



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 108754637 B

(45) 授权公告日 2023. 07. 25

(21) 申请号 201810929614.6

CN 205590843 U, 2016.09.21

(22) 申请日 2018.08.15

CZ 303297 B6, 2012.07.18

(65) 同一申请的已公布的文献号

JP H07268753 A, 1995.10.17

申请公布号 CN 108754637 A

US 3838185 A, 1974.09.24

(43) 申请公布日 2018.11.06

审查员 周菁

(73) 专利权人 北京化工大学

地址 100029 北京市朝阳区北三环东路15号

(72) 发明人 马东明 许浩 李好义 陈明军  
丁玉梅 杨卫民

(51) Int. Cl.

D01D 5/00 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 102137965 A, 2011.07.27

CN 106283220 A, 2017.01.04

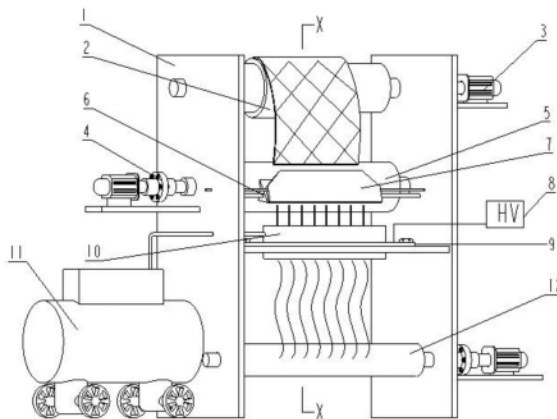
权利要求书1页 说明书4页 附图2页

(54) 发明名称

一种薄膜连续直接塑化供料的熔体微分电纺装置及方法

(57) 摘要

本发明提出一种薄膜连续直接塑化供料的熔体微分电纺装置及方法,装置主要包括侧板、放卷辊筒、电动机、加热辊筒、刮板、挡料板、落料环、电极板、高压静电发生器、空气压缩机及收集辊筒,将薄膜缠绕在放卷辊筒上,加热辊筒两端通电加热到设定温度确保薄膜能够在较短时间内熔融;将薄膜用绝缘工具牵引至加热辊筒表面,薄膜被逐渐拉紧,调整电动机使加热辊筒和放卷辊筒达到合适转速以达到最优的供料速度;直接利用挤出机快速挤出的薄膜作为原料的思想,解决了熔体降解氧化的难题,显著提高了纺丝质量,此外熔体通过狭长缝隙流出参与纺丝,射流多,纺丝效率高。装置结构简单,在提高产品效率的同时,提高了产品质量,满足了工业化生产稳定性的要求。



1. 一种薄膜连续直接塑化供料的熔体微分电纺装置,其特征在於:主要包括侧板、放卷辊筒、电动机、加热辊筒、刮板、挡料板、落料环、电极板、高压静电发生器、空气压缩机及收集辊筒,放卷辊筒、加热辊筒与收集辊筒分别通过联轴器与电动机直连并获得旋转运动,从上到下分别安装放卷辊筒、加热辊筒、落料环、电极板和收集辊筒,均通过螺钉连接在侧板上,刮板的圆弧面与加热辊筒的圆柱外表面平行并间隙配合,刮板位于加热辊筒轴线方向的两端表面设置凹槽,通过固定在侧板上的杆来固定,挡料板位于刮板斜上方,加热辊筒轴线方向的挡料板一端设有通孔,通过与轴间隙配合,实现绕轴自身旋转运动,挡料板与刮板狭缝间隙通过挡料板的旋转运动可调,间隙正下方设置落料环和电极板,电极板套在落料环外部,且高度方向上位于落料环中部,落料环由空气压缩机提供高速气流,空气压缩机通过导管向落料环下方吹气,电极板接高压静电发生器高压输出端,提供纺丝需要的高压静电场,挡料板与刮板接地;加热辊筒采用石墨或者石墨烯作为辊体材料,在与加热辊筒配合的刮板圆弧面上涂抹一层耐高温的绝缘材料;加热辊筒转速大于或等于放卷辊筒的转速,加热辊筒与放卷辊筒之间的薄膜始终受到加热辊筒的牵引作用,随加热辊筒做旋转运动时薄膜应处于绷紧状态保证供料连续。

