

高强防切割手套的研发

黄浚峰, 方园

(浙江理工大学 材料与纺织学院, 浙江 杭州 310018)

摘要:针对市场上手套防切割性差、耐磨性弱的缺点,以高强聚乙烯、锦纶、氨纶为原料研发出一种高强防切割手套。详细阐述手套原料选择要求、防切割纱线结构要求,编织工艺,并通过组合优化编织了3种结构的高强防切割手套。对手套的防切割性测试分析,结果表明,与普通手套相比,3种结构的手套都具有良好的防切割性,其中包覆纱编织的手套性能最佳,适用于对手部操作要求高且容易受机械损伤的从业人员。

关键词:防切割手套;原料选择;包覆纱;耐切割性

中图分类号:TS 184.5

文献标志码:B

文章编号:1000-4033(2015)12-0029-04

Development of High-strength Cut-resistant Gloves

Huang Junfeng, Fang Yuan

(College of Materials and Textiles, Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou, Zhejiang 310018, China)

Abstract:In terms of the problems of poor cut-resistant property and wear resistance property of gloves in the market, the paper develops a new kind of high-strength cut-resistant gloves with three types structures by using high-strength polyethylene, nylon and spandex. It introduces in detail the material selection requirements, cut-resistant yarn structural requirements and knitting technology. In addition, the wear resistance property of the gloves with different fiber parameters are tested and compared. The results show that the new gloves with three types structures present excellent cut-resistant property; the property of covered yarn knitted gloves is the best; the industry protection standard of new gloves can reach level 4, which is suitable for the production with high hand operation requirements and prone to mechanical damage to employees.

Key words:Cut-resistant Gloves; Material Selection; Covered Yarn; Cut-resistant Property

近年来,人们对纺织品的安全防护性能要求越来越高,防切割、耐磨等功能性防护纺织品的开发与研究越来越引起人们的重视。目前,劳动力密集型企业大多采用先进的生产设备,而操作者佩戴的手套却是较常见的帆布手套、棉纱手套等抗切割能力较弱的产品,容易造成手部伤害事故,并且这些手套

往往耐磨性差,易破损,需要经常更换。

目前国内企业在高强防切割手套的生产技术方面仍缺乏深入研究,针对此情况,本文研发出一种具有耐磨、防切割性能,并且灵敏度高的薄型防护手套,不仅穿戴方便,而且能为从事高危工作的劳动者的手部防护提供有效保障,对

现代企业的生产以及员工的个人防护具有重要意义。

1 防切割手套对纤维原料的要求

生产具有高强防切割性能手套的关键是要满足纤维原料对防切割方面的要求。不同纤维原料具有不同的性能,而纤维原料的机械性能主要取决于自身抵抗外界的冲击破坏,这种破坏主要体现在纤维的拉

基金项目:浙江省经济和信息化委员会 2012 年创新专项(2012-548);2015 中国纺织联合会科技指导性项目(2013150)。

作者简介:黄浚峰(1989—),男,硕士研究生。主要从事现代纺织技术与新产品的研究。

通讯作者:方园(1958—),男,教授。E-mail:fyuan123@126.com。

伸断裂和纤维截面的剪切两方面。因此,纤维抵抗外力破坏的能力与其断裂强力、断裂伸长以及抗剪切刚度等指标相关,当纤维材料的拉伸强力越大、伸长变形越大、纤维的抗剪切刚度越大时,纤维本身蕴含的能量就越大,抵抗外界破坏的能力就越强,其防切割性能越好^[1]。

1.1 纤维原料

防切割纺织品原料由最初的采用细长金属丝直接编织逐渐发展到采用高强度锦纶纤维、芳纶材料,再到超高分子量聚乙烯纤维,其产品的防切割性能不断提高。防切割纺织品的快速发展,不仅拓宽了防切割原料的选择空间,而且使防切割原料开始向轻量化、舒适化方向发展。防切割手套的纤维原料不仅要具有较高的拉伸强力,而且要有较强的抵抗变形的能力,即纤维原料应具有高强度、高模量的性能。几种高性能纤维的力学性能比较见表 1。

