



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 107081922 B

(45)授权公告日 2019.04.02

(21)申请号 201710417923.0	<i>B29C 64/118</i> (2017.01)
(22)申请日 2017.06.06	<i>B29C 64/393</i> (2017.01)
(65)同一申请的已公布的文献号	<i>B29C 64/321</i> (2017.01)
申请公布号 CN 107081922 A	<i>B33Y 10/00</i> (2015.01)
(43)申请公布日 2017.08.22	<i>B33Y 30/00</i> (2015.01)
(73)专利权人 威海纳川管材有限公司	<i>B33Y 50/02</i> (2015.01)
地址 264200 山东省威海市南海新区滨海	<i>B33Y 40/00</i> (2015.01)
路北、龙海路东	<i>F16L 9/12</i> (2006.01)
(72)发明人 王森 慈胜宗 时晨 于志猛	<i>B29L 23/00</i> (2006.01)
孙晓林 王晓欣	审查员 章文飞
(74)专利代理机构 威海科星专利事务所 37202	
代理人 初姣姣	
(51)Int.Cl.	
<i>B29D 23/00</i> (2006.01)	
<i>B29C 64/205</i> (2017.01)	

权利要求书1页 说明书5页 附图3页

(54)发明名称

大口径热塑性复合材料长输管及其制造方法和装置

(57)摘要

本发明涉及热塑性复合材料管道制造技术领域,具体的说是一种利用3D打印成型技术制备一种大口径热塑性复合材料纤维增强长输管及其制造方法和装置,其结构由内向外依次是内衬层、纤维增强层和外保护层,所述的热塑性复合材料长输管的长度8~10m,管径为1000~1500mm,所述内衬层厚度为10~50mm;增强层厚度为50~200mm,外保护层厚度为10~50mm,具有轻量化、耐高温、耐腐蚀、柔韧性好、气密性好、内外压力等级高、安装方便等显著特点,其内壁光滑、大口径、高内外压力等级可以获得更高的流体速率与流量,特别适合于长输油气管道方面的应用。

1. 一种大口径热塑性复合材料长输管制造装置,其特征 在于设有缠绕大盘,缠绕大盘中间开设管件通孔,用于套设待处理管件的芯轴穿过通孔,缠绕大盘由电机进行驱动绕芯轴旋转;芯轴沿轴向前后往复运动,其中芯轴固定在芯轴支架上,芯轴支架经滑块与导轨相连接,还设有与芯轴支架相连接的推进/牵引机构,芯轴支架在推进/牵引机构的驱动下沿导轨往复运动,导轨的延伸方向与管件轴向方向平行;缠绕大盘侧面设有增强纤维卷筒和聚合物丝料料盘、分别用于驱动卷筒和料盘转动的两个驱动电机、张紧装置、送丝电机、导向管、3D打印机头、滚珠丝杆滑台组;其中3D打印机头安置在滚珠丝杆滑台组上,滚珠丝杆滑台组配有步进电机,步进电机驱动滚珠丝杆滑台组带动打印机头沿着大盘径向做运动;张紧装置位于卷筒和料盘与送丝电机之间,由多个张紧辊构成,为纤维提供合适的张力;聚合物丝和增强纤维通过驱动电机驱动卷筒和料盘放丝,经过张紧辊保持适当的张力,然后通过送丝电机分别经过两个导向管将二者导入3D打印机头内,其中将增强纤维导入3D打印机头内部中空螺杆通道,将聚合物丝导入机头腔体并缠绕于螺杆之上。

2. 根据权利要求1所述的一种大口径热塑性复合材料长输管制造装置,其特征 在于张紧装置包括辊轮支架和三组张力调节辊,其中第一组和第二组张力调节辊分别经辊轮支架设置在第三组张力调节辊的上方,三组张力调节辊形成V型送料通道,支架上设有辊轮位置调节机构,第一组和第二组张力调节辊与第三组张力调节辊之间的距离和相对位置关系可调,卷筒或料盘送出的物料分别经第一组张力调节辊、第三组张力调节辊、第二组张力调节辊送出,通过调整张力调节辊的角度和相对位置可以调节张紧拉力。

