

精纺毛织物的舒适性整理

郑成辉, 蔡再生

(东华大学化学与化工学院, 上海 200051)

摘 要:采用双氧水—酶—柔软剂处理工艺,通过单因素实验和正交实验,确定了精纺毛织物舒适性整理的最佳工艺条件:先用双氧水处理,用量为 H_2O_2 (有效成分 30%)2.5%,50℃,30min;再用 Protex Multipuls-L 处理,用量为 3.5%(o.w.f.),55℃,45min;最后施加 GE 微乳,20g/L,2 浸 2 轧,带液率 100%,烘干。用上述工艺处理后,取得了较好的效果。

关键词:毛织物;功能性整理;蛋白酶;刺痒感

中图分类号:TS195.5⁺9

文献标识码:A

文章编号:1003-1456(2001)01-0022-06

1 前言

随着人们生活水平的提高,人们将更加重视服装的舒适性、易维护等特点,这就对染整加工提出了更高的要求。但是某些毛织物在穿着时,尤其是作内衣时,有“刺痒”或不舒服的感觉,影响了消费者的购买和产品的市场占有率。

刺痒感是人的一种神经活动,是对外界刺激作出的一种复杂的生理反应。它受生理状态、心理状况等许多因素影响,因人的性别、年龄而异,与外界刺激大小、皮肤表面温湿度等都有关系。毛织物穿着时产生的刺痒感并不是皮肤的过敏反应,而是由织物结构、表面的毛羽分布状况等因素引起的。这些毛羽是在纺纱、织造过程中产生的。在穿着过程中,毛羽与皮肤接触,并发生相对运动,造成纤维与皮肤接触面积内的压强过大,当这个力大于某个阈值时,引起了皮肤中疼痛接收单元的反应,再通过神经生理反应,便产生了“刺痒”的感觉^[1,2]。刺痒感与织物表面毛羽的弯曲刚度有很大的关系。降低毛羽的弯曲刚度,可以减小织物的刺痒感^[3]。由材料力学知道,增加毛羽的长度,或降低纤维的直径,都可以降低纤维的弯曲刚度,从而减小织物的刺痒感。传统的氯化工艺可以去除羊毛纤维表面的鳞片层,再结合酶、柔软

剂等处理,在一定程度上可以降低刺痒感。但加工过程产生潜在毒性较高的可吸收卤化物(AOX),必将受到更多的限制^[4]。本试验采用了对环境无污染的双氧水预处理后,结合酶处理、柔软剂处理,对环境的污染小,效果较好。

2 实验部分

2.1 实验材料和试剂

精纺毛织物(上海第三毛纺厂),过氧化氢 30%(A.R.),硅酸钠(A.R.),无水碳酸钠(A.R.),亚硫酸氢钠(A.R.),冰醋酸(A.R.),渗透剂 JFC,柔软剂 GE 微乳(上海礼和化工公司),Protex Multipuls-L 酶(杰能科公司,简称 Multipuls-L)等。

2.2 实验仪器

H.H.S 型电热恒温水浴锅,JB50-D 型增力电动搅拌器,XSP-16A 偏光显微镜,101-1 型烘箱,双辊轧车,AEM-210 型电子分析天平,YP600 型电子天平,YG541A 型弹性测试仪,YG821 型织物风格仪,YG026 型织物断裂强力测试仪等。

2.3 测试方法

2.3.1 失重率

称量采用电子分析天平 AEM-210,由下式计算出减量率。

$$\text{减量率}(\%) = \frac{\text{处理前试样干重} - \text{处理后试样干重}}{\text{处理前试样干重}} \times 100$$

2.3.2 抗弯长度

采用斜面法^[5],试条滑出长度 L 可由滑板移动的距离得到,由此计算出有关织物的刚柔性指标抗弯长度 C。

$$C(\text{cm}) = L \cdot \left[\frac{\cos(\frac{1}{2}\theta)}{8\tan\theta} \right]^{\frac{1}{3}}$$

