



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103361811 B

(45) 授权公告日 2016. 03. 30

(21) 申请号 201210212844. 3

(22) 申请日 2012. 06. 26

(73) 专利权人 香港理工大学
地址 中国香港九龙红磡

(72) 发明人 胡红 刘世瑞

(74) 专利代理机构 深圳市顺天达专利商标代理
有限公司 44217

代理人 郭伟刚

(56) 对比文件

CN 1175290 A, 1998. 03. 04,
CN 1768176 A, 2006. 05. 03,
US 2007/0210011 A1, 2007. 09. 13,
US 2011/0039088 A1, 2011. 02. 17,
US 2011/0209557 A1, 2011. 09. 01,

审查员 张文娟

(51) Int. Cl.

D02G 3/38(2006. 01)

D02G 3/26(2006. 01)

D02G 3/04(2006. 01)

D01H 7/02(2006. 01)

D01H 13/02(2006. 01)

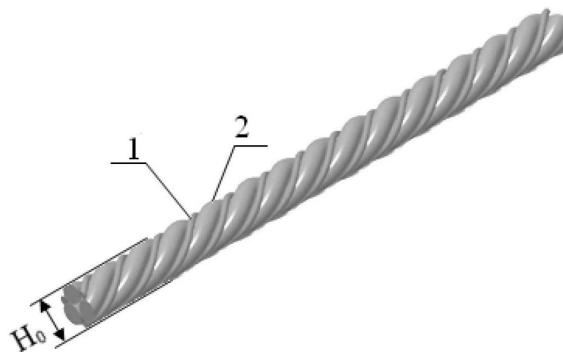
权利要求书1页 说明书6页 附图4页

(54) 发明名称

一种负泊松比纱线结构及其制造方法

(57) 摘要

本发明属于纺织技术领域,并公开了一种负泊松比纱线结构及其制造方法,该负泊松比纱线结构由第一纱线和第二纱线加捻形成,第一纱线的拉伸模量大于第二纱线的拉伸模量。其制造方法包括以下步骤:1) 纱线喂入:将相间排列的第一纱线和第二纱线同时喂入到纱线形成区域;2) 纱线加捻:通过转动槽孔转盘对喂入的第一纱线和第二纱线同时加捻,第一纱线和第二纱线随后在加捻集聚装置的入口处汇聚成负泊松比纱线结构。本发明的负泊松比纱线结构采用两组不同模量的纱线一起加捻完成,结构稳定、表层纱线无滑移、捻度分布匀且拉伸时纱线表面平整。本发明的制造方法操作简单、实施方便且所用设备成本低,可连续化生产,便于推广实施。



1. 一种负泊松比纱线结构,其特征在于,所述纱线结构包括第一纱线(1)与第二纱线(2),所述第一纱线(1)与所述第二纱线(2)的根数相同且至少为2根,所述第一纱线(1)的直径小于所述第二纱线(2)的直径,且所述纱线结构为由所有的第一纱线(1)和第二纱线(2)同时共同加捻形成的一股纱线,所述第一纱线(1)的拉伸模量大于所述第二纱线(2)的拉伸模量;

自由状态下,所述第二纱线(2)位于所述纱线结构内侧且相互接触,所述第一纱线(1)位于所述纱线结构外侧且相互间隔;

在轴向拉伸状态下,所述第一纱线(1)向纱线结构的中心移动,第二纱线(2)被第一纱线(1)挤出,使所述第一纱线(1)位于所述纱线结构内侧且相互接触、所述第二纱线(2)位于所述纱线结构外侧且相互间隔,进而使第一纱线(1)与所述第二纱线(2)发生内外相对转移。

2. 根据权利要求1所述的负泊松比纱线结构,其特征在于,所述第一纱线(1)和所述第二纱线(2)的组合是涤纶丝/皮筋纱、涤纶丝/松紧线、缝纫线/氨纶包芯纱、碳纤维/玻璃纤维、鱼线/松紧线或尼龙丝/皮筋纱。

3. 一种权利要求1所述的负泊松比纱线结构的制造方法,其特征在于,所述方法包括以下步骤:

S1、纱线喂入步骤:将相间排列的第一纱线(1)和第二纱线(2)同时喂入到纱线形成区域;

S2、纱线加捻步骤:通过转动槽孔转盘(4)对喂入的所述第一纱线(1)和第二纱线(2)同时加捻,所述第一纱线(1)和第二纱线(2)随后在加捻集聚装置(5)的入口处汇聚成所述负泊松比纱线结构。

4. 根据权利要求3所述的负泊松比纱线结构的制造方法,其特征在于,所述方法还包括以下步骤:

S3、纱线牵拉和卷取步骤:通过罗拉装置(6)和所述加捻集聚装置(5)将所述步骤S2中加捻成形的负泊松比纱线结构牵拉出所述纱线形成区域,并卷绕到卷绕装置(7)上。

5. 根据权利要求3或4所述的负泊松比纱线结构的制造方法,其特征在于,在所述步骤S1中,通过所述槽孔转盘(4)的孔定位喂入的所述第一纱线(1)和第二纱线(2)。

6. 根据权利要求4所述的负泊松比纱线结构的制造方法,其特征在于,通过改变纱线牵拉速度和/或所述槽孔转盘(4)的转速调节所述负泊松比纱线的捻度。

一种负泊松比纱线结构及其制造方法

技术领域

[0001] 本发明属于纺织技术领域,并涉及一种纱线结构及其制造方法。更具体地,本发明涉及一种新型的负泊松比纱线结构及其制造方法。

背景技术

[0002] 日常生活中通常所见的固体材料均为正泊松比材料,当这类材料在某一方向上受到拉伸(或压缩)时,其垂直于作用力方向会产生收缩(或膨胀)变形。负泊松比材料则恰恰相反,当它们在某一方向上受到拉伸(或压缩)时,其垂直于作用力方向会产生膨胀(或收缩)变形。因此,负泊松比材料又被称为拉胀材料,它表现出来的反常力学性质不仅引起了材料科学和力学领域研究者的高度关注,而且能够开发出许多特殊的用途,如传感器、防爆、防撞击、隔音、过滤和智能绷带等。

[0003] 近年来,利用纺织技术制造各种负泊松比材料受到人们越来越多的关注。作为一种纺织负泊松比材料,负泊松比纱线的发展和应用同样受到人们的重视。专利 WO 2007/125352A1 描述了一种负泊松比纱线结构。该纱线结构由易伸长变形的弹性芯纱和以螺旋型方式缠绕在芯纱外部且不易伸长变形的刚性纱线组成。当受到拉伸时,外部缠绕的纱线被拉直,使得芯纱弯曲,引起纱线直径的增大而产生负泊松比效应。但是,这种纱线结构外部缠绕的纱线容易滑移,导致纱线结构不稳定和捻度不匀。此外,该纱线结构的负泊松比效果较小,拉伸时纱线表面凹凸不平,因此限制了它在服装和其它领域的应用。

[0004] 专利 WO 2010/146347A1 描述了另一种负泊松比纱线结构。该纱线结构通过将一个模量较大的螺旋纱线嵌入到一个模量较小的材料内部形成。当受到拉伸应变作用时,内部的螺旋型纱线被拉直,从而引起外部包裹材料形状的改变来实现负泊松比效应。这种纱线结构虽然不存在外部包裹材料滑移的问题,但由于外部包裹材料自身对螺旋纱的束缚,负泊松比效果不明显,拉伸时纱线表面同样凹凸不平。

[0005] 专利 US 2011/0039088A1 描述了一种和专利 WO 2007/125352A1 相似的负泊松比纱线结构,但外部缠绕的纱线改为对湿度敏感的长丝。当湿度变化时,外部湿度敏感的长丝产生收缩,导致芯纱弯曲,引起纱线直径的增大而产生负泊松比效应。这种纱线可用于制造舒适性服装;当湿度增大时,织物的透气性由于负泊松比纱线形态的改变而增大,从而增强服装的舒适性。但这种纱线结构同样存在外部纱线容易滑移,拉伸时纱线表面凹凸不平以及负泊松比效应小等问题。

[0006] 从以上相关申请可看出,现有技术中负泊松比纱线结构都存在负泊松比效应小、纱线结构不稳定且捻度不匀、以及拉伸时纱线表面凹凸不平的缺点,限制了负泊松比纱线的广泛应用。

发明内容

[0007] 本发明要解决的技术问题在于,针对现有技术中负泊松比纱线结构的负泊松比效应小、纱线结构不稳定且捻度不匀以及拉伸时纱线表面凹凸不平缺陷,提供一种负泊松

比效应显著、纱线结构稳定且捻度均匀以及拉伸时纱线表面平整的负泊松比纱线结构及其制造方法。

[0008] 本发明要解决的技术问题通过以下技术方案得以实现：提供一种负泊松比纱线结构，其中，所述纱线结构由第一纱线和第二纱线加捻形成，所述第一纱线的拉伸模量大于所述第二纱线的拉伸模量，所述第一纱线与所述第二纱线相间排列。

[0009] 在上述负泊松比纱线结构中，所述第一纱线位于所述纱线结构外侧且相互间隔，所述第二纱线位于所述纱线结构内侧且相互接触。

[0010] 在上述负泊松比纱线结构中，所述第一纱线与所述第二纱线的根数相同。

[0011] 在上述负泊松比纱线结构中，所述第一纱线和所述第二纱线的根数至少分别为 2 根。

[0012] 在上述负泊松比纱线结构中，所述第一纱线的直径小于所述第二纱线的直径。

[0013] 在上述负泊松比纱线结构中，所述第一纱线和所述第二纱线的组合是涤纶丝 / 皮筋纱、涤纶丝 / 松紧线、缝纫线 / 氨纶包芯纱、碳纤维 / 玻璃纤维、鱼线 / 松紧线或尼龙丝 / 皮筋纱。