3. 根据权利要求1所述的一种大口径热塑性复合材料长输管制造装置,其特征 在于通过基于动态扭矩传感器组建的自动控制系统调节张紧装置和送丝电机转速,从而精准控制3D打印机头内的送丝量,提高管道成型的精度。

4. 根据权利要求1所述的一种大口径热塑性复合材料长输管制造装置,其特征 在于所述的3D打印头由打印头壳体、喷嘴、中空螺杆、传动装置、步进电机、加热和控温装置组成,打印头壳体为中空的结构,打印头壳体前端设有出料喷嘴,打印头壳体内螺杆通过电机驱动,螺杆设有中空孔道,螺杆与喷嘴之间设有加热装置和温控装置,聚合物丝通过张紧装置、送丝电机并经导向管送入3D打印头壳体内,并缠绕于螺杆之上,被加热熔融并随着螺杆旋转不断向前推进,增强纤维通过张紧装置、送丝电机经另外一个导向管穿过中空孔道送入同一3D打印头壳体内,并在喷嘴处被熔融树脂浸渍包覆,然后在螺杆和丝材推力作用下从喷嘴处挤出形成复合纤维丝。

5. 一种采用如权利要求1-4中任意一项所述的大口径热塑性复合材料长输管制造装置的大口径热塑性复合材料长输管制造方法,其特征 在于包括以下步骤:

步骤1:制备内衬层,选取热塑性聚合物材料通过挤出机制备内衬层,所述的热塑性聚合物为PP、PE或HDPE、PVDF、PPS、PA、PEEK中的一种或几种;根据所选材料不同,挤出温度I区间为220℃-365℃;常规油气输送应用选用HDPE材料为内衬层,在一些高温区块或者酸性介质领域则选用高性能聚合物作为内衬层,高性能聚合物采用PPS、PVDF、PEEK;

步骤2:将内衬层管件固定在一根芯轴上,然后在内衬层管件的基础上,利用3D打印,实现热塑性树脂和增强纤维材料复合成型一体化,制备管道的纤维增强层;

步骤3:在管件表面挤出包覆外保护层,挤出温度II为200-220℃,最终得到热塑性复合材料长输管的成品。

大口径热塑性复合材料长输管及其制造方法和装置

技术领域：

[0001] 本发明涉及热塑性复合材料管道制造技术领域，具体的说是一种利用3D打印成型技术制备一种大口径热塑性复合材料纤维增强长输管及其制造方法和装置。

背景技术：

[0002] 对于石油天然气行业而言，管道运输是目前最安全、最经济和对环境破坏最小的运输方式。油气田中物料输送大都采用远距离压力管道输送。这类管道通常需要承受较大的压力或者复杂载荷与苛刻的作业环境。而随着油气消费的不断增大，为提高输送效率，大口径(600mm以上)、高压(5MPa以上)输送技术成为长输管道的趋势和方向。这就对管道材质与性能等方面的要求越来越高。

[0003] 行业内最先使用的管道材料以钢质和玻璃钢材质为主，但钢材管线耐腐蚀性能差，内部容易结垢影响流体流动性且安装运营成本高；高强度钢材会使管道延性降低，管道止裂性能变差，不利于管道安全运营。而玻璃钢管线存在接头多、性能低等问题。大口径玻璃钢管压力高时密封困难，且在负压下容易发生坍塌。其他材质的如PE、PVC等纯塑料管强度低，根本不能满足长输管道的使用要求。

[0004] 随着复合材料技术的发展，非金属复合材料管在油气集输等领域逐步得到广泛应用，主要包括柔性复合管和塑料合金复合管等。但大部分是小口径管道($\leq 150\text{mm}$)，大口径管道相对较少。如热塑性塑料内衬复合管在实际使用过程中通常是以增加塑料内衬层的厚度提高其环刚度防止其发生坍塌，但这会造成原材料用量的大幅度增加，使复合管重量和制造成本大幅增加；另一方面会减小管内流体的流通内径，大大降低了流体输送效率。

[0005] 3D打印技术是近年来迅猛发展的一种快速成型技术，应用范围不断拓展至航空航天、汽车、船舶、生物、食品、建筑等多个领域。大型3D打印设备的问世使得大尺寸制品的打印成为可能，并使制造打印成本大幅度降低，在工业生产和日常生活中越来越具有实际应用价值。但就目前而言，3D打印技术在连续性纤维增强复合材料制造领域的相关研究在国内外还比较少见。本发明采用3D打印技术制备一种连续纤维增强的热塑性复合管道，实现了连续性纤维增强复合材料制备与成形一体化。

