

# 经编医用玻璃纤维绷带的研究与开发

李书龄, 李博, 邓会平

(南京玻纤研究院中材科技股份有限公司, 江苏 南京 211100)

**摘要:**在分析玻璃纤维主要力学性能的基础上,提出利用玻璃纤维研发经编医用绷带。根据医用绷带对织物的主要技术要求,通过对意大利科美斯钩编机进行技术改造,设计出采用玻璃纤维编织的经编织物。研制专用聚氨酯高分子材料,在特定环境下,将该材料涂覆在经编织物上,开发出医用玻璃纤维专用绷带。该绷带具有舒适安全、透气服帖、塑形性好等优良性能,产品已在国内外市场得到广泛推广和应用,具有良好的市场前景和经济效益。

**关键词:**玻璃纤维;经编织物;医用绷带;聚氨酯;涂覆;技术指标

**中图分类号:**TS 186.1

**文献标志码:**B

**文章编号:**1000-4033(2012)05-0017-03

近年来,玻璃纤维在热固性增强材料、热塑性增强材料、产业织物三大前沿产品的研究开发中取得了突飞猛进的发展。产业织物中,用玻璃纤维经编织物研制的医用玻璃纤维绷带强度高、透气性好、对人体无害,得到广泛推广和应用<sup>[1]</sup>。

## 1 玻璃纤维的基本性质

### 1.1 成分与类别

玻璃纤维是由无机氧化物组成的单纤维,是以微米为计量单位的。根据成分差异,玻璃纤维可分成E玻璃纤维、C玻璃纤维、A玻璃纤维、S玻璃纤维和D玻璃纤维,它们的化学成分如表1所示。

### 1.2 力学性能

玻璃纤维的力学性能取决于玻璃纤维的成分、成形条件等,是玻璃纤维增强基材的重要指标,也是玻璃纤维经编织物在医学领域制品研究与开发中首先要考虑的

表1 玻璃化学成分 %

| 组分                             | E<br>玻璃 | C<br>玻璃 | A<br>玻璃 | S<br>玻璃 | D<br>玻璃 |
|--------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| SiO <sub>2</sub>               | 55.2    | 65.0    | 72.0    | 65.0    | 70.0    |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 14.8    | 4.0     | 2.5     | 25.0    | 1.0     |
| B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>  | 7.3     | 5.0     | 0.5     | 10.0    | 25.0    |
| MgO                            | 3.3     | 3.0     | 0.9     |         | 1.0     |
| CaO                            | 18.4    | 14.0    | 9.0     |         | 2.0     |
| Na <sub>2</sub> O              | 0.2     | 8.5     | 12.5    |         |         |
| K <sub>2</sub> O               | 0.2     |         | 0.5     |         |         |
| LiO <sub>2</sub>               |         |         |         |         | 1.0     |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0.3     | 0.5     | 0.5     |         |         |
| TiO <sub>2</sub>               |         |         |         |         |         |
| ZrO <sub>2</sub>               |         |         |         |         |         |
| F <sub>2</sub>                 | 0.3     |         |         |         |         |

关键指标之一。

#### 1.2.1 抗拉强度

玻璃纤维与其他纤维抗拉强度的比较见表2。

#### 1.2.2 新生态强度

玻璃纤维的强度通常是以新生态强度值来表示。玻璃纤维新生态强度见表3。

表2 材料的抗拉强度

| 材料                                  | 抗拉强度/ MPa     |
|-------------------------------------|---------------|
| 玻璃                                  | 40~120        |
| 玻璃纤维                                | 1 500~5 000   |
| 棉纤维                                 | 400~600       |
| 羊毛                                  | 150~200       |
| 丝                                   | 350~450       |
| 腈纶                                  | 300~600       |
| 聚酰胺                                 | 500~700       |
| 芳纶                                  | 2 800         |
| 软钢                                  | 380~480       |
| 钢丝                                  | 4 200         |
| 铜棒                                  | 250           |
| 细铜丝                                 | 400           |
| 铝材                                  | 70~400        |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>      | 260           |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 纤维   | 1 000~2 600   |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 单晶纤维 | 14 000~28 000 |
| 碳纤维                                 | 3 000~5 000   |
| 碳纤维                                 | 2 000~7 000   |

