

防电弧阻燃面料的开发与研究

沈 剑, 刘 鹏, 张光旭

(上海特安纶纤维有限公司, 上海 201419)

摘要: 对比了多种阻燃材料的混纺面料方案在电弧闪爆热防护领域的综合表现, 通过数据对比分析, 认为含有芳砒纶的材料在该应用领域可适应国内外的标准性能要求, 并且在阻燃性、耐热性及染色性能等方面具有综合应用优势。选择了具有良好耐高温性能的芳香族类国产纤维, 进行了相关产品的开发和试验。得出结论: 将国产聚酰亚胺和芳砒纶与腈纶、粘胶混纺, 产品阻燃性能较好, 同时可以带动低 LOI 值国产材料的混纺应用, 以提升国内产能, 降低产品成本, 有利于后续的市场推广。

关键词: 阻燃面料; 芳砒纶; 纺纱; 织造; 染整; 阻燃性能

中图分类号: TS941.731.3

文献标识码: B

文章编号: 1001-2044(2018)07-0012-03

DOI: 10.16549/j.cnki.issn.1001-2044.2018.07.004

Development and research on the arc-protect & flam-resistant fabric

SHEN Jian, LIU Peng, ZHANG Guangxu

(Shanghai Tanlon Fiber Co., Ltd., Shanghai 201419, China)

Abstract: The comprehensive performance of the different materials of fabrics in the arc-protect & flame-resistant test item and application are compared. Through data analysis and comparison, it is concluded that the PSA fiber could meet the standard performance requirements at home and abroad in this application field, and has comprehensive application advantages at flame-resistance, high temperature resistance, and dyeing. Aromatic domestic fibers with good high temperature performance are selected and related product development and tests are conducted. The conclusion is that domestic polyimide and aryl sulfone fibers are blended with acrylic and viscose, the flame retardant performance of the products is good, and at the same time, it could promote the blending application of domestic materials with low LOI value to increase domestic production capacity and reduce product costs. It is conducive to the promotion of follow-up markets.

Key words: flame retardant fabric; polysulfonamid fiber; yarn spinning; weaving; dyeing and finishing; flame retardancy

随着人们安全和环保意识的不断提升, 阻燃且环保的材料在安全生产和劳保防护中越来越被重视。近几年, 国家对在热与火的危险作业环境中使用的个体安全防护装备提出了一系列的产品阻燃标准和产品强制配备标准, 未来对阻燃防护服用市场的产品升级和需求会越来越明显。防电弧阻燃工作服是热防护在电力应用领域的一个应用分支^[1-2]。由于作业环境存在闪爆烧伤等高危风险, 因此对于该细分领域的产品研发, 以及材料、结构、款式设计等提出了较高的要求。

1 当前市场上防电弧服面料的标准、设计方案及性能分析

从材料来看, 当前防电弧服面料分为两大类: 后阻燃整理类和本质阻燃类。后阻燃整理类通常是通过化学整理助剂在印染后整理时添加, 达到阻燃效果。后整理阻燃类产品多为厚重的纯纺或混纺面料, 价格低廉, 但含有甲醛, 代表产品为美国 WESTEX 棉/锦 88/12 混纺面料。中国电力的行业标准 (DL320) 中定义, 阻燃产品需要升级为环保的本质永久阻燃材料, 因此

后阻燃的产品不在本文进一步开发研究的范畴内。

根据美国防火协会标准 NFPA70E、欧洲电工标准 EN61482、中国电力行业标准 DL/320 3 个标准体系要求, 目前欧美市场由本质阻燃材料构成产品的主流应用方案有: 美国杜邦公司 2006 年推广的 PROTERA[®] 面料, 欧洲 TENCATE 公司 2008 年左右推广的 TENCASAFE[®] 面料。杜邦公司 PROTERA[®] 面料基于杜邦公司自有的 NOMEX[®]/KEVLAR[®] 材料与日本 KANEKA 公司 PROTEX-M[®] 等型号高阻燃系列阻燃腈纶混纺, 形成的产品具有较高的电弧热性能值 (ATPV) 表现, 具有较高的性价比。但按照欧洲和中国阻燃标准 (ISO11612/GB8965) 在垂直阻燃测试中的阴燃指标 (<2 s), 该产品测试不能确保完全通过。此外由于腈纶具有遇火高收缩性, 在欧洲标准的材料破裂阈值 (EBT) 指标方面表现并不突出。TENCASAFE[®] 系列面料在杜邦公司 NOMEX/KEVLAR 材料及日本 KANEKA 公司 PROTEX-M 高阻燃腈纶基础上, 又添加了奥地利兰精公司的低遇火收缩的粘胶材料, 在满足美标抗电弧 ATPV 值要求的同时, 改善了 EBT 值表现。但在应对美国和中国阻燃测试中的碳损长度 (<100 cm) 的关键指标上依然不能确保完全通过。