[0014] 根据本发明的另一方面，提供一种负泊松比纱线结构的制造方法，所述方法包括以下步骤：

[0015] S1、纱线喂入步骤：将第一纱线和第二纱线同时喂入到纱线形成区域；

[0016] S2、纱线加捻步骤：通过转动槽孔转盘对喂入的所述第一纱线和第二纱线同时加捻，所述第一纱线和第二纱线随后在加捻集聚装置的入口处汇聚成所述负泊松比纱线结构。

[0017] 在上述负泊松比纱线结构的制造方法中，所述方法还包括以下步骤：

[0018] S3、纱线牵拉和卷取步骤：通过罗拉装置和所述加捻集聚装置将所述步骤 S2 中加捻成形的负泊松比纱线结构牵拉出所述纱线形成区域，并卷绕到卷绕装置上。

[0019] 在上述负泊松比纱线结构的制造方法中，在所述步骤 S1 中，通过所述槽孔转盘的孔定位喂入的所述第一纱线和第二纱线；其中第一纱线和第二纱线的张力可以单独调节。

[0020] 在上述负泊松比纱线结构的制造方法中，通过改变纱线牵拉速度和 / 或所述槽孔转盘的转速调节所述负泊松比纱线的捻度。同时，可以调节槽孔转盘的中心位置到加捻集聚装置入口处的距离以及到第一纱线和第二纱线的穿孔位置的距离。

[0021] 实施本发明的负泊松比纱线结构可以获得以下有益效果：(1) 该负泊松比纱线结构采用两组不同模量的纱线一起加捻完成，纱线结构具有较好的稳定性，克服了现有技术中负泊松比纱线结构表层纱线滑移、结构不稳定且捻度分布不匀以及拉伸时纱线表面凹凸不平等缺点；(2) 该负泊松比纱线结构的原料选择范围广，只要两组模量不同的纱线都可以用于制造该纱线结构；(3) 该负泊松比纱线结构具有较大的负泊松比，可用于不同负泊松比的织物和结构的制作，在功能性服装、复合材料增强、交通运输、医疗卫生、航空航天等领域具有较好的应用前景。

[0022] 实施本发明的负泊松比纱线结构的制造方法可以获得以下有益效果：该制造方法操作简单、实施方便且所用设备成本低，可连续化生产，便于推广实施。

附图说明

- [0023] 以下将结合附图和具体实施例对本发明做进一步详细说明。附图中：
- [0024] 图 1 是本发明的负泊松比纱线结构受到轴向拉伸前的结构示意图；
- [0025] 图 2 是本发明的负泊松比纱线结构受到轴向拉伸时的结构示意图；
- [0026] 图 3a 是本发明的负泊松比纱线结构在受到轴向拉伸前的截面示意图；
- [0027] 图 3b 是本发明的负泊松比纱线结构在受到轴向拉伸过程中的截面示意图；
- [0028] 图 3c 是本发明的负泊松比纱线结构在受到轴向拉伸过程中直径达到最大时的截面示意图；
- [0029] 图 4a 是根据本发明的负泊松比纱线结构的制造方法的示意图；
- [0030] 图 4b 是根据本发明的在负泊松比纱线结构的制造过程中第一纱线和第二纱线在槽孔转盘的布局图；
- [0031] 图 4c 是根据本发明的负泊松比纱线结构的制造方法的流程图；
- [0032] 图 5 是根据本发明实施例 1 的负泊松比纱线结构的轴向拉力 $F(N)$ 与轴向应变 ϵ_x 关系的曲线图；其中，第一纱线为尼龙丝，第二纱线为皮筋纱；
- [0033] 图 6 是根据本发明实施例 1 的负泊松比纱线结构的泊松比 V 与轴向应变 ϵ_x 关系的曲线图；其中，第一纱线为尼龙丝，第二纱线为皮筋纱；
- [0034] 图 7 是根据本发明实施例 2 的负泊松比纱线结构的轴向拉力 $F(N)$ 与轴向应变 ϵ_x 关系的曲线图；其中，第一纱线为鱼线，第二纱线为松紧线；
- [0035] 图 8 是根据本发明实施例 2 的负泊松比纱线结构的泊松比 V 与轴向应变 ϵ_x 关系的曲线图；其中，第一纱线为鱼线，第二纱线为松紧线。

具体实施方式

[0036] 为了使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白，以下结合附图和具体实施例对本发明进行进一步详细说明。应当理解，此处所描述的具体实施例仅仅用以解释本发明，并不用于限定本发明。