防切割纤维原料的选择依据包括以下几个方面。

a. 为了保证手套的防切割性能,应选择防切割性能较好的纤维原料。如表 1 所示,高性能防护纤维主要有高强聚乙烯、芳纶 1414、钢纤维,它们都能不同程度地提高织物的防护性能。通过表 1 各种纤维之间的性能比较发现,芳纶 1414、高强聚乙烯都具有高强度、高模量,其强度和模量是钢纤维的好几倍;而钢纤维密度太高,作为手部织物材料,不仅笨重,而且灵活性也较差;相比芳纶 1414,高强聚乙烯密度更小,强度、模量更高。因此,采用高强聚乙烯纤维作为防护手套原材料,可以使手套具有高强度、耐拉伸、抗撕裂、防穿刺等性能,具有不可替代的优越性。

表 1 各纤维原料之间性能比较

纤维品种	密度/(g·m ⁻³)	强度/(N·dtex ⁻¹)	模量/(N·dtex ⁻¹)	伸长率/%
高强聚乙烯纤维	0.97	3.100	97.0	4.5
芳纶 1414	1.44	2.050	41.0	3.6
钢纤维	7.86	0.700	25.0	1.8
锦纶	1.14	0.080	39.8	16.0
氨纶丝	1.20	0.009		500.0

b. 虽然以高强聚乙烯纤维为原料可以使手套织物的力学性能得到保障,但手套在使用过程中会受到挤压、变形等外力破坏,这些外力因素会间接影响手套的防切割性能。因此,在以高强聚乙烯纤维为原料赋予手套较好防切割性能的前提下,利用氨纶纤维高弹性的优点,使纤维纱线的弹性得到增强,赋予手套织物柔软性好、弹性高的性能^[2]。

c. 手套在使用过程中的耐磨性强弱影响手套的使用寿命,高强聚乙烯纤维和氨纶丝的耐磨性欠佳,使手套织物在服用性能、使用寿命等方面存在不足。通过搭配耐磨性较高的锦纶,可以弥补高性能纤维在这方面的不足,提高手套织物的抗磨损性能,从而延长手套的使用寿命。

因此,本文选用高强聚乙烯、锦纶、氨纶丝这 3 种纤维优化组合的复合纱为原料,保证手套织物在抵抗切割破坏时能够最大限度地发挥各原料的优良性能,使手套在具有较高防切割性能的基础上,又具有良好的服用性能,提高了穿戴舒适性,符合劳动者工作要求。

1.2 成纱方式

科学、合理的纱线结构不仅能充分发挥各纤维原料自身的性能优势,而且可以最大效率地提高纤维间的配合,提高纤维利用率,从而进一步提高编织用纱的机械物理性能^[3]。纱线结构对纱线性能有

很大影响,不同结构复合纱的力学性能有明显差异。本文选用 3 种纤维原料组合搭配成 3 种结构的成纱方式,如图 1 所示。

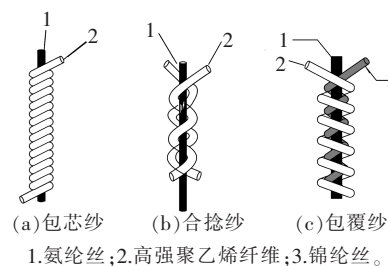


图 1 3 种不同结构的复合纱

由图 1 可知,以高强聚乙烯为基础,组合成的 3 种结构各异的复合纱分别是包芯纱、合捻纱、包覆纱。3 种复合纱具有不同的性能特点,包芯纱是以氨纶丝为纱芯,外包高强聚乙烯纤维而纺成的纱,芯丝氨纶提供优良的弹性,外层高强聚乙烯提供防切割的保护,包芯纱的芯丝被外包纤维包围,两者结合较为紧密,虽然包芯纱在拉伸条件下芯丝不外露,但包芯纱强力较低;合捻纱由高强聚乙烯纤维和氨纶丝相互加捻缠绕而形成,纤维之间相互配合,强力利用率较高,但纱线在拉伸张紧时会出现露底现象;双层结构的包覆纱以氨纶丝为芯,外层分布以 S、Z 捻包覆锦纶、高强聚乙烯纤维,双层结构的包覆纱不仅能保证纤维间相互配合,使纱线具有较高强度、弹性和耐磨性,提高了手套穿戴时的透气性、舒适性,而且参考包芯纱的结构优点,解决了纱线露底的难题^[4]。

