

假发用蛋白/纤维素共混丝的制备及性能研究

李珂¹, 叶挺¹, 蒋静¹, 王少飞^{2,3}

(1.河南工程学院 材料与化学工程学院, 河南 郑州 450007; 2.江南大学 生态纺织教育部重点实验室, 江苏 无锡 214122)

(3.江南大学 纺织服装学院, 江苏 无锡 214122)

摘要: 使用离子液体溶解羊毛和纤维素纤维制备共混丝, 为生产制备假发提供环保原料。首先制备离子液体[Bmim]Br, 然后用其溶解羊毛和纤维素纤维, 探究不同的溶解温度、时间对纤维素纤维和羊毛溶解度的影响, 探讨了羊毛/纤维素纤维共混比、凝固浴种类、凝固浴温度等因素对纺丝效果的影响, 最后对羊毛/纤维素纤维共混丝进行了阻燃处理。离子液体[Bmim]Br溶解羊毛的最佳工艺为: 温度 120℃, 溶解时间 10 h, 搅拌器转速 350 r/min。溶解纤维素纤维的最佳工艺为: 温度 100℃, 溶解时间 6 h, 搅拌器转速 350 r/min。共混丝纺丝最佳工艺为: 6%羊毛溶液和 6%纤维素溶液共混比为 3:7, 搅拌器转速为 350 r/min, 混合温度 60℃, 凝固浴为蒸馏水, 凝固浴温度为 25℃。利用阻燃剂 SFR-130 对共混丝进行阻燃处理, 共混丝的阻燃性能得到明显改善。

关键词: 羊毛; 纤维素; 溶解; 离子液体; 共混丝; 阻燃

中图分类号: TQ340.1

文献标识码: B

文章编号: 1001-2044(2018)02-0014-05

DOI:10.16549/j.cnki.issn.1001-2044.2018.02.005

Preparation and properties of protein/cellulose blended filament for wig

LI Ke¹, YE Ting¹, JIANG Jing¹, WANG Shaofei^{2,3}

(1. Department of Materials and Chemical Engineering, Henan Institute of Engineering, Zhengzhou 450007, China)

(2. Key Laboratory of Eco-Textiles, Ministry of Education, Jiangnan University, Wuxi 214122, China)

(3. School of Textile and Clothing, Jiangnan University, Wuxi 214122, China)

Abstract: The blended filament is prepared by dissolving wool and cellulose with ionic liquids, and it is used as green and environment-friendly raw material for the production and preparation of wigs. Firstly, synthesis of ionic liquid[Bmim]Br is carried out, which is then used to dissolve wool and cellulose. The effects of the dissolution temperature and time on the solubility of cellulose and wool are explored, and the influencing factors of wool/cellulose blending ratio, coagulation bath type, coagulation bath temperature on the spinning are discussed, finally the blended yarn is treated with flame retardant finish in order to improve the safety in use. The results show that the optimum process of ionic liquid [Bmim] Br to dissolve wool is: dissolving in ionic liquid [Bmim] Br at 120℃ for 10 h, and stirring speed at 300 r/min. The optimum dissolution of cellulose is carried out at 100℃ for 6 h with 350 r/min stirrer speed. The optimum spinning for blend filament is ratio of wool and cellulose 3:7, stirring at 350 r/min, mixing at 60℃, and coagulation in distilled water bath of 25℃. Finally, flame retardant finish is carried out on blend filament with SFR-130, and it is found that flame retardant property is obviously improved.

Key words: wool; cellulose; dissolution; ionic liquid; blended yarn; flame retardant

依据使用原料不同,假发通常分为真发和化纤发。化纤发仿真度较差,佩戴后可能会造成过敏反应。真发使用人发加工而成,仿真度较高,不会对人体健康造成不利影响。但需要先对真发进行处理,这样就增加了生产成本,此外真发生长缓慢,原料不易获得,导致其价格比较昂贵^[1-2]。真发主要由蛋白质构成,其含量约占人发总量的 90%。为了使假发的成分尽可能接近人发,使其具有真发所拥有的性质,可考虑使用蛋白质纤维作为假发的原料。羊毛作为一种天然蛋白质纤维,性能优异且易得,其在加工过程中产生的大量边角料仅小部分被回收利用^[3-5],其余都被丢弃^[6],如果