[0037] 如图 1 所示，本发明提供了一种新型的负泊松比纱线结构，该纱线结构由相间排列的第一纱线 1 和第二纱线 2 加捻形成，其中，第一纱线 1 的拉伸模量大于第二纱线 2 的拉伸模量，而第一纱线 1 的直径小于第二纱线 2 的直径。图 1 所示为未拉伸情况下的负泊松比纱线结构，从图中可看出，第二纱线 2 位于纱线结构内侧且相互间紧密接触，而第一纱线 1 位于纱线结构外侧且相互间不接触。这种负泊松比纱线结构在受到轴向拉伸或压缩时，其垂直于轴向方向会相应膨胀或收缩。进一步地，由于纱线结构经加捻形成，结构稳定，无表层纱线滑动缺陷且捻度分布均匀，并且在拉伸或压缩过程中纱线表面保持平整，因此很好地适用于纺织及服装制造领域。

[0038] 另外，本发明采用根数相等的第一和第二纱线制造所述负泊松比材料。所用第一和第二纱线的根数至少为 2 根。如图 1 和 2 所示，图示纱线结构则分别由 3 根第一纱线和第二纱线加捻形成。

[0039] 参考图 1 和 2， H_0 和 H_1 分别为本发明的负泊松比纱线结构未受到轴向拉伸和受到轴向拉伸时的侧向投影的高度。根据上述对本发明纱线结构的性质描述可知， H_1 应大于 H_0 ；而经实际试验测试也证明 H_1 大于 H_0 ，充分验证了本发明纱线结构所具有的显著负泊松比效应。以下结合图 3a-3c 详细说明本发明的负泊松比材料在受到轴向拉伸时的结构变化。

[0040] 图 3a 到 3c 分别是本发明的负泊松比纱线结构在拉伸前、拉伸过程中和纱线结构的直径达到最大时的截面示意图。其中 R 代表第二纱线的半径, r 代表第一纱线的半径, 且 R 大于 r 。在拉伸前 (图 3a), 第二纱线位于纱线结构内侧且相互间紧密接触; 第一纱线位于结构纱线外线且相互间隔开。当纱线受到轴向拉伸时 (图 3b), 由于两组纱线的拉伸模量不同, 第一纱线由于拉伸模量较大轴向不易拉长, 螺旋形态更容易拉直, 因此产生向纱线结构的中心移动的趋势; 而第二纱线由于拉伸模量较小轴向易拉长, 其位置容易被第一纱线挤出, 从而发生两组不同模量的纱线内外相对转移现象, 且该过程中明显可见纱线结构的直径逐渐增大。当第一纱线完全到达纱线结构的内部时 (图 3c), 纱线结构的直径达到最大。

[0041] 图 4a 和 4b 分别是本发明的负泊松比纱线结构的制造方法的示意图和流程图。参见图 4a 和 4b, 负泊松比纱线结构的制造方法包括以下三步:

[0042] 1、纱线喂入步骤: 通过纱线张力装置将第一纱线 1 和第二纱线 2 同时从纱筒 3 喂入到纱线形成区域, 喂入过程中通过槽孔转盘 4 的孔使第一纱线 1 和第二纱线 2 准确定位, 且喂入的第一纱线 1 和第二纱线 2 应该相间排列。应该注意的是, 可单独调节喂入纱线的张力。

[0043] 2、纱线加捻步骤: 通过转动槽孔转盘 4 对喂入的第一纱线 1 和第二纱线 2 同时加捻, 其随后在加捻集聚装置 5 的入口处 0 汇聚成负泊松比纱线结构; 其中, 可通过调节槽孔转盘 4 的转速调节最终形成的负泊松比纱线结构的捻度。

[0044] 3、纱线牵拉和卷取步骤: 通过罗拉装置 6 和加捻集聚装置 5 将步骤 2 中加捻成形的负泊松比纱线结构牵拉出纱线形成区域, 并卷绕到卷绕装置 7 上; 其中, 可通过调节纱线牵拉速度调节最终形成的负泊松比纱线结构的捻度。

[0045] 通过上述步骤可制得具有一定捻度、结构稳定且负泊松比效应明显的负泊松比纱线结构。另外, 可根据实际情况调整制造上述纱线结构过程中所采用的各装置的配置。例如, 可调节槽孔转盘 4 的中心位置到加捻集聚装置 5 入口处 0 的距离以及到第一纱线 1 和第二纱线 2 的穿孔位置的距离。

[0046] 以下通过具体实施例进一步说明本发明的负泊松比纱线结构的制造过程。

[0047] 实施例 1:

[0048] 分别选用拉伸模量较小的皮筋纱和拉伸模量较大的尼龙丝作为第二纱线和第一纱线, 其中, 皮筋纱的直径为 0.5mm, 尼龙丝的直径为 0.4mm。通过纱线张力装置将 2 根皮筋纱和尼龙丝同时从纱筒 3 喂入到纱线形成区域, 喂入过程中通过槽孔转盘 4 的孔使皮筋纱和尼龙丝准确定位, 且使两者相间排列; 通过转动槽孔转盘 4 对喂入的皮筋纱和尼龙丝同时加捻, 其随后在加捻集聚装置 5 的入口处 0 汇聚成负泊松比纱线结构; 通过罗拉装置 6 和加捻集聚装置 5 将加捻成形的负泊松比纱线结构牵拉出纱线形成区域, 并卷绕到卷绕装置 7 上。该实施例中通过调节纱线牵拉速度调节最终制得的负泊松比纱线结构的捻度, 经测试得出实施例 1 中负泊松比纱线的捻回数为 140 捻/米。

[0049] 图 5 和图 6 分别是本发明实施例 1 的负泊松比纱线结构的轴向拉力 $F(N)$ 与轴向应变 ϵ_x 、泊松比 V 与轴向应变 ϵ_x 关系的曲线图。上述本纱线样品的拉伸试验在测试仪器 Instron5566 上完成, 另外配置一台电脑和一台相机, 通过程序软件控制相机及时记录下测试过程中纱线直径变化的图像和拉伸变形数据。从图中可看出, 在一定的轴向拉力作用下, 实施例 1 中负泊松比纱线结构的泊松比 V 随着轴向应变的增加而增加, 体现出较强的负泊

松比效应。另外,通过相机实时观测拉伸过程中纱线结构表面形态的变化,无外层纱线滑移或纱线结构表面不平整的现象存在。实施例 1 中制得的纱线结构吸湿透气、挺括滑爽,并且具有独特的负泊松比效果,在运动防护等方面具有广阔的应用空间。

[0050] 实施例 2:

[0051] 分别选用拉伸模量较小的松紧线和拉伸模量较大的鱼线作为第二纱线和第一纱线,其中,松紧线的直径为 0.7mm,鱼线的直径为 0.5mm。通过纱线张力装置将 3 根松紧线和鱼线同时从纱筒 3 喂入到纱线形成区域,喂入过程中通过槽孔转盘 4 的孔使松紧线和鱼线准确定位,且使两者相间排列;通过转动槽孔转盘 4 对喂入的松紧线和鱼线同时加捻,其随后在加捻集聚装置 5 的入口处 0 汇聚成负泊松比纱线结构;通过罗拉装置 6 和加捻集聚装置 5 将加捻成形的负泊松比纱线结构牵拉出纱线形成区域,并卷绕到卷绕装置 7 上。该实施例中通过调节槽孔转盘 4 的转速调节最终形成的负泊松比纱线结构的捻度,经测试得出实施例 2 中负泊松比纱线的捻回数为 140 捻/米。

[0052] 图 7 和图 8 分别是本发明实施例 2 的负泊松比纱线结构的轴向拉力 $F(N)$ 与轴向应变 ϵ_x 、泊松比 V 与轴向应变 ϵ_x 关系的曲线图。上述本纱线样品的拉伸试验在测试仪器 Instron5566 上完成,另外配置一台电脑和一台相机,通过程序软件控制相机及时记录下测试过程中纱线直径变化的图像和拉伸变形数据。从图中可看出,在一定的轴向拉力作用下,实施例 2 中负泊松比纱线结构的泊松比 V 随着轴向应变的增加而增加,体现出较强的负泊松比效应。另外,通过相机实时观测拉伸过程中纱线结构表面形态的变化,无外层纱线滑移或纱线结构表面不平整的现象存在。实施例 2 中制得的纱线结构具有结构稳定、耐磨且强度大的优点,适合做绳索、增强型复合材料等。

[0053] 实施例 3:

[0054] 分别选用拉伸模量较小的玻璃纤维和拉伸模量较大的碳纤维作为第二纱线和第一纱线,其中,玻璃纤维的直径为 0.2mm,碳纤维的直径为 0.1mm;其余操作步骤与实施例 1 相同,在此不再重复叙述。经测试得出实施例 3 中所制得的负泊松比纱线的捻回数为 50 捻/米。

[0055] 实施例 4:

[0056] 分别选用拉伸模量较小的氨纶包芯纱和拉伸模量较大的缝纫线作为第二纱线和第一纱线,其中,氨纶包芯纱的直径为 0.6mm,涤纶丝的直径为 0.4mm;其余操作步骤与实施例 2 相同,在此不再重复叙述。经测试得出实施例 4 中所制得的负泊松比纱线的捻回数为 140 捻/米。

[0057] 实施例 5:

[0058] 分别选用拉伸模量较小的松紧线和拉伸模量较大的涤纶丝作为第二纱线和第一纱线,其中松紧线的直径为 0.6mm,涤纶丝的直径为 0.4mm,其余操作步骤与实施例 2 相同,在此不再重复叙述。经测试得出实施例 5 中所制得的负泊松比纱线的捻回数为 145 捻/米。