2. 根据权利要求1所述的一种薄膜连续直接塑化供料的熔体微分电纺装置,其特征在於:刮板圆弧面上涂抹的一层耐高温的绝缘材料为六方氮化硼、氟橡胶或聚四氟乙烯。

3. 根据权利要求1所述的一种薄膜连续直接塑化供料的熔体微分电纺装置,其特征在於:在加热辊筒内部使用加热介质进行加热,加热介质为高温导热油或高温气体。

4. 根据权利要求1所述的一种薄膜连续直接塑化供料的熔体微分电纺装置,其特征在於:挡料板通过固定连接的转轴调整同刮板之间的缝隙范围,缝隙调节范围为0.05-3mm。

5. 根据权利要求1所述的一种薄膜连续直接塑化供料的熔体微分电纺装置,其特征在於:刮板与挡料板之间的缝隙位于落料环通孔的正上方,自上而下看缝隙完全位于通孔范围内,熔体从缝隙处形成射流全部通过落料环。

6. 一种薄膜连续直接塑化供料的熔体微分电纺方法,其特征在於采用权利要求1所述的一种薄膜连续直接塑化供料的熔体微分电纺装置,首先将薄膜缠绕在放卷辊筒上,调整好刮板与挡料板的缝隙大小,加热辊筒两端通电加热到设定温度220-500℃并确保薄膜能够在到达刮板前熔融且不被降解氧化;启动并调整电动机转速缓慢驱动加热辊筒,将薄膜用绝缘工具牵引至加热辊筒表面,薄膜被逐渐拉紧,驱动电动机使放卷辊筒缓慢旋转,调整电动机使加热辊筒和放卷辊筒达到2r/min速度;薄膜在加热辊筒上在到达刮板前熔融且不被降解氧化后随加热辊筒旋转被接引到刮板上,熔体流到刮板与挡料板之间的缝隙前,启动收集辊筒,打开高压静电发生器形成高压静电场,打开空气压缩机使落料口自上向下形成强气流,熔体形成多射流,在电场和辅助气流的作用下被拉伸固化为纤维,最终被收集辊筒收集。

## 一种薄膜连续直接塑化供料的熔体微分电纺装置及方法

### 技术领域

[0001] 本发明专利涉及一种薄膜连续直接塑化供料的熔体微分电纺装置及方法,属静电纺丝领域。

### 背景技术

[0002] 静电纺丝法,因具有原料适用性广、成本低、设备简单等优点,被学术界和工业界广泛认为是一种产业化制备微纳米纤维的简单高效的方法,也是最有前景的工艺方法。其基本原理是,聚合物溶液或熔体在高压静电场力的作用下,在毛细管末端形成泰勒锥,进而飞向接收装置,溶液中的溶剂蒸发或熔体固化,最后在接收装置上形成超细纤维。其中溶液静电纺丝法由于有机溶剂的使用,会带来环境污染等问题,因此近年来熔体静电纺丝逐渐受到关注。

[0003] 随着熔体静电纺丝技术的发展,熔体静电纺丝过程采用挤出机对塑料进行塑化,粒状或块状的塑料固体经过挤出机中螺杆塑化和加热装置加热后熔融成为熔体,熔体从挤出机流道中流出后在高压静电场中流动变形,最后冷却固化被收集装置收集。例如一种线性射流无针式静电纺丝装置(CN103590121A),其利用线性射流的思想,物料在挤出机塑化熔融之后,熔体随辊筒旋转附着到辊筒表面,通过固定在辊筒上表面中心的导流片形成连续的线性喷射流,提高了纺丝质量和射流均一性,但这种纺丝装置仍存在的问题,其利用挤出机塑化物料时,挤出流道比较复杂,设计制造成本高,另一方面,相对于常规挤出工艺的低流量,使熔体电纺工艺中聚合物熔体长时间处于高温状态,容易被氧化和分解变质,影响产品的最终性能。