将废弃的羊毛边角料用于生产假发,不仅能减少资源浪费,还能获得经济效益,同时有利于环境保护。但是天然蛋白质较脆,无法单独进行纺丝,因此可以加入一定量的纤维素物质溶解后进行纺丝。

离子液体作为一种新型的绿色溶剂,稳定性好,不易挥发,可以回收再利用^[7]。本文尝试选用离子液体作为溶剂,对羊毛边角料和纤维素物质进行溶解,然后进行湿法纺丝。鉴于假发的阻燃性能较差,为保证假发使用过程中的安全性,又对假发进行了阻燃处理。

1 试验部分

1.1 试验材料、仪器

1.1.1 试验材料

羊毛纤维,碎条状;纤维素纤维,碎条状;N-甲基咪唑, C₄H₆N₂, AR, 国药集团化学试剂有限公司;溴代正丁烷, C₄H₉Br, AR, 国药集团化学试剂有限公司;丙

收稿日期: 2017-08-05

基金项目: 河南工程学院博士基金资助项目(D2014019)

作者简介: 李珂(1983-),男,河南许昌人,博士研究生,讲师,主要从事纺织品清洁染整及纺织品材料功能化研究。

通信作者: 王少飞。E-mail: feishaoawang@126.com。

酮, CH_3COCH_3 , AR, 国药集团化学试剂有限公司, 无水乙醇, $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$, AR, 国药集团化学试剂有限公司; 阻燃剂 SFR-130, 市售。

1.1.2 试验仪器

FA2204N 型电子天平(上海菁海仪器有限公司), ZNHW-II 型智能恒温电热套(郑州凯鹏实验仪器有限公司), DW-2 型多功能电动搅拌器(巩义市予华仪器有限责任公司), B-220 型恒温水浴锅(上海亚荣生化仪器厂), RE52CS 型旋转蒸发器(上海亚荣生化仪器厂), SHB-111 型循环水真空泵(河南爱博特科技发展有限公司), 注射器(河南曙光健士医疗器械集团股份有限公司), XQ-1 型纤维强伸度仪器(上海新纤仪器有限公司)。

1.2 试验方法

1.2.1 溴化 1-丁基-3-甲基咪唑的制备合成

[Bmim]Br 的合成采用一步合成法: N-甲基咪唑和溴代正丁烷以摩尔比 1:1 混合, 控制反应温度为 80°C , 使用电动搅拌器机械搅拌 10 h; 转移至分液漏斗后加入 50 mL 丙酮静置; 最后用旋转蒸发仪将丙酮蒸出, 即为成品 1-丁基-N-甲基咪唑溴盐。

称取溴代正丁烷 137.02 g, 转移至三口烧瓶中; 称取 N-甲基咪唑 82.1 g, 转移至恒压滴定漏斗中; 将三口烧瓶置于智能恒温电热套中, 在三口圆底烧瓶上安装一个小头搅拌器并将其固定在机械搅拌架上; 调节恒温电热套温度为 80°C , 待显示屏温度达到 80°C 后, 通冷凝水; 打开恒压滴定漏斗逐滴滴加 N-甲基咪唑, 滴加速度为 150 滴/min, 在滴加过程中保证液滴不成线, 同时启动搅拌器, 搅拌速度 200 r/min。滴加完成后取下恒压滴定漏斗, 用塞子塞紧三口烧瓶一端的瓶口, 开始计时, 搅拌 10 h。反应完成后, 加入 50 mL 丙酮, 充分振荡后静置 10 h。将静置后的溶液转移至旋转蒸发仪蒸发瓶内, 装回蒸发瓶, 水浴锅内水的高度应没过蒸发瓶内离子液体, 通冷凝水然后打开旋转蒸发仪开关, 恒温水浴锅温度为 90°C 。蒸发过程中要注意观察水浴锅水量, 防止水干后烧坏水浴锅。观察另一端的蒸发瓶, 直至无丙酮析出, 关闭旋转蒸发仪和恒温水浴锅, 所得液体就是 [Bmim]Br, 将其转移至带有塞子的锥形瓶中待用。

