

[19] 中华人民共和国国家知识产权局



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 03817708.0

[51] Int. Cl.

D01F 6/60 (2006.01)

D01D 5/16 (2006.01)

D01D 5/092 (2006.01)

[45] 授权公告日 2008 年 4 月 9 日

[11] 授权公告号 CN 100379906C

[22] 申请日 2003.5.23 [21] 申请号 03817708.0

[30] 优先权

[32] 2002.5.24 [33] US [31] 10/155,159

[86] 国际申请 PCT/US2003/016352 2003.5.23

[87] 国际公布 WO2003/100142 英 2003.12.4

[85] 进入国家阶段日期 2005.1.24

[73] 专利权人 因维斯塔技术有限公司

地址 美国德拉华州

[72] 发明人 K·R·萨曼特 G·瓦西拉托斯

[56] 参考文献

WO0148279A2 2001.7.5

CN1013964B 1991.9.18

审查员 曲在丹

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

代理人 郭广迅 段晓玲

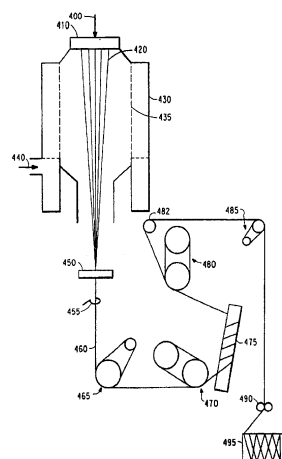
权利要求书 2 页 说明书 26 页 附图 7 页

[54] 发明名称

通过高速纺丝制备高抗拉强度聚酰胺单纤维的方法和装置

[57] 摘要

本发明涉及诸如尼龙 6, 6 的高抗拉强度聚酰胺单纤维的制造方法。本发明还涉及用这种单纤维形成的纱线和其他制品。本发明特别用于以高纺丝工艺速度提供强度等于或优于现有技术的单纤维纱, 同时保持对纱线的拉伸能力。本发明还涉及提供由消光的或染色的聚酰胺聚合物挤出的单纤维纱。



1、聚酰胺纱线的制备方法，包括：

通过纺丝组件挤出聚合物熔体，形成至少一根单纤维；

使单纤维通过气流骤冷腔，向单纤维提供骤冷气体，以冷却并固化单纤维，其中骤冷气体的流动方向与单纤维方向相同，并且其中在2600-5000 米/分钟的纺丝速度下，骤冷腔出口处冷却气体的速度与牵拉单纤维的第一辊的速度之比为0.6-2.0；和

使所述至少一根单纤维通过至少一个机械拉伸段，拉伸并伸长单纤维，制成纱线。

2、根据权利要求1的方法，其中至少一根单纤维为许多单纤维，所述方法包括将许多单纤维会聚成复丝纱，并使纱线通过机械拉伸段拉伸和伸长纱线。

3、根据权利要求1的方法，其中至少一根单纤维为每根纱线一根单纤维，且该纱线是单丝纱。

4、根据权利要求1的方法，其中单纤维以3-6的拉伸比拉伸。

5、根据权利要求1的方法，其中单纤维以低于1500 米/分钟的速度通过骤冷腔。

6、根据权利要求1的方法，其中单纤维通过最后的拉伸段的速度大于2600 米/分钟。

7、根据权利要求6的方法，其中单纤维以高于4500 米/分钟的速度通过最后的拉伸段。

8、根据权利要求1的方法，其中以低于纺丝速度0.1%-7%的卷绕速度将单纤维卷绕成卷装。

9、根据权利要求1的方法，其中拉伸步骤包括经由热管的拉伸。

10、根据权利要求1的方法，其中单纤维每丝的分特为2.5-9。

11、根据权利要求1的方法，其中单纤维的双折射在单纤维拉伸前为0.002-0.012。

12、根据权利要求1的方法，其中聚合物熔体包含彩色的或消光的颗粒。

13、根据权利要求12的方法，其中颗粒选自二氧化钛、硫化锌和彩色颜料。

14、根据权利要求12的方法，其中聚合物熔体含有0.01-1.2%重量的彩色或消光的颗粒。

15、根据权利要求1的方法，其中所述拉伸纱线具有至少5克/旦的强度。

16、根据权利要求15的方法，其中所述拉伸纱线在2600米/分钟-大于5000米/分钟的纺丝速度范围内，具有7-10厘牛顿/分特的强度。

17、根据权利要求15的方法，其中所述拉伸纱线具有15%-22%的断裂伸长率。

18、根据权利要求13的方法，其中所述拉伸纱线具有小于3.7%的纤度散布。

19、根据权利要求13的方法，其中所述拉伸纱线具有小于10%的热空气收缩率。

通过高速纺丝制备高抗拉强度聚酰胺单纤维的方法和装置

发明背景

发明领域

本发明涉及以高纺丝速度制造诸如尼龙 6,6 的高抗拉强度聚酰胺单纤维的方法和装置。本发明还涉及用这种单纤维形成的纱及其他制品。

现有技术

诸如聚酰胺的许多合成聚合物单纤维都是是熔纺的，即它们由热的聚合物熔体挤出。熔纺的聚合物单纤维通过从具有许多毛细管的喷丝板挤出熔融聚合物来制备。单纤维离开喷丝板后在骤冷区中冷却。熔融聚合物的骤冷及随后固化的细节对纺出的单纤维质量有显著影响。

骤冷方法包括横流骤冷、径向骤冷和气流骤冷。横流骤冷常用于制造高强度聚酰胺纤维，并涉及从新挤出的单纤维阵列一侧横向吹扫冷却气体。在横流骤冷中，气流通常指向与新挤出单纤维的移动方向垂直的方向。

在径向骤冷中，冷却气体从围绕新挤出的单纤维阵列的骤冷屏系统向内吹。这种冷却气体一般通过跨过单纤维并排出骤冷装置而离开骤冷系统。

横流骤冷和径向骤冷对于高强度应用都局限于以约 2800 - 3000 米/分钟的较低速度制造纤维。较高的制造速度增加了拉伸阶段单纤维的断裂数量。断裂的单纤维中断了工序的连续性，并降低了生产率。

在 20 世纪 80 年代，Vassilatos 和 Sze 在聚合物单纤维，特别是聚酯单纤维的高速纺丝上作出了显著的改进。这些改进公开在 US 4687610、4691003 和 5034182 中。

这些专利公开了气体管理技术，从而使气体围绕新挤出的单纤维，以控制气体的温度和衰减曲线。这些类型的骤冷系统和方法称为气流骤冷或气流纺丝系统。其他气流骤冷方法包括 US 5976431 和 US 5824248 中描述的方法。

气流骤冷纺丝工艺提供了降低纺丝期间单纤维的张力，并随后降低纱线张力的优点。通常这种降低了的纱线张力通过提高纺丝速度，并降低单纤维断裂而提供了更好的生产率，和更好的绕制纱线的可加工性优点。气流骤冷通常涉及提供给定体积的冷却气体，以冷却聚合物单纤维。任何气体都可用作冷却介质。冷却气体优选的是空气，因为空气很容易获得。如果需要，也可使用例如蒸汽或诸如氮气的惰性气体的其他气体，因为聚合物单纤维的性质很敏感，特别是当单纤维很热和新挤出时。

在气流纺丝中，冷却气体和单纤维基本上以相同方向平行穿过风道，其中速度通过滚筒组件装置的速度控制。张力和温度由气体流量、风道直径或截面积（控制气体速度）和风道长度控制。气体可沿风道在一个或多个位置引入。气流纺丝使纺丝速度超过 5000 米/分钟。

强度是工业纤维的关键纤维性能。强度通过分段拉伸骤冷的纤维获得。这种分段拉伸在目前工业上提供的低速横流下工作得很好。公知的横流骤冷和纺丝拉伸联用的装置的实例如图 1 所示。在该装置中，熔融聚酰胺在 10 引入纺丝组件 20。聚合物作为未拉伸的单纤维 30 从该纺丝组件挤出，该组件有许多小孔，以提供要求的截面。单纤维离开纺丝组件的毛细管后，通过图 1 中所示横流冷却空气在 40 冷却纤维而使单纤维骤冷。这些单纤维利用常规的整理润滑剂在 50 会聚成纱线 60，并通过喂料辊组件 70 向前输送。然后将纱线喂入第一拉伸辊对 80，接着喂入第二拉伸辊对 100。可利用热管 90 或辅助拉伸进行第二阶段的拉伸处理。纱线在拉出器辊 110 和 120 处松弛。辊 110 也称为松弛辊；它可以低于拉伸辊组件 100 的速度运动，以控制纱线收缩。辊 120 也称为放长辊，以松弛纱线张力，使纱线以低于纱线在拉伸中所承受的张力卷绕。导纱器 130 将纱线平放在纱线卷装 140 上并卷拢。

一种公知的熔体挤出和联用的采用横流骤冷系统的多级拉伸组件示于图 2。图 2 的组件与图 1 的组件类似，但不包括图 1 所示的热管，因为热管会损坏纤维。在图 2 中，拉伸通过辊而不是热管完成。在该装置中，熔融的聚酰胺在 200 被引入纺丝组件 210。该聚合物作为未拉伸的单纤维 220 从该纺丝组件挤出，该组件设计了许多小孔，以提供要求的截面。单纤维离开纺丝组件的毛细管后，通过图 2 中所示 230 处的横流冷却空气冷却纤维以使单纤维骤冷。这些单纤维利用常规的

整理润滑剂在 240 会聚成 250 处所示的纱线束,并通过喂料辊组件 260 向前输送。然后将纱线喂入第一级拉伸辊组 270,接着喂入第二拉伸辊组 275。可用任选的第三拉伸辊组件 280 进一步拉伸纤维。纱线在松弛辊 285 松弛。导纱器 290 将纱线平放在通过络纱机卡盘旋转的纱线卷装 295 上并卷拢。

通过采用横流骤冷,不可能在图 1 和图 2 的横流骤冷系统中实现较高的纺丝速度,以提高生产率。用横流明显降低了纱线的拉伸能力,降低了最终的纱线强度。此外,使所制造的聚酰胺纱线至少具有与以较低速度获得的纱线一样好的性能是很重要的。特别理想的是使所制造的纱线保持要求的强度、断裂伸长率和均匀性。因此,本领域中需要提供方法和装置,以在高速纺丝的同时保持这些性能。

采用高纺丝速度的困难在彩色或消光的尼龙纱线中特别明显。这种纱线由含有颜料的尼龙聚合物挤出,这些颜料提供了各种各样的调色板。尼龙纱线聚合物通常通过加入二氧化钛或硫化锌消光。一般情况下,消光的和/或染色的尼龙会产生熔融挤出问题,部分是由于熔流特性、微观结构发展和热损耗性能与未染色的或未消光的尼龙的差别。使用消光的或染色的聚合物时存在单纤维断裂水平增加是一个长期存在的问题。公知的是试图提高挤出速度加重了单纤维断裂问题。因此特别理想的是提供一种高速纺丝方法,该方法在制造着色的聚酰胺纱线时不会使单纤维断裂。

