9。

表 9 主要部位近似公式

相关性分析所得线性关系	自变量 —相关性因子 (由高到低)
$a' = 2.345 + 0.049B - 0.014UB$	$BP, B, UB$
$b' = 3.6 + 0.4n'$ $n' = 4.8 + 0.04B$	$n'$
$c' = 1.98 + 0.055B$	$B, UB, BP$
$d' = 2 + 0.04B$	$B$

### 3 结论

通过三位扫描仪、SPSS 软件和 Imageware 软件进行人体数据采集,分析青年女性胸部形态的基本形态特征。通过人体关键部位数据分析可知:行业规范中人体胸部形态的各关键控制部位的基本数据尺寸除了  $UB$  和  $B-UB$  之外, $BP$  也是结构设计中的重要影响因素。文胸各关键部位之间存在一元或多元线性关系,通过对其近似表达式进行合理性简化可得出便于在文胸结构制图中的应用公式。

#### 参考文献:

- [1] 潘力,王军,沙莎,等.东北地区青年女子体型分类与服装档差研究[J].纺织学报,2013,34(11):131-135.
- [2] 单岩,谢斌飞. imageware 逆向造型技术基础[M].北京:清华大学出版社,2006.
- [3] 钱晓农,尹兵.基于三维人体测量的人体体型细分识别的研究[J].纺织学报,2011,32(2):107-120.
- [4] 黄润龙.数据统计与分析技术——SPSS 软件实用教程[M].北京:高等教育出版社,2004.
- [5] 王晓霞,戴建国,王春霞,等.青年女性体表角度分析[J].纺织学报,2013,34(7):106-110.

## Study on the Critical Control Site and Correlation of Bra Prototype Structure

SUN Jun-fang

(Eastern International Art College, Zhengzhou University of Light Industry, Zhengzhou 451450, China)

**Abstract:** The experimenters with torso and corresponding bra were scanned by French Lectra company's non-contact three-dimensional body scanners. The data of bra control parts were analyzed according to the key body data collected from the scanned information. The relationship between the various parts was studied. The related formula was obtained and simplified. The significance of bra prototype structure was discussed.

**Key words:** body scanning; data analysis; related formula

(上接第 46 页)

- [2] 蔡晓良,邵斌姣,汪家铭.高强高模聚乙烯纤维发展概况与应用前景[J].精细化工中间体,2009,(8):17.

- [3] FZ/T 01057.2-2007,纺织纤维鉴别试验方法 第 2 部分:燃烧法[S].

## Research on the Qualitative Identification Method for the High Strength and High Modulus Polyethylene Fiber

FU Shi-wei<sup>1,2</sup>

(1. Fujian Fiber Inspection Bureau, Fuzhou 350026, China; 2. Donghua University, Shanghai 201620, China)

**Abstract:** The appearance, solubility, flammability and melting point of the high strength and high modulus polyethylene fiber were studied. It provided a reference for the qualitative identification for high strength and high modulus polyethylene fibers.

**Key words:** high strength and high modulus polyethylene fiber; appearance; combustion method; microscope method; melting method