

大豆蛋白质纤维的结构研究(IV) :结构与性能

欧力¹, 姜丽², 姜岩^{1,3}, 王业宏^{1,3}, 杨婷¹

(1. 温州大学, 浙江 温州 325035; 2. 吉林省纺织产品监督检验测试中心, 吉林 长春 130062; 3. 东华大学, 上海 200051)

摘要 首先对 PVA-SPF 的结构作出了评价,认为在现有的主要服用纤维的聚集态结构中,尚未见直线形大分子网状聚集态的结构,PVA-SPF 采用该结构较难把握;最后对 PVA-SPF 结构和纤维性能的关系进行了探讨,认为 PVA-SPF 在合成纤维的基础上增添了某些天然纤维的优良性能,例如纤维光泽、吸湿性和染色性等,但也存在着明显缺陷,例如回弹性和耐热性等,认为 PVA-SPF 的成纤条件尚待完善。

关键词 大豆蛋白质纤维; 结构; 性能; 网状; 结晶

中图分类号: TS 102.512 文献标识码: A 文章编号: 0253-9721(2005)03-0026-03

Study on the soybean protein fiber structure (IV) :the structure and the performance

OU Li¹, JIANG Li², JIANG Yan^{1,3}, WANG Ye-hong^{1,3}, YANG Ting¹

(1. Wenzhou University, Wenzhou, Zhejiang 325035, China; 2. Jilin Textile Test and Research Center, Changchun, Jilin 130062, China; 3. Donghua University, Shanghai 200051, China)

Abstract An evaluation has been done firstly to the structure of the soybean protein fiber (PVA-SPF). The chain reticular polymeric structure had not seen yet in all the textile fibers . For the PVA-SPF, this kind of structure is hard to be controlled. The relationship between the structure and performance of the PVA-SPF was discussed, and it was believed that some fine natural character is added to the PVA-SPF on the basic of synthetic fiber, for example the luster, hygroscopicity and dyeability . And there were also the remarkable drawback such as flexibility and thermal stability and so on, results show something should be done to the process of PVA-SPF .

Key words soybean protein fiber; structure; performance; reticular; crystal

本文在文献[1 ~ 3]的基础上,对大豆蛋白质纤维(PVA-SPF)的结构作了评价,对其结构和纤维性能的关系进行了探讨。

1 PVA-SPF 结构的评价

1.1 结构比较

将 PVA-SPF 和维纶、羊毛以及蚕丝的结构进行

对比。选择维纶作对比的理由是因为聚乙烯醇在 PVA-SPF 中的含量占 80 %;选择羊毛是因为 PVA-SPF 中大豆蛋白含有的氨基酸组分和性质更贴近羊毛的角朊;选择蚕丝是因为 PVA-SPF 中含有的大豆蛋白的大分子构象更接近于蚕丝的丝朊。由表 1 中 PVA-SPF 和相关纤维的结构可知,PVA-SPF 具有与其它相关的纤维截然不同的结构。

表 1 PVA-SPF 和相关纤维的结构比较

项目	大豆蛋白质纤维	维纶	羊毛	蚕丝
纤维组分	双	单	单	单
化学结构	碳链 + 杂链	碳链	杂链	杂链
分子量多分散性	偏大	尚可	偏大	尚可
大分子构象	平面锯齿形 + 直线形链	平面锯齿形	α -螺旋形	平面锯齿形
主要极性基团	羟基、羧基、氨基	羟基	羟基、羧基、氨基、双硫键	羟基、羧基、氨基
聚集态结构	直线形大分子网状结构	直线形大分子结晶性结构	螺旋形大分子网状结构	直线形大分子结晶性结构
大分子取向度	70° ~ 80°	65° ~ 70°	40° ~ 50°	70° ~ 80°
纤维结晶度	10° ~ 15°	65° ~ 75° ^[4] (最大)	20° ~ 30° ^[5]	40° ~ 50°
各级原纤结构	巨原纤	原纤	基原纤、微原纤、原纤、细胞	基原纤、原纤
横截面结构	全芯层结构	皮芯结构	正皮质和偏皮质	丝胶和丝朊
横截面形状	多种非圆形	圆腰形	圆形	三角形

1.2 聚集态结构

常规服用纤维的聚集态结构类型,可见表 2 及图 1。不难看出,大多数服用纤维包括棉、麻、蚕丝、粘胶、涤纶、锦纶、维纶等都是直线形大分子结晶性聚集态结构,少数服用纤维如羊毛和腈纶等是螺旋形大分子网状结构,丙纶呈螺旋形大分子结晶性结构,而直线形大分子网状聚集态结构的纤维,尚未见有成功的例子。直线形大分子网状聚集态结构的弱点是直线形构象的大分子链段空间活动范围小,而网状结构的大分子结点又多,使大分子处于板结的状态,生产上难以控制^[5,6]。PVA-SPF 采用直线形大分子网状结构为主体的纤维聚集态结构应属首例。

