

DOI: 10.19333/j.mfkj.2017050260304

# 离子液体去除人发鳞片的研究

王 明<sup>1</sup>, 翟亚丽<sup>2</sup>, 卞学海<sup>3</sup>, 李俊龙<sup>1</sup>(1. 河南工程学院 材料与化学工程学院 河南 郑州 450007; 2. 河南工程学院 纺织学院 河南 郑州 450007;  
3. 深圳出入境检验检疫局 广东 深圳 518045)

**摘要:** 离子液体具有独特的催化和溶解双重作用,使其在溶解、催化降解方面有着巨大的潜力。为研究其在人发脱除鳞片中的应用效果,采用[Bmim]Cl、[Amim]Cl、[Bmim]BF<sub>4</sub>三种离子液体对人发进行脱鳞处理,分析离子液体种类、处理温度及时间等因素对鳞片剥离程度的影响。通过扫描电镜照片观察人发表面鳞片脱除效果,并结合处理后的机械性能测试,确定最佳脱鳞工艺。结果表明:采用[Bmim]Cl离子液体,在处理温度90℃,处理30min后,对人发表面鳞片层脱除效果较好;对处理后的人发进行力学性能测试,断裂强力仍保持在110cN以上,在脱除鳞片的同时,对人发纤维损伤较小。

**关键词:** 人发; 鳞片层; 离子液体; 剥鳞处理

**中图分类号:** TS 193.2 **文献标志码:** A

## Study of removing cuticle of hair with ionic liquids

WANG Ming<sup>1</sup>, ZHAI Yali<sup>2</sup>, BIAN Xuehai<sup>3</sup>, LI Junlong<sup>1</sup>

(1. Department of Material and Chemical Engineering, Henan Institute of Engineering, Zhengzhou, Henan 450007, China; 2. School of Textile Engineering, Henan Institute of Engineering, Zhengzhou, Henan 450007, China; 3. Shenzhen Enter-exit Inspection and Quarantine Bureau, Shenzhen, Guangdong 518045, China)

**Abstract:** Ionic liquid has great potential in catalytic degradation and dissolution, due to its unique catalytic and solvent action. In order to investigate the application of ionic liquid in human hair processing, [Bmim]Cl, [Amim]Cl, [Bmim]BF<sub>4</sub> were chosen to removal cuticle layer of human hair fibers, and the influence of ionic liquid species, processing temperature and time on the removal extent were discussed. The surface morphology and mechanical property of human hair before and after removal scale were studied using SEM and INSTRON testing equipment, then, the optimum technological condition was determined. The results showed that, the removal effect is best, when [Bmim]Cl was adopted to removal scale at 90℃ for 30min, moreover, at this condition, the strength remained above 110 cN.

**Keywords:** human hair; cuticle layer; ionic liquids; removal scale

国内外许多学者<sup>[1-3]</sup>对人发漂白进行了研究与探索,人发漂白一般工艺<sup>[4-6]</sup>为:剥鳞→催化络合处理→氧化漂白,剥鳞条件的选择对人发漂白起着重要作用,如果条件控制不当,在漂白过程中会导致人

发纤维受到不同程度的损伤,强力大幅下降。

人发纤维由表面致密的鳞片层、鳞片内部的皮质层和纤维中断续存在的髓质层构成<sup>[7-8]</sup>。而黑色素粒子主要分布在皮质层中,由于皮质层外的鳞片层的保护,对漂白剂顺利进入到纤维内部氧化破坏黑色素粒子起到了一定阻碍作用,导致漂白难以实现<sup>[9-11]</sup>。

本文重点研究离子液体对人发鳞片层的去除作用,讨论不同种类离子液体对鳞片层的去除效果,探讨离子液体去除鳞片层机制。在对黑色人发氧化漂

收稿日期:2017-06-05

基金项目:河南省服用纺织品工程技术研究中心开放基金项目(CTERC201610)

第一作者简介:王明,讲师,博士,主要从事纺织品染色和功能整理的教学及科研工作。E-mail: jerry\_wm@163.com。

白的基础上,得出提高人发纤维白度、减少纤维损伤的除鳞工艺条件。

## 1 实验部分

### 1.1 实验材料

人黑发(市场购买); [Bmim]Cl、[Amim]Cl、[Bmim]BF<sub>4</sub> 离子液体(均为自制)。

### 1.2 实验仪器及设备

S-4800 型扫描电镜(日本 HITACHI 公司), CE7000A 型电脑测色配色仪器(美国 X-Rite 爱色丽有限公司), B-220 型数显恒温水浴锅(温州方圆仪器有限公司), YG004E 型电子单纤维强力测试仪(宁波纺织仪器厂)。