式中 L 为滑出长度 (cm),当 $\theta = 45^\circ$ 时, $C = 0.487L(\text{cm})$ 。

2.3.3 摩擦系数

采用中华人民共和国纺织工业部部颁标准 FJ-552.1-85 测试。

2.3.4 断裂强力和断裂延伸度

采用 YG026 型织物断裂强力测试仪,选用 A 量程,拉伸速度 $150\text{mm}/\text{min}$ ^[5]。

2.3.5 折皱回复角

采用国家标准 GB-3819-83,测量样品正面经、纬向的折皱回复角,使用仪器为 YG541A 弹性测试仪。

2.3.6 毛羽个数

用包覆有柔软薄膜的载玻片置于被测样品上面,再在其上加恒定重量的砝码,5min 后取出,在显微镜下观察薄膜被压出凹点的个数,测 5 次,取平均值^[2]。

2.4 实验内容

2.4.1 双氧水预处理

处理液组成: H_2O_2 (30%) 1.0% ~ 5.0%; $\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ 0.7%; Na_2CO_3 0.2%; 渗透剂 JFC 2g/L; 浴比 1:25; 温度 20 ~ 80℃; 时间 15 ~ 75min。

工艺步骤: 浸渍 → 水洗 → NaHSO_3 (10g/L) 还原 10min → 水洗 → 烘干

2.4.2 酶处理

酶浓度 1.0% ~ 5.0% (o. w. f.); 温度 55℃; 时间 15 ~ 75min; 浴比 1:15。

工艺步骤: 浸渍 → 升温 → 热水洗 → 冷水洗 → 烘干

2.4.3 柔软剂处理

配制一定浓度柔软剂溶液 → 2 浸 2 轧 (带液率 100%) → 烘干

3 结果与讨论

3.1 双氧水处理工艺

3.1.1 双氧水浓度的影响

采用双氧水 1.0% ~ 5.0% 配制处理液,温度 50℃,处理 45min,结果见表 1。可以看出,随着双氧水用量的增加,减量率逐渐增大,断裂强力和断裂延伸度逐渐减小。当双氧水用量超过 3.0% 时,减量率的变化趋于平缓,断裂强力、断裂延伸度下降明显。双氧水与羊毛纤维中含硫的氨基酸作用,经双氧水处理时,羊毛鳞片表层表面规整的类脂层结构被破坏,过量的双氧水将继续与内层物质作用。选定 H_2O_2 的浓度在 3.0% 左右较为合适。

表 1 H_2O_2 浓度对织物性能的影响

H_2O_2 浓度 (%)	0	1	2	3	4	5
减量率 (%)	—	2.39	2.66	3.30	3.72	3.85
断裂强力/N($\times 9.8$)	47.5	43.0	40.0	38.5	36.0	35.0
断裂延伸度 (%)	41.5	79.0	50.0	47.5	45.5	41.0

3.1.2 温度的影响

选用双氧水 3.0% 配制处理液,处理温度 20 ~ 80℃,间隔 15℃,时间 45min,结果见表 2。可以看出,随着处理温度的提高,织物的减量率逐渐增大,断裂强力和断裂延伸度逐渐降低。当温度大于 50℃ 时,各指标变化呈现加速趋势。这主要是因为随处理温度升高, H_2O_2 与纤维反应加速,同时羊毛角朊的水解速度也增加,纤维的损伤加剧。用显微镜观察纤维的鳞片层脱落也较为明显 (图略)。另一方面,处理温度升高时,羊毛在热水中发生定形作用,大分子重排,羊毛形态发生改变,也导致了断裂延伸度的降低^[6]。故选双氧水处理温度为 50℃ 较合理。