#### 1.2.3 圈强力

圈强力是考核纱线弯曲性能的常用指标,其测量方法是把纱线

**基金项目:**医用玻璃纤维绷带(031102)。

**作者简介:**李书龄(1954—),男,高级工程师。主要从事玻璃纤维针织工艺与设备的研究工作。

表3 玻璃纤维新生态强度

| 玻璃纤维 | 强度/MPa |
|------|--------|
| E 玻璃 | 3 600  |
| S 玻璃 | 4 200  |
| C 玻璃 | 3 000  |
| A 玻璃 | 3 000  |

做成两个环圈互相套在一起,拉紧这两个圈,测出拉断纱线所需要的力。圈强力与抗拉强度之比为圈强力效率。圈强力效率越小,表明纤维脆性越大。纤维圈强力效率见表4。从表4不难看出,玻璃纤维圈强力效率仅为棉纱的8.40%,为锦纶的10.18%,它是脆性特征非常显著的材料。因此玻璃纤维圈强力是研究玻璃纤维经编织物必须考虑的特性指标,否则无法进行正常成圈,亦无法研制医用玻璃纤维经编织物。玻璃纤维脆性大柔性小,使得玻璃纤维在纺织过程中表现尤为突出的是抗扭、耐磨、抗折性很差。

表4 纤维圈强力效率

| 纱线类型   | 线密度/tex | 圈强度/(N·tex <sup>-1</sup> ) | 圈强力效率% |
|--------|---------|----------------------------|--------|
| 锦纶     | 23      | 0.524                      | 82.5   |
| 棉纱     | 118     | 0.163                      | 100.0  |
| E 玻璃纤维 | 11      | 0.037                      | 8.4    |

#### 1.2.4 弹性模量与断裂伸长率

玻璃纤维弹性模量高,伸长率小。纤维成分不同,其弹性模量不同,玻璃纤维弹性模量见表5。

### 2 用E玻璃纤维研制经编织物

#### 2.1 设计思路

参照美国3M公司医用玻璃纤维绷带产品技术特征,开发研制医用玻璃纤维绷带基布,即E玻璃纤维经编织物。

选用E玻璃纤维做绷带基布的主要目的是:保证绷带成形后较高的冲击强度、良好的塑性成形,因此绷带基布必须有较高的弹性和优异的服帖性,显然用一般纤维和普通梭织物是无法满足要求的。

表5 玻璃纤维制品强度

| 玻璃纤维单丝直径/ $\mu\text{m}$ | 树脂含量/% | 玻璃纤维制品极限强度/MPa |     |     |
|-------------------------|--------|----------------|-----|-----|
|                         |        | 抗拉             | 抗压  | 抗弯  |
| 5~7                     | 20~250 | 480            | 440 | 700 |
| 12~14                   |        | 470            | 400 | 750 |
| 16~18                   | 25~30  | 375            | 375 | 760 |
| 32~35                   |        | 470            | 470 | 670 |

绷带在塑形时要随人体部位形态的不同而随意弯曲、压制、重叠,使骨骼其上的位置以达到理想的连接或矫形定位,同时为了避免患者在固形部位由于绷带而阻碍皮肤的正常呼吸,造成汗液异味、皮肤发炎、过敏等不良症状。所以绷带必须具有良好的透气性,同时保持经编织物复合后具有一定的承载力。

#### 2.2 经编机技术改造

根据以上要求,综合技术性、经济性,决定在意大利科美斯钩编机上改造研究。

为了达到精编织物工艺要求,该机器各部件除自身运动自如外,要求其每个部件必须同整机协调一致。为此,将各运动相互配合,形成正弦曲线运动规律,这样保证其在运动初始时加速度呈零状态,在成圈过程中,各部件呈匀速状态,运动缓和,此时加速度趋于零,实现平稳成圈,使机械运动形成的冲击振动降低到最低状态<sup>[2]</sup>。在成圈工艺方面,根据玻璃纤维特性,采用专用浸润剂对E玻璃纤维纱进行特殊处理,使玻璃纤维的圈强力、柔软性、耐弯曲、耐磨性大大提高,能够经受成圈工艺的考验。