收稿日期: 2018-03-28

作者简介: 沈剑 (1982—), 男, 江苏南通人, 工程师, 主要从事产业用阻燃耐热材料的应用设计研究。

国内多个阻燃厂商通过将腈棉、腈粘和锦纶、芳纶、聚酰亚胺、聚芳酯等材料进行混纺,也陆续开发出各种防电弧面料产品。希望在最终产品的阻燃性能、抗电弧性能、服用轻薄性、舒适性、色彩可选择性方面,可达到美标、欧标、国标要求,以获得更好的性价比方案。

2 新型防电弧阻燃面料的开发和研究

2.1 试验原料

阻燃腈纶作为一种发烟纤维,在能量的吸收释放方面对防电弧有一定帮助,阻燃粘胶一般也被行业公认为良好的吸湿性材料而被引入开发方案。但国内外的阻燃腈纶和阻燃粘胶产品在阻燃性能方面存在一定的差异[高阻燃极限氧指数(LOI)在32以上,低阻燃LOI在28左右],在本次开发方案中,将有区别性地引入。

在国产耐高温本质阻燃纤维领域中,选取普遍使用的化纤产品芳纶1313、芳纶1414、芳腈纶、聚酰亚胺为类比材料,各种材料的耐热指数和阻燃指数见表1。

表1 原料的耐热指数和阻燃指数

序号	纤维材料	热分解温度/℃	阻燃极限氧指数 LOI	300℃下干热 30 min 的收缩率/%
A	阻燃腈纶(高阻燃)	200~250	32~34	碳化高收缩>10
B	阻燃腈纶(低阻燃)	200~250	26~28	碳化高收缩>10
C	LENZING 粘胶(进口)	150~240	28~30	碳化低收缩<1
D	国产粘胶	150~240	26~28	碳化低收缩<1
E	芳纶1313	357	28~30	2~3
F	芳纶1414	550	29	0.2
G	芳腈纶	422	33	0.8~1
H	聚酰亚胺	580	36~38	0.2

2.2 纺纱工艺

2.2.1 进口高阻燃 LOI 值组

以进口高阻燃 LOI 值(32~34)的腈纶和粘胶(28~30)为主体材料,混合芳纶1313、芳纶1414、芳腈纶、聚酰亚胺,具体混纺配伍方案为:48%A+37%C+15%E

(方案1[#]);48%A+37%C+15%F(方案2[#]);48%A+37%C+15%G(方案3[#]);48%A+37%C+15%H(方案4[#])。

纺纱工艺流程为:材料混合→梳棉→并条→粗纱→细纱→蒸纱→并线→蒸纱→络筒。

梳棉工艺为:道夫转速 18 r/min,锡林转速 280 r/min,刺辊转速 640 r/min,出条定量 15 g/5 m。粗纱工艺为:总牵伸倍数 8.02 倍,后区牵伸倍数 1.12 倍,粗纱捻度 95 捻/m,锭速 650 r/min,出条定量 4 g/10 m。细纱工艺为:纺纱线密度 16.4 tex,捻度 840 捻/m,后区牵伸倍数 1.35 倍,锭速 12 000 r/min。股纱捻度 700 捻/m。单纱和股线经过两遍蒸纱,参数设定为抽真空 100℃,定型 60 min。最终制成线密度为 16.66 tex×2 的股线。

2.2.2 国产低阻燃 LOI 值组

以国产低阻燃 LOI 值腈纶(26~28)和粘胶(26~28)为主体材料,混合芳纶1313、芳纶1414、芳腈纶、聚酰亚胺。具体配伍工艺:58%B+27%D+15%E(方案5[#]);58%B+27%D+15%F(方案6[#]);58%B+27%D+15%G(方案7[#]);58%B+27%D+15%H(方案8[#])。

纺纱工艺流程为:材料混合→梳棉→并条→粗纱→细纱→蒸纱→并线→蒸纱→络筒。

梳棉工艺为:道夫转速 18 r/min,锡林转速 280 r/min,刺辊转速 640 r/min,出条定量 15 g/5 m。粗纱工艺为:总牵伸倍数 8.02 倍,后区牵伸倍数 1.12 倍,粗纱捻度 95 捻/m,锭速 650 r/min,出条定量 4 g/10 m。细纱工艺为:纺纱线密度 19.4 tex,捻度 792 捻/m,后区牵伸倍数 1.15 倍,锭速 10 000 r/min。股纱捻度 650 捻/m。单纱和股线经过两遍蒸纱,参数设定为抽真空 100℃,定型 60 min。最终制成线密度为 19.44 tex×2 的股线。

2.3 坯布织造工艺

方案1[#]~8[#]的织造工艺见表2。

表2 8种方案的织造工艺

方案号	纱线成分	经纬纱线密度	经密/[根·(10 cm) ⁻¹]	纬密/[根·(10 cm) ⁻¹]	幅宽/cm	坯布面密度/(g·m ⁻²)
1 [#]	48%A+37%C+15%E	16.66 tex×2	346	267	157	226
2 [#]	48%A+37%C+15%F	16.66 tex×2	346	267	157	226
3 [#]	48%A+37%C+15%G	16.66 tex×2	334	258	157	218
4 [#]	48%A+37%C+15%H	16.66 tex×2	334	258	157	222
5 [#]	58%B+27%D+15%E	19.44 tex×2	315	260	156	248
6 [#]	58%B+27%D+15%F	19.44 tex×2	318	263	156	251
7 [#]	58%B+27%D+15%G	19.44 tex×2	321	265	156	254
8 [#]	58%B+27%D+15%H	19.44 tex×2	315	260	156	249