1.2.2 纤维的溶解

向 250 mL 三口圆底烧瓶中加入 20 mL 离子液体 [Bmim]Br; 在烧瓶上安装一个搅拌器并将其固定在机

械搅拌架上, 将三口烧瓶放在智能恒温电热套中, 调节搅拌器位置使搅拌器能够处在离子液体中, 分别调节智能恒温电热套至一定的温度; 待三口烧瓶中离子液体温度升至规定温度后, 将一定质量的羊毛碎条或纤维素纤维碎条分次加入离子液体中(每次加入的量为离子液体质量的 1%, 完全溶解后再继续加), 开始搅拌, 搅拌器转速为 350 r/min, 溶解一定时间, 溶解液留样, 做后续分析。

1.2.3 共混丝的制备

分别取 6% 的羊毛溶液和 6% 纤维素溶液, 选择一定的羊毛和纤维素混纺比, 在 60°C 条件下机械搅拌混合 2 h, 置于真空烘箱内脱泡 12 h, 脱泡温度为 60°C , 压力为 0.07 MPa。脱泡完成后, 取 5 mL 注射器去针头, 抽取待纺液, 然后装上针栓, 将针栓没入到不同类型的凝固浴中, 以一定速率推动活塞, 同时用玻璃棒将从针栓喷出的丝缠绕在玻璃棒上, 并给予一定的张力, 控制凝固浴温度。用蒸馏水清洗去除残余的离子液体, 于 60°C 真空烘箱内烘干 24 h。

1.2.4 阻燃共混丝的制备

分别取 6% 的羊毛溶液和 6% 的纤维素溶液, 以不同混纺比的羊毛和纤维素与不同质量分数的阻燃剂 SFR-130, 在 60°C 条件下机械搅拌 2 h, 置于真空烘箱内脱泡 12 h, 脱泡温度 60°C , 压力 0.07 MPa。脱泡完成后, 取 5 mL 注射器去针头, 抽取纺丝溶液, 然后装上针栓, 将针栓没入到无水乙醇凝固浴中, 以一定速率推动活塞, 同时用玻璃棒将针栓喷出的丝缠绕在玻璃棒上, 并给予一定的张力, 控制凝固浴温度。用蒸馏水清洗去除残余的离子液体, 于 60°C 真空烘箱内烘干 24 h。

1.3 测试方法

1.3.1 共混丝强度测试

参考 GB/T 14337—2008《化学纤维 短纤维拉伸性能试验方法》, 采用上海新纤仪器有限公司生产的 XQ-1 型纤维强伸度仪对混纺纤维进行强度测试。

1.3.2 共混丝阻燃性能测试

参考 GB/T 5455—1997《纺织织物阻燃性能测定垂直法》中的测试方法, 将样品剪成 60 mm 长, 用小夹子夹住一端, 悬挂, 在室温条件下点燃, 记录续燃时间、阴燃时间及炭长。

2 结果与讨论

2.1 离子液体制备分析

合成离子液体[Bmim]Br时,滴加N-甲基咪唑的反应十分剧烈,产生大量泡沫状物质并进入冷凝管中。降低N-甲基咪唑的滴加速度后,反应程度减轻。分析原因可能是该反应为放热反应,反应速度随着温度的升高而加快,反应过快且放出大量热量,热量无法及时散出。因此应严格控制N-甲基咪唑的滴加速度和搅拌器转速,并适当提高冷凝水的流速,以使热量及时散出。

2.2 羊毛的溶解分析

2.2.1 温度对羊毛溶解度的影响

参照1.2.2中的纤维溶解操作步骤,取20 mL离子液体[Bmim]Br,分别调节智能恒温电热套至90℃、100℃、110℃、120℃、130℃,将羊毛碎条分批次加入离子液体中(每次加入的量为离子液体质量的1%,完全溶解后再继续添加),开始搅拌,搅拌器转速350 r/min,溶解10 h,考察温度对羊毛溶解度的影响。