##### 2.2.1 成圈部件的改造

由于人体躯干曲率半径不同,要求医用玻璃纤维绷带必须同人体保持良好接触,用机织物是无法实现的,只有采用一种能满足人体不同曲率半径要求的弹性编织物。由于玻璃纤维的耐折性能差,而织物又要求纤维能弯曲,否则无法成圈,要改变玻

璃纤维耐折性来满足成圈显然是不可取的,只有从成圈部件与织物组织方面研究。由此提出开展玻璃纤维圈强力研究,根据单丝直径越小越易于弯曲的原理,找出多种纱最大弯曲强力与弯曲半径关系,从中筛选。并通过对专用编织机舌针针头和导纱管针孔改进,将针孔孔经由1.5 mm,改制成断面为u字型,且u型宽度设计为0.9~1.0 mm。

##### 2.2.2 衬纬部件研究与设计

衬纬是实施玻璃纤维编链组织最重要运动之一,原衬纬运动是链块机构传动,由于衬纬到顶端停顿时间太短,导致衬纬回程时瞬时加速度剧增,造成机构冲击震动加大,纱线断头率大幅度增加。如果温湿度控制不好,根本无法开机。根据这一问题,采取把导致加速度大的连杆机构改成凸轮机构,整个衬纬运动设计成正弦加速运动规律,使衬纬至顶端加速度值设计成零状态,这样保证了机构回程运动的平稳性。由此,该机器能平稳正常运行,机械效率由65%提高到90%以上,效率提高了38.46%。

##### 2.2.3 织物组织设计

研究织物组织对玻璃纤维编织成圈的影响因素,提出把经平组织改为编链组织,并在满足成圈前提下最大限度提高成圈弯曲半径。这样突破了制约玻璃纤维耐折性的瓶颈,实现了玻璃纤维成圈工艺的突破,试制成玻璃纤维编链织物,简称医用玻璃纤维织物,该织物填补了国内空白。

### 3 医用玻璃纤维绷带的开发

#### 3.1 聚氨酯高分子材料的研制

医用玻璃纤维绷带用高分子材料选用能满足条件的热固性树脂。一般来说,热固性树脂有不饱和树脂、环氧树脂等。其中,环氧树脂必须添加固化剂、促进剂或交联剂,且需加热固化,因固化速度较慢,无法满足医用玻璃纤维绷带的要求<sup>[3]</sup>。不饱和树脂虽然可在室温下固化,但固化时间较长,也无法满足医用玻璃纤维绷带的要求。因此选用专用聚氨酯树脂,通过改变组分,并选用专用固化剂,合理调整工艺配方,严格控制温湿度,最终研制出适合医用玻璃纤维绷带技术要求的专用聚氨酯高分子材料。

#### 3.2 医用玻璃纤维绷带涂覆

在特定环境下,把专用聚氨酯高分子材料涂覆在医用玻璃纤维经编织物上,在涂覆过程中,做到专用聚氨酯高分子材料完全浸透到织物中,并经过真空包装,研制成玻璃纤维经编织物在医疗领域的经典制品——医用玻璃纤维绷带。

#### 3.3 产品病理实验验证

用玻璃纤维涂覆聚氨酯化合物研制而成医用玻璃纤维绷带,经过动物实验和急性毒性实验证实,医用玻璃纤维绷带聚氨酯无毒,无致畸变作用,对局部无刺激性反应。

#### 3.4 技术指标

冲击强度 $>65.8 \text{ kJ/m}^2$ ,透气量 $>1.18 \text{ mL/s}$ ,固化时间 $<5 \text{ min}$ ,以上指标达到或超过国外同类产品的技术指标。