因此,通过 3 种结构复合纱性

能的对比分析发现,一方面,包芯纱在拉伸过程中无露芯的缺陷,然而该纱的强力和弹性都较低;合捻纱在强力和弹性方面都比包芯纱要高,但合捻纱的结构属性没有解决纱线露芯的缺点。另一方面,结合包芯纱、包覆纱两种复合纱的优点,选用氨纶丝为芯纱,外包具有高强度、断裂功大等特性的高强聚乙烯与耐磨性好的锦纶两种纤维,以螺旋的方式包覆在氨纶丝外层,形成高强弹性包覆纱,该结构的复合纱不仅结合了前两种纱线的优点,而且在保证纱线力学性能的同时,解决了纱线露芯的难题,为编织成形手套在防切割性、透气性、舒适性等方面提供支撑,满足人们对手套综合性能的需要^[5]。

2 手套编织工艺

与普通手套的编织工艺相比,由于高强高模纤维材料的应用和薄型手套成形的特殊性,该高强防切割手套采用高强复合弹性纱线编织,其工艺存在明显不同。在防切割手套编织过程中对喂纱角、给纱张力、成形方式、牵拉张力等工艺参数进行分析,并通过设计工艺的优化、多因子正交试验及综合数学模型的分析,得到高强薄型手套的最佳成形工艺路线及工艺参数^[6]。

本文研发的高强防切割手套采用机号为 7 针/25.4 mm 的高性能细针距全自动电脑手套机编织而成,其编织工艺过程为:小指→无名指→中指→食指→小掌→大指→大掌→编织罗口^[6]。

高强防切割手套成形编织过程如图 2 所示。首先由小拇指开始编织,按照无名指、中指、食指的顺序进行,编织完成后,再编织 4 个手指的指叉;然后把小拇指至食指作为筒状体编织成 4 指的手掌,手

掌编织成形后再编织拇指;然后紧接着进行指叉编织,将拇指与 4 指手掌编织得到 5 指手掌的部分,最后完成手腕的罗口编织。在整个编织过程中,三角相互作用于挺针片和织针,进行手套的成形编织。

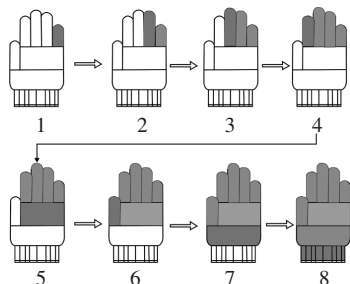


图 2 手套机编织顺序

此编织过程,手套的起针位置在小拇指的指尖部分内侧,即在手套的小拇指与无名指之间。起头时,机头自左向右运动,在起头三角和后起针三角的作用下,前后针床第 5~13 枚针共 8 枚舌针钩入纱线共同编织指尖的第一列罗纹线圈,完成后起头三角退出工作。在开始编织手套的无名指时,无名指的起针位置同样位于无名指指尖的靠中指侧,这时喂入纱线,进行无名指的编织。在每两个手指之间,有两枚织针是搭针编织的。在各指指叉部位进行指叉交迭编织时,为了使该部分不出现窟窿,通过线圈握持杆来达到调节垫片的作用,将已经编织好的指套线圈靠近将要编织的指套近处的两针压住,使之成为固定在织针的状态,固定该线圈的织针也在下一个指套的编织中使用,进行下一个指套的编织。在编织罗口时,通过添纱衬纬的方式,嵌入一定量的弹性纱