[0004] 如何突破传统思路局限,合理地利用加工工艺来达到最好的纺丝质量是一个难点,本发明专利在其他工序的基础上,直接用已加工好的塑料薄膜作为原料,通过加热辊筒熔融薄膜,使熔体经过较短的热力程就进入纺丝工艺阶段,从而解决了材料的降解问题,是一种提高纺丝质量的新途径。

### 发明内容

[0005] 本发明在原有熔体微分纺丝技术的基础上,直接使用已加工好的薄膜作为原料,以聚合物熔体连续均匀供应,避免长时间加热导致材料变性为目标,提出一种薄膜连续直接塑化供料的熔体微分电纺装置及方法。

[0006] 本发明提出的一种薄膜连续直接塑化供料的熔体微分电纺装置,主要包括侧板、放卷辊筒、电动机、加热辊筒、刮板、挡料板、落料环、电极板、高压静电发生器、空气压缩机及收集辊筒,放卷辊筒、加热辊筒与收集辊筒分别通过联轴器与电动机直连并获得旋转运动,从上到下分别安装放卷辊筒、加热辊筒、落料环、电极板和收集辊筒,均通过螺钉连接在侧板上,刮板的圆弧面与加热辊筒的圆柱外表面平行并间隙配合,刮板位于加热辊筒轴线方向的两端表面设置凹槽,通过固定在侧板上的杆来固定,挡料板位于刮板斜上方,加热辊筒轴线方向的挡料板一端设有通孔,通过与轴间隙配合,实现绕轴自身旋转运动,挡料板与

刮板狭缝间隙通过挡料板的旋转运动可调,间隙正下方设置落料环和电极板,电极板套在落料环外部,且高度方向上位于落料环中部,落料环由空气压缩机提供高速气流,空气压缩机通过导管向落料环下方吹气,电极板接高压静电发生器高压输出端,提供纺丝需要的高压静电场,挡料板与刮板接地。

[0007] 本发明专利提出的一种薄膜连续直接塑化供料的熔体微分电纺装置,原料为薄膜,薄膜来自于挤出机快速挤出流延成型或吹膜成型,可以通过设置加热辊筒的转速与加热辊筒表面温度使薄膜具有合适的塑化时间,薄膜随加热辊筒旋转一定角度输送熔融的薄膜物料熔体,而后熔体随加热辊筒旋转到刮板位置时,及时被接引到刮板上,同直接通过挤出机供料的熔体静电纺丝工艺相比,此过程大大缩短了熔体被持续加热的时间,熔体不会产生明显的降解,保证了熔体的均一性和物理性能的稳定性。

[0008] 本发明专利提出的一种薄膜连续直接塑化供料的熔体微分电纺装置,其中加热辊筒可用石墨或者石墨烯等碳电阻加热方式作为辊体材料,石墨具有良好的导热性和导电性,传热较快,温度可控性好。也可在加热辊筒内部使用加热介质进行加热,加热介质可为高温导热油、高温气体或其他耐高温液体等介质。常见塑料薄膜熔融温度范围为 $100^{\circ}\text{C}$ - $300^{\circ}\text{C}$ ,加热辊筒表面温度可调控设定范围为 $40^{\circ}\text{C}$ - $500^{\circ}\text{C}$ ,确保绝大部分塑料薄膜能够熔融,装置适应性广。如采用辊体材料作为发热电阻直接加热,辊筒表面带电,为防止来自纺丝高压静电场的静电干扰和静电击穿,在与加热辊筒配合的刮板圆弧面上涂抹一层耐高温的绝缘材料,材料可以是六方氮化硼、氟橡胶或聚四氟乙烯等。