发明概述

在本发明中,以约 2500 米/分钟-约大于 5000 米/分钟的纺丝速度(定义为最高速拉伸辊的表面速度)制备具有商业上理想的断裂伸长率和收缩水平的高强度纱线。相反,通过采用传统横流骤冷的现有技术方法制备的纱线在纺丝速度提高时伴随着强度和伸长率的降低。通过这些传统方法制备的纤维的收缩也是不希望地高。要求这些性能间具有良好的平衡,以满足诸如汽车气囊、硫化固定的橡胶增强纱线(例如轮胎纱线)、防护服、软箱包的应用中所用的工业聚酰胺纤维的要求。此外,伴随着低断裂伸长率和高收缩率的低强度通常意味着该工艺不健全且未达到商业级。

因此,提供提高的单纤维挤出速度,同时改进生产率和高强度尼

龙纱线的纱线性能，以及含有颜料的高强度尼龙纱线也是本发明的目的。

本发明另一个目的是提供一种高速纺丝和拉伸联用的方法，该方法得到的聚酰胺（任选是着色的）单纤维、纱线和制品具有所希望的特征，例如至少具有至少与在常规速度的横流骤冷方法中制备的产品所获得的性能相当的性能。本发明又一个目的是提供具有改进强度的纱线和制品。

根据这些目的，本发明提供了聚酰胺纱线的制备方法，包括：通过纺丝组件挤出聚合物熔体，形成至少一根单纤维；使该单纤维穿过气流骤冷腔，在此向单纤维提供骤冷气体，以冷却和固化单纤维，其中引导骤冷气体的方向沿与单纤维相同的方向运动；使单纤维通过机械拉伸段并拉伸，从而拉长单纤维形成纱线。如果纱线是复丝，则至少一根单纤维包含许多单纤维，多股单纤维被会聚成复丝，且该纱线穿过机械拉伸段，在此被拉伸并伸长。如果该纱线是单丝纱，则至少一根单纤维在每根纱线中包含单股纤维。

本发明的其他目的、特征和优点将在以下详细描述中明确。

附图简述

图 1 是现有技术中采用热管拉伸的单纤维骤冷和纺丝拉伸联用的装置的截面示意图。

图 2 是现有技术中用辊代替热管进行拉伸的第二种单纤维骤冷和纺丝拉伸联用的装置的截面示意图。

图 3 是根据本发明的气流单纤维骤冷装置的截面示意图。

图 4 是根据本发明不同实施方案的气流单纤维骤冷和纺丝拉伸联用的装置的截面示意图。

图 5 是根据本发明的另一个实施方案的气流单纤维骤冷和纺丝拉伸联用的装置的截面示意图。

图 6 是本发明和现有技术能获得的最大拉伸比作为纺丝速度的函数的比较图。

图 7 是根据本发明和现有技术纺成的单纤维测量的强度作为纺丝速度的函数的比较图。

发明详述

根据本发明, 提供了单丝和复丝聚酰胺纱的制造方法。单丝纱通常由每根纱线一根单纤维组成, 而复丝纱由许多单丝组成。术语“单纤维”在这里是一种通称用法, 也包括现有技术中称为短纤维的短的不连续纤维。通过熔纺、从冲模或喷丝板毛细管挤出形成的聚酰胺单纤维最初以连续单纤维形式制备。这样制备的单纤维具有由毛细管截面形状确定的任何期望的截面形状, 可包括圆形、椭圆形、三叶形、多叶形、丝带形和哑铃形。

任何可熔纺的聚酰胺都可用于制备本发明的单纤维。该聚酰胺可以是均聚物、共聚物或三聚物, 或聚合物的混合物。聚酰胺的实例包括聚六亚甲基己二酰胺(尼龙 6, 6); 聚己酰胺(尼龙 6); 聚庚酰胺(尼龙 7); 尼龙 10; 聚十二内酰胺(尼龙 12); 聚四亚甲基己二酰胺(尼龙 4, 6); 聚六亚甲基癸二酰胺均聚物(尼龙 6, 10); 正十二双酸与六亚甲基二胺的聚酰胺均聚物(尼龙 6, 12); 和十二亚甲基二胺与正十二双酸的聚酰胺(尼龙 12, 12)。用于本发明的聚酰胺的制备方法是本领域公知的, 可包括使用催化剂、共催化剂和链支化剂形成聚合物, 如本领域公知的那样。优选的是尼龙 6、尼龙 6, 6 或它们的结合的聚合物。最优选的聚酰胺是尼龙 6, 6。

在本发明的方法中, 聚合物熔体通过纺丝组件挤出, 形成至少一根单纤维。纺丝组件可包括使用公知技术钻出一个、两个或多个孔(毛细管)以形成至少一根单纤维的喷丝板。在单丝实施方案中, 由单根丝或单丝形成单丝纱, 而在复丝实施方案中, 由许多单丝形成复丝纱。

可采用的合适气流纺丝方法和系统的实例公开在 US 5824248 和 2000 年 4 月 12 日提交的美国专利序列号 09/547854 中。也可以采用上述任何气流方法。用于本发明的优选气流单纤维骤冷系统示意图在图 3 中示出。图 3 的组件可用作图 4 或图 5 的骤冷腔。在图 3 中, 聚合物熔体 300 通过具有至少一个, 优选多个毛细管的单纤维纺丝组件 305 和喷丝板 310 挤出, 以形成至少一根, 优选许多根单纤维 315。该至少一根单纤维穿过作为气流骤冷组件一部分的气流骤冷腔 320。气流骤冷组件包括高度为 A 的加热或未加热的骤冷延时段; 高度为 B、直径为 D_1 的骤冷屏段 345; 高为 C_1 、直径为 D_2 的骤冷连接管 355; 高为 C_2 的连接圆锥 325; 和高为 C_3 、直径为 D_3 的骤冷管 330。在气流腔中, 骤

冷气体在 340 提供,以冷却和固化单纤维。优选的是单纤维以低于 1500 米/分钟的速度通过骤冷腔。骤冷屏 345 围绕骤冷腔中的单纤维,邻近骤冷腔中的骤冷屏处可任选地设置一个多孔骤冷屏 350。单纤维和骤冷气体通过骤冷管 330 离开骤冷腔。新骤冷的纱线示为 335。

对于给定的聚合条件、单纤维尺寸和通过量,喷丝板与连接圆锥之间的距离决定了沿单纤维方向气体加速的位置,并提供了气流骤冷效果。骤冷气体沿与单纤维的方向相同的方向运动,如图 3 中箭头所示。骤冷气体的速度根据单纤维的速度控制,使骤冷气体在单纤维上的空气动力学曳力最小。这些力通常在高速纺丝时的作用更明显,使单纤维衰弱并使新纺出的单纤维不希望地过早取向。纺丝过程中骤冷部分单纤维的取向是不希望的,因为这种取向限制了所得单纤维最终的机械拉伸。气流骤冷纺丝过程中单纤维经受的空气动力学曳力下降,降低了通过单纤维的双折射测量的取向。

由本发明方法制备的单纤维形成聚酰胺纱线用图 4 和 5 说明。如图 4 所示,聚合物熔体 400 从纺丝组件 410 挤出,形成至少一根,优选多根单纤维 420。纺丝组件 410 包含过滤介质和多毛细管喷丝板。通过将骤冷空气 440 引入图 3 所示类型的气流骤冷腔 430 中,使新挤出的单纤维 420 在骤冷腔 430 中骤冷。骤冷屏 435 在图 4 中环绕单纤维。

在复丝纱实施方案中,本发明的方法还包括将已固化的单纤维会聚成复丝纱的步骤。离开骤冷腔 430 的单纤维 420 通过位于单纤维给油辊 450 下游的猪尾形导纱钩 455 会聚成纱线 460。给油辊 450 用于提供油或本领域公知的其他类型整理剂。

本发明的方法还包括使单纤维,或在复丝纱实施方案的情况下使纱线通过机械拉伸段拉伸,从而伸长单纤维或纱线的步骤。单纤维在至少一个,通常是多个拉伸段中拉伸。该步骤在图 4 的实施方案中通过第一拉伸辊对 470 和第二拉伸辊对 480 实现。喂料辊组件 465 将已处理的纱线 460 送至被加热并以高于喂料辊 465 的速度运行的第一拉伸辊对 470,使纱线在辊 465 与 470 之间的孔隙处被拉伸。以高于辊 470 的表面速度运行的第二热拉伸辊对 480 经热拉伸针组件或热管 475 进一步拉伸纱线,如 US 4880961 所公开的。优选的是单纤维或纱线以大于约 2600 米/分钟的速度,甚至更优选以大于约 4500 米/分钟的速度通过最后的拉伸段。以辊表面速度的比值(最高速辊/最低速辊)定

义的拉伸比提供实现高纱线韧度或强度所需要的聚合物链定位（取向）。优选的是单纤维或纱线以约 3 至约 6 的拉伸比拉伸。来自热辊表面 470、480 和拉伸针组件 475 的热量稳定了复丝纱已拉伸（已取向）的结构。纱线在拉伸辊 480 与辊 482 和 485 之间松弛，以控制最终的纱线收缩率。

本发明的方法可进一步包括将单纤维或纱线卷绕成卷装的步骤。在图 4 的实施方案中，具有期望的强度、收缩率和其他性能的全拉伸纱被卷绕到通过络纱机（图 4 未示出）的卡盘旋转的卷装 495 上。导纱器 490 用于控制纱线路径。尽管未示出，但一旦发生丝条断裂时，在该位置常用断丝条检测器来阻止络纱器。任选断丝条检测器安装在辊 482 与 485 之间，以指示不希望有的单纤维断裂程度的存在。如果需要，可在卷绕前进一步涂覆第二整理油。

根据本发明，拉伸可包括在两个或多个阶段中拉伸单纤维。该实施方案用图 5 说明。如图 5 所示，聚合物熔体 500 通过纺丝组件 510 挤出，形成至少一根，优选许多单纤维 515。纺丝组件 510 包含过滤介质和多毛细管喷丝板。新挤出的单纤维 515 通过例如图 3 所示的气流骤冷腔 520。通过将骤冷空气 525 引入图 3 所示类型的气流骤冷腔 520 中，使新挤出的单纤维 515 在骤冷腔 520 中骤冷。离开骤冷腔 520 的单纤维 515 通过位于给油辊 530 下游的导纱器 535 会聚成复丝纱。给油辊 530 用于给复丝纱涂覆公知类型的单纤维整理油。喂料辊组件 540 将已处理的复丝纱送至被加热并以高于喂料辊 540 的速度运行的第一拉伸辊对 545，使该复丝纱在辊 540 与 545 之间的空间中被拉伸。以高于辊 545 的表面速度运行的第二热拉伸辊对 550 进一步拉伸纱线，以便在纱线结构经过拉伸辊热表面稳定后，充分取向聚合物分子并赋予纱线强度。任选的第三拉伸辊对 555 可进一步拉伸该复丝纱，以进一步提高强度。该纱线在拉伸辊 555 与辊 560 之间的空间松弛，以控制最终的纱线收缩率。往往在辊 555 与 560 之间安装断丝检测器，用于确定产品质量。具有期望的强度、收缩率和其他性能的全拉伸纱被卷绕到卷装 570 上。导纱器 565 用于控制纱线路径。尽管未示出，但一旦发生丝条断裂时，在该位置常用断丝条检测器来阻止络纱器。如果需要，可在卷绕前进一步涂覆第二整理油。