在90℃和100℃条件下,羊毛的溶解性很差,几乎没有溶解现象;在温度为110℃时,羊毛开始溶解,但是溶解度较低,溶解时间8 h,溶解度为4%;当温度为120℃时,溶解时间为5.2 h,羊毛的溶解度达到6%,较110℃时的溶解时间大大缩短;当温度为130℃时,溶解度也是6%,时间消耗了5.1 h,较120℃时溶解度不再增加,且溶解时间的缩短亦不明显,说明溶解速度几乎没有增加。因此,羊毛溶解的最佳温度选择120℃。

离子液体对羊毛纤维的溶解过程由外到内,从无定型区向定型区逐步溶胀,进而破坏羊毛分子的有序排列,而温度的升高加快了离子液体的扩散速度,提高了离子液体进入纤维内部的能力,使羊毛加速溶胀。升高温度能够使离子液体获得更高的能量,使其相对轻松地克服蛋白质结晶区和蛋白质大分子之间的作用力,增大离子液体与羊毛蛋白质基团发生反应打破内部应力的概率,进而使大分子链松动、滑移、分离,最终溶解。另外,高温作用下离子液体阴阳离子间作用力较小,有利于离子与蛋白质纤维基团形成氢键,从而提高羊毛的溶解速率。

2.2.2 时间对羊毛溶解度的影响

参照1.2.2中的纤维溶解操作步骤,取20 mL离子液体[Bmim]Br,分别调节智能恒温电热套至120℃,将羊毛碎条分批次加入离子液体中(每次加入的量为离子液体质量的1%,完全溶解后再继续添加),开始搅拌,搅拌器转速350 r/min,溶解时间为5、5.5、6、8、10、12 h时,羊毛溶解度分别为5%、6.1%、6.8%、

7.5%、8%、8%。

可知,在120℃条件下,溶解5 h后羊毛溶解的质量分数为5%,溶解6 h后溶解的质量分数为6.8%,溶解10 h后羊毛溶解的质量分数为8%,10 h之后继续加入羊毛,不再发生溶解。分析认为,[Bmim]Br在溶解度为8%已经达到饱和,此后再加入羊毛,溶质不再发生溶解。因此可知,在温度120℃的条件下,离子液体[Bmim]Br的饱和溶解度为8%。观察溶解过程还可以发现,起初羊毛在离子液体中的溶解速度缓慢,之后变快最后又变慢。这可能是因为刚开始加入羊毛时,离子液体与羊毛的接触面积较小,因此溶解较慢;随着反应的进行和机械搅拌的外力作用,离子液体充分进入蛋白质分子内部,破坏羊毛内部结构,蛋白质大分子溶胀,分子链间的交联键打开,溶解速度加快;之后随着反应的进行,可溶解羊毛纤维的离子液体的体积减小,造成溶解速度下降,当溶解度为8%时,达到饱和。

2.3 纤维素的溶解分析

2.3.1 温度对纤维素溶解度的影响

参照1.2.2中的纤维溶解操作步骤,取20 mL离子液体[Bmim]Br,分别调节智能恒温电热套至70℃、80℃、90℃、100℃、110℃,将纤维素碎条分批次加入离子液体中(每次加入的量为离子液体质量的1%,完全溶解后再继续添加),开始搅拌,搅拌器转速350 r/min,溶解4 h,考察温度对纤维素溶解度的影响。

具体溶解结果为:70℃条件下,溶解时间6 h时纤维素的溶解度非常小,仅为1%,此温度下羊毛的溶解性很差,几乎看不到溶解现象。在80℃时的溶解现象也不明显,溶解6 h时溶解度为2%。在温度为90℃条件下,纤维素开始明显溶解,溶解6 h的溶解度为4%。温度在100℃时,溶解速度有明显改善,在溶解4 h时,质量分数为6%的纤维素已经完全溶解。说明在70℃~100℃,温度对溶解的促进作用非常明显。当继续升高温度至110℃,温度对纤维素溶解的影响减弱,溶解4.1 h时质量分数为6%的纤维素完全溶解,较100℃对应的溶解时间(4 h)缩短得不多。因此,确定羊毛溶解的最佳温度为100℃。纤维素能够在离子液体中溶解,分析原因为离子液体破坏了纤维素分子链之间的氢键,并能与纤维素分子形成新的氢键,温度加速了纤维素大分子间旧键的破坏及新键的形成。因此,较高的温度能够显著促进纤维素的溶解,但值得注意的是