发明内容：

[0006] 本发明的目的是，提供一种能够解决长输管道现存技术问题，满足油气管道输送耐腐蚀和耐高压、大口径以提高流体输送效率等多项需求的基于3D打印技术的大口径热塑性复合材料长输管及其制造方法和装置。

[0007] 为达到上述目的，本发明提供如下的技术方案：

[0008] 一种热塑性复合材料长输管，其结构由内向外依次是内衬层、纤维增强层和外保护层，所述的热塑性复合材料长输管的长度8~10m，管径为1000~1500mm，所述内衬层厚度为10~50mm；增强层厚度为50~200mm，外保护层厚度为10~50mm。

[0009] 本发明所述的内衬层和外保护层均采用热塑性聚合物材料挤出成型工艺，所述的

纤维增强层由高强度纤维和热塑性聚合物3D复合打印而成,所述的高强度纤维为玻璃纤维、玄武岩纤维、碳纤维、芳纶纤维、聚酯纤维、超高分子量聚乙烯纤维中的单一纤维或其中几种复合的纤维束,所述的热塑性聚合物为PP、PE或HDPE、PVDF、PPS、PA、PEEK中的一种或几种,其中挤出料和3D打印料聚合物材料形态分别为粒料和丝状。

[0010] 本发明还提出了一种热塑性复合材料长输管的制造方法,其特征在于包括以下步骤:

[0011] 步骤1:制备内衬层,根据实际应用需要,选取热塑性聚合物材料通过挤出机制备内衬层,所述的热塑性聚合物为PP、PE或HDPE、PVDF、PPS、PA、PEEK中的一种或几种;根据所选材料不同,挤出温度I区间为220℃-365℃;通常情况下,常规油气输送应用通常选用HDPE材料为内衬层,在高温区块或者酸性介质领域则选用高性能聚合物如PPS、PVDF、PEEK作为内衬层;

[0012] 步骤2:将内衬层管件固定在一根芯轴上,然后在内衬层管件的外层,利用3D打印技术,实现热塑性树脂和增强纤维材料复合成型一体化,制备管道的纤维增强层;

[0013] 步骤3:在纤维增强层表面挤出包覆外保护层,最终得到热塑性复合材料长输管的成品。

[0014] 本发明进一步还提出了一种热塑性复合材料长输管制造装置,其特征在于设有缠绕机大盘,缠绕机大盘中间开设管件通孔,用于套设待处理管件的芯轴穿过通孔,缠绕机大盘由电机进行驱动绕芯轴旋转;芯轴沿轴向前后往复运动,其中芯轴固定在芯轴支架上,芯轴支架经滑块与导轨相连接,还设有与芯轴支架相连接的推进/牵引机构,芯轴支架在推进/牵引机构的驱动下沿导轨往复运动,导轨的延伸方向与管件轴向方向平行;缠绕机大盘侧面设有增强纤维卷筒和聚合物丝料料盘、分别用于驱动卷筒和料盘转动的两个驱动电机、张紧装置、送丝电机、导向管、3D打印机头、滚珠丝杆滑台组;其中3D打印机头安置在滚珠丝杆滑台组上,滚珠丝杆滑台组配有步进电机,步进电机驱动滚珠丝杠滑台组带动打印机头沿着大盘径向做运动;张紧装置位于卷筒和料盘与送丝电机之间,由多个张紧辊构成,为纤维提供合适的张力;聚合物丝和增强纤维通过驱动电机驱动卷筒和料盘放丝,经过张紧辊保持适当的张力,然后通过送丝电机分别经过两个导向管将二者导入3D打印机头内,其中将增强纤维导入3D打印机头内部中空螺杆通道,将聚合物丝导入机头腔体并缠绕于螺杆之上。

[0015] 本发明的张紧装置包括辊轮支架和三组张力调节辊,其中第一组和第二组张力调节辊分别经辊轮支架设置在第三组张力调节辊的上方,三组张力调节辊形成V型送料通道,支架上设有辊轮位置调节机构,第一组和第二组张力调节辊与第三组张力调节辊之间的距离和相对位置关系可调,卷筒或料盘送出的物料分别经第一组张力调节辊、第三组张力调节辊、第二组张力调节辊送出,通过调整张力调节辊的角度和相对位置可以调节张紧拉力调节。