在单丝实施方案中，没有将上述单纤维会聚成复丝纱的步骤。而

是单丝形式的单纤维直接通过联用的机械拉伸段，如图 4 或图 5 所示。结果使单丝拉伸，从而伸长并取向。然后将单丝卷绕成卷装，如图 4 或图 5 所示。

根据本发明制造的单纤维可以例如大于 2000 米/分钟，优选大于约 3000 米/分钟，更优选大于约 4000 米/分钟，最优选大于约 5000 米/分钟，最高至约 10000 米/分钟的速度纺丝。在本说明书中，纺丝速度定义为纱线在卷绕前接触的运动最快的拉伸辊的表面速度。在约 2660 - 约 5000 米/分钟的纺丝速度下，骤冷腔出口处冷却气体的速度与牵引单纤维的第一辊的速度之比为约 0.6 - 约 2.0。该牵引单纤维的第一辊是喂料辊，即图 4 中的辊组 465 或图 5 中的辊组 540。优选的是以低于纺丝速度 0.1% - 约 7% 的卷绕速度来完成卷绕纱线。

在本发明中，以高纺丝速度制备具有商业上理想的断裂伸长率和收缩率水平的高强度纱线。相反，通过采用传统横流骤冷的现有技术的方法制备的纱线在纺丝速度提高时伴随着强度和伸长率的损失。通过这些传统方法制备的纤维的收缩率也不希望地高。这一点在图 6 中说明，图 6 表明现有技术的方法可实现的最大拉伸比逐渐下降。这是由于大量单纤维断裂，这样就使该方法难以控制。这也导致强度逐步降低，如图 7 所示。纱线强度是其被高度拉伸的产物。结果使现有技术中实现的最大强度下降并在低纺丝速度（约 4000 米/分钟）下变得难以控制。图 7 表示通过用本发明的骤冷装置以 5500 米/分钟纺丝获得约 10.8 克/旦的纱线，而用现有技术的骤冷装置只有在 3000 米/分钟下才能获得相同的约 10.8 克/旦的纱线。该实例中本发明方法的生产量是现有技术的 $(5500/3000)=1.8$ 倍。图 6 和 7 的数据使用图 1 所示但没有热管 90 的现有技术产生。代之以纱线从辊 80 不经过物理上不存在的 90 到达 100。剩余的纱线路径与图 1 相同。

因此，在约 2600 米/分钟 - 超过 5000 米/分钟的纺丝速度范围内，本发明的全拉伸纱可具有至少 5 克/旦（4.5 厘牛顿/分特(decitex)），优选大于约 5.7 克/旦（5.0 厘牛顿/分特），更优选大于约 7.9 克/旦（7.0 厘牛顿/分特），更优选大于约 11.3 克/旦（10 厘牛顿/分特）的强度。

此外，本发明的纱线具有理想的性能平衡，例如断裂伸长率（15 - 22%）和热空气收缩率（小于 10%，优选小于 6%）。本发明的纱线还

具有小于 3.7%的纤度散布(denier spread)。相反,通过采用传统横流骤冷的现有技术方法制造的纱线在寻求提高纺丝速度时将伴随着强度和伸长率的损失。通过这些传统方法制造的纤维的收缩率也不希望地高。要求这些性能间具有良好的平衡,以满足诸如汽车气囊、硫化固定的橡胶增强纱线(例如轮胎纱线)、防护服、软箱包的应用中所用的工业聚酰胺纤维的要求。此外,伴随着低断裂伸长率和高收缩率的低强度通常意味着该工艺不健全且未达到商业级。

此外,本发明的单纤维可具有任何期望的每丝分特数(分特/丝),例如 0.1 - 约 20 分特/丝。用于诸如气囊和缝纫线的工业应用的单纤维一般在约 2.5 - 约 9 分特/丝。对于服装用途,分特/丝范围一般在 0.1 - 4,而对于其他应用(例如地毯),则常用较高的分特/丝,例如约 5 - 约 18。

在任何机械拉伸前,本发明的单纤维具有 0.002 - 0.012 的双折射。本领域普通技术人员公知的是,单纤维双折射指单纤维中聚合物链的相对取向程度。在本发明的气流骤冷装置的喂料辊组件处实现的这种双折射范围表明了比用现有技术的横流骤冷装置所实现的更低的分子取向。这种在喂料辊组件处的低取向允许采用高得多的拉伸比,而不会遇到过多的断裂单纤维。

本发明的单纤维优选的是制成复丝纱、织物、短纤维、模压织物制品、连续单纤维束和连续单纤维纱的聚酰胺。包含本发明的单纤维的织物包括用于船帆和降落伞的工业织物、地毯、服装、气囊或含有至少部分聚酰胺的其他制品。当制造织物时,可采用任何公知的合适织物制造方法。例如织造、经编、圆编、针织,以及将短纤维产品铺放在无纺织物中都适于制备织物。

本发明的聚酰胺单纤维纱可单独使用,或以任何期望的量,一般是后纺丝和拉伸,与诸如 Spandex、聚酯的其他聚合物合成纤维,以及天然纤维如棉、丝、毛,或尼龙的其他典型的伴纤维混和使用。

根据本发明的方法制成的纱线可具有任何希望的单纤维支数和总分特数。用本发明的单纤维形成的纱线一般具有约 10 分特 - 约 990 分特,优选约 16 分特 - 约 460 分特的总分特数。此外,本发明的纱线可进一步由许多具有不同每丝分特[分特/丝]范围、截面和/或其他特征的不同单纤维形成。

本发明的方法所用的聚合物熔体和所得的单纤维、纱线和制品可包含常用的添加剂，它们可在聚合工艺期间加入或加入到形成的聚合物或制品中，可有助于改进聚合物或纤维的性能。这些添加剂的实例包括抗静电剂、抗氧化剂、抗菌剂、阻燃剂、彩色颜料、光稳定剂、聚合反应催化剂和助剂、粘合促进剂，诸如二氧化钛、消光剂、有机磷酸盐的消光颗粒，以及它们的结合。本发明的聚合物熔体中特别优选的添加剂是诸如二氧化钛或硫化锌的消光颗粒和彩色颜料颗粒。优选的是该聚合物熔体含有约 0.01 - 约 1.2% (重量) 的彩色或消光颗粒。

可在纺丝和/或拉伸过程中用于纤维的其他添加剂包括抗静电剂、增滑剂、粘合促进剂、抗氧化剂、抗菌剂、阻燃剂、润滑剂和它们的结合。这种其他添加剂可如本领域公知的那样在该工艺的不同步骤中加入。

本发明将通过以下非限定性实施例进一步说明。

测试方法

用以下方法测量用于表征本发明单纤维的性能：

强度在 Instron 拉伸试验机 (ASTM D76) 上测量，该试验机上装有两个夹具，将纱线夹持在 10 英寸 (25.4cm) 的量规长度上。将每英寸试样加 3 捻 (1.2 捻/cm)，然后用夹具以 10 英寸/分钟 (25.4cm/分钟) 的应变率牵拉纱线。用测力传感器记录数据，得到应力 - 应变曲线。强度是断裂力除以纱线纤度，用克/旦或厘牛顿/分特 (厘牛顿/分特 = 克/旦 $\times (100/102) \times (9/10)$) 表示。用百分数表达的断裂伸长率是断裂时试样长度的变化除以其原始长度。Instron 测量在 21°C (± 1 °C) 和 65% 相对湿度下进行。纤度是通过测量 9000m 长度的重量 (克) 获得的试样的线密度 (分特是纤度乘以因子 10/9)。强度和伸长率测量方法一般依据 ASTM D2256。

纱线线密度 (用旦或分特表达) 的均匀性通过反复称量特定长度的纱线，并比较代表性数量的试样来确定。纱线的线密度通过本领域普通技术人员公知的“切断并称重”方法测量。在该方法中，从纱线卷装上切取特定长度 (L) 的纱线，例如 30 米纱线并称重。纱线试样的重量 (W) 用克表示。重量与长度之比 (W/L) 乘 9000 米纱线表示旦。

作为选择, 用 W/L 乘 10000 米纱线表示分特。切断和称重过程一般重复 8 次。从单个纱线卷装上进行 8 次测量的平均值称为“沿端 (along end)” 纤度均匀性。用澳地利的 LENZING TECHNIK, GmbH&Co. KG 提供的自动测试装置 ACW400/DVA 进行该测量。ACW400/DVA 仪器是根据切断和称重方法测量单纤维纱的旦/分特和均匀性的全自动测量系统。LENZING TECHNIK ACW400/DVA 仪器包括提供自动测量被本领域称为“纤度散布”的纤度变化的纤度变化配件 (DVA)。这里的纤度散布测量都是根据 LENZING TECHNIK 针对 ACW400 的纤度变化配件模块提供的方法进行的。

用根据 ASTM D 789 的标准方法测定甲酸溶液中的聚合物相对粘度 (RV)、熔点和含湿量。

此处所用的 ASTM 测试方法 D5104-96 是单纤维收缩率 (单纤维测试) 的标准方法。

单根单纤维的双折射用偏光显微镜和倾斜补偿器技术测定。以下公式 Eq. 1 定义了双折射:

$$\text{双折射} = \text{延迟 (波长 nm)} / \text{试样厚度 (nm)} \quad \text{Eq. 1}$$

纤维的厚度用 Watson Image Sheering Eyepiece 和显微镜测量。测量出的纤维图像从一侧向另一侧转向并校准得到厚度测量。延迟通过在纤维一端切 45° 楔来测量。干涉级数或延迟带在它们从楔的最薄端向楔的最厚部分或纤维中心传播时计数。该测量在采用插入光路中的 1/4 波片 (546 纳米波长的 1/4) 的交叉偏振器中进行, 纤维垂直于该 1/4 波片的延迟方向排列。因为对每个延迟带计数, 纤维中心显示的带部分必须用分析仪补偿。该分析仪旋转至中心带补偿和角度已被记录为止。角度 (小于 180°) 代表部分延迟带 (在 546 纳米处)。将延迟带和用分析仪测量的最后一个的部分的总数转换成路径差 (nm)。

作为选择, 可用 US 5141700 (Sze) 的第 5 栏 23 行开始至第 6 栏中详细公开的 Senarmont 补偿方法获得相同的双折射数据。从根本上说, 双折射法要求测量与双折射的单纤维有关的偏振光的两个波之间的路径差。该路径差除以单纤维直径 (微米) 即是双折射的定义。

实施例

比较例 A

将从 DuPont, Canada 商购的尼龙 6,6 聚合物薄片 (38 相对粘度) 用基本不含氧气的干燥氮气进行固相聚合, 以提高聚合物分子量。将该聚合物送至螺杆熔化器中挤出。然后将熔融聚合物引入单纤维纺丝组件, 并在挤出到具有 34 个毛细管的纺丝板 (或喷丝板) 之前过滤。该喷丝板可形成 34 根单股单纤维。这些单纤维在采用图 1 所示的横流骤冷和纺丝拉伸联用的装置中用空气骤冷。将该单纤维用传统整理润滑剂会聚成纱线, 并通过辊表面速度为 651 米/分钟、辊表面温度 50℃ 的喂料辊组件 70 输送。然后将纱线喂入到辊表面温度 170℃、表面速度为喂料辊速度 2.6 倍的第一拉伸辊对 80 中。然后将纱线喂入辊表面温度 215℃ 的第二拉伸辊对 100 中, 它提供了 2800 米/分钟的总体速度, 等于喂料辊速度 4.3 倍的拉伸比。在该比较例中不使用热管 90。将该 34 头单纤维纱在速度差为 7.1% 的牵拉辊 110 和 120 上松弛, 并以 2587 米/分钟的速度卷绕成纱线卷装 140。所得 110 旦的纱线 (34 头单纤维) 具有 8.8 克/旦 (7.8 厘牛顿/分特) 的强度、18% 的断裂伸长率和 6.6% 的热空气收缩率。测量的纱线相对粘度 (RV) 为 70。