温度太高时,离子液体不但会溶解纤维素,还会造成纤维素分子链的断裂,即降解。所以,不宜为了追求高溶解度而选择过高的溶解温度。

2.3.2 时间对纤维素溶解度的影响

参照 1.2.2 中的纤维溶解操作步骤,取 20 mL 离子液体 [Bmim] Br, 调节智能恒温电热套至 100℃, 将纤维素碎条分次加入离子液体中(每次加入的量为离子液体质量的 1%, 完全溶解后再继续添加), 开始搅拌, 搅拌器转速 350 r/min。溶解时间分别为 4、4.5、5、5.5、6、7 h 时, 纤维素溶解度为 6%、7%、8%、8.6%、9%、9%。

可知,在 100℃ 条件下,质量分数为 6% 的纤维素完全溶解所用时间为 4 h,质量分数为 8% 的纤维素完全溶解时间为 5 h,质量分数为 9% 的纤维素完全溶解时间为 6 h,继续加入纤维素后不再溶解。分析认为:加入的纤维素质量分数为 9% 时,[Bmim] Br 离子液体已经全部参与溶解,也就是说在 100℃ 的条件下,纤维素在离子液体 [Bmim] Br 的饱和溶解度为 9%。观察溶解过程还可以发现,起初纤维素在离子液体中的溶解速度缓慢,随后变快最后又变慢。可能因为刚开始加入纤维素时,离子液体与纤维素的接触面积较小,因此溶解较慢。在机械搅拌的作用下,离子液体充分进入纤维素分子内部,溶解速度加快。随着反应的进行,纤维素溶解速度变缓,可能是因为随着投入的溶质浓度不断变大,未参与纤维素反应的离子液体变少,导致离子液体进入纤维素结晶区的能力变弱,离子液体中自由溴离子数目变少,溴离子与纤维素羟基形成氢键的概率降低,使得纤维素在 100℃ 下溶解 6 h 时的溶解度与溶解 7 h 的溶解度一样。

2.4 羊毛/纤维素共混丝机械性能影响因素

2.4.1 共混比对共混丝强度的影响

分别取 6% 的羊毛溶液和 6% 的纤维素溶液,以羊毛和纤维素比分别为 1:9、2:8、3:7、5:5、7:3、8:2、9:1 的比例,以蒸馏水作为凝固浴,凝固浴温度为 25℃,参照 1.2.3 操作步骤制备共混丝,考察混纺比对共混丝强度的影响,结果见表 1。可知,羊毛与纤维素的比为 1:9 时,共混丝的强度为 1.25 cN/dtex;共混比为 2:8 和 3:7 时,混纺丝强度分别为 1.32 cN/dtex 和 1.38 cN/dtex,呈现出增大的趋势;但是当羊毛/纤维素混纺比例提高到 5:5 时,共混丝的强度又迅速下降;当混纺比为 7:3、8:2 和 9:1 时,由于混纺丝的强度

太小,太脆,无法成功纺丝。分析原因,可能是由于羊毛纤维和纤维素纤维溶解以后,两种纤维之间形成新的相互作用力,这种作用力可能是由氢键或者其他分子间作用力构成,使得共混纤维有一定的强度。随着羊毛比例的增加,纤维素中能与羊毛蛋白成键的分子比例降低,两种物质分子间的作用力逐渐减弱,表现为脆、易断,不能使共混丝达到可纺的强度。从表 1 中的数据可知,羊毛和纤维素最优共混比为 3:7,但值得注意的是,试验所制备的几种共混比的共混丝强度都略低,未来需要采用一定措施来提高羊毛/纤维素共混丝的强度,以满足纺丝要求。