[0009] 本发明专利提出的一种薄膜连续直接塑化供料的熔体微分电纺装置,挡料板可通过固定连接的转轴调整同刮板之间的缝隙范围,缝隙调节范围为 $0.05$ - $3\text{mm}$ 。挡料板的设置起到保温及保护熔体同空气接触引起的熔体氧化,同时挡料板同刮板之间的缝隙,有助于使薄膜转化的熔体流量、熔体在狭缝线性方向分布均一性提高,有助于获得稳定均一的多射流。挡料板位于刮板斜上方遮挡熔体,缝隙若小于 $0.05\text{mm}$ 熔体不会流出,若大于 $3\text{mm}$ 挡料板失去挡料作用,缝隙范围设置为 $0.05\text{mm}$ - $3\text{mm}$ 。

[0010] 本发明专利提出的一种薄膜连续直接塑化供料的熔体微分电纺装置,刮板与挡料板之间的缝隙位于落料环通孔的正上方,自上而下看缝隙完全位于通孔范围内,熔体从缝隙处形成射流全部通过落料环。纺丝时辅助气流对落料环内壁冲击作用较大,在保证射流全部通过的条件下,落料环设计形状为环形防止应力集中。电极板中央通孔形状与落料环外形相同,可更好与落料环固定,电极板电压范围为 $10$ - $50\text{kV}$ 。

[0011] 本发明专利提出的一种薄膜连续直接塑化供料的熔体微分电纺装置,落料环的壳体内部有吹风孔,与空气压缩机通过导管连接,在纺丝时,打开空气压缩机向吹风孔吹气,落料环下方空气被吹走形成负压,落料环上方空气会被挤到下方形成自上而下的强气流,强气流使射流加速并施加摩擦拉伸力,促进纤维的细化,落料环吹风风力强弱由空气压缩机上的阀门控制。

[0012] 本发明专利提出的一种薄膜连续直接塑化供料的熔体微分电纺装置,其中加热辊筒转速 $n_a$ 与放卷辊筒的转速 $n_t$ 满足 $n_a \geq n_t$ ,加热辊筒与放卷辊筒之间的薄膜始终受到加热辊筒的牵引作用,随加热辊筒做旋转运动时薄膜应处于绷紧状态保证供料连续。

[0013] 本发明专利提出的一种薄膜连续直接塑化供料的熔体微分电纺装置对应的操作方法:将薄膜缠绕在放卷辊筒上,调整好刮板与挡料板的缝隙大小,加热辊筒两端通电加热

到设定温度确保薄膜能够在较短时间内熔融；启动并调整电动机转速缓慢驱动加热辊筒，将薄膜用绝缘工具牵引至加热辊筒表面，薄膜被逐渐拉紧，驱动电动机使放卷辊筒缓慢旋转，调整电动机使加热辊筒和放卷辊筒达到合适转速以达到最优的供料速度；薄膜在加热辊筒上熔融后随加热辊筒旋转较短时间被接引到刮板上，熔体加热时间较短，熔体流到刮板与挡料板之间的缝隙前，启动收集辊筒，打开高压静电发生器形成高压静电场，打开空气压缩机使落料口自上向下形成强气流，熔体形成多射流，在电场和辅助气流的作用下被拉伸固化为纤维，最终被收集辊筒收集。

[0014] 本发明专利提出的一种薄膜连续直接塑化供料的熔体微分电纺装置，直接利用挤出机快速挤出的薄膜作为原料的思想，解决了熔体降解氧化的难题，显著提高了纺丝质量，此外熔体通过狭长缝隙流出参与纺丝，射流多，纺丝效率高。装置结构简单，在提高产品效率的同时，提高了产品质量，满足了工业化生产稳定性的要求。

### 附图说明

[0015] 图1是本发明专利一种薄膜连续直接塑化供料的熔体微分电纺装置总体结构示意图；

[0016] 图2是图1所示的电纺装置X-X面剖视图；

[0017] 图3是图1所示的落料环吹风口截面示意图；

[0018] 图4是图1所示的刮板与挡料板之间缝隙放大剖视图；

[0019] 图中：1-侧板；2-供膜辊筒；3-电动机；4-联轴器；5-加热辊筒；6-刮板；7-挡料板；8-高压静电发生器；9-电极板；10-落料环；11-空气压缩机；12-收集辊筒。