实施例 1

将与比较例 A 所用相同的尼龙 6,6 聚合物薄片熔融挤出, 并在进入图 4 所示纺丝组件 400 之前用与比较例 A 相同的方式处理。该聚合物通过喷丝板挤出形成 34 头单纤维。将新挤出的单纤维在用图 3 所示气流骤冷装置和图 4 所示联用的多级拉伸辊组件中用空气中骤冷。不使用热管 475 (图 4)。

参考图 3, 骤冷屏 345 的直径 D_1 为 4.0 英寸 (10.2cm), 骤冷屏长度 B 为 6.5 英寸 (16.5cm); 骤冷延迟高度 A 为 6.6 英寸 (16.8cm); 骤冷连接管 355 的高 C_1 为 5.0 英寸 (12.7cm); 骤冷连接管直径 D_2 为 1.5 英寸 (3.8cm); 连接圆锥 325 高 (C_2) 为 4.8 英寸 (12.2cm); 管 330 高 (C_3) 为 15 英寸 (38cm)。

从 Eq. 2 获得的气流速度与喂料辊 465 速度 (图 4) 之比为 1.02 英尺/分钟 (31cm/分钟)。

比值 = (管 C_3 出口的气流速度) / (喂料辊 465 的表面速度)
Eq. 2

其中管 330 (图 3) 出口处的气流速度等于测量的体积空气流量除

以管 330 的截面积或 $\pi D_3^2/4$ 。然后针对由于气流骤冷单元中总体空气温度升高引起的空气密度降低来校正该比值。

整理剂在 450 (图 4) 处涂覆, 并用位于给油辊 450 下游的猪尾形导纱钩 455 将单纤维会聚成纱线。通过喂料辊组件 465 将纱线输送到第一拉伸辊对 470。喂料辊组件 465 具有 1087 米/分钟的表面速度和 50℃ 的表面温度。第一拉伸辊对 470 的辊表面温度为 170℃。表面速度是喂料辊速度的 3.2 倍。

然后使单纤维越过本实施例未使用的热管 475 送至第二拉伸辊对 480。表面温度 212℃、表面速度 5000 米/分钟的拉伸辊 480 提供 4.6 的总拉伸比。总拉伸比通过拉伸辊 480 的表面速度除以喂料辊 465 的表面速度来计算。该 34 头单纤维纱在 485 处以 7.4% 的速度差松弛, 并以 4600 米/分钟的速度卷绕。所得 110 旦的纱线具有 9.1 克/旦 (8.0 厘牛顿/分特) 的强度、20.6% 的断裂伸长率和 6.7% 的热空气收缩率。测量的纱线 RV 为 70。

实施例 2

使用图 4 布置的纺丝机, 处理比较例 A 所用的相同尼龙 6,6 聚合物薄片, 熔融挤出并输送到纺丝组件 410, 通过喷丝板挤出形成 34 头单纤维。将新挤出的单纤维 420 在根据本发明采用图 3 所示气流骤冷装置的空气中骤冷。使用图 4 所示的联用多级拉伸辊和热管 475 工艺。参考图 3, 骤冷屏 345 的直径为 4.0 英寸 (10.2cm), 骤冷长度 B 为 8.1 英寸 (20.6cm); 骤冷延迟高度 A 为 6.6 英寸 (16.8cm); 骤冷连接管 355 高 C_1 为 5.0 英寸 (12.7cm); 连接管 355 的直径 D_2 为 1.5 英寸 (3.8cm); 连接圆锥 325 高 C_2 为 4.8 英寸 (12.2cm); 骤冷管 330 的管高 C_3 为 15 英寸 (38cm); 气流速度与喂料辊组件速度之比为 1.05。在 450 处涂覆整理润滑剂, 在 455 处将单纤维会聚成纱线。通过喂料辊组件 465 将纱线 460 输送到第一拉伸辊对 470。喂料辊组件 465 的表面速度为 1064 米/分钟, 辊表面温度为 50℃。第一拉伸辊对 470 的辊表面温度为常温, 辊表面速度是喂料辊速度的 2.7 倍。

然后使单纤维与热管 475 接触, 该热管与 US 4880961 中公开的热管相同。纱线螺旋前进并与热管摩擦接触, 并围绕内部加热的热管包裹一圈半。拉伸辅助单元热管 475 的表面温度为 181℃。然后将纱线送

至辊表面温度 215℃的第二拉伸辊对 480。总拉伸比为喂料辊 465 表面速度的 4.7 倍，第二拉伸辊组件 480 的表面速度为 5000 米/分钟。该 34 头单纤维纱在松弛辊组件 485 处以 7.0%的速度差松弛，并以 4615 米/分钟的速度卷绕成纱线卷装 495。拉伸的 110 旦（122 分特 - 34 头单纤维）的纱线具有 9.8 克/旦（8.6 厘牛顿/分特）的强度、16.3%的断裂伸长率和 7.3%的热空气收缩率。测量的纱线甲酸 RV 为 70。

实施例 3

使用图 4 所示的联用挤出和拉伸装置，按照与实施例 2 相同的方式，熔融挤出和处理含有 1%（重量）锐钛矿形式的二氧化钛的 38RV 的尼龙 6,6 聚合物薄片（HOMBITAN® LO-CR-S-M, Sachtleben Chemie GmbH, Duisburg, Germany）。用相同的纺丝组件和喷丝板形成 34 头单纤维。将新挤出的单纤维在采用图 3 所示气流骤冷装置的空气中骤冷。气流骤冷装置的测量与实施例 2 相同。管 330（图 3）中的空气速度与喂料辊组件 465 速度之比为 1.1。如上所述，在 450 处涂覆整理润滑剂，通过导纱钩 455 将单纤维会聚成纱线。喂料辊组件 465 将纱线输送到第一拉伸辊对 470。喂料辊 465 的表面速度为 1087 米/分钟，辊表面温度为 50℃。第一拉伸辊对 470 的辊表面温度为常温，表面速度是喂料辊速度的 2.7 倍。纱线前进到实施例 2 中的热管。纱线螺旋前进并与热管摩擦接触，并围绕内部加热的热管包裹一圈半。拉伸辅助单元 475 的表面温度为 181℃。然后将纱线送至表面速度为 5000 米/分钟、辊表面温度 215℃的第二拉伸辊对 480，以提供喂料辊速度 4.6 倍的总拉伸比。该 34 头单纤维纱用松弛辊组件 485 以 6.5%的速度差松弛，并以 4645 米/分钟的速度卷绕成卷装 495。所得 110 旦（122 分特 - 34 头单纤维）的纱线具有 8.7 克/旦（7.7 厘牛顿/分特）的强度、17.6%的断裂伸长率和 7.1%的热空气收缩率。测量的纱线甲酸 RV 为 78。

比较例 B

使用图 1 的联用纺丝和多级拉伸装置熔融挤出与实施例 1 中所用相同的 38RV 尼龙 6,6 聚合物薄片。纺丝组件 20 包含有 34 个毛细管的喷丝板，并纺出 34 头单纤维。每根单纤维在多级拉伸后的细度为 6

旦(6.6分特)。根据现有技术公知的方法用横流骤冷空气40将单纤维(图1中的30)冷却并固化。在50处涂覆整理润滑剂,将单纤维会聚成纱线。通过圆周速度为560米/分钟、辊表面温度为50℃的喂料辊组件70将纱线60输送到第一拉伸辊对80。第一拉伸辊对80的辊表面温度为170℃,表面速度是喂料辊速度的3.0倍。不使用热管90。然后将纱线喂入辊表面温度215℃的第二拉伸辊对100,它提供5倍于喂料辊速度的总拉伸比或2800米/分钟的速度。然后将该34头单纤维纱以8.0%的速度差松弛,并以2562米/分钟的速度卷绕。拉伸后的210旦(233分特)的纱线具有9.4克/旦(8.3厘牛顿/分特)的强度、17.5%的断裂伸长率和6.7%的热空气收缩率。测量的纱线甲酸RV为70。

实施例4

采用图4的气流骤冷的纺丝和拉伸联用装置(没有热管475),在到达纺丝组件前像比较例A那样处理尼龙6,6聚合物,并通过喷丝板熔融挤出形成34头单纤维。将新挤出的单纤维在采用图3所示本发明的气流骤冷装置和图4所示的联用多级拉伸辊组件的气流中骤冷。

参考图3,骤冷屏345的直径为4.0英寸(10.2cm),骤冷高度B为6.5英寸(16.5cm);骤冷延迟高度A为6.6英寸(16.8cm);骤冷连接管355高C₁为12.5英寸(31.7cm);连接管直径D₁为1.5英寸(3.8cm);连接圆锥325高C₂为4.8英寸(12.2cm),骤冷管330高C₃为15英寸(38cm)。骤冷管330中的气流速度与喂料辊组件465(图4)的速度之比为0.87。

在450处涂覆整理润滑剂,在455处将单纤维420会聚成纱线。通过喂料辊465将纱线460输送到第一拉伸辊对470。该喂料辊具有1042米/分钟的圆周速度和50℃的辊表面温度。第一拉伸辊对470的辊表面温度为170℃,表面速度是喂料辊速度的2.8倍。然后越过热管475将纱线送至辊表面温度为220℃的第二拉伸辊对480。该第二拉伸辊480提供了4.8倍于喂料辊速度或5000米/分钟的总拉伸比。该34头单纤维纱以7.0%的速度差松弛,并通过松弛辊组件485以4620米/分钟的速度卷绕。拉伸后,该210旦(233分特-34头单纤维)纱线具有10.0克/旦(8.8厘牛顿/分特)的强度、17.9%的断裂伸长率和6.8%的热空气收缩率。测量的纱线甲酸RV为70。

实施例 5

采用图 4 的具有热管(拉伸辅助部件 475)的气流骤冷的联用纺丝和拉伸装置,在到达纺丝组件前像比较例 A 那样处理尼龙 6,6 聚合物,并通过喷丝板熔融挤出形成 34 头单纤维。将新挤出的单纤维在采用图 3 所示本发明的气流骤冷装置和图 4 所示的联用多级拉伸辊组件的气流中骤冷。

参考图 3,骤冷屏 345 的直径为 4.0 英寸(10.2cm),骤冷高度 B 为 6.5 英寸(16.5cm);骤冷延迟高度 A 为 6.6 英寸(16.8cm);骤冷连接管 355 高 C_1 为 12.5 英寸(31.7cm);连接管直径 D_1 为 1.5 英寸(3.8cm);连接圆锥 325 高 C_2 为 4.8 英寸(12.2cm),骤冷管 330 高 C_3 为 15 英寸(38cm)。骤冷管 330 中的气流速度与喂料辊组件 465 (图 4)的速度之比为 1.12。

先在 450 处涂覆整理润滑剂,在导纱钩 455 处将单纤维会聚成纱线。通过喂料辊组件 465 将纱线输送到第一拉伸辊对 470,然后送至拉伸辅助部件 475。该喂料辊组件 465 具有 1087 米/分钟的表面速度和 50℃的辊表面温度。第一拉伸辊对 470 的辊表面温度为室温,表面速度是喂料辊速度的 2.8 倍。纱线螺旋前进并与拉伸辅助部件 475 摩擦接触,并围绕内部加热热管包裹一圈半。该拉伸辅助部件 475 的表面温度为 181℃。