表 1 共混比对共混丝强度的影响

羊毛:纤维素	断裂强度/(cN·dtex ⁻¹)	断裂伸长率/%
1:9	1.25	16.51
2:8	1.32	17.75
3:7	1.38	19.32
5:5	0.78	9.48
7:3	—	—
8:2	—	—
9:1	—	—

2.4.2 凝固浴种类对共混丝强度的影响

分别取 6% 羊毛溶液和 6% 的纤维素溶液,以羊毛和纤维素共混比 3:7,分别选取蒸馏水、无水乙醇和离子液体 [Bmim] Br 作为凝固浴,凝固浴温度控制在 25℃,参照 1.2.3 操作步骤制备共混丝,考察凝固浴类型对共混丝强度的影响,结果见表 2。

表 2 凝固浴种类对共混丝强度的影响

凝固浴	断裂强度/(cN·dtex ⁻¹)	断裂伸长率/%
无水乙醇	0.56	8.78
蒸馏水	1.38	19.32
[Bmim] Br	0.73	9.34

由表 2 可知,采用蒸馏水为凝固浴时共混纤维的强度约为无水乙醇的 2.5 倍,约是离子液体的 2 倍。试验过程中发现,纤维在干燥过程中,经 3 种不同凝固浴的共混丝均发生不同程度的纵向收缩现象,使得纤维长度变小,直径增加。凝固浴为无水乙醇的纤维在干燥过程中,发生了更强的收缩,直径增大的现象最为明显,其次为 [Bmim] Br 凝固浴,最后为蒸馏水凝固浴。因此,认为共混纤维的强力差异可能与这种现象有关,收缩过程破坏了分子间作用力,无水乙醇为凝固浴时的强度最差。断裂伸长率的变化可能也与这种现象有关,纵向收缩越大,伸长率越小。因此,后续试验

选择蒸馏水作为共混纺丝凝固浴。

2.4.3 凝固浴温度对共混丝强度的影响

分别取6%羊毛溶液和6%纤维素溶液,以羊毛和纤维素共混比为3:7,选取蒸馏水作为凝固浴,分别控制凝固浴温度为25℃、35℃、45℃、50℃,参照1.2.3操作步骤制备共混丝,考察凝固浴温度对共混丝强度的影响,结果见表3。

表3 凝固浴温度对共混丝强度的影响

凝固浴温度/℃	断裂强度/(cN·dtex ⁻¹)	断裂伸长率/%
25	1.38	19.32
35	1.26	17.27
45	1.17	15.62
55	1.04	14.11

从表3可见,凝固浴温度对纤维强度也有一定的影响,随着温度的升高,强度有所下降,但是下降幅度不大,这可能是由于纺丝过程中,凝固浴中的液体会进入混纺丝中,而共混丝中离子液体也可能进入凝固浴中,两者之间的相互运动对共混丝的强度造成了影响。高温能加快离子液体脱离纤维及水进入离子液体的速度,使这种相互扩散更加剧烈。纺丝成型过程中会形成一种皮层,可以在一定程度上减弱相互扩散造成的影响,但是高温使凝固过程加剧,纤维表层粗糙度增加,使纤维内部产生空洞等多种缺陷。因此,凝固浴温度越高,所得纤维的力学性能越差,断裂伸长率同样受凝固浴温度的影响。当蒸馏水温度控制在25℃时,共混丝具有最好的断裂强度和断裂伸长率。

2.5 羊毛/纤维素共混丝燃烧性能分析

2.5.1 共混比对共混丝燃烧性能的影响

分别取6%羊毛溶液和6%纤维素溶液,以蒸馏水作为凝固浴,凝固浴温度为25℃,配制羊毛和纤维素共混比分别为1:9、2:8、3:7、5:5、7:3、8:2、9:1的7组溶液,参照1.2.4操作步骤制备共混丝,考察混纺比对共混丝燃烧性能的影响,结果见表4。

表4 共混比对共混丝阻燃性能的影响

羊毛:纤维素	续燃时间/s	阴燃时间/s	炭长/mm
1:9	1.9	4.0	55
2:8	1.8	3.7	55
3:7	1.7	3.5	55
5:5	1.6	3.2	55
7:3	1.5	3.0	55
8:2	1.4	2.5	55
9:1	1.3	2.0	55