表 2 H_2O_2 处理温度对织物性能的影响

温度/℃	原样	20	35	50	65	80
减量率 (%)	—	2.49	2.95	3.50	5.91	11.93
断裂强力/N($\times 9.8$)	47.5	42.0	41.0	38.0	34.3	25.5
断裂延伸度 (%)	41.5	50.0	48.5	49.0	45.0	34.2

3.1.3 处理时间的影响

采用双氧水 3.0%, 稳定剂 $\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ 0.7%, Na_2CO_3 0.2%, 温度 50℃, 浴比 1:25, 时间

15~75min,结果见表3。可以看出,随着处理时间的增长,减量率逐渐增大,断裂强力逐渐减小,而断裂延伸度逐渐增大。可选定双氧水处理时间为45min。时间过长,一方面减量率过大,断裂强力也下降较多,另一方面,实际生产中生产效率也较低。

表3 H₂O₂处理时间对织物性能的影响

时间/min	原样	15	30	45	60	75
减量率(%)	—	4.74	4.95	5.14	5.58	6.00
断裂强力/N(×9.8)	47.5	39.5	37.8	37.0	36.3	35.5
断裂延伸度(%)	41.5	41.0	49.0	48.5	52.0	50.5

3.2 酶处理工艺

3.2.1 Multiplus-L 酶浓度的影响

选用 Multiplus-L 蛋白酶在 55℃,浓度为 1.0%~5.0%,pH 9.0,处理 45min,测定织物的减量率和断裂强力、断裂延伸度,结果见图 1。可以看出,随着酶浓度的增加,减量率逐渐增大。但当酶浓度大于 4.0%时,减量率的变化趋于平衡。这可能主要是由于酶与羊毛纤维的作用机理所致。酶与蛋白质作用时,通常认为是“锁-钥匙”模型。当酶浓度超过一定值时,纤维表面没有更

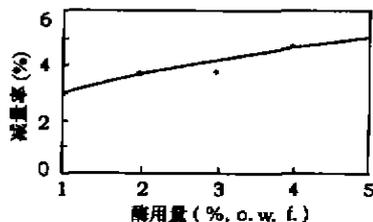
多的作用点可与酶作用,减量率变化趋于平缓。断裂强力继续下降,可能与酶和纤维作用时不均匀,某些区域减量严重,造成局部强力过低所致。故选取 Multiplus-L 酶浓度为 4.0%。

3.2.2 Multiplus-L 处理时间的影响

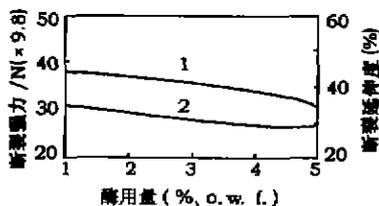
选取 Multiplus-L 酶浓度为 4.0%,55℃,处理 15~75min,处理结果见图 2。可见,随着酶处理时间的增加,减量率逐渐增大,而断裂强力和断裂延伸度逐渐减小。酶对纤维作用的过程中,会向纤维内部扩散。这会起角质层及皮质层大分子蛋白质水解,造成纤维强力损伤,时间越长越严重。特别是羊毛经过氧化、还原等前处理,外表皮层和外角质层受到破坏时,酶更容易向纤维内部扩散。可以选定处理时间为 45min。

3.3 柔软剂处理工艺

织物经柔软整理后,纤维表面吸附或沉积了一定的柔软剂,织物的物理性能发生了一些变化,产生了蓬松丰满的手感,而且纤维的摩擦系数降低,织物具有清爽感。柔软剂用量过低,摩擦系数和抗弯长度降低不太明显,反之,用量过高则造成滑腻和成本提高。根据经验,我们选用 GE 微乳 20g/L,2 浸 2 轧,带液率 100%,然后烘干。