表 2 常规服用纤维的聚集态结构类型

主要服用纤维品种	纤维聚集态结构
棉、麻、蚕丝、涤纶、维纶	直线形大分子结晶性结构
羊毛、腈纶	螺旋形大分子网状结构
等规聚丙烯纤维	螺旋形大分子结晶性结构
PVA-SPF	直线形大分子网状结构

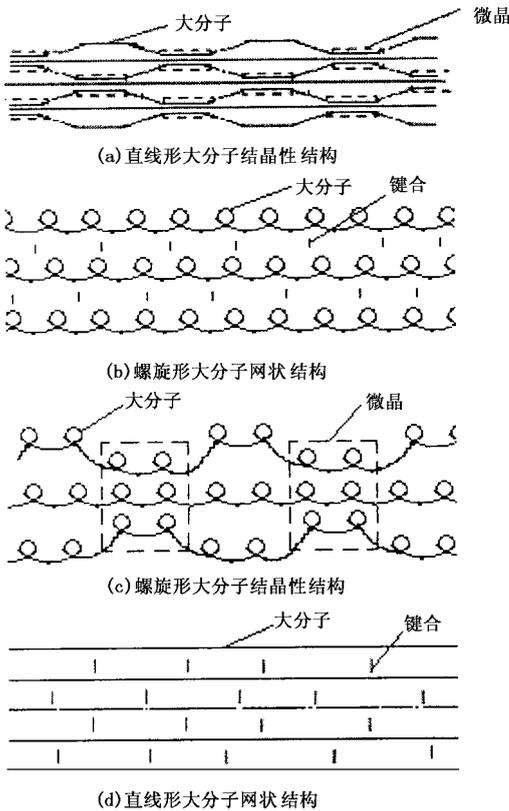


图 1 纺织纤维大分子聚集态结构

2 PVA-SPF 结构对纤维性能的影响

PVA-SPF 具有羟乙烯基高聚物和大豆蛋白双组分,因此该纤维兼具合成纤维和天然纤维的某些优良性能,但也存在着组合缺陷。PVA-SPF 与羊毛、蚕

丝和维纶的性能比较见表 3。PVA-SPF 选用双组分后,纤维光泽、吸湿性和染色性等一系列服用舒适性指标明显改善,这体现了天然纤维所特有的优良性能,同时,还具有体现合成纤维优良性能的指标,如易洗快干、化学稳定性、防霉防蛀性能等。但 PVA-SPF 虽然采用双组分纺丝,性能仍不能满足服用性能要求。

2.1 光泽

PVA-SPF 光泽优雅,似蚕丝,这是因为 PVA-SPF 和蚕丝具有非常相似的对日光的反射条件。首先是 PVA-SPF 的横截面和生蚕丝一样,为多种不规则的非圆形(蚕丝的横截面是三角形,而生丝的横截面是多种不规则的非圆形);其次是 PVA-SPF 具有很薄的表皮层,内部是有序排列的巨原纤结构,同时具有和蚕丝一样的对光线的层状反射条件^[7,8]。

2.2 吸湿性

PVA-SPF 的回潮率为 7%,聚乙烯醇缩甲醛纤维的回潮率为 5%,吸湿性有了明显的改善,这也使与纤维吸湿性能有关的导湿性、导热性、保温性以及抗静电性等一系列服用性能得以改善。PVA-SPF 的吸湿性能,主要是大豆蛋白质组分的贡献。

2.3 染色性

PVA-SPF 的染色性能优良,颜色鲜艳,上染率高,色谱齐全。在酸、碱性条件下均可染色,适应染料的种类多。PVA-SPF 的染色性能和纤维结构有直接关系,首先大豆蛋白组分带有多种染色基团;其次是 PVA-SPF 的结晶度低,染料可及区域大;第三是 PVA-SPF 的截面结构均一,呈全芯层结构,避免了皮芯结构带来的上染不均和颜色萎暗的弊病。

2.4 弹性

PVA-SPF 的弹性指标较差,纤维卷曲率为 1.65%,卷曲残留率为 0.88%,卷曲弹性回复率为 55.4%。这使与纤维弹性有关的一系列性能指标变坏,例如短纤维卷曲的稳定性、织物定形性、褶裥保持性等。虽然 PVA-SPF 的初始模量高,有一定的抗皱能力,但其抗折皱弹性低。总之,PVA-SPF 的弹性指标比常规服用纤维都差,这主要是因为聚乙烯醇和大豆蛋白的共混使其聚集态结构变坏所致。当然这不是说所有聚合物共混都会是这一结果,其中有一个合理选择和搭配的问题。还应说明,PVA-SPF 的卷曲率低,可能与纤维本身的全芯层结构特性有关。