[0016] 本发明通过基于动态扭矩传感器组建的自动控制系统调节张紧辊位置和送丝电机与放卷电机转速,从而精准控制3D打印机头内的送丝量,提高管道成型的精度。其基本原理是由传感器测定张力调节辊的扭矩值,然后把扭矩数据转换成张力信号反馈回张力控制器,通过此信号与控制器预先设定的张力值对比,计算出控制信号,控制放卷电机(料盘和卷筒的驱动电机)运行转矩和张力的位置实现张力调节。最终使得实际张力与给出

张力相互一致,从而实现张力恒定的目的。

[0017] 本发明所述的3D打印头由打印头壳体、喷嘴、中空螺杆、传动装置、步进电机、加热和控温装置组成,打印头壳体为中空的结构,打印头壳体前端设有出料喷嘴,打印头壳体内螺杆通过电机驱动,螺杆设有中空孔道,螺杆与喷嘴之间设有加热装置和温控装置,聚合物丝通过张紧装置、送丝电机并经导向管送入3D打印头壳体内,并缠绕于螺杆之上,被加热熔融并随着螺杆旋转不断向前推进,增强纤维通过张紧装置、送丝电机经另外一个导向管穿过中空孔道送入同一3D打印头壳体内,并在喷嘴处被熔融树脂浸渍包覆,然后在螺杆和丝材推力作用下从喷嘴处挤出形成复合纤维丝。

[0018] 本装置在制备增强层时3D打印机头的基本工作原理如下:热塑性聚合物丝和增强纤维盘绕在卷筒或料盘上,驱动电机驱动卷筒和料盘放丝。经过张紧辊保持适当的张力,然后通过送丝电机分别经过两个导向管将二者导入3D打印机头内,其中将增强纤维导入3D打印机头内部中空螺杆通道,将聚合物丝导入机头腔体并缠绕于螺杆之上。主要通过基于动态扭矩传感器组建的自动控制系统调节张紧装置和送丝电机转速,从而精准控制3D打印机头内的送丝量,提高管道成型的精度。聚合物丝在打印机头内部受热熔融,熔融树脂在螺杆和丝材推力作用下到达喷嘴。增强纤维在喷嘴处被熔融树脂浸渍包覆,然后从喷嘴处挤出,形成复合纤维丝。3D打印机头整体装置及卷筒固定于一个可以绕管道轴向旋转的转盘装置上,打印机头可以在转盘上沿管道径向做一定幅度的运动。芯轴可以沿管道轴向前后往复移动。通过调节大盘旋转、打印机头和芯轴移动速率等参数控制复合纤维丝在内衬层上的打印过程。在整个管道增强层生产线上有两台甚至多台相同的转盘打印设备。然后逐层打印,最后得到增强管件。

[0019] 本发明制备管道增强层过程中采用3D打印工艺,以热塑性树脂与连续纤维为原材料,在打印头内部进行熔融浸渍,实现复合材料制备与成形一体化。本发明制备的热塑性复合材料长输管在各项性能上与传统工艺制备的管道没有太大差距,且本发明的热塑性复合材料长输管相比传统管道具有以下优点:不需要使用金属材料,具有轻量化、耐高温、耐腐蚀、柔韧性好、气密性好、内外压力等级高、安装方便等显著特点,其内壁光滑、大口径、高内外压力等级可以获得更高的流体速率与流量,特别适合于长输油气管道方面的应用。

附图说明:

[0020] 附图1为本发明中热塑性长输管(1a)及其截面(1b)的结构示意图。

[0021] 附图2为本发明中基于3D打印技术制备热塑性复合材料长输管纤维增强层的工作原理图。

[0022] 附图3为缠绕机缠绕大盘正面视图。

[0023] 附图4为本发明中3D打印机头的结构示意图。

[0024] 附图5为本发明中张紧机构的工作原理图。

[0025] 附图标记如下:内衬层1、纤维增强层2、外保护层3、缠绕大盘4、3D打印机头5、滚珠丝杆滑台组6、管件通径7、芯轴8、传动装置9、驱动电机10、基座与支架11、聚合物丝12、增强纤维13、料盘或卷筒14、张紧装置15、送丝电机16、导向管17、螺杆18、喷嘴19、传感器与调节装置20、放卷电机21、张力控制器22。

