

TPU 薄膜在防水透湿织物中的应用

翟娅茹, 沈兰萍

(西安工程大学 纺织科学与工程学院, 陕西 西安 710048)

摘要:介绍了 TPU 薄膜在防水透湿织物中的应用, 分析了其防水透湿机理, 详述了防水透湿层压织物的加工过程, 并对未来 TPU 薄膜的研发重点进行了展望。

关键词:TPU 薄膜; 防水透湿; 织物

中图分类号:TS102.54

文献标识码:A

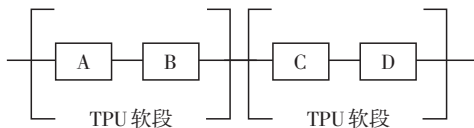
文章编号:1673-0356(2018)05-0001-03

防水透湿面料^[1-3]被称为“可呼吸面料”, 由该面料织制的织物应具有 2 种功能: 一种是防水功能, 即外界的水、雨滴等在一定压力下不能透过织物表面到达织物内部; 另一种是排汗、透湿、透气功能, 即人体的汗液可以以水蒸气形式通过面料扩散到外界, 从而避免汗液等积聚在人体皮肤表面和衣服之间, 以保持服装的舒适性。近些年来, 越来越多的人使用防水透湿薄膜, 产品主要有 2 种, 一种是以 Gore-Tex 为代表的微孔聚四氟乙烯薄膜 (PTFE), 一种是以热塑性聚氨酯 (TPU) 为代表的无孔分子膜。

1 TPU 的化学成分及常用防水透湿薄膜性能比较

1.1 TPU 化学成分

TPU, 又称热塑性聚氨酯橡胶或热塑性聚氨酯弹性体, 是一种线性嵌段共聚物, 由低聚物多元醇软段和异氰酸酯硬段构成, 如图 1 所示。



A 低聚物多元醇 (通常为高分子多元醇等); B 异氰酸酯; C 扩链剂 (通常为小分子多元醇)

图 1 TPU 结构图解

高分子二元醇和异氰酸酯连接形成长链结构, 因分子链长, 表现出柔性, 所以形成整个大分子链中的软段结构; 小分子多元醇和异氰酸酯连接形成短链结构,

因分子链短, 从而呈现刚性, 形成大分子链结构中的硬段结构。软段部分通常与刚性的硬段交替存在于 TPU 分子链中^[4], 以共价键“尾—尾”连接, 如图 2 所示。由于聚氨酯硬段间的相互作用, 所以它具有良好的机械性能。TPU 良好的回弹性得益于分子链的相对运动, 这点在低温挠性方面尤其明显。分子链的运动性能很大程度取决于软段的化学性质和链的长度, 软段越是呈无定形状态, 其柔顺性就越好。

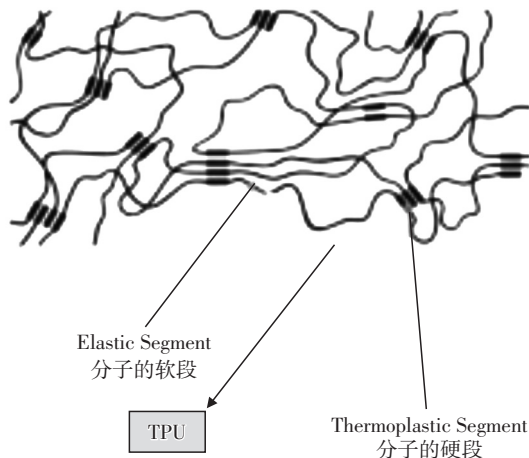


图 2 基团共聚弹性体的结构

1.2 常用防水透湿薄膜比较

纺织行业中, 我们一般要求薄膜既能阻止液体通过, 又能允许水蒸气散逸。要达到这两种功能的完美结合, 就要使涂层或薄膜既能透水汽, 又能阻隔液体, 可以采用致密型薄膜和微孔型薄膜。目前, 最受欢迎的防水透湿薄膜有 PU 薄膜、TPU 薄膜和 PTFE 薄膜等。

TPU 薄膜是一种致密型薄膜, 利用 TPU 原材料

收稿日期: 2018-03-27

作者简介: 翟娅茹 (1994-), 女, 在读研究生, 主要研究方向为纺织材料与纺织品设计, E-mail: 971767603@qq.com.