然后将纱线送至辊表面温度为 215℃、提供了至少 5 倍于喂料辊速度或约 5000 米/分钟的总拉伸比的第二拉伸辊对 480。该 34 头单纤维纱以 6.5%的速度差用松弛辊组件 485 松弛,并以 4630 米/分钟的速度卷绕成纱线卷装 495。拉伸后,所得 210 旦(233 分特-34 头单纤维)纱线具有 9.9 克/旦(8.7 厘牛顿/分特)的强度、18%的断裂伸长率和 7.9%的热空气收缩率。测量的纱线甲酸 RV 为 70。

比较例 C

干燥含有约 0.1%碘化铜的 60RV 尼龙 6,6 聚合物薄片(来源: E. I. du Pont de Nemours, Waynesboro, Virginia)并像比较例 A 那样熔融挤出。在该比较例中采用现有技术的使用横流骤冷系统(图 2 中的 230)的熔融挤出和联用的多级拉伸组件。纺丝板(包含在纺丝组

件 210 中) 有 34 根毛细管。制备 34 头单纤维复丝。将该纱线在 240 上抹油并会聚成纱线, 然后通过表面温度 60℃ 的喂料辊 260 向前输送。第一级拉伸辊对 270 的表面温度为 170℃。第二级拉伸辊对 275 的表面温度为 215℃。未使用图 2 中的任选拉伸辊组件 280。纱线纺丝速度由辊组件 275 的表面速度决定。以 3 个不同纺丝速度、3 个最大拉伸比 (辊 275 速度除以辊 260 速度) 和由辊组件 285 和络纱机 295 提供的相关纺丝速度松弛率百分比制备公称纤度为每丝 6 旦 (6.7 分特) 的纱线。测量的纱线甲酸 RV 为 60。每种纺丝速度试验下的强度和断裂伸长率见表 1。

表 1 中的这些值相当于现有技术横流骤冷的限值。最好的说明是不中断基本工艺可获得的最大拉伸比降低, 例如纺丝速度提高时断裂单纤维的程度高。由于不能采用较高的拉伸比, 纺丝速度提高时可实现的纱线强度降低。

表 1

比较例 C			
纺丝速度 (图 2 中辊 275 的表面速度, 米/分钟)	2660	3660	4655
拉伸比 (275 的速度/260 的速度)	5.5	4.5	2.5
强度, 克/旦 (厘牛顿/分特)	8.9 (7.8)	8.5 (7.5)	6.6 (5.8)
断裂伸长率, %	15.0	14.9	19.6
辊 285 的松弛率, %	6.6	5.2	0.1

实施例 6

干燥含有约 0.1% 碘化铜的 60RV 尼龙 6,6 聚合物薄片 (来源: E. I. du Pont de Nemours, Waynesboro, Virginia) 并像比较例 A 那样熔融挤出。使用采用图 3 中描述的气流骤冷系统的图 5 的熔融挤出和多级拉伸联用组件纺丝并拉伸 34 头单纤维纱。纺丝组件 510 中包含的纺丝板有 34 根毛细管。采用具有表 2 中给出尺寸的气流骤冷组件 (图 3)。将该纱线在气流骤冷后在 530 上抹油并通过猪尾形导纱钩 535 会聚成复丝纱。纱线通过表面温度 60℃ 的喂料辊组件 540 输送到

两级拉伸辊组件。第一级拉伸辊 545 的表面温度为 170℃，第二级拉伸辊 550 的表面温度为 215℃。以 3 种不同纺丝速度制备 210 旦（233 分特 - 34 头单纤维）纱线。总拉伸比等于辊 550 的速度除以辊 540 的速度，络纱机处速度的松弛率百分比在表 2 中给出。测量的纱线甲酸 RV 为 60。

每种纺丝速度试验下的强度和断裂伸长率示于表 2。如比较例 C，拉伸比是由工艺连续性，例如过量的断裂单纤维所允许的最大拉伸比。

表 2

实施例 6			
纺丝速度（图 5 中的辊组件 550）	2660 米/分钟	3660 米/分钟	4660 米/分钟
A, 骤冷延迟高度	20.3cm	20.3cm	20.3cm
B, 骤冷屏高度	15.2cm	15.2cm	15.2cm
C ₁ , 连接管高度	20.3cm	20.3cm	20.3cm
C ₂ , 连接圆锥高度	12.2cm	12.2cm	12.2cm
C ₃ , 管高度	38.1cm	38.1cm	38.1cm
D ₁ , 骤冷屏直径	10.2cm	10.2cm	10.2cm
D ₃ , 1.5 英寸 (3.8cm) 的管直径	3.8cm	3.8cm	3.8cm
空气速度与喂料辊 (540) 速度之比, Eq. 1	0.97	1.1	0.88
拉伸比, 辊 550 速度/辊 540 速度	5.8	5.5	4.7
强度, 克/旦 (厘牛顿/分特)	9.5 (8.4)	9.3 (8.2)	8.6 (7.6)
断裂伸长率, %	16.2	15.2	17.3
松弛, 辊 550 到辊 560 的速度变化%	6.4	5.5	0.9

用气流骤冷纺丝拉伸联用系统制造高拉伸纱的实施例 6 引入注目地表明，气流骤冷纺丝方法的效果超过了比较例 C 中现有技术的横流

骤冷。在所用的两种最低纺丝速度 2660 和 3660 米/分钟下，对于横流骤冷（表 1）和气流骤冷（表 2）的纱线强度和断裂伸长率不同。这种差别是由于气流骤冷的纱线能拉伸到较高的拉伸比，而不会在纺单纤维时断裂，即损失了工艺连续性。

横流骤冷的纱线（表 1）在 3660 米/分钟下的拉伸程度较低，因为单纤维断裂中断了纺丝连续性。在最高的纺丝速度 4660 米/分钟下比较（见表 1 和 2），用气流骤冷能获得高得多的拉伸比而不会使单纤维断裂。这种拉伸比能制备比用横流骤冷组件纺的纱强度高的纱线。

比较例 D

干燥来自 E. I. du Pont de Nemours and Co., Waynesboro, Virginia 的含有约 0.1%碘化铜抗氧化剂的 60RV 尼龙 6,6 聚合物薄片，并像采用现有技术横流骤冷系统的图 2 所示用纺丝机熔融挤出。纺丝组件 210 包含 34 孔喷丝板。喂料辊 260 表面温度为常温。未使用第一级拉伸辊 270 和第二级拉伸辊 275。纱线从喂料辊组件 260 出来后立即收拢。用 4 种不同喂料辊纺丝速度和 4 种不同的每纺丝孔每分钟的质量流量通过量制备 4 种纱线。这些条件都使单纤维纤度在所有速度与通过量结合的喂料辊上保持恒定。纱线不拉伸。测量的所纺制纱线的甲酸 RV 为 60。测量纱线试样的双折射。

实施例 7

将与比较例 D 相同的聚合物挤出到图 5 所示本发明的联用纺丝拉伸单纤维纺丝机中。采用比较例 D 的试验条件，但将骤冷装置从横流变成气流骤冷（如图 3）。在喂料辊组件 540 后直接集束气流骤冷的 34 头单纤维纱。测量在与比较例 D 所用相同的 4 种喂料辊速度和每个纺丝孔的质量通过量条件下制备的纱线的双折射。结果示于表 3。

比较表 3 中给出的本发明实施例 7 和比较例 D 的结果清楚地表明气流单纤维骤冷超过现有技术的横流骤冷系统的优点。对于比较例 D，在每种喂料辊速度和聚合物产量下测量的单纤维双折射都高于相同条件下对于气流骤冷测量的双折射。气流骤冷纱线的双折射指示了较低取向的聚合物，即能进一步拉伸并变成更高取向的聚合物。更高取向聚合物的拉伸纱将具有比低取向聚合物的拉伸纱更高的强度和更低的断裂伸长率。在喂料辊上集束的气流骤冷单纤维具有一贯低于横流骤

冷单纤维的双折射。事实上，以最高纺丝速度集束的气流骤冷单纤维的双折射仅比以最低纺丝速度集束的横流骤冷纱线的双折射高约18%。由于气流骤冷单纤维在骤冷过程中的取向很低，即使在较高的纺丝速度下也如此，因此用气流骤冷也可能获得较高生产率的纺丝和机械拉伸方法。

表 3

每个喷丝板孔 的通过量 (g/min)	喂料辊速度 (米/分钟)	比较例 D 对横流骤冷的 双折射	实施例 7 对气流骤冷的双 折射
1.69	532	0.00975	0.00211
2.32	732	0.01323	0.00448
3.05	960	0.01688	0.01027
3.81	1200	0.01982	0.01152

比较例 E

干燥来自 E. I. du Pont de Nemours and Co., Waynesboro, Virginia 的含有约 0.1%碘化铜抗氧化剂的 60RV 尼龙 6,6 聚合物薄片，并像上述实施例中那样熔融挤出到图 2 所示具有两个联用拉伸段的纺丝机中。采用现有技术的横流骤冷装置。纺丝组件包含 34 孔喷丝板冲模，并制备 34 头单纤维纱。纱线 250 通过表面温度 60℃ 的喂料辊 260 输送。第一级拉伸辊 270 表面温度为 170℃，第二级拉伸辊 275 表面温度为 215℃。用 3 种不同纺丝速度（拉伸辊组件 275 的速度）和总拉伸比（辊 275 除以喂料辊 260 的速度比）制备 210 标称纤度（233 分特 - 34 头单纤维）纱线。测量的纱线甲酸 RV 为 60。每种纺丝速度试验下的纱线强度示于表 4。

比较例 F

干燥与比较例 E 相同的 60RV 尼龙 6,6 聚合物薄片，并熔融挤出到图 2 所示具有 3 个联用的拉伸段的纺丝机中。采用相同的现有技术横流骤冷系统。喂料辊 260 表面温度为 60℃。第一拉伸辊 270、第二拉伸辊 275 和第三级拉伸辊 280 的表面温度分别为 170℃、230℃ 和 230℃。包含在纺丝组件 210 中的纺丝板有 34 个孔，并用 3 种不同纺丝速

度(最高速度拉伸辊 280 的速度)和总拉伸比(辊 280 除以喂料辊 260 的速度比)制备 34 头单纤维纱(210 旦或 233 分特-34 头单纤维)。测量的纱线甲酸 RV 为 60。每种纺丝速度试验下的纱线强度示于表 4。

表 4

	纺丝速度 2660 米/分钟	强度, 克/旦 (厘牛顿/分特)	纺丝速度 3660 米/分钟	强度, 克/旦 (厘牛顿/分特)	纺丝速度 4660 米/分钟	强度, 克/旦 (厘牛顿/分特)
比较例 E 横流; 2 级拉伸	拉伸比=5.5	9.5 (8.4)	拉伸比=4.3	8.6 (7.6)	拉伸比=2.6	6.0 (5.3)
比较例 F 横流; 3 级拉伸	拉伸比=5.5	9.5 (8.4)	拉伸比=4.7	8.8 (7.8)	拉伸比=3.0	7.7 (6.8)