#### 3.5 性能特征

a. 舒适安全性:医用玻璃纤维绷带干燥后收缩性小,不会产生石膏绷带变干后皮肤发紧、发痒的不适感觉,也不会出现石膏在硬化过程中吸水再结晶时有产热反应,让病人皮肤有烧伤的不适感。

b. 良好的透气性与服贴性:医用玻璃纤维绷带具有良好的透气性,解决了石膏绷带管式包扎所造成的皮肤潮热、瘙痒等问题。

c. 硬化速度快:医用玻璃纤维绷带硬化过程快,在打开包装后3~5 min开始硬化,20 min就可以承重了,而石膏绷带需24 h左右才能完全硬化承重。

d. 硬度高、质量轻:经检测,固化后的医用玻璃纤维绷带硬度是传统石膏的20倍,质量相当于石膏的1/5,厚度相当于石膏的1/3,不仅保证了肢体复位后的固定作用,而且使患处负重小,有利于血液循环和伤口愈合。同一部位的固定,医用玻璃纤维绷带的用料与石膏相比最少节约1/3。如前臂管型,石膏绷带用量3卷,医用玻璃纤维绷带用量1卷。下肢管型,石膏绷带用量25卷,高分子绷带用量5卷。

e. 良好的X线透射性:医用玻璃纤维绷带对放射线的通透性极佳,X线效果清晰,有利于医生在治疗过程中及时了解伤处的愈合情况。而石膏的透射性比较差,有时只有去除固定后,才能清楚了解愈合情况。因而用玻璃纤维绷带避免了有时在石膏拆除后通过X线检查发现未达到愈合标准,而需要二次重新包扎的麻烦。

f. 良好的防水性:医用玻璃纤维绷带硬化后,表面光滑,对水分的吸收率比石膏和一般玻璃纤维制成的绷带和夹板低85%,即使接触到水的环境,也能有效保证患处干燥。此外,不怕二次浸水,可以佩戴绷带进行沐浴和水疗。

g. 操作方便、灵活,塑形性好:医用玻璃纤维绷带只需在常温水中挤压2~3次就可以使用了,操作非常方便。如果固定部位有皮外伤或操作时间长时,可先不浸水,

直接进行固定,固定后可在外层喷洒洒水来加快硬化速度。塑形性好,弯曲和拉伸强度高,可随意弯曲,医用玻璃纤维绷带可做成管型、托或者夹板。

h. 适用范围广:医用玻璃纤维绷带广泛适用于骨科多部位固定,整形外科的矫形具,假肢辅助用具,支撑工具及烧伤科的局部防护性支架等。

#### 3.6 推广与应用

由于玻璃纤维绷带强度高、透气性好、对人体无害。20世纪80年代发达国家开始使用,在医用外固定方面,玻璃纤维绷带占主导地位。20世纪90年代末,美国、韩国玻璃纤维绷带进入中国市场。南京玻璃纤维研究院、南京富契卡公司研制成的玻璃纤维绷带,填补了国产玻璃纤维绷带空白,提高了医用绷带在国内外市场中的占有率,得到了国内外客户的广泛认可。

### 4 结束语

以E玻璃纤维为原料,研制成医用玻璃纤维经编织物,经过涂覆改性聚氨酯,研制成医用专用玻璃纤维聚氨酯,在专用涂覆设备下,进行复合、涂覆,研制成医用玻璃纤维绷带。研制玻璃纤维经编织物的技术与设备为国内首创,自行研制的专用高分子聚合物性能居国内领先,达到国外同类产品水平。此外,医用玻璃纤维绷带达到国外同类产品的技术水平,得到广泛推广和应用,其经济效益显著。

#### 参考文献

- [1]蒋高明.经编针织物生产技术[M].北京:中国纺织出版社,2010.
- [2]华大年,唐之伟.机构分析与设计[M].北京:中国纺织出版社,1985.
- [3]张碧陈,吴正明.连续玻璃纤维工艺基础[M].北京:中国纺织出版社,2002.

收稿日期 2012年1月5日