经过塑化吹胀而成。由于具有非常高的性价比,产品线比较齐全,有高、中、低透湿系列,所以其在纺织行业被大量应用;PTFE 薄膜^[5]是一种微孔型薄膜,通过PTFE 定向拉伸而产生,因其不耐洗、易吸附灰尘、不环保等因素,只被限制用于军事等特殊领域;PU 膜^[6]是一种致密型薄膜,利用PU 浆体在特定材料上涂覆而成,是处于PTFE 与TPU 之间的过渡体,被一些个性化客户采用。常用防水透湿薄膜性能比较如表1。

表1 常用防水透湿薄膜性能比较

性能	TPU(高透湿)	PTFE	PU
透湿量/ $\text{g} \cdot (\text{m}^2 \cdot 24 \text{ h})^{-1}$	13 000	16 000	14 000
耐水压/mm	$\geq 10\ 000$	$\geq 6\ 000$	$\geq 10\ 000$
耐曲折性/MPa	46	20.7	35
拉伸强度/MPa	55	25	35
伸长率/%	450	170	350
厚度偏差/%	≤ 10	30	30
耐磨性	优秀	好	优秀
密度/ $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	1.22	2.15	1.21
硬度	90A	50D	90A
生物降解	可以	不可以	可以
最低使用温度/ $^{\circ}\text{C}$	-30	-175	-30
最高使用温度/ $^{\circ}\text{C}$	100	200	100
耐表面活性剂	可以	不可以	可以
隔绝气味	可以	不可以	可以

从表1可看出,TPU 薄膜具有高的拉伸强度、伸长率、高撕裂强度、耐环境和化学品腐蚀,硬度范围广,承载能力大,具有优良的耐磨、耐油性能,应用范围十分广泛。此功能配合纺织业的贴合加工技术,大大提升纺织品的附加值。除此之外,耐候性佳、可回收和可分解更使TPU 防水透湿薄膜成为21世纪主流材料之一。

2 TPU 薄膜应用于防水透湿织物的机理

TPU 薄膜应用于防水透湿织物的机理^[7-10]即为高分子间“孔”和亲水基团分子扩散透湿机制。

无孔膜透湿原理是在大分子链上引入亲水基,并将其制成薄膜,这种薄膜是由一种单一组分构成的、硬段和软段交替排列而构成的嵌段共聚物。该分子结构中,硬链段疏水,加之薄膜本身具有连续性和较大的膜面张力,可以阻止水滴通过,从而表现出优良的防风和防水作用;软链段亲水,它们会和水分之间相互作用,借助氢键和其他分子间作用力,按“吸附—扩散—解吸”的方式,在高湿度一侧吸附水分子,沿分子链通过亲水基团逐一将水分子传递到低湿度一侧进行解吸,

从而达到高透湿的目的。“吸附—扩散—解吸”示意图如图3所示,在这个过程中,亲水基团相当于“化学阶梯石”,实际生产中,我们一般可以通过改变大分子链中软段的数量或相对分子质量来增加亲水基团的比例,使织物的透湿效果更佳。透湿量公式^[11]为:

$$WVP = DS\Delta P / L$$

其中 WVP 为透湿量($\text{g}/(\text{m}^2 \cdot 24 \text{ h})$); ΔP 为膜两侧水蒸气分压差(Pa); D 为扩散系数(m^2/s); S 为溶解度参数; L 为膜的厚度(cm)。

从上公式可以看出,无孔亲水膜的透湿性不仅和高分子膜的厚度和其自身的性能有关,还取决于薄膜两侧水蒸气分压之差。

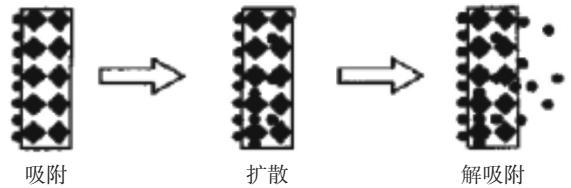


图3 吸附—扩散—解吸附示意图

3 TPU 薄膜形成防水透湿层压织物的加工过程

合适的层压技术是生产高品质层压织物的关键。TPU 薄膜形成层压织物就是使用湿固化聚氨酯热熔胶的热熔黏合技术,这种黏合技术具有对环境友好、能耗低、交链易于控制等优点,应用十分广泛,特别适用于一些高档纺织面料的复合。

3.1 涂层转移

涂层转移的目的是为了使湿固化聚氨酯热熔胶^[12]从雕刻辊转移到薄膜上,转移后,薄膜与雕刻辊分离。分离过程中,热熔胶必须有较低的黏度和好的流动性;若热熔胶的流动性差、黏度高,则会使薄膜与雕刻辊之间黏连,分离过程中产生严重的拉丝现象,从而导致涂层转移效率降低,分离难度加大。为了降低成本,减少不必要的浪费,这种情况在实际生产中是不允许出现的。