2.5 耐热性

PVA-SPF 耐热性指标较差,当 120℃ 时,纤维开始泛黄,热收缩率是 2.3%,强力开始下降;在 110℃

表3 PVA-SPF与羊毛、蚕丝和维纶的性能指标

性能指标	PVA-SPF	羊毛	蚕丝	维纶
干态断裂强度/(cN·dtex ⁻¹)	3.0~3.5	0.9~1.5	3.0~3.5	4.0~5.7
湿态断裂强度/(cN·dtex ⁻¹)	2.0~3.6	0.67~1.43	1.9~2.5	2.8~4.6
相对湿度/%	70~75	76~96	70	72~85
相对钩接强度/%	70~80	80	60~80	40
相对打结强度/%	80	85	80~85	65
干态断裂伸长率/%	16~18	25~35	15~25	12~36
湿态断裂伸长率/%	18~20	25~50	27~33	12~26
密度/(g·cm ⁻³)	1.27~1.28	1.32	1.33~1.45	1.26~1.30
初始模量/(cN·dtex ⁻¹)	33.3	5.5~22.0	44~88	22~62
弹性回复率/%	50~60(3%)	99(2%)	85~90(3%)	70~85(3%)
耐磨性	一般	较好	一般	良好
回潮率/%	7	15	11	5
质量比电阻(1g·ρ _m)	10.33	8.40	9.80	9.00
耐热性	120℃开始发黄,160℃开始分解,110℃手感发硬,使用温度100℃以下	100℃开始发黄,130℃开始分解,300℃碳化,使用温度85℃以下	235℃开始分解,270~465℃燃烧	软化点200~230℃,熔点不明显,沸水收缩率高
耐日光性	强度稍有下降	发黄,强度下降	强度明显下降	强度稍有下降
染色性	可用弱酸性、活性、直接染料等染色,在酸性、碱性条件下均可染色	可用酸性、缩绒性、媒介、还原染料以及靛蓝染料染色。染色性能好,色泽较鲜艳	可用酸性、碱性、媒介染料等染色,在碱浴中应加保护剂。染色性能好,色泽较鲜艳	可用直接、酸性、硫化、还原、可溶性染料、色酚及分散染料染色。染色性能一般,色泽萎暗
耐酸性	对酸不够稳定,3%盐酸、75%硫酸以及85%甲酸(40℃)溶解	对酸稳定性好,但在热硫酸中分解,对其它强酸有抵抗性	对热硫酸会分解,对其它强酸抵抗性比羊毛稍差	对浓强酸不够稳定,但10%盐酸、30%硫酸对纤维强度无影响
耐碱性	对碱稳定性好,但在5%氢氧化钠煮沸溶液中质量有明显损失	对碱稳定,在强碱液中分解,弱碱对其有损伤	丝朊对碱液稳定性较差,但比羊毛的抵抗能力强	对碱较稳定,在5%氢氧化钠溶液中强度几乎不下降
耐溶剂性	不溶于一般溶剂,但在二甲苯、二甲基酰胺、间甲酚中微溶	不溶于一般溶剂	不溶于一般溶剂	不溶于一般溶剂,但在酚、热吡啶、甲酸中膨润或溶解
耐虫性、耐霉菌性	较好	不耐虫蛀、耐霉菌	不耐虫蛀、耐霉菌	良好

的条件下进行热定形,织物手感发硬,因此PVA-SPF的处理和使用温度不宜超过100℃。PVA-SPF的耐热性与其双组分各自的耐热性有关,也和其聚集态结构有关。总的来说,PVA-SPF耐热性比维纶差一点,但较羊毛纤维而言略有改善,但尚未完全满足纺织品加工和服用性能的需要。

3 结论

PVA-SPF是羟乙烯基高聚物和大豆蛋白的共混纤维,在合成高分子物和天然高分子物的共混纺丝方面作出了有益的尝试,并取得了阶段性成果。

PVA-SPF具有优雅的光泽、良好的吸湿性和染色性,并且使得与此有关的一系列舒适性性能得到改善,这和该纤维结构有着密切的关系;同时,PVA-SPF的弹性回复性指标、耐热性能指标较差,这也反映了该纤维结构上的欠缺。

纤维结构和成纤工艺条件有着密切关系,PVA-

SPF的直线形大分子网状聚集态结构难于把握,应通过工艺条件的选择和控制在加以改善。

参考文献:

- [1] 姜岩,欧力,李洁,等.大豆蛋白质纤维的结构研究(I):大分子组成和化学结构[J].纺织学报,2004,25(6):43-44.
- [2] 姜岩,王宝东,王业宏,等.大豆蛋白质纤维的结构研究(II):聚集态结构[J].纺织学报,2005,26(1):30-32.
- [3] 姜岩,王宝东,章殿雁,等.大豆蛋白质纤维的结构研究(III):共混结构[J].纺织学报,2005,26(2):51-52,58.
- [4] 吴宏仁,吴立峰.纺织纤维的结构性能[M].北京:纺织工业出版社,1985.
- [5] 日本纤维机械学会纤维工业出版委员会.纤维的形成结构与性能[M].丁亦平,译.北京:纺织工业出版社,1988.
- [6] 于伟东,储才元.纺织物理[M].上海:东华大学出版社,2002.
- [7] 日本纤维性能评价研究委员会.纺织测试手册[M].张亮恭,等译.北京:纺织工业出版社,1983.
- [8] 韩光亭,王彩霞,孙永军,等.大豆蛋白质纤维性能分析研究[J].纺织学报,2002,23(5):45-46.