由表4可知,7种共混比例的纤维基本完全燃烧,说明未加阻燃剂的羊毛/纤维素共混丝的阻燃性较差。但从表4中也可以发现,随着羊毛比例的增加,共混丝的续燃时间变短,这是因为加入蛋白液后,由于蛋白本身含有氮元素,起到了一定阻燃作用。

2.5.2 阻燃剂用量对共混丝燃烧性能的影响

分别取6%羊毛溶液和6%纤维素溶液,以羊毛和纤维素按照3:7的比例混合,分别加入质量分数为1%、2%、3%、5%、7%的阻燃剂SFR-130,以蒸馏水作为凝固浴,凝固浴温度为25℃,参照1.2.4操作步骤制备共混丝,考察阻燃剂加入量对共混丝燃烧性能的影响,结果见表5。

表5 阻燃剂用量对共混丝阻燃性能的影响

阻燃剂用量/%	续燃时间/s	阴燃时间/s	炭长/mm
1	3.7	2.4	50
2	3.4	2.1	43
3	2.9	1.9	38
5	2.3	1.6	31
7	1.8	1.0	25

由表5可知,随着阻燃剂用量的增加,共混丝的阻燃性明显改善,燃烧的剧烈程度随着阻燃剂用量的增加而减弱,共混丝燃烧后的炭长也逐渐缩短。这可能是因为阻燃剂分布在共混丝的内部与表面,燃烧时形成保护层而将氧气隔绝,同时形成了蓬松多孔的炭层,阻隔了热传递及氧气的扩散,产生了阻燃效果。但阻燃剂加入量的选择要考虑阻燃剂的物理状态、阻燃剂与纺丝液的相容性、阻燃剂对成丝的机械性能等因素。

3 结 语

(1)离子液体[Bmim]Br溶解羊毛的最佳工艺为:搅拌器转速350 r/min,温度120℃,溶解时间10 h。溶解纤维素的最佳工艺为:搅拌器转速350 r/min,温度100℃,溶解时间6 h。共混丝制备最佳工艺为:羊毛和纤维素的共混比例为3:7,搅拌器转速为350 r/min,混合温度60℃,凝固浴为蒸馏水,凝固浴温度为25℃。

(2)羊毛蛋白/纤维素共混丝的阻燃性能很差,作为假发原料使用时,存在安全隐患,使用阻燃剂SFR-130对共混丝进行阻燃处理后,阻燃性能有明显的改善。

(3)羊毛蛋白/纤维素共混丝的强度不够理想,后续可通过加入交联剂等方法增加复合纤维的强力,以满足纺丝加工要求。



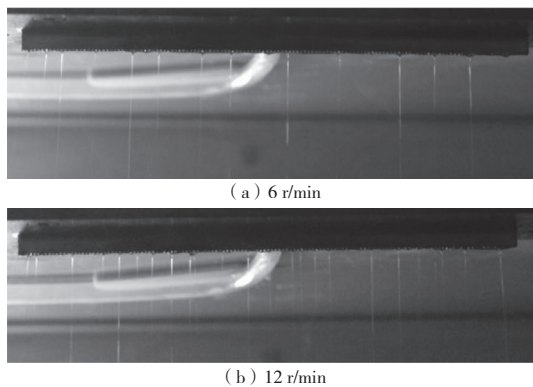


图2 不同转速下的射流照片

从图2可以看出,当转速为6 r/min时,流量较小,射流根数较少,在12根左右,单位时间制得的纤维较少;当转速为12 r/min时,流量增大,射流根数增加到25根左右,射流均匀稳定;当转速为18 r/min时,射流根数较多,在25根左右,但在锯齿右端和中间部分出现了小团熔体,其在纺丝过程中会连续滴落,粘在纤维上,影响纤维质量。试验得出的阈值流量是1.14 g/min,超过阈值流量后,就会出现熔体滴落现象。可见,较高的流量可以提高射流根数,但是流量过大反而会使射流效果变差,影响纤维的质量。