3.2 层压复合

好的初始黏结强度是保证织物与薄膜复合形成优质层压织物的关键因素。织物与涂了湿固化聚氨酯热熔胶的薄膜在一定压力下瞬间复合在一起时,热熔胶应具有低流动性和高黏度性;如果复合时热熔胶的流动性太好,黏度过低,一方面会因为初始黏结强度低,造成层压织物在离开压合点后又可能分开;另一方面

会由于流动性好,热熔胶可能渗过织物造成透胶,从而会影响层压复合织物的外观、手感、黏接强度和耐洗性能等。

4 TPU 薄膜的应用

4.1 TPU 薄膜在服装上的应用

早期,人们为了避雨,创造了雨衣、雨伞、雨布等,使水不能浸透织物。后来为了方便,人们希望普通的外衣也具有一定的防水性,但这种衣服不透气,导致在大量活动时出现汗流浹背的情况,服装会粘贴皮肤而使人产生湿冷感。为了调节服装内气候,改善其透湿性和手感,防水透湿的新型纺织品就产生了。对于无孔亲水型透湿薄膜 TPU 来说,分子链段上有许多利于水分子迁移的化学基团,通过“吸湿—扩散—放湿”过程成功地将人体汗气排出,即首先其亲水性链段吸收人体散发的汗液,将湿气由内部迅速向外层扩散,最后将湿气向外界环境中蒸发。TPU 防水透湿薄膜解决了织物防水性与透湿性这两大矛盾问题,从而被人们称为“可呼吸面料”或“人类第二皮肤”。任何新科技的产生与发展都以人们的需要为出发点,这种集防水、透湿、防风、保暖于一体的高科技产品具有极大的使用价值。TPU 以实用性为基础,美观性为升华,一直以来倍受时尚界青睐,目前主要用于生产高档风雨衣、军服、休闲装及运动衣等。

4.2 TPU 薄膜在医用材料中的应用

近几十年来,医用纺织品在纺织行业中独辟蹊径,应用越来越广泛。与此同时,医用防护材料也面临着更严格的加工要求,不仅要求其有良好的防护阻隔性,也要求穿着舒适、卫生,同时还要具有一定的物理机械性能。由于 TPU 薄膜具有高透湿、抗微生物性能以及良好的生物相容性和血液相容性,所以被广泛应用于医用防护服、手术巾、消毒器械包裹、血液过滤和外科敷料等方面。

手术服应具有透气性和防护性,使用前必须经过严格灭菌和消毒,以保证手术过程中医护人员穿着舒适并且不被病菌通过体液或血液而感染。医用材料本身应具有良好的透气性、消毒耐受性、防菌、防静电、耐洗涤且容易洗涤等性能,TPU 薄膜正是以其无可比拟

的优势做到了这点。

医用敷料也是医用纺织品的一个重要组成部分。临床上,由于伤口的种类繁多,并且在伤口愈合过程中每一阶段对敷料的要求也不尽相同,用于护理伤口的医用敷料应具有一系列特殊功能,如:除臭、耐菌,控制伤口上的气味、细菌和微生物;吸湿、保湿,控制伤口产生的流体,从潮湿的伤口上吸收脓血,向干燥的伤口提供水分;低黏合性,不应与创面粘连,在伤口愈合后应该很容易地从伤口上剥离等。

5 展望

目前,TPU 薄膜加工难度较大,成本高,所以产品价格也较高。未来 TPU 薄膜研发的重点是降低成本,开发具有抗菌或阻燃等多种功能的新型复合织物,并使织物朝着更加轻便、舒适的方向努力。

参考文献:

- [1] 李朝晖,王春梅.防水透湿织物性能[J].印染,2005,(1):29-31.
- [2] 李显波.防水透湿织物生产技术[M].北京:化学工业出版社,2006:51-53.
- [3] 周小红,王善元.防水透湿织物的加工及发展趋势[J].丝绸,2002,(8):49.
- [4] 厄特尔.聚氨酯手册[M].北京:中国石化出版社,1992:176-179.
- [5] 黄机质.防护服用聚四氟乙烯复合膜的结构和性能[J].纺织学报,2006,(9):78-80.
- [6] 王文妙,倪汉鑫.防水透湿薄膜的应用开发[J].产业用纺织品,2003,(10):1-3.
- [7] LOMAX G R. The design of waterproof, waterpermeable fabrics[J].Journal of Coated Fabrics,1985,15(7):49-96.
- [8] 郝新敏.防水透湿织物原理及加工现状[J].国际纺织品动态,1994,(4):42-45.
- [9] 裘愉发.防水透湿纺织品[J].上海丝绸,2010,(3):3-7.
- [10] 周晓东,朱平,王炳.防水透湿织物的设计机理与应用[J].染整技术,2006,(9):1-4.
- [11] NEOGI P. Diffusion in polymers[M]. New York: Marcel Dekker,1996.
- [12] 赵飞,顾继友,李晓萍.湿固化聚氨酯热熔胶发展近况[J].中国胶粘剂,2004,13(2):54-59.