2.4 染整定型工艺

以上制备的混纺织物,通过练布→染色→脱水→定型流程,获得待测成品。染整工序具体工艺为:采用阳离子染料和活性染料两浴两染,加入防沉淀剂 CA 0.5%,控制染浴 pH 在 3~4,40℃起染,控制升温速率在(0.5~1)K/min;还原清洗后,采用活性染料浸染粘

胶纤维;最后采用 2%~4%固色剂 ZG-140 固色,pH 为 4~5。染色后经过脱水和开幅整理,定型温度为 140℃~150℃,速度为 10~12 m/min。经过定型后织物布面平整,幅宽稳定,手感柔软,缩水率低。

3 面料规格及性能测试

染整定型后的面料规格及性能测试见表 3。

表 3 织物规格及性能测试

方案号	纱线成分	面密度/(g·m ⁻²)	续燃时间/s	阴燃时间/s	碳损长度/mm	ATPV /(cal·cm ⁻²)	EBT 值 /(cal·cm ⁻²)	ATPV 质量均一化值 /(cal·cm ⁻² ·oz ⁻¹)
1 [#]	48%A+37%C+15%E	237	0	2	112	8.1	18.5	1.16
2 [#]	48%A+37%C+15%F	237	0	5	54	9.6	23.1	1.37
3 [#]	48%A+37%C+15%G	229	0	0	78	9.2	19.7	1.36
4 [#]	48%A+37%C+15%H	232	0	0	52	9.4	24.2	1.37
5 [#]	58%B+27%D+15%E	258	3	7	106	9.8	21.6	1.29
6 [#]	58%B+27%D+15%F	261	1	8	86	10.1	25.3	1.31
7 [#]	58%B+27%D+15%G	264	0	0	87	11.3	24.8	1.45
8 [#]	58%B+27%D+15%H	259	0	0	68	11.9	28.2	1.56
标准要求	GB8965.1/DL/T 320	200~290	<2	<2	A 级<50 B 级<100 C 级<150	8	18	—
	NFPA2112/NFPA70E	二级	<2		<100	8	—	—
	EN533/EN61482	二级	<2	<2	<150	8	—	—

4 试验结果分析

4.1 阻燃性能

参与高 LOI 值腈纶/粘胶体系混纺的材料中:续燃方面,芳纶 1313、芳纶 1414、芳砒纶、聚酰亚胺材料的表现相当;阴燃方面,芳纶 1313 和芳纶 1414 混纺的产品有阴燃时间,芳砒纶、聚酰亚胺则表现较好;碳损长度方面,聚酰亚胺和芳纶 1414 混纺方案表现较优,芳砒纶次之,芳纶 1313 略差。

参与低 LOI 值腈纶/粘胶体系混纺的材料中:续燃方面,凭借本身具有较高 LOI 值,芳砒纶、聚酰亚胺材料的混纺方案保持良好的阻燃、续燃、阴燃性能;芳纶 1313 和芳纶 1414 混纺的产品则扩大了续燃和阴燃时间。碳损长度方面,聚酰亚胺混纺方案表现较优,芳纶 1414 与芳砒纶混纺方案相当,芳纶 1313 略差。

4.2 热值防护性能

参与高 LOI 值腈纶/粘胶体系混纺的材料中,聚酰亚胺、芳纶 1414 和芳砒纶的 ATPV 表现相当;而参与低 LOI 值腈纶/粘胶体系混纺的材料中,表现为聚酰亚胺>芳砒纶>芳纶 1414>芳纶 1313。

综上所述,将国产新材料聚酰亚胺、芳砒纶与腈纶、粘胶混纺,在阻燃性能方面较好,可以带动低 LOI 值国产材料的混纺应用,以提升国内产能,降低产品成本。芳砒纶材料在后道染色及材料成本方面具有一定的综合应用优势,可以作为具有突出性价比的工业阻燃热防护领域的优选材料。

5 结语

本文通过对阻燃耐热纤维材料与不同 LOI 值纤维组合的配伍进行研究,在阻燃性能、防电弧热值性能方面做了相应的测试对比,形成了以芳砒纶、聚酰亚胺等材料与低 LOI 值传统材料组合的新型防电弧阻燃面料的技术开发方案,为个体阻燃防护行业,特别在防电弧领域应用市场探索新的性价比应用方案,提供了一条可以参考的技术路径。



参考文献:

- [1] 汪晓峰,李晔.耐高温纤维的发展及其在产业领域的应用[J].合成纤维,2004,33(2):1-3.
- [2] 朱正峰,齐大鹏.阻燃粘胶纤维的热力学性能研究[J].人造纤维,2011,41(1):2-4.