具体实施方式：

[0026] 下面结合附图对本发明中的进一步详细描述。但本发明不限于下列实施例。

[0027] 如附图所示,本发明提供了一种热塑性复合材料长输管,其特征在于,其结构由内向外依次是内衬层1、纤维增强层2和外保护层3。

[0028] 本发明采用3D打印技术,主要包括以下步骤:首先通过挤出机挤出制备内衬层1;将内衬层1管件固定在一根芯轴8上,穿过缠绕机缠绕大盘7,然后在内衬层1管件的基础上,利用特制的3D打印机头5,实现热塑性树脂和增强纤维材料复合成型一体化,制备管道的纤维增强层2。最后在管件表面挤出包覆外保护层3,最终得到热塑性复合材料长输管的成品。

[0029] 其中,打印纤维增强层2的具体方法是:根据管道纤维增强层2的实际尺寸和其他材料的一些具体参数,完成管道纤维增强层2的3D建模,利用相关软件对三维模型进行分层处理,并得到离散化的二维层片信息;再结合管道的性能需求和3D打印技术原理,最终得到3D打印的路径程序和其他相关数据信息;根据以上信息开始进行3D打印。主要通过缠绕大盘4绕轴旋转、打印机头5沿管道径向运动和芯轴8沿轴向前后运动来调节打印角度和轨迹。聚合物丝12经张紧装置15、送丝电机16穿过导向管17进入打印机头5内部并受热熔融,熔融树脂在螺杆18和丝材推力作用下到达喷嘴19。增强纤维13经张紧装置15、送丝电机16穿过另外一个导向管17,经过打印机头螺杆18中空孔道送入同一3D打印机头5内,并在喷嘴19处被熔融树脂浸渍包覆,然后从喷嘴19处挤出,形成复合纤维丝。然后开始打印过程。其中,3D打印机头的温度参数是制备过程中的关键参数,对于管道的性能起到决定性的作用。打印速度对管道的力学性能影响不大,但如果打印速度过大,则可能会影响管道的成型精度,所以打印速度保持在110~250mm/min之间时可以得到较好的打印效果。

[0030] 基于动态扭矩传感器组建的自动控制系统调节张紧辊位置和送丝电机16与放卷电机21转速,从而精准控制3D打印机头内的送丝量,提高管道成型的精度。其基本原理是由传感器20测定张力调节辊的扭矩值,然后把扭矩数据转换成张力信号反馈回张力控制器22,通过此信号与控制器预先设定的张力值对比,计算出控制信号,控制放卷电机21(料盘和卷筒的驱动电机)运行转矩和张力的位置调节装置20实现张力调节。最终使得实际张力与给出张力相互一致,从而实现张力恒定的目的。

[0031] 实施例1

[0032] 管道内衬层采用聚苯硫醚PPS;增强层中纤维为玻璃纤维,树脂为聚丙烯PP;外保护层为高密度聚乙烯HDPE。三个结构层由内至外厚度依次为40mm、100mm、30mm,管道内径1200mm。

[0033] 基本参数设置:挤出温度I为300~320℃;打印机头温度为180~200℃;挤出温度II为200~220℃。

[0034] 实施例2

[0035] 管道内衬层采用聚偏氟乙烯PVDF改性树脂;增强层中纤维为芳纶纤维,树脂为聚丙烯PP;外保护层为高密度聚乙烯HDPE。三个结构层由内至外厚度依次为35mm、90mm、20mm,管道内径1400mm。

[0036] 基本参数设置:挤出温度I为220~240℃,打印机头温度为180~200℃;挤出温度II为200~220℃。

[0037] 实施例3

[0038] 管道内衬层采用聚醚醚酮PEEK;增强层中纤维为碳纤维,树脂为聚丙烯PP;外保护层为高密度聚乙烯HDPE。三个结构层由内至外厚度依次为30mm、100mm、20mm,管道内径1200mm。