### 具体实施方式

[0020] 本发明专利提出一种薄膜连续直接塑化供料的熔体微分电纺装置。如图1~4所示，该电纺装置主要由侧板1、放卷辊筒2、电动机3、联轴器4、加热辊筒5、刮板6、挡料板7、高压静电发生器8、电极板9、落料环10、空气压缩机11、收集辊筒12组成，放卷辊筒2、加热辊筒5与收集辊筒11通过联轴器4与电动机3直连，从上到下分别安装放卷辊筒2、加热辊筒5、落料环10和电极板9、收集辊筒12，均通过螺钉连接到侧板1上，刮板6的圆弧面C面与加热辊筒5的圆柱外表面平行并间隙配合，刮板6被杆夹紧固定，挡料板7侧面开通孔，挡料板7通过楔键固定在轴上，轴的两端与侧板1螺纹连接精确调整刮板6与挡料板7之间的缝隙，刮板6的B面最低边与挡料板7的A面最低边在同一水平面上，两边之间是缝隙，缝隙正下方为落料环10和电极板9，电极板9套在落料环10外部，且高度方向上位于落料环10中部，电极板9与高压静电发生器8高压输出端相连，落料环10侧面开孔与空气压缩机11相连。

[0021] 采用本发明专利进行纺丝的工艺步骤为：将加热辊筒5进行加热到设定温度，启动电动机3，给加热辊筒5提供一个较低转速，将薄膜牵引到加热辊筒5表面合适位置，然后电动机3缓慢驱动放卷辊筒2旋转，之后调整电动机转速，使加热辊筒5和放卷辊筒2达到合适的转速，薄膜随加热辊筒5旋转合适位置熔化，熔体运动到刮板6位置时，被接引到刮板6表面B，电动机启动收集辊筒12旋转，打开高压静电发生器8，金属板9与刮板6之间产生高压静电场，开启空气压缩机11阀门，熔体流动到刮板6和挡料板7之间的缝隙时，在高压静电场和吹风作用下，开始纺丝，纺丝纤维通过收集辊筒12被收集。

[0022] 其中一个熔体静电纺丝具体实例如下：放卷辊筒2外径为120mm，相连电动机转速3设为2r/min，使用PLA薄膜，薄膜厚度0.02，薄膜宽为350mm，加热辊筒5外径为120mm，加热辊筒5辊体表面设定温度为220℃，相连电动机3转速设为2r/min，刮板6与挡料板7之间的缝隙设为0.5mm，落料环10在缝隙正下方50mm，在落料环10下方300mm为收集辊筒12，直径为100mm，当熔体从缝隙流出时，电极板附加35kV正极电压，刮板6和挡料板7接地，射流数量为170，纺丝效率为170g/h，纺丝纤维直径在200-800nm之范围内。