3 结语

(1) 出料流量随挤出机转速增大而增大,当转速达到18 r/min时,PP熔体在狭缝流道内部型腔内达到饱和,此时流量最大,为1.74 g/min,继续增大转速,流量基本不变。

(2) 出料均匀性一直很好,不随流量变化而变化,说明流道设计合理,有效解决了出料不均匀的问题。

(3) 流量较小时,射流根数较少,纺丝效率较低,流量较高时,射流根数较多,纺丝效率高,但是流量过大会出现严重的滴料现象,影响纺丝效果;当转速为12 r/min即出料流量为1.14 g/min时,射流根数较多而且纺丝效果好,为PP在该工艺下的最佳流量。

(上接第18页)

参考文献:

[1] 陈星雨,田孟超,庆桌亚.新型焯油人发漂白工艺的研究[J].毛纺科技,2015,43(2):35-39.
[2] 尚伟丽.假发在服装艺术中的应用研究[D].苏州:苏州大学,2008.
[3] 强西怀,冯洪燕,张辉.利用废弃羊毛制备蛋白型表面活性剂[J].皮革与化工,2010,27(6):6-8.
[4] 王永昌.制革废物综合利用实例[J].西部皮革,2005,27(4):56-

参考文献:

[1] DAN K, PRABHAKARAN M P, JIN G, et al.Guided orientation of cardiomyocytes on electrospun aligned nanofibers for cardiac tissue engineering[J].Journal of Biomedical Materials Research Part B: Applied Biomaterials,2011,98(2):379.
[2] YIN Z, CHEN X, CHEN J L, et al.The regulation of tendon stem cell differentiation by the alignment of nanofibers[J].Biomaterials,2010,31(8):2163.
[3] PERSANO L, DAGDEVIREN C, SU Y, et al.High performance piezoelectric devices based on aligned arrays of nanofibers of poly(vinylidene fluoride-co-trifluoroethylene)[J].Nature Communications,2013,4(3):1633.
[4] TEO W E, RAMAKRISHNA S.A review on electrospinning design and nanofibre assemblies[J].Nanotechnology,2006,17(14):89.
[5] CHEN D, MIAO Y, LIU T.Electrically conductive polyaniline/polyimide nanofiber membranes prepared via a combination of electrospinning and subsequent in situ polymerization growth[J].Acs Applied Materials & Interfaces,2013,5(4):1206.
[6] CHEN D, WANG R, WENG W T, et al.High performance polyimide composite films prepared by homogeneity reinforcement of electrospun nanofibers[J].Composites Science & Technology,2011,71(13):1556-1562.
[7] CHU B, HSIAO B S, FANG D.Apparatus and methods for electrospinning polymeric fibers and membranes:6713011[P].2004-3-30.
[8] 杨卫民,李好义,吴卫逢,等.熔体静电纺丝技术研究进展[J].北京化工大学学报(自然科学版),2014,41(4):1-13.
[9] FANG J, ZHANG L, SUTTON D, et al.Needleless melt-electrospinning of polypropylene nanofibres[J].Journal of Nanomaterials,2012(3):16.
[10] 刘呈坤.静电纺丝技术的研究进展[J].合成纤维工业,2012,35(2):53-56.
[11] SHIMADA N, TSUTSUMI H, NAKANE K, et al.Poly(ethylene-co-vinyl alcohol) and Nylon 6/12 nanofibers produced by melt electrospinning system equipped with a line-like laser beam melting device[J].Journal of Applied Polymer Science,2010,116(5):2998-3004.
[12] YARIN A L, ZUSSMAN E.Upward needleless electrospinning of multiple nanofibers[J].Polymer,2004,45(9):2977-2980.

57.

[5] 王杰兴.工业废弃羊毛制备皮革填充剂的研究[D].烟台:烟台大学,2014.
[6] 贾济如,姚金波.废弃羊毛角蛋白循环利用研究的最新进展[J].毛纺科技,2015,43(1):45-49.
[7] 李汝雄.绿色溶剂:离子液体的合成与应用[M].北京:化学工业出版社,2004.