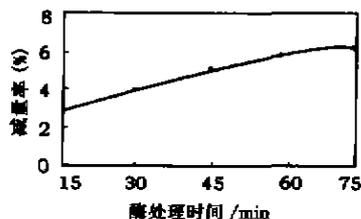
(a) 织物减量率



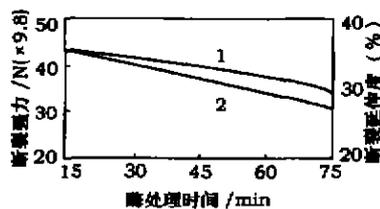
1—断裂强力 2—断裂延伸度

(b) 织物断裂强力和断裂延伸度

图 1 Multiplus-L 浓度的影响



(a) 织物减量率



1—断裂延伸度 2—断裂强力

(b) 织物断裂强力和断裂延伸度

图 2 Multiplus-L 酶处理时间的影响

3.4 双氧水—酶正交试验(L₁₆(4⁵))

3.4.1 正交实验结果与分析

蛋白酶与羊毛纤维作用时往往不易均匀。若用双氧水预先处理,再用酶处理,不仅减量率可进一步提高,纤维刚度下降,处理的均匀程度也有很大的提高。但H₂O₂处理后,织物手感变硬,用显微镜观察织物,部分纤维发生原纤化,表面有短小茸毛出现。用柔软剂进一步处理,可改善手感和服用性能。为此,我们做了双氧水和酶的正交试验,然后用柔软剂在同一条件下处理,测试织物减量率、断裂强力、断裂延伸度、回复角、摩擦系数和毛羽个数等各项指标的变化。

选取双氧水浓度、处理时间、处理温度、Multi-plus-L酶浓度和处理时间5个因素,其水平分别为

- A——双氧水浓度(%):2.0,2.5,3.0,3.5;
- B——双氧水处理时间(min):15,30,45,60;
- C——双氧水处理温度(°C):30,40,50,60;
- D——酶浓度(%):2.5,3.0,3.5,4.0;
- E——酶处理时间(min):15,30,45,60。

进行L₁₆(4⁵)正交设计(设计表略),测得结果见表4,正交分析见表5。

从正交表可以看出,双氧水处理温度对各项指标影响都较大。在保证其它各指标较优的情况下,双氧水的处理温度应高些,一方面可提高反应速度,另一方面可改善处理后织物的手感。就减量率、断裂强力和断裂延伸度而言,酶作用时间的影响仅次于双氧水的处理温度。而对与刺痒感联系密切的摩擦系数、毛羽个数和动摩擦系数的变异系数CV₀来说,酶用量的影响也很重要。在其他条件不变的情况下,可选用酶的浓度高些。H₂O₂处理温度从50°C到60°C时,减量率、断裂强力和断裂延伸度等指标变化较大,因此可选定H₂O₂处理温度为50°C合理些。H₂O₂处理时间从30min到45min,这3项指标变化不大,可用处理时间为30min。最后,得出H₂O₂浓度选用2.5%,酶浓度为3.5%,55°C,45min较合理。

表4 双氧水—酶正交(L₁₆(4⁵))结果

序号	减量率 (%)	断裂强力 /N(×9.8)	断裂延伸度 (%)	抗弯长度 /cm	回复角/°		摩擦系数			毛羽个数
					经向	纬向	动(×10)	静(×10)	CV ₀ ×100	
0	—	47.5	41.5	1.72	138	134	2.849	3.048	2.50	80.2
1	6.7	45.5	44.3	1.65	157	162	2.556	2.808	3.80	57.0
2	10.5	42.9	35.9	1.59	154	158	2.422	2.609	3.44	36.2
3	11.5	41.9	32.8	1.63	156	159	2.437	2.641	3.44	35.3
4	18.2	25.2	23.7	1.54	159	159	2.684	2.936	3.25	2.4
5	9.9	43.8	31.5	1.61	165	156	2.370	2.615	3.60	46.3
6	7.6	44.7	33.4	1.71	164	163	2.463	2.571	1.92	21.6
7	13.4	38.0	31.2	1.54	162	259	2.411	2.641	3.70	28.7
8	10.2	43.8	36.4	1.58	162	161	2.463	2.641	2.87	32.9
9	10.9	41.4	32.4	1.61	163	159	2.384	2.519	2.41	44.5
10	12.2	40.6	31.2	1.54	162	160	2.424	2.628	3.62	23.1
11	7.9	42.6	32.3	1.53	163	162	2.390	2.609	2.94	49.3
12	12.1	35.9	29.5	1.50	162	154	2.347	2.519	2.71	41.7
13	12.4	38.4	34.2	1.45	157	165	2.397	2.622	4.51	25.5
14	12.8	36.8	31.8	1.53	161	154	2.508	2.692	3.48	26.7
15	10.6	42.6	34.2	1.55	159	158	2.472	2.635	3.45	31.5
16	8.0	43.2	36.2	1.61	166	158	2.372	2.526	2.55	51.2