- [3] 王革辉,戴静,蔡嘉婧,等.夏季服装常用针织面料抗紫外线性能研究[J].浙江纺织服装职业技术学院学报,

2016,(2):1-4.

Study on the Anti-ultraviolet Properties of Leisure Sports Fabrics

JIAN Si-min

(Jiangmen Charming Limited Corporation, Jiangmen 529000, China)

Abstract: The transmittance and color were two important indexes of anti-ultraviolet performance of the fabric. Based on AATCC 183 test method, the two important index of anti-UV performance of fabric were analyzed with UV and Visible Detector Lambda35 (UV-Vis). The results showed that anti-UV performance of fabrics could be improved by reducing transmittance, which was neglected in product development and production; Anti-UV performance of red and deep colored fabric was better than that of middle and light colored fabric.

Key words: ultraviolet; UV; weft knitting fabrics; Lambda35(UV-Vis)

(上接第3页)

Application of TPU Film in Waterproof and Moisture Permeable Fabric

ZHAI Ya-ru, SHEN Lan-ping

(School of Textile Science and Engineering, Xi'an Polytechnic University, Xi'an 710048, China)

Abstract: The application of TPU film in waterproof and moisture permeable fabric was introduced. The mechanism of waterproofing and moisture permeability was analyzed. The process of waterproof and moisture permeable laminated fabrics was detailed, and the future development of TPU film was forecasted.

Key words: TPU film; waterproofing and moisture permeability; fabric

“细菌电池”藏在纺织物上,吸收你的汗水发电

纽约宾汉顿大学团队最近又开发出新的生物电池,这一次是基于可以任意拉伸的纺织品上,而电力驱动来自细菌在分子之间交换电子的行为,你的唾液、汗水都是细菌发电的营养来源。

一年前,这个由宾汉顿大学电子与资讯工程学助理教授 Seokheun Choi 领导的团队已推出过一种纸质生物电池,可多次摺叠而不影响发电,且电池功率还会随摺叠程度不同而改变。

最近,团队改良之后发布了更新的“纺织生物电池”,在重复拉伸、扭转测试中也拥有稳定的发电能力。生物燃料电池(biological fuel cell)是一种基于生物化学的电池系统,使用自然界细菌及织物上的仿真细菌交互作用来产生电流启动化学反应。简单说,就是利用细菌来触发还原/氧化反应,从而在分子之间交换电子来发电。

在之前,Seokheun Choi 已经用脏水、唾液来测试细菌的发电能力,只是生物电池在穿戴式电子产品上的应用非常不发达,因为细菌可能会引起健康问题。

但 Seokheun Choi 认为,人体内的细菌数量比细

胞还多,如果不作为资源利用实在太浪费了,因此他的最新打算瞄准了人体的自然分泌物:汗水,将其中一种称为“绿脓杆菌(*Pseudomonas aeruginosa*)”的细菌作为生物催化剂,由此产生的设备最大功率输出达 $6.4 \mu\text{W}/\text{cm}^2$,电流密度为 $52 \mu\text{A}/\text{cm}^2$,与其他柔性纸质微生物燃料电池相似。

《New Atlas》报导,所有的电池部件都被整合到单片织物中,阳极和阴极之间没有隔离膜。阳极室被设计成亲水性以导电,可从汗水中的细菌获取电力,阴极则使用氧化银和氧化还原反应做为纺织电子产品的固态材料。

与传统电池或其他酶燃料电池相比,微生物燃料电池可以成为可穿戴电子产品的最佳电源,因为不断分泌的汗水是支持细菌活力的潜在燃料,提供稳定的酶促反应,让微生物燃料电池可以长期运作,也就是说,未来你的衣服或袜子可在吸取你的汗水同时为穿戴式仪器供电,随时监测相关锻炼成果。

这篇论文发表在《Advanced Energy Materials》期刊上。

(来源:Technews 科技新报)