实施例 8

在本发明的本实施例中, 将与比较例 E 和 F 中所用的相同的 60RV 尼龙 6,6 聚合物薄片干燥, 并熔融挤出到采用图 3 所示气流骤冷系统的图 5 所示的联用纺丝拉伸机中。仅采用两个拉伸段, 越过辊组件 555。纺丝组件 510 中所含的纺丝板有 34 个孔。在纤维给油辊 530 处给单纤维 515 抹油, 并在猪尾形导纱钩 535 处会聚成 34 头单纤维纱。通过运行在 60℃表面温度下的喂料辊 540 将该纱线输送到联用的 1 对拉伸段。第一级拉伸辊 545 和第二级拉伸辊 550 的表面温度分别为 170℃和 215℃。以 3 种不同的纺丝速度(纺丝速度是辊组件 550 的速度)和总拉伸比(总拉伸比为辊 550 的速度除以辊 540 的速度)制备 3 种 210 旦(233 分特-34 头单纤维)的纱线。将纱线以等于辊组件 560 与 550 的速度差除以辊组件 550 的速度的量的速度差松弛。测量的纱线甲酸 RV 为 60。

每种纺丝速度试验下的纱线性能示于表 5。

实施例 9

用同样的聚合物, 并采用图 5 的装置的纺丝板和 3 级拉伸辊(包

括辊组件 555), 重复实施例 8。第一级拉伸辊 545、第二级拉伸辊 550 和第三级拉伸辊 555 的表面温度分别为 170℃、230℃和 230℃。以 3 种不同的纺丝速度(纺丝速度是辊组件 555 的速度)和总拉伸比(总拉伸比为辊 555 的速度除以辊 540 的速度)制备 3 种 210 旦(233 分特-34 头单纤维)的纱线。将纱线以等于辊组件 560 与 555 的速度差除以辊组件 555 的速度的量的速度差松弛。测量的纱线甲酸 RV 为 60。每种纺丝速度试验下的纱线性能示于表 5。

表 5

	纺丝速度 2660 米/ 分钟	强度, 克/ 旦(厘牛顿/ 分特)	纺丝速度 3660 米/分钟	强度, 克/ 旦(厘牛顿/ 分特)	纺丝速度 4660 米/ 分钟	强度, 克/ 旦(厘牛 顿/分特)
实施例 8 气流骤冷; 2 级拉伸	拉 伸 比 =6.0	9.6 (8.5)	拉伸比=5.2	9.2 (8.1)	拉 伸 比 =4.8	8.3 (7.3)
实施例 9 气流骤冷; 3 级拉伸	拉 伸 比 =6.4	10.7 (9.4)	拉伸比=5.8	9.9 (8.7)	拉 伸 比 =5.2	9.3 (8.2)

表 4 和 5 的数据表明, 与现有技术横流骤冷系统与联用的纺丝拉伸方法比较, 气流骤冷系统和联用纺丝拉伸装置能获得更高的生产率。结果, 在由于采用横流骤冷而使断裂单纤维的数量增加, 从而不可能实现的总拉伸比下, 不论拉伸的级数多少, 都能以较高的总纺丝速度制备高强度聚酰胺单纤维纱。

实施例 10

在本实施例中采用图 4 的带有两级拉伸辊联用纺丝拉伸装置, 不用热管 475。将来自 DuPont Canada 的 70RV 尼龙 6,6 聚合物熔融挤出到包含 34 根毛细管喷丝板的纺丝组件 410 中。将该 34 头单纤维用图 3 所示装置进行气流骤冷。单纤维在 450 上抹油并在猪尾导纱钩 455 处会聚成 34 头单纤维纱。通过喂料辊组件 465 将该纱线送至采用拉伸辊组件 470 和 480 并越过热管 475 的两级联用拉伸。纺丝速度(速度最

高的拉伸辊组件 480 的速度) 如表 6 所示从 2660 米/分钟至 6000 米/分钟变化。喂料辊组件 465、第一级拉伸辊 470 和第二级拉伸辊 480 的温度分别为 50℃、170℃和 215℃。拉伸比为辊组件 480 的表面速度与辊组件 465 的表面速度之比。松弛量由辊组件 480 与 485 之间的表面速度差除以辊组件 480 的表面速度给出。在降低聚合物生产量的情况下进行 5000 米/分钟和 6000 米/分钟的试验, 以便提供 110 旦(122 分特 - 34 头单纤维) 纱线, 以代替在较低纺丝速度下提供的 210 旦(233 分特 - 34 头单纤维) 纱线。纱线松弛率(速度降低) 通过在卷绕成纱线卷装 495 前由辊组件 485 提供。纱线卷装卷绕的例外是以 6000 米/分钟纺制的纱线。这些纱线不卷绕, 但被吸入到本领域公知的纱线拉紧装置中。

表 6 概括了制备的 5 种气流骤冷和拉伸纱试样的性能。

在用与本发明实施例 10 中相同的聚合物进行的对比实验中, 拉伸纱用具有图 1 所示的联用的两级拉伸辊组件, 但越过热管 90 的现有技术的横流骤冷装置制备。纺丝板如上所述具有 34 孔。单纤维在 50 处抹油并会聚成 34 头单纤维纱。纱线通过喂料辊组件 70 输送到采用拉伸辊组件 80 和 100 的两级联用拉伸并越过热管 90。纺丝速度(速度最高的拉伸辊组件 100 的速度) 如表 6 所示从 2660 米/分钟至 4200 米/分钟变化。拉伸比为拉伸辊组件 100 与喂料辊组件 70 的表面速度之比。喂料辊组件 70、第一级拉伸辊 80 和第二级拉伸辊 100 的温度分别为 50℃、170℃和 215℃。松弛量由辊组件 120 与 100 之间的表面速度差除以辊组件 100 的速度给出。210 旦(233 分特) 的纱线在用辊组件 120 的速度松弛后卷绕成纱线卷装 140。

表 6 概括了制备的 3 种横流骤冷和拉伸纱试样的性能。

表 6

骤冷 气流 装置	纺丝速度 (米/分 钟)	气流空气速 度与喂料辊 速度之比 (Eq. 1)	拉伸后的纱线 纤度 (34 头单纤维)	强度, 克/旦 (厘牛顿/分 特) 和断裂伸 长率%	拉伸比 (最大)	对减速 辊 120 的松弛 率
横流	2660	...	210	10.6 (9.3) 15.1%	5.6	6.5%
横流	3660	...	210	9.6 (8.5) 17.5%	4.8	3.3%
横流	4200	...	210	8.8 (7.8) 19.9%	3.6	2.6%
气流	2660*	1.20	210	10.4 (9.2) 17.3%	6.0	6.5%
气流	3660*	1.00	210	11.2 (9.9) 15.0%	6.0	4.4%
气流	4200*	1.05	210	10.6 (9.4) 16.3%	5.6	2.6%
气流	5000**	0.88	110	10.2 (9.0) 12.9%	5.6	3.4
气流	6000**	1.12	110	...	5.6	...

*这里的骤冷屏的直径 D_1 为 4.0 英寸 (10.2cm), 骤冷屏高度 B 为 6.5 英寸 (16.5cm); 骤冷延迟高度 A 为 6 英寸 (15.2cm); 骤冷连接管高 C_1 为 12.5 英寸 (31.7cm); 连接管直径 D_3 为 1.5 英寸 (3.8cm); 连接圆锥高 C_2 为 4.8 英寸 (12.2cm); 和管高 C_3 为 15 英寸 (38cm)。

**在这两种情况下, 所有上述参数均相同, 只有骤冷连接管高度 C_1 为 5 英寸 (12.7cm)。

表 6 中的这些结果表明, 本发明的方法可在约 6000 米/分钟的纺丝速度下使用。现有技术采用横流骤冷方式的联用纺丝拉伸方法在仅约 4200 米/分钟的速度下就由于过多的纺丝断裂而不能提供良好的纺丝连续性。在 5000 米/分钟的纺丝速度下, 气流骤冷的联用纺丝拉伸方法仅用 5.6 的机械拉伸比就提供了高强度 (9.0 厘牛顿/分特) 纱线。

现有技术方法以 2660 米/分钟的纺丝速度才能提供大致相同强度的纱线，但要求 6.6 的总最大拉伸比。这些 233 分特、34 头的单纤维纱在性能的平衡上基本相同。然而，本发明的联用纺丝拉伸方法的纱线生产量提高了约 88%。这种生产量的提高是商业上很明显的优点，并优于现有技术的方法。本实施例表明，气流骤冷方式结合联用多级拉伸方法允许较高的纺丝速度和较高的总拉伸比，同时保持高纱线强度和用横流骤冷方式不能实现的百分比提高的纱线的断裂伸长率性能。

比较例 G

在用本发明实施例 10 中采用的相同聚合物进行的另一个比较例中，用图 1 所示联用两级拉伸辊组件的现有技术的横流骤冷装置制备拉伸纱。

在这里越过了热管 90，采用两级联用拉伸辊组件 80 和 100。纺丝速度（辊 100 的表面速度）为 2800 米/分钟，总拉伸比（辊 100 与辊 70 速度之比）为 4.1。拉伸后，所得 110 旦（122 分特 - 34 头单纤维）纱具有 8.3 克/旦（7.3 厘牛顿/分特）的强度和 14% 的断裂伸长率。沿所制备的每种纱线试样长度（“沿端”）的纤度均匀性为 3.7%。

实施例 11

在本发明的实施例中，用与本发明实施例 10 相同的聚合物，用图 3 所示气流骤冷装置和图 4 所示联用两级拉伸辊组件，但没有热管 475，制备拉伸纱。骤冷屏的直径 D_1 为 4.0 英寸（10.1cm）骤冷屏 B 为 6.5 英寸（16.5cm）；骤冷延迟高度 A 为 6.6 英寸（16.8cm）；骤冷连接管高 C_1 为 12.5 英寸（31.8cm）；连接管直径 D_2 为 1.5 英寸（3.8cm），连接圆锥高 C_2 为 4.8 英寸（12.2cm）；和管高 C_3 为 15 英寸（38cm）。由 Eq. 1 给出的空气速度与喂料辊组件速度之比为 1.02。纺丝板有 34 个孔。纺丝速度（辊组件 480 的表面速度）为 5000 米/分钟，总拉伸比（辊 480 与辊 465 速度之比）为 4.6。所得 110 旦（122 分特 - 34 头单纤维）纱具有 8.4 克/旦（7.4 厘牛顿/分特）的强度和 22% 的断裂伸长率。沿所制备的每种纱线试样长度（“沿端”）的纤度均匀性为 1.1%。

将本发明的实施例 11 与比较例 G 比较表明，采用以高速运行的联

用纺丝拉伸工艺的气流骤冷方式实现了优异的沿端纤度均匀性。122分特-34头单纤维纱的强度基本相同，然而制备高均匀性气流骤冷纱线的纺丝生产率比用现有技术骤冷方式制备的纱线高1.7倍。

虽然本发明通过参考特定和优选的实施方案进行了举例说明，但本领域普通技术人员应该承认，可通过本发明的常规试验和实践进行变化和修改。因此，本发明不限于上述描述，而由附属权利要求及其等价物限定。