注:序号0表示原样。

经双氧水预处理后,羊毛纤维表面已初步改性,外表皮层和外角质层受到破坏,酶更容易向纤维内部扩散。酶一方面降低纤维的刚度,这可能

与纤维直径减小有关。另一方面由于毛羽的软化及顶端变的圆滑可以扩大接触面积,降低皮肤单位面积上所受的压强,从而改善手感,降低刺痒

表5 双氧水—酶正交(L₁₆(4⁵))分析

		A	B	C	D	E
减量率 (%)	I/4	11.7	10.0	7.6	11.3	9.9
	II/4	10.3	10.8	10.8	10.3	10.7
	III/4	10.8	10.9	11.4	10.4	10.9
	IV/4	11.0	12.1	14.1	11.8	12.2
	极差	1.5	1.9	6.5	1.6	2.3
断裂强力 /N(×9.8)	I/4	38.9	42.3	44.0	39.1	43.1
	II/4	42.6	41.3	41.3	41.9	41.4
	III/4	40.1	41.3	41.0	42.4	40.2
	IV/4	40.3	37.0	35.6	38.5	37.1
	极差	3.7	3.5	8.5	3.9	6.0
断裂延伸度 (%)	I/4	34.2	35.6	36.6	34.2	36.5
	II/4	33.1	33.1	32.8	34.7	33.9
	III/4	31.4	32.6	33.4	32.9	32.5
	IV/4	34.1	31.5	30.1	30.9	29.8
	极差	2.8	4.3	6.5	3.8	6.7
抗弯长度 /cm	I/4	1.60	1.58	1.62	1.55	1.58
	II/4	1.61	1.59	1.56	1.54	1.59
	III/4	1.54	1.56	1.59	1.60	1.57
	IV/4	1.54	1.56	1.52	1.60	1.55
	极差	0.07	0.03	0.10	0.06	0.04
折皱回复角 /°	I/4	316.0	321.0	323.8	317.8	320.3
	II/4	323.0	319.0	316.5	320.5	319.8
	III/4	321.3	319.5	318.8	320.5	320.0
	IV/4	319.5	328.3	320.8	321.0	319.8
	极差	7.0	5.0	7.3	3.3	0.5
摩擦系数 (×10)	I/4	2.525/2.749	2.641/2.427	2.629/2.445	2.665/2.456	2.678/2.479
	II/4	2.427/2.617	2.625/2.454	2.594/2.403	2.620/2.418	2.574/2.397
	III/4	2.386/2.569	2.632/2.428	2.623/2.448	2.602/2.401	2.588/2.411
	IV/4	2.437/2.619	2.656/2.466	2.707/2.479	2.665/2.501	2.713/2.488
	极差	0.138/0.180	0.087/0.080	0.112/0.076	0.063/0.100	0.139/0.091
毛羽个数	I/4	32.7	43.3	44.8	38.5	36.1
	II/4	32.4	26.9	38.9	36.0	40.2
	III/4	39.7	36.2	34.9	39.0	31.0
	IV/4	33.7	32.1	19.9	25.0	31.2
	极差	7.3	11.0	24.9	14.0	9.2
CV _u (×100)	I/4	3.48	3.58	2.73	3.42	3.44
	II/4	3.02	3.11	3.30	3.44	2.95
	III/4	2.92	3.38	3.05	3.23	3.14
	IV/4	3.42	2.77	3.77	2.76	3.32
	极差	0.56	0.66	1.04	0.68	0.48