线进行橡筋集圈,可以保证手套腕部的弹性要求。

3 手套防切割性能测试

3.1 测试方法

为了更好地验证本文研发的手套产品的防切割性能,参考欧洲标准 EN-388 《机械性危害防护手套》,在温度为 $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$,相对湿度为 $(50 \pm 5)\%$ 的环境下,取多组参数不同的编织手套样本在 TDM-100 型耐切割测试仪上进行防切割性能测试。

3.2 试样制备

以耐切割次数为评价指标,对单因素进行限制,通过极差分析的方法分析各因素对手套防切割性能的影响显著性。为了提高准确性,本文所测手套样本只改变最外层高强聚乙烯的相关参数,保持锦纶线密度 $[7.77 \text{ tex}/2 f(70 \text{ D}/2f)]$ 、捻度 $(280 \text{ 捻}/\text{m})$,以及氨纶线密度 $[4.44 \text{ tex}(40 \text{ D})]$ 不变。正交试验影响因素水平表见表 2。

3.3 结果与分析

将试验结果与防护标准进行对比,判定该手套防切割等级可达到 4 级(当抗切割指数 < 1.2 时为 1 级;当 $1.2 \leq$ 抗切割指数 < 2.5 时,达到 2 级防护等级;当 $2.5 \leq$ 抗切割指数 < 5.0 时达到 3 级水平;当 $5.0 \leq$ 抗切割指数 < 10.0 时满足 4 级防护要求;当 $10.0 \leq$ 抗切割指数 < 20.0 时达到 5 级防护^[7])。

考察 A、B、C、D 这 4 种因素与防切割性能的关系,以耐切割次数表示手套织物防切割性能的高低,根据各因素的不同变化,分别组合

表 2 因素水平表

水平	因素 A	因素 B	因素 C	因素 D
	纱线结构	纱线线密度/tex	捻度/(捻·m ⁻¹)	织物克质量/(g·m ⁻²)
1	包芯纱	8.89	100	150
2	合捻纱	11.11	200	180
3	包覆纱	13.33	300	210

了 9 种织物,耐切割次数测试结果见表 3。

表 3 9 种手套织物防切割性能测试结果

织物编号	编织条件				切割次数
1	A ₁	B ₁	C ₁	D ₁	19
2	A ₁	B ₂	C ₂	D ₂	20
3	A ₁	B ₃	C ₃	D ₃	24
4	A ₂	B ₁	C ₂	D ₃	20
5	A ₂	B ₂	C ₃	D ₁	21
6	A ₂	B ₃	C ₁	D ₂	22
7	A ₃	B ₁	C ₃	D ₂	21
8	A ₃	B ₂	C ₁	D ₃	20
9	A ₃	B ₃	C ₂	D ₁	23

根据表 3, 利用 Excel 制表工具, 得到各因素与耐切割次数的关系, 如图 3 所示。图 3a 中, 包覆纱编织的高强手套, 耐切割性能最好, 这是因为相比包芯纱、包捻纱, 双层包覆的包覆纱的纤维强力利用率最高, 并且双层结构使锦纶丝、高强聚乙烯长丝两种纤维共同抵抗外力的剪切破坏。图 3b 中, 纱线线密度越大, 耐切割次数越多, 这是因为纱线线密度越大, 纱线横截面内所包含的纤维数越多, 能承受的外力就越大, 纱线强力越多, 手套的防切割性能越好。图 3c 中, 随着捻度的增加, 耐切割次数先增大后减少, 在 200 捻/m 时, 耐切割次数最多, 这是因为由于加捻的作用, 使纱线间的抱合力增大, 纤维间产生向心压力, 使纤维间摩擦力增大, 但当纱线捻度达到一定大小后, 使纱线预应力增大, 纤维强度的轴向分布开始减弱。图 3d 中, 在其他因素不变的条件下, 织物越厚, 克质量越大, 织物越紧密, 耐冲击性越好, 耐切割次数越多, 手套的防切割性能就越强。