### 1.3 实验方法

脱鳞工艺流程:人发→离子液体室温浸泡→加热一定温度搅拌→回收离子液体。

操作步骤:将盛有离子液体与人发的小烧杯室温浸泡 5 min,然后置于集热式恒温加热磁力搅拌器上,加热到规定温度后,保温搅拌处理到规定时间取出人发纤维,先用无水乙醇清洗 3 次,最后用清水洗涤 2 次,回收离子液体,处理后人发作为扫描电镜试样。

### 1.4 测试表征

#### 1.4.1 纤维表面形态

将经离子液体脱鳞的人发纤维进行真空镀金处理后,采用 Sirion200 型扫描电镜,对其进行表面形态表征。

#### 1.4.2 断裂强力测试

在单纤维强力仪上测试处理后样品的断裂强力。试样夹持长度 50 mm,拉伸速度 100 mm/min,每个样品测 50 根,取平均值。

## 2 结果与讨论

### 2.1 不同种类离子液体脱鳞效果

根据 1.3 对人发进行处理,通过扫描电镜照片观察不同种类离子液体对脱鳞效果的影响,如图 1 所示。

从图 1 可以看出,采用 [Bmim]Cl 离子液体处理后人发纤维边缘钝化,而采用 [Bmim]BF<sub>4</sub> 处理几乎没发生变化,在阳离子结构相同、阴离子结构不同的离子液体中,离子液体溶解度顺序为 Cl<sup>-</sup> > BF<sub>4</sub><sup>-</sup>,可能是由于阴离子 Cl<sup>-</sup> 与人发中的一OH、—NH<sub>2</sub>、—COOH 等基团形成氢键的能力较强,另外由于 Cl<sup>-</sup> 离子体积较小,在温度作用下更容易扩散到人发鳞片层内部,使鳞片层发生溶胀,并拆散分子链间

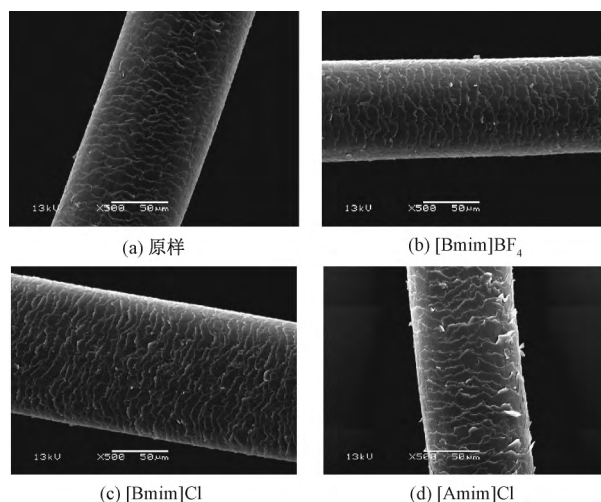


图 1 离子液体种类对鳞片去除效果的影响

的作用力,从而使人发鳞片层钝化或脱落;比较离子液体 [Bmim]Cl 与 [Amim]Cl 发现,当离子液体的阴离子结构相同时,阳离子侧链上烷基链越短去除鳞片能力越强。因此,要达到去除鳞片又不过度损伤人发纤维强力的目的,就需要设计结构合适的离子液体。离子液体种类对人发纤维断裂强力的影响如图 2 所示。

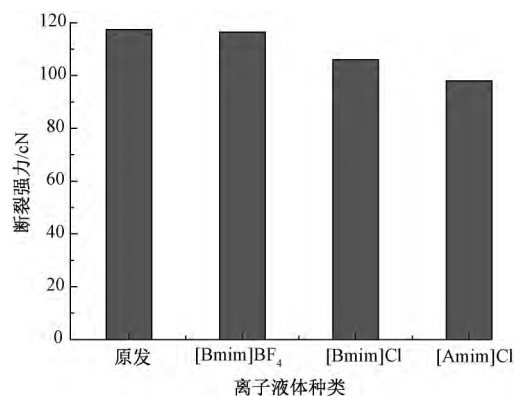


图 2 离子液体种类对人发纤维断裂强力的影响

由图 2 可知,离子液体对人发强力损失大小顺序为: [Amim]Cl > [Bmim]Cl > [Bmim]BF<sub>4</sub>。鉴于 3 种离子液体的溶解能力大小, [Amim]Cl 离子液体应优先被选作剥鳞试剂,但是烯丙基含有双键不稳定,在合成中导致离子液体颜色较深,因此观察溶解过程比较困难;而 [Bmim]BF<sub>4</sub> 对鳞片层基本没有去除效果,且离子液体合成过程较为复杂,因此结合脱鳞效果,以及离子液体对强力的影响,本文实验采用 [Bmim]Cl 离子液体作为剥鳞试剂。