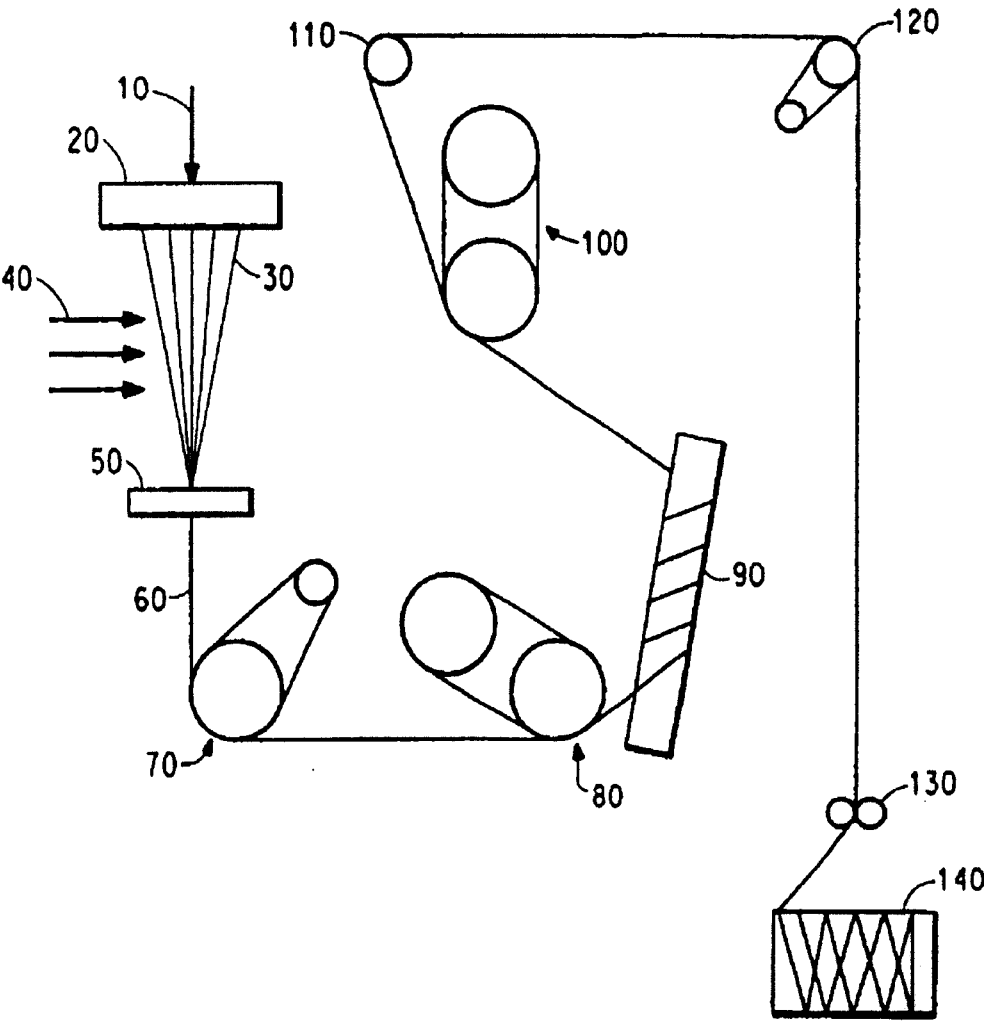


图 1
(现有技术)

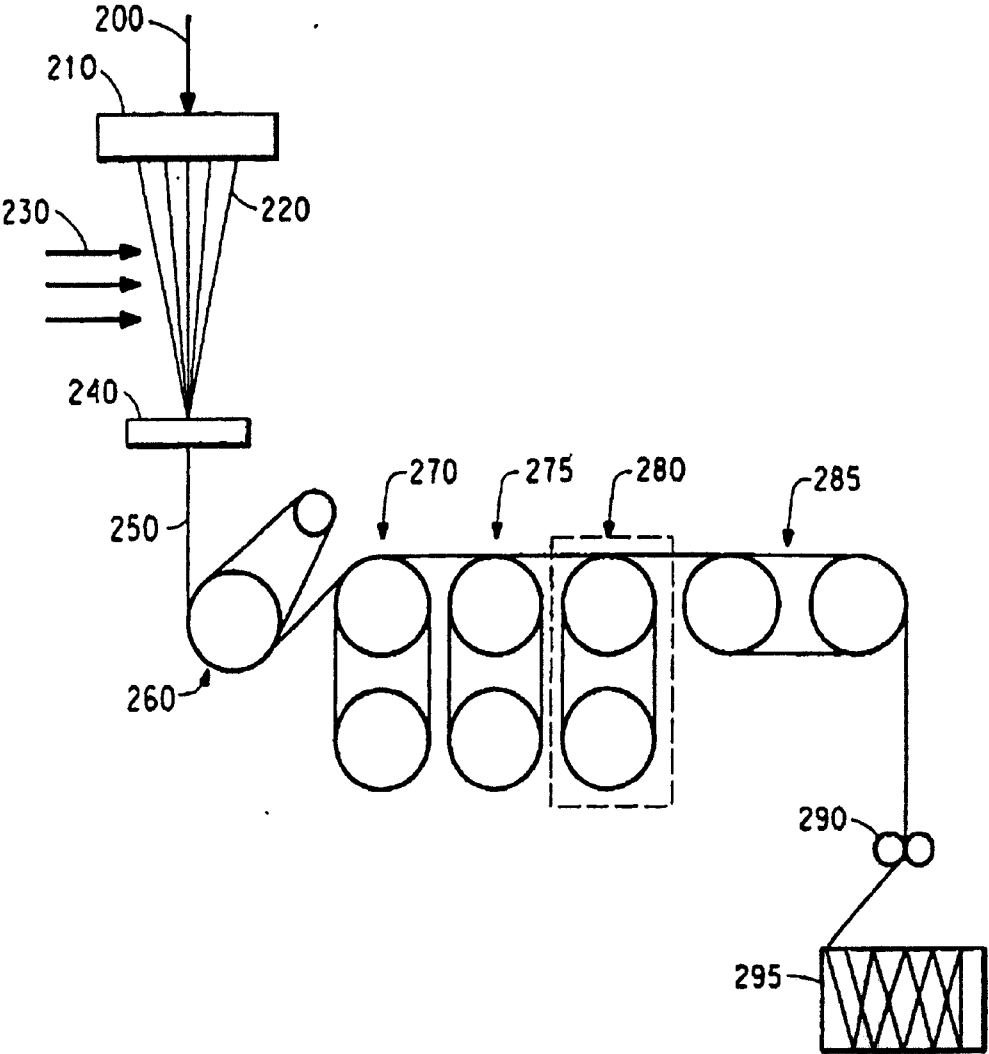


图 2
(现有技术)