4 结论

4.1 防切割手套对原料的选择要求较高, 选择高性能纤维与其他

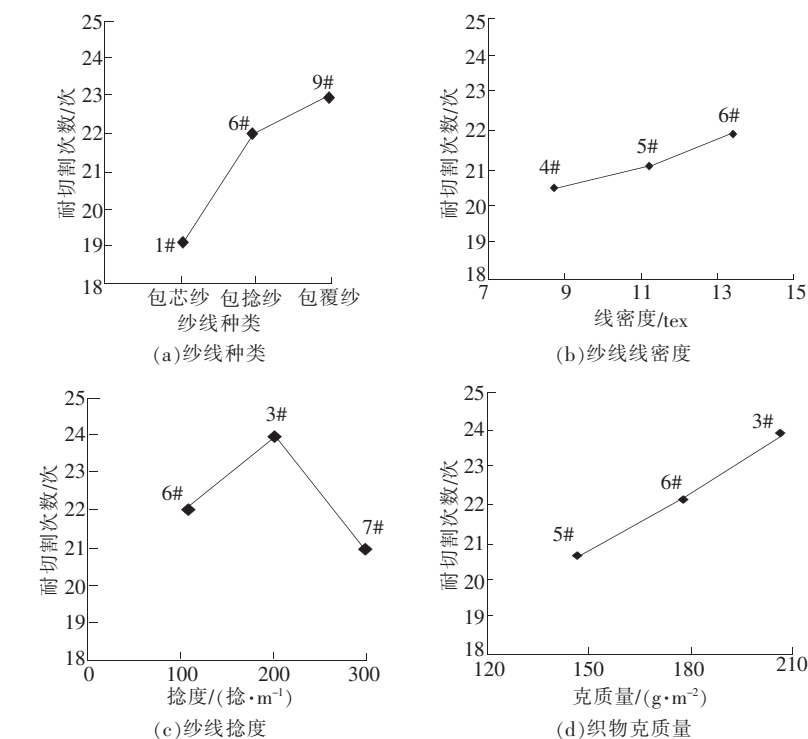


图 3 各因素与手套耐切割次数的关系

纺织纤维原料复合, 所编织的手套不仅能满足相关标准的要求, 通过实际穿戴发现该手套具有与普通手套接近的外观和穿戴感觉。

4.2 相比包芯纱、包捻纱, 采用双层结构的包覆纱编织手套不仅能发挥各纤维原料的性能优势, 而且克服了纤维搭配过程中存在的缺陷。

4.3 本文研发的高强手套防切割性能较好, 可以达到防切割等级 4 级的要求, 适用于对手部操作要求高且容易受机械损伤的从业人员。

4.4 虽然纤维原料性能是决定手套防切割性能的关键, 但手套的防切割性能与纱线种类、纱线结构、纱线线密度及织物克质量等因素也紧密相关。当选择线密度为 13.33 tex 的高强聚乙烯, 7.77 tex/2 f 锦纶和 4.44 tex 氨纶丝, 内外层捻度分别是 280 捻/m 和 200 捻/m 时, 手套的防切割性能最好。

参考文献

- [1] 刘柳, 刘丽芳, 俞建勇. 针织无涂层防切割手套的性能研究[J]. 上海纺织科技, 2011(10): 60-62.
- [2] 郭益理. 高强聚乙烯纤维及其应用展望[J]. 非织造布, 2010(5): 34-36.
- [3] LIANG J Z, DUAN D R, TANG C Y, et al. Tensile properties of PLLA/PCL composites filled with nanometer calcium carbonate[J]. Elsevier Journal, 2001(3): 45-49.
- [4] 王静荣, 李杰新, 谢莉青, 等. 环锭细纱机纺包芯纱的成纱机理研究[J]. 青岛大学学报, 2002(4): 82-85.
- [5] 马秀凤. 粘/氨包覆纱纺纱工艺研究及其产品开发[D]. 青岛: 青岛大学, 2007: 33-35.
- [6] 张刚林. 全自动可编程手套编织机控制系统的研制[D]. 杭州: 浙江大学, 2003: 9-12.
- [7] 柰芳, 田蕴墨. 工业防护手套的欧洲标准——EN388 机械性危害防护手套标准简介[J]. 中国个体防护装备, 2006(3): 39-40.

收稿日期 2015 年 4 月 25 日