### 2.2 温度对鳞片层剥离效果的影响

将 [Bmim]Cl 离子液体加热到一定温度,投入适量人发,使离子液体对其表面的鳞片层进行溶解,处理 30 min。不同处理温度对鳞片层剥鳞程度的电镜照片如图 3 所示。

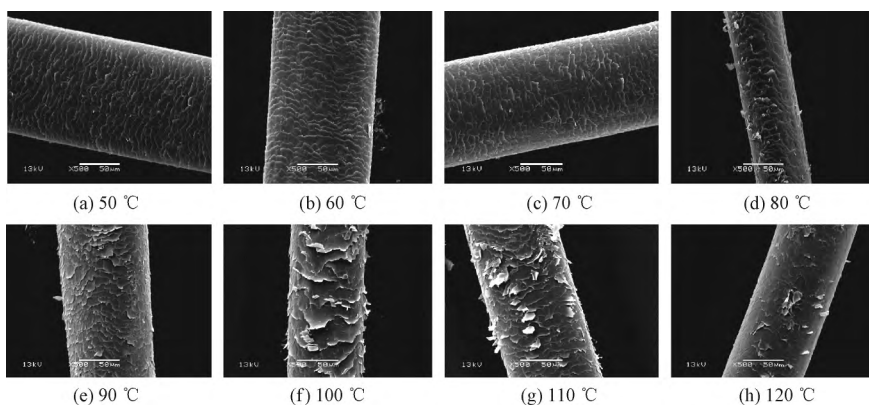


图3 离子液体处理温度对人发纤维表面形态的影响

从图3可知,随着处理温度的升高,人发纤维表面鳞片层的剥离程度逐渐变大。当处理温度为80 °C时,鳞片层遭到破坏,边缘略微翘起,轮廓变得模糊;随着处理温度升高到90 °C时,鳞片层剥离并不明显,只有边缘钝化或翘起,有的尖端被去除;当处理温度为100 °C,鳞片层尖部被基本去除,边缘钝化严重,鳞片层被基本剥离;当处理温度为120 °C时,纤维的鳞片层基本被完全剥离,纤维表面变得比较光滑。温度升高有利于小分子的离子液体扩散键入鳞片层,所以温度越高脱鳞效果越好。

不同温度处理后人发纤维断裂强力变化如图4所示。可以看出,温度越高强力下降越严重。结合图3分析,鳞片的去除虽有利于后道漂白的进行,但也要满足人发力学性能的要求。根据后续漂白和生产的实际需要,确定离子液体处理人发纤维的最适温度为90 °C。

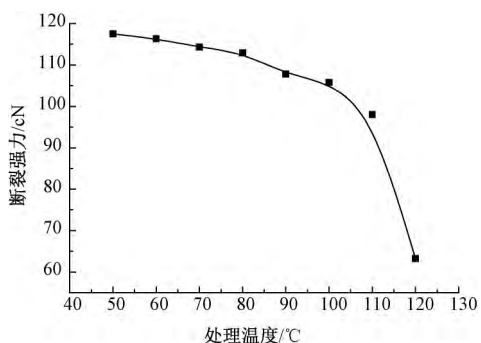


图4 离子液体处理温度对人发纤维断裂强力的影响

### 2.3 处理时间对鳞片层剥离效果的影响

将离子液体加热到90 °C,投入人发纤维,使离子液体对其表面的鳞片层进行溶解,处理一定时间后,人发纤维的SEM照片如图5所示。

从图5可知,随着处理时间的延长,人发纤维表面鳞片层的剥离程度变大。当处理时间为10 min时,鳞片层已经受溶胀而边缘翘起,但鳞片边缘清晰,排列紧密。当处理时间为20 min时,少部分鳞