[0039] 基本参数设置:挤出温度I为350~365℃;打印机头温度为180~200℃,挤出温度II为200~220℃

[0040] 根据实施例1~3中所列管道结构参数及3D打印工艺的各主要技术参数制造热塑性复合材料长输管。

[0041] 与传统的挤出成型制造工艺相比,本发明具有操作简单、成型精确度更高等显著优点,并实现了热塑性树脂材料与增强纤维的成型一体化。采用3D打印技术制造的热塑性复合材料长输管与采用传统挤出工艺制备的相同规格的管道在力学性能上没有太大差别,完全可以满足实际应用需要。

[0042] 3D打印工艺与传统挤出工艺制备管道性能对比

	实施例1	挤出工艺同规格 管道
[0043] 内压/MPa	25	26
外压/MPa	20	20

[0044] 上述实施例为本发明较佳的实施方式,但本发明的实施方式并不受上述实施例的限制,其它的任何未背离本发明的精神实质与原理下所作的改变、修饰、替代、组合、简化,均应视为等效的置换方式,都包含在本发明的保护范围之内。

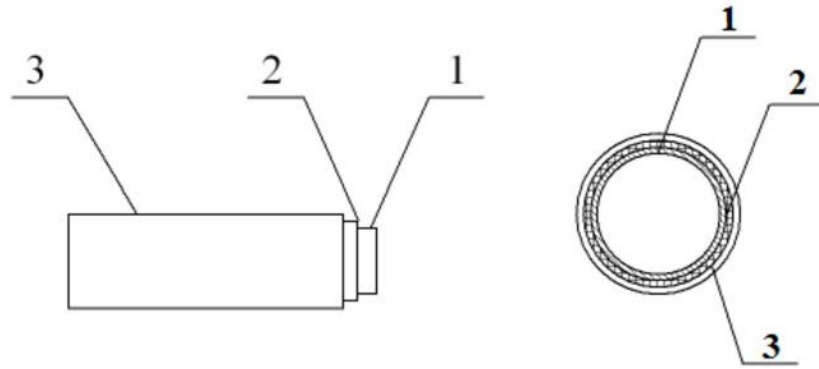


图1

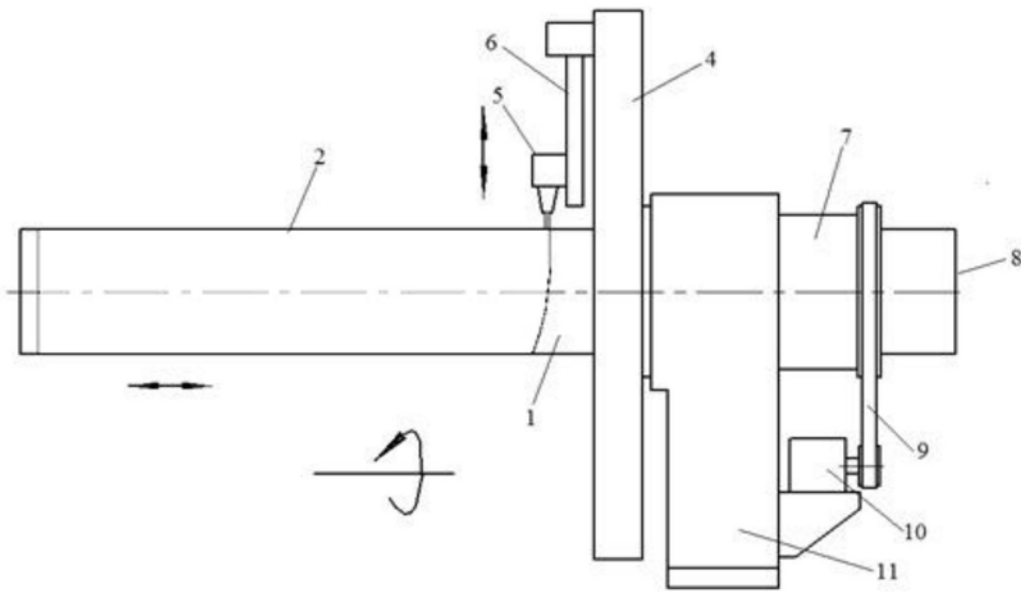


图2

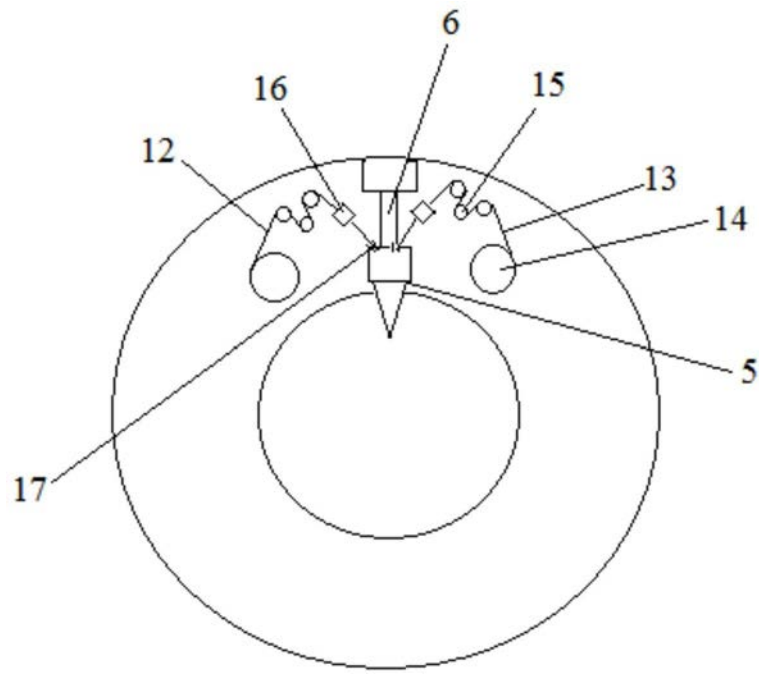


图3

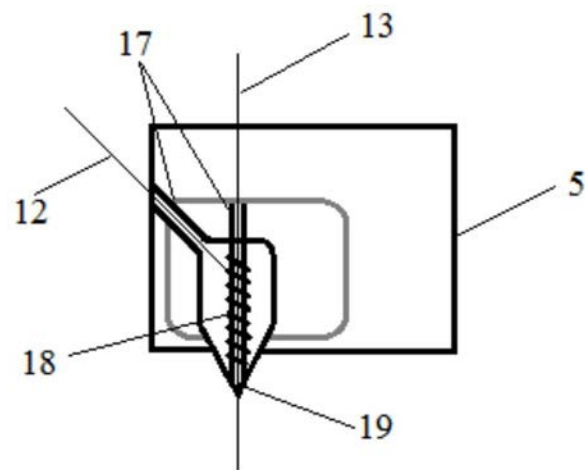


图4

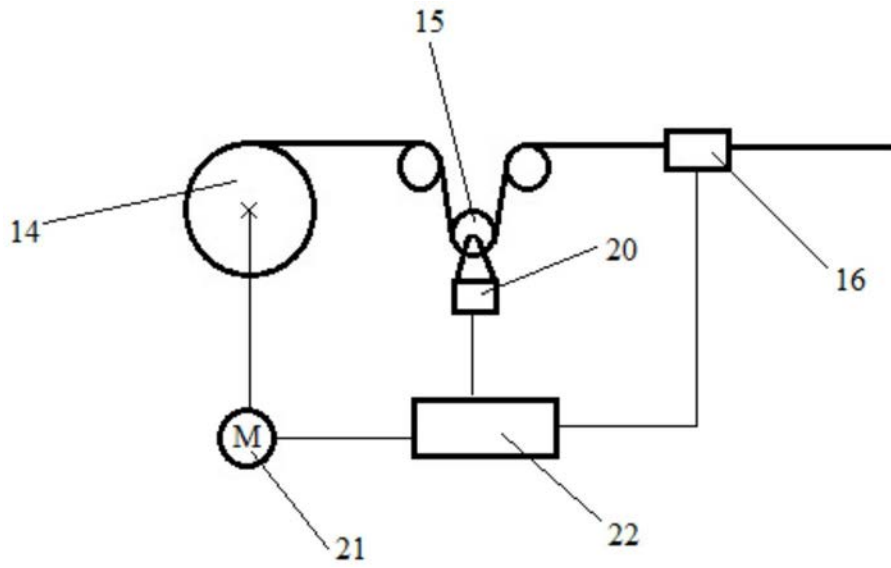


图5