注:摩擦系数栏中,分子为动摩擦系数,分母为静摩擦系数。

感。露出于织物表面的绒毛和织物中的纤维相比,更易于与酶接触,且接触面积较大,故对毛羽的去除明显,从而更有利于酶与纤维的作用。再施加柔软剂,同时降低纤维之间的摩擦系数,羊毛织物的刺痒感有了很大下降。 CV_u 的降低也说明了这一点。

3.4.2 正交试验结果验证

根据3.4.1的结论,我们选取 H_2O_2 浓度 2.5%,处理温度 $50^\circ C$,时间为 30min,酶浓度为 3.5%, $55^\circ C$,45min 做了验证试验,结果为:

减量率	8.5%
断裂强力	$40 \times 9.8N$
断裂延伸度	35.0%
经向回复角	163°
纬向回复角	160°
动摩擦系数	0.2363
静摩擦系数	0.2480
$CV_u \times 100$	2.80
毛羽个数	35.2

结果表明,处理后强力下降 15.7%,毛羽个数下降约 56%,回复角(经+纬)提高了 51° ,其它各项指标均较好。实际进行主观前臂试验,刺痒感下降较明显。

4 结论

① 经双氧水预处理后,结合酶、柔软剂处理,毛织物的刺痒感有了很大程度的下降。

② 通过单因素实验及双氧水—酶的正交实验,选定如下的工艺:先用 H_2O_2 处理,30% H_2O_2 的用量为 2.5%, $50^\circ C$,30min;然后再用 Protex Multiplus-L 处理,用量为 3.5% (o. w. f.), $55^\circ C$,45min,最后施加 GE 微乳 20g/L,2 浸 2 轧,带液率 100%,烘干。处理后织物的刺痒感有了明显的下降。

参考文献:

- [1] Yi Li. Wool sensory properties and product development[J]. Textile Asia, 1998, 29(5): 35-39
- [2] Textiles and skin comfort[J]. The Indian Textile Journal, 1987, (7): 66.
- [3] G R S Naylor, et al. Fabric-evoked prickle in worsted spun single jersey fabrics[J]. Textile Res J., 1997, 67(4): 388-295.
- [4] R Levene, G Shakkour. Wool fibres of enhanced lustre obtained by enzymatic descaling [J]. J. S. D. C. 1995, 111 (11): 352-359.
- [5] 赵书经. 纺织材料实验教程[M]. 北京: 中国纺织出版社, 1984.
- [6] P Rex Brady. Wool dyeing and finishing[J]. Textile Asia, 1994, (2): 98-102.

东华大学染整 96 级学生左证参加了本试验的部分工作,在此表示感谢。

Comfortable finishing of worsted wool fabric

ZHENG Cheng-hui, CAI Zai-sheng

(College of Chemistry and Chemical Engineering, Dong Hua University, Shanghai 200051, China)

Abstract: Hydroperoxide, proteases, and softeners were used for the comfortable finishing of worsted wool fabrics. After single factor and orthogonal experiments, the optimum conditions was obtained as follows: H_2O_2 (30%) 2.5%, treating 30min at $50^\circ C$; then treated with Protex Multiplus-L 3.5% (o. w. f.) 45min at $55^\circ C$, finally padded twice with softener GE, 20g/L, with 100% pick-up, then dried. The sensory properties of worsted wool fabrics were greatly improved.

Key words: wool fabrics; finishing; protease; prickle