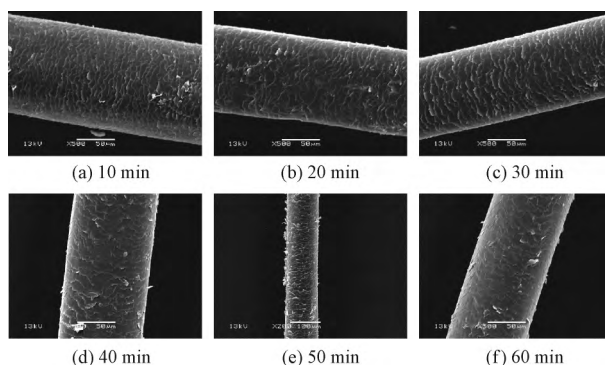


图5 离子液体处理时间对人发纤维表面形态的影响

片层翘起,少部分鳞片层尖部被剥离,剩下的鳞片根部轮廓模糊。当处理时间为25 min时,部分鳞片层被剥离,只有少部分还残存在纤维表面。而且残存的鳞片纤维边缘钝化严重。当处理时间为60 min时,大部分鳞片层被剥离,纤维表面变得光洁,但仍有部分鳞片根部存在于纤维上。故综合后续漂白和生产的实际需要,离子液体处理人发纤维的最适时间为30 min。处理时间对人发纤维强力的影响如图6所示。

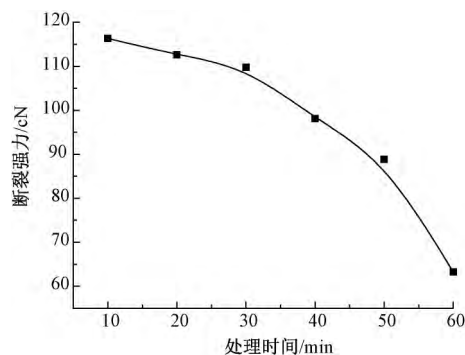


图6 离子液体处理时间对人发纤维强力的影响

## 3 结论

采用绿色有机溶剂离子液体对人发进行剥鳞处理,与传统酸剥鳞相比,不存在废水排放问题,离子液体也可以实现回收和循环利用。通过实验分

析得出:

①从[Bmim]Cl、[Amim]Cl、[Bmim]BF<sub>4</sub>三种离子液体中,经过综合分析筛选出[Bmim]Cl对人发进行处理。

②通过扫描电镜观察[Bmim]Cl离子液体,在不同温度和不同处理时间条件下对人发表面鳞片剥离程度,表明在温度90℃,处理30min效果较好。

③在温度90℃处理30min后,对处理后的人发进行力学性能测试,在达到脱除鳞片的同时,断裂强力仍保持在110cN以上。

参考文献:

[1] 陈星雨,田孟超,庆桌亚. 新型焗油人发漂白工艺的研究[J]. 毛纺科技, 2015, 43(2): 35-39.  
[2] 孙云飞. 人发漂白脱色工艺技术研究[D]. 淄博: 山东理工大学, 2014.  
[3] NILSSON P T, MARINI S, WIERZBICKA A, et al. Characterization of hairdresser exposure to airborne particles during hair bleaching [J]. Annals of Occupational Hygiene, 2015, 60(1): 90-100.  
[4] 文美莲. 还原漂白在黑色人发漂白中的应用[J]. 毛纺科技, 2014, 42(4): 22-27.  
[5] KOJIMA T, YAMADA H, ISOBE M, et al.

Compositional changes of human hair melanin resulting from bleach treatment investigated by nanoscale secondary ion mass spectrometry [J]. Skin Research and Technology, 2014, 20(4): 416-421.

[6] KUZUHARA A. Internal structure changes in bleached black human hair resulting from chemical treatments: A Raman spectroscopic investigation [J]. Journal of Molecular Structure, 2014, 1076: 373-381.  
[7] KUZUHARA A. Analysis of internal structure changes in black human hair keratin fibers resulting from bleaching treatments using Raman spectroscopy [J]. Journal of Molecular Structure, 2013, 1047: 186-193.  
[8] KUZUHARA A. Analysis of structural changes in bleached keratin fibers (black and white human hair) using Raman spectroscopy [J]. Biopolymers, 2006, 81(6): 506-514.  
[9] 张林,朱平,徐江涛,等. 碱-还原法制备人发蛋白液[J]. 印染助剂, 2015, 32(8): 21-24.  
[10] 肖学良,韩晓果,吴官正,等. 毛发纤维水响应形状记忆性能的探索[J]. 服装学报, 2016, 1(5): 441-449.  
[11] 徐江涛,朱平,张林,等. 人发角蛋白提取工艺研究[J]. 毛纺科技, 2015, 43(5): 38-42.