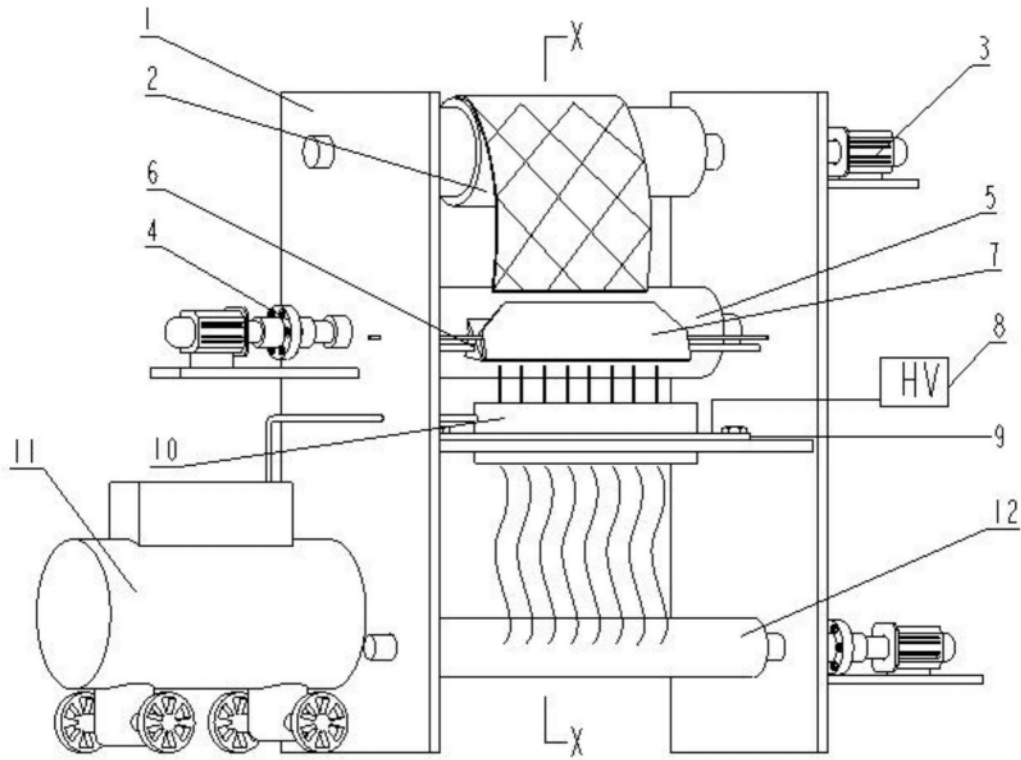


图1

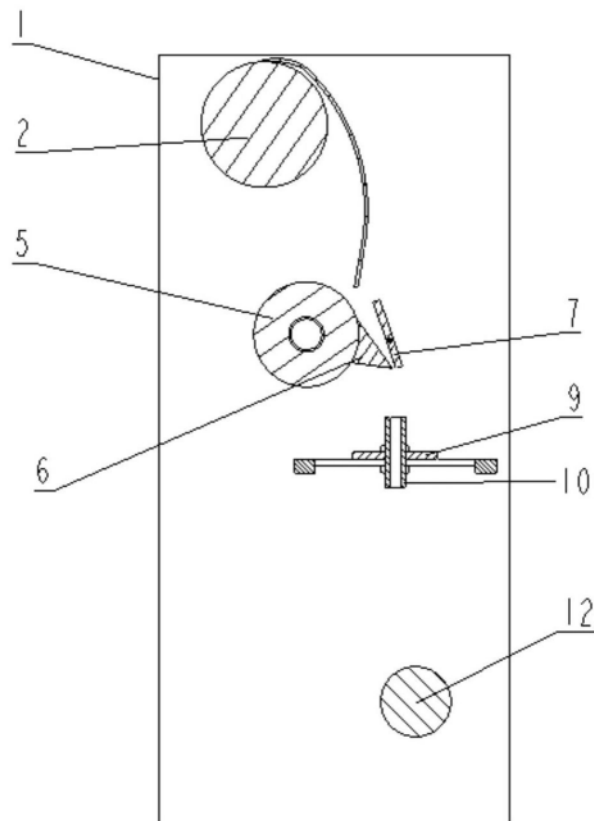


图2



图3

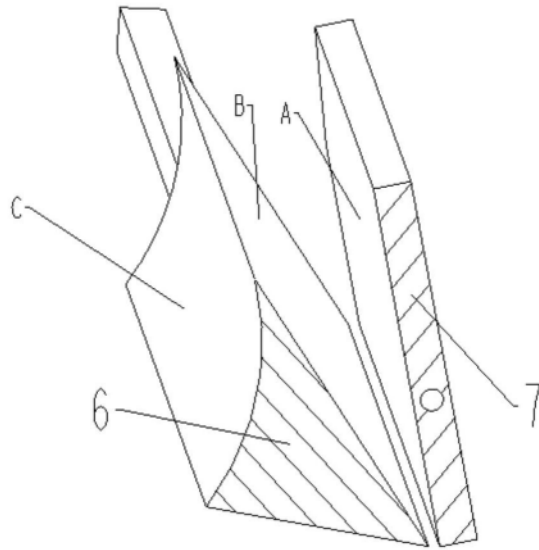


图4