[0059] 除以上五种实例外,还可选用其他合适的纱线作为原料制备符合本发明要求的负泊松比纱线结构,同时,本发明所列示的各种纱线的组合使用也并不受限于上述组合,只要所用的第一纱线的拉伸模量大于第二纱线的拉伸模量,且第一纱线的直径小于第二纱线的拉伸直径即可。例如,本发明所述的负泊松比纱线结构所使用的拉伸模量较大的纱线(第一纱线)可以扩展到短纤维纱、化纤长丝、天然纤维与化纤混纺纱等;拉伸模量较小的纱线

(第二纱线)可扩展为棉纶包芯纱等。随着组合纱线选择种类范围的增加,本发明的负泊松比纱线结构种类也会表现出多样性,在功能性服装、家纺产品、医疗卫生、交通运输、复合材料增强、航空航天等领域将具有很好的应用前景。

[0060] 由上述实施例可知,采用本发明的制造方法可制得负泊松比效应显著的纱线结构,其不仅具有良好稳定性,而且克服了现有技术中负泊松比纱线结构表层纱线滑移且捻度分布不匀以及拉伸时纱线表面凹凸不平的问题。本发明的负泊松比纱线结构的原料选择范围广,只要两组模量不同的纱线都可以用于制造该纱线结构:其制造方法操作简单、实施方便且所用设备成本低,可连续化生产,便于推广实施。