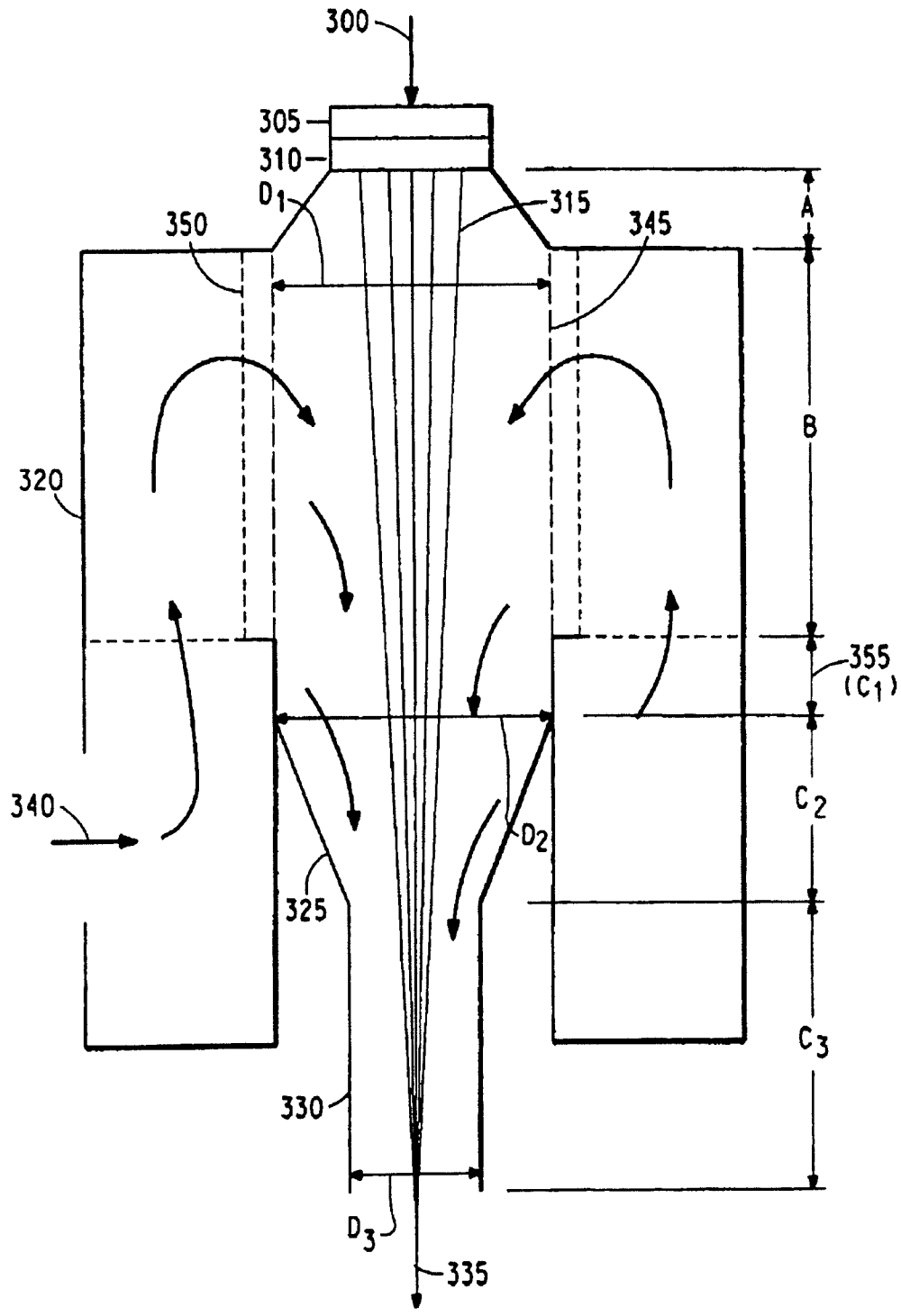


图 3

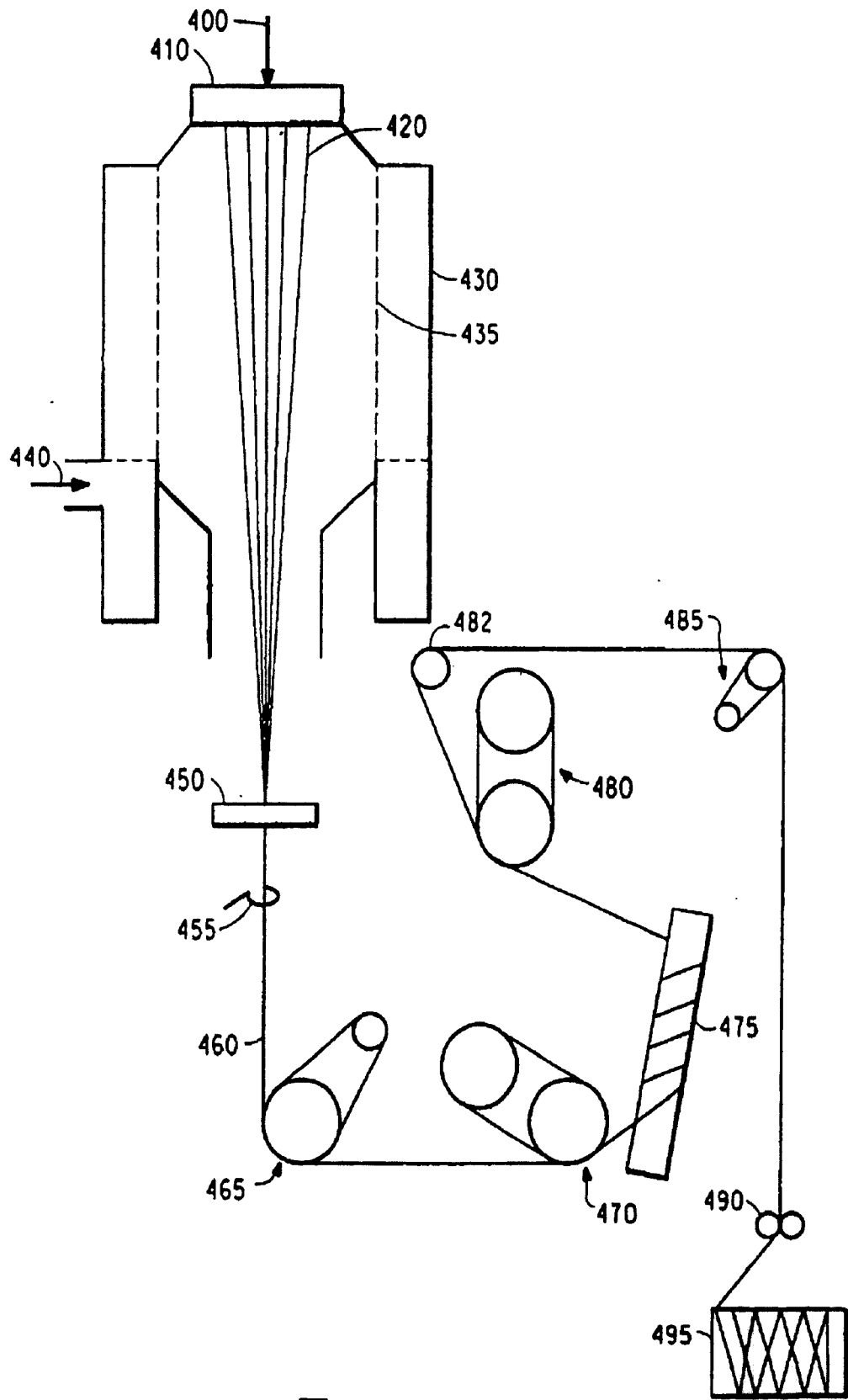


图 4

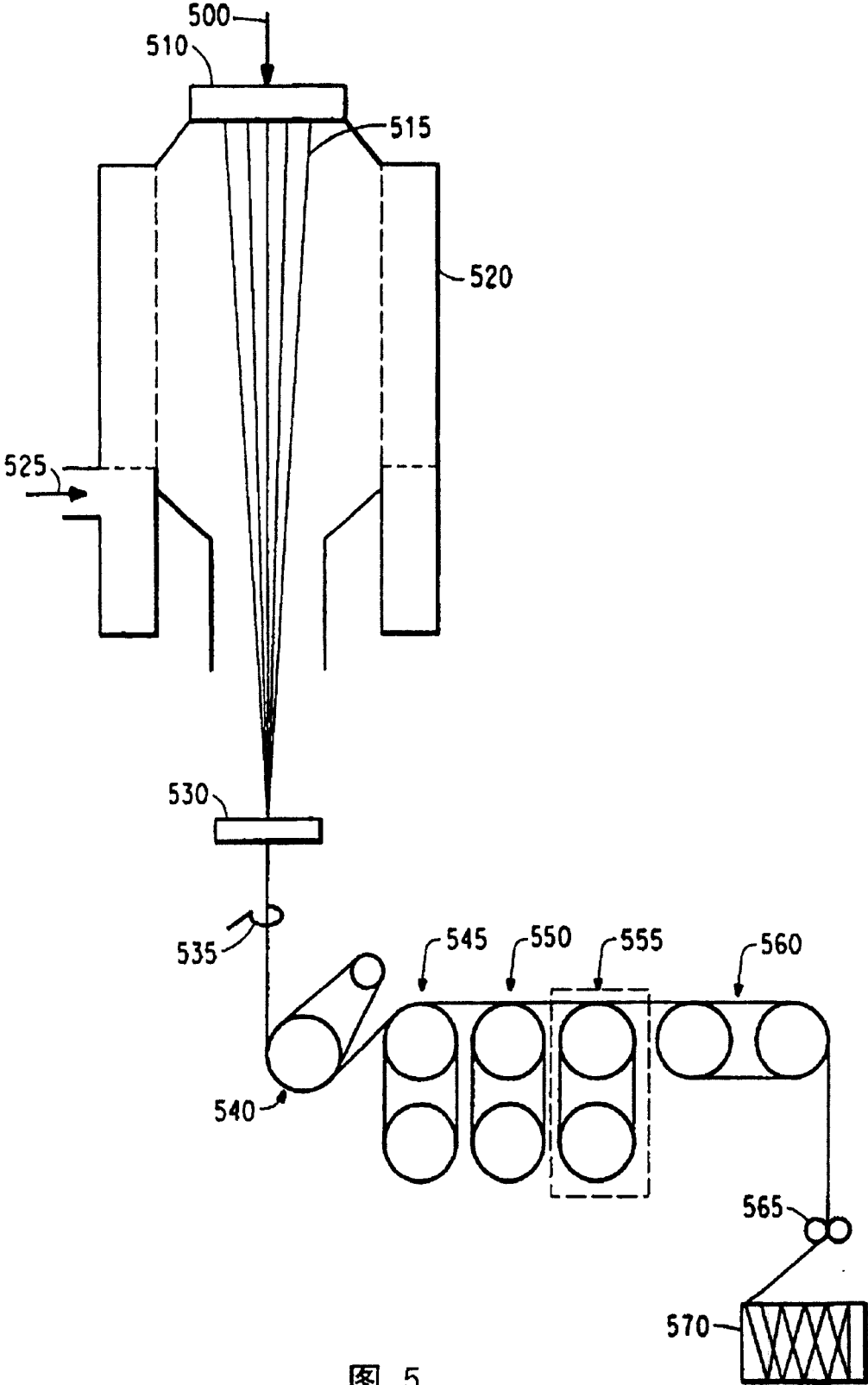


图 5

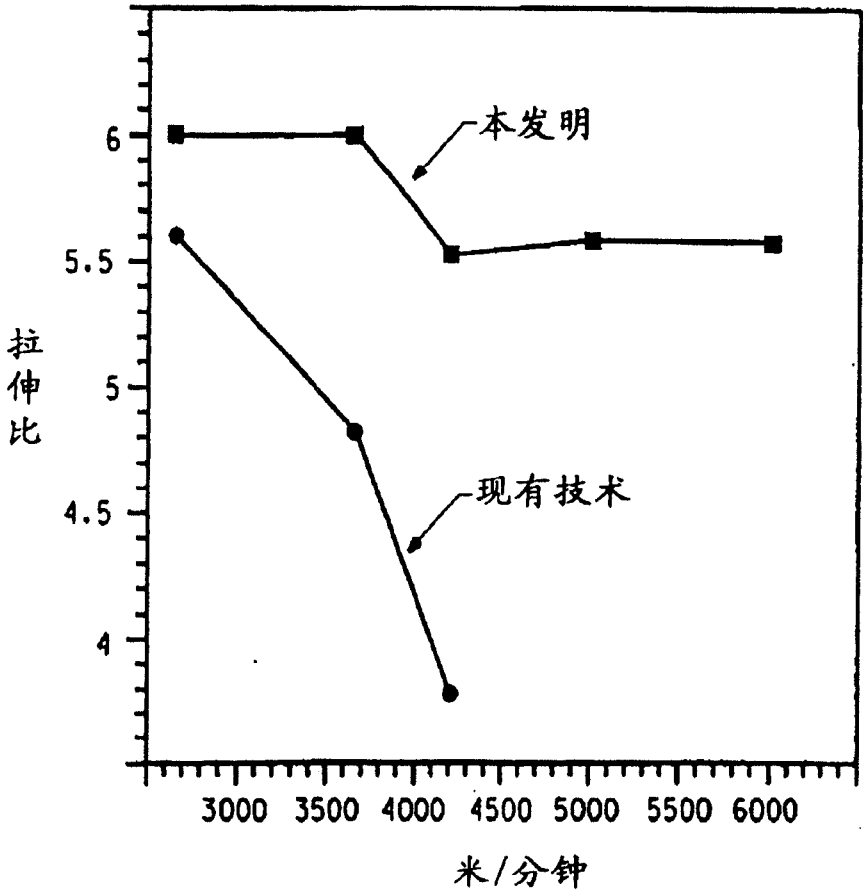


图 6

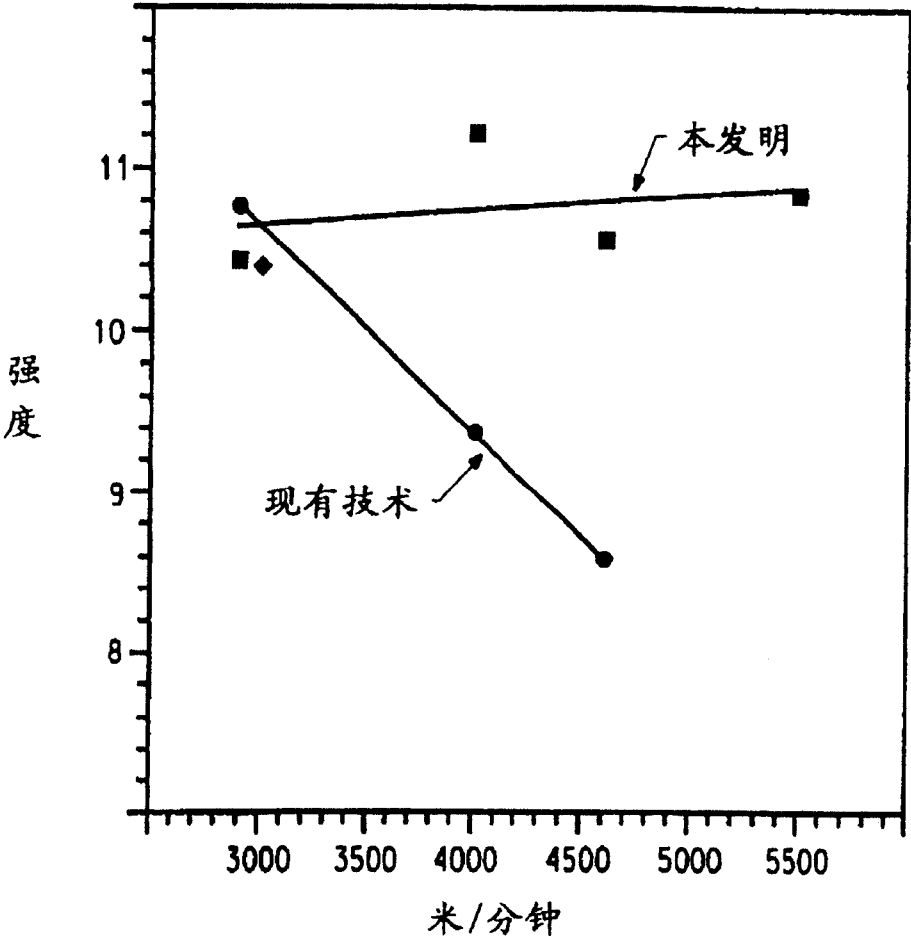


图 7