[0061] 以上所述仅为本发明的优选实施例,并不用以限制本发明,凡在本发明的精神和原则内所作的任何修改、等同替换或改进等,均应包含在本发明的保护范围内。

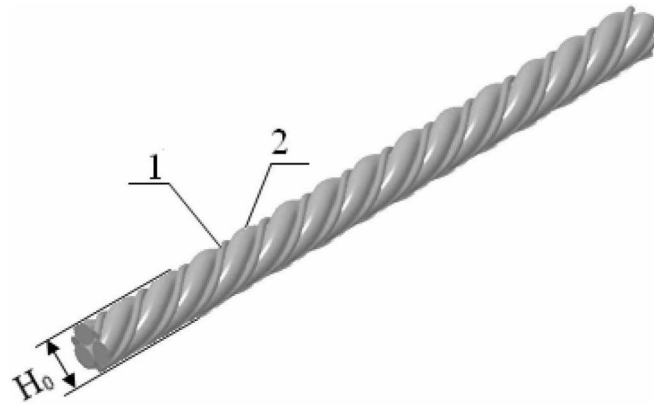


图 1

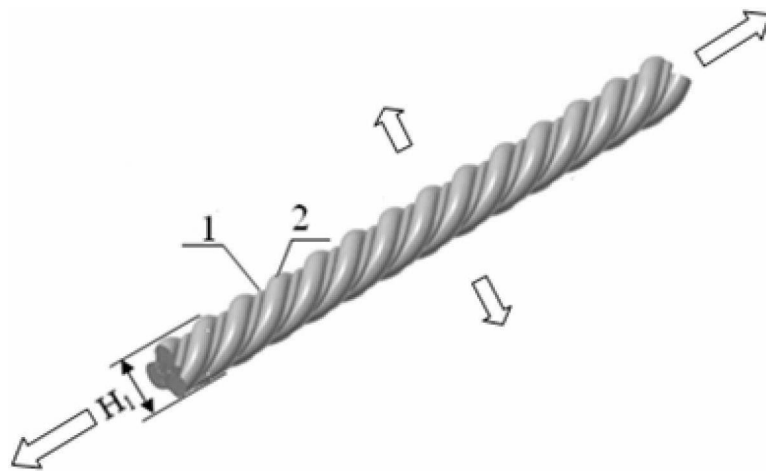


图 2

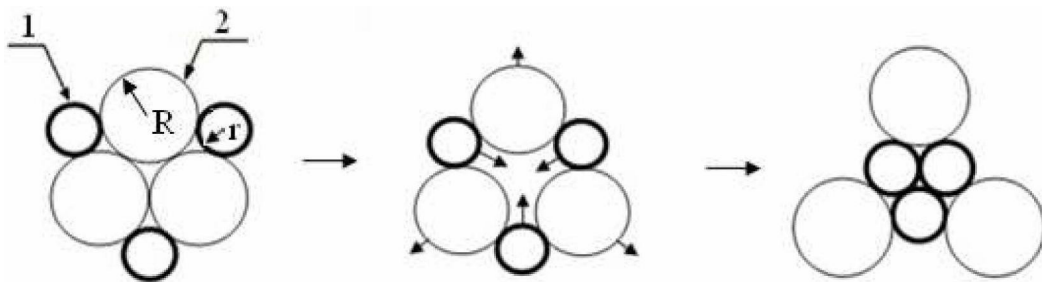


图 3 a

图 3 b

图 3 c

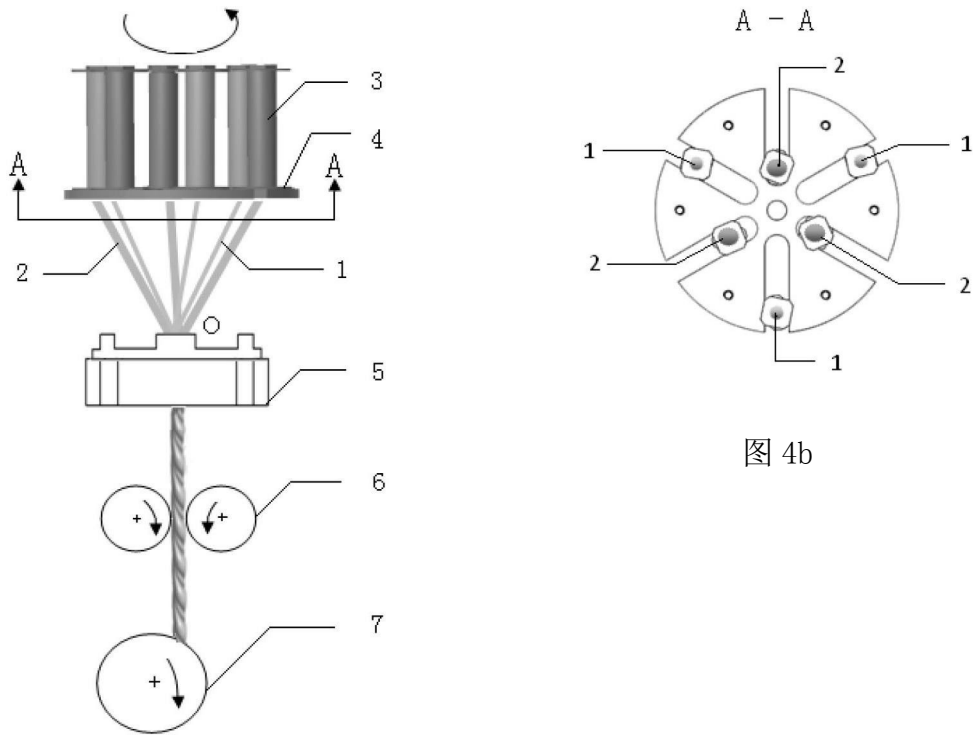


图 4a

图 4b

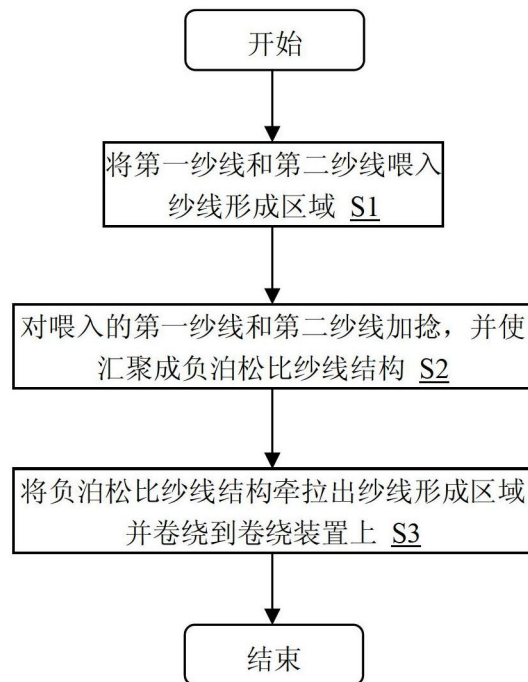


图 4c

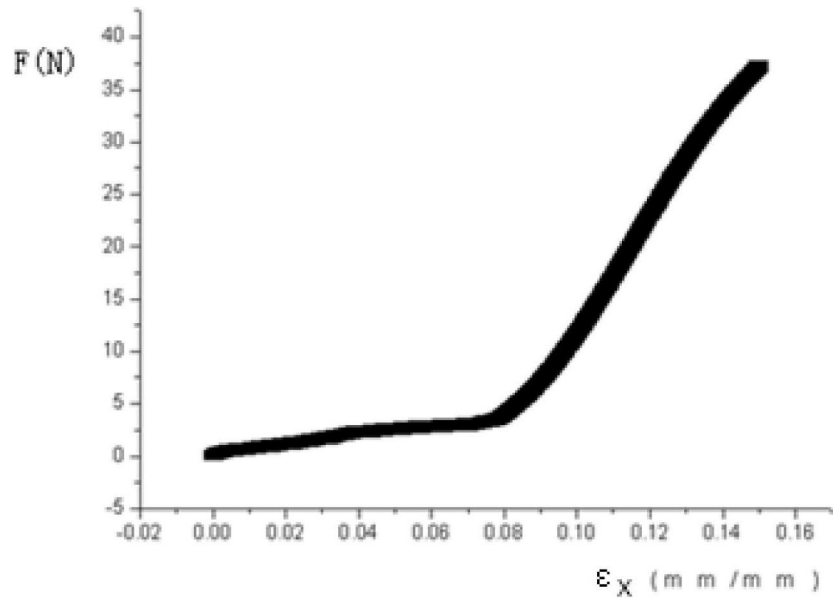


图 5

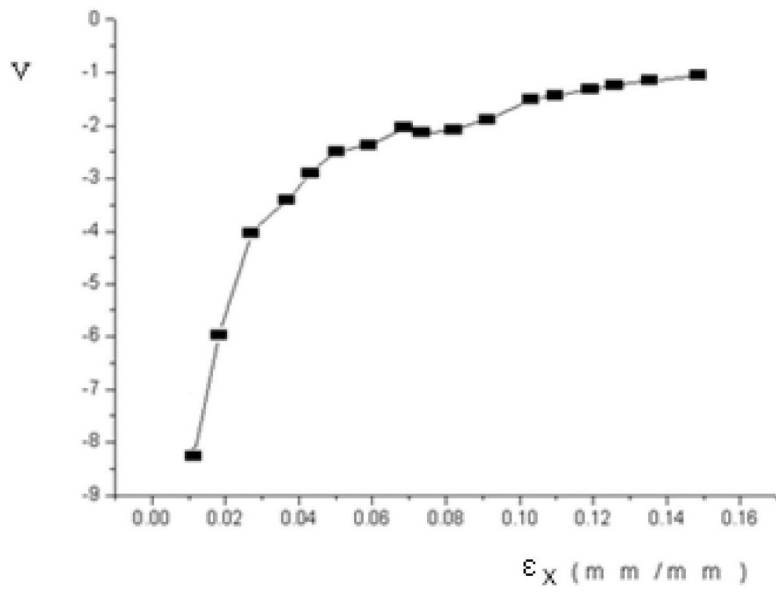


图 6

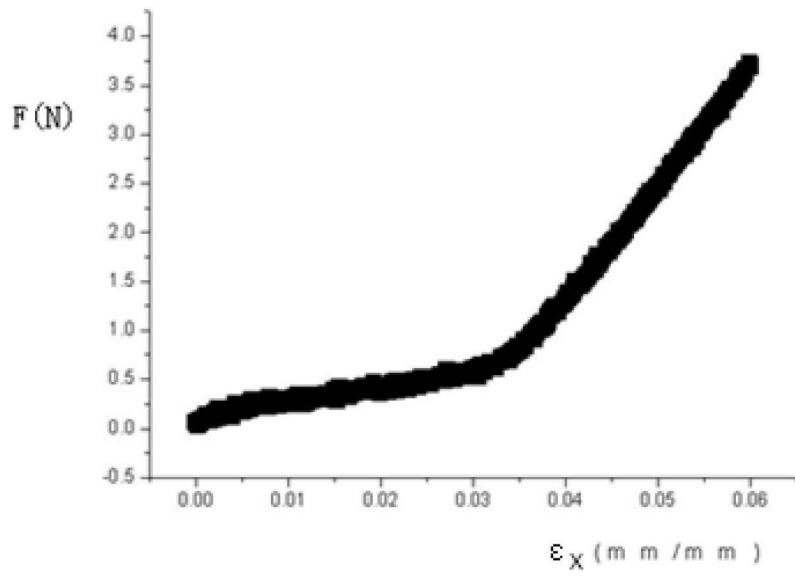


图 7

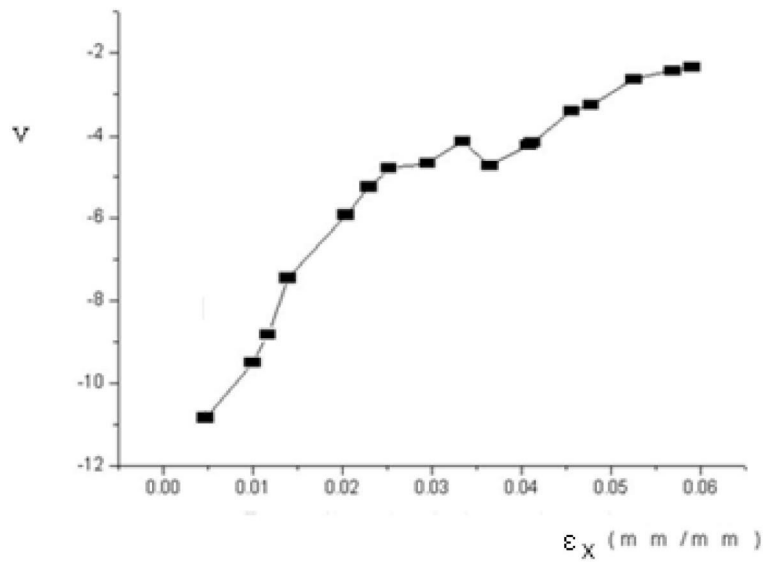


图 8