(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105264128 B
(45)授权公告日 2017.10.17

(21)申请号 201480029335.4

(22)申请日 2014.06.06

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 105264128 A

(43)申请公布日 2016.01.20

(30)优先权数据
61/833985 2013.06.12 US
61/907552 2013.11.22 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2015.11.20

(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/IB2014/062024 2014.06.06

(87)PCT国际申请的公布数据
WO2014/199274 EN 2014.12.18

(73)专利权人 金伯利-克拉克环球有限公司
地址 美国威斯康星州

(72)发明人 V·A·托波尔卡雷夫
R·J·麦克尼尼 N·T·肖勒
M·M·姆莱茨瓦

(74)专利代理机构 北京泛华伟业知识产权代理有限公司 11280
代理人 郭广迅

(51)Int.Cl.
D01F 8/06(2006.01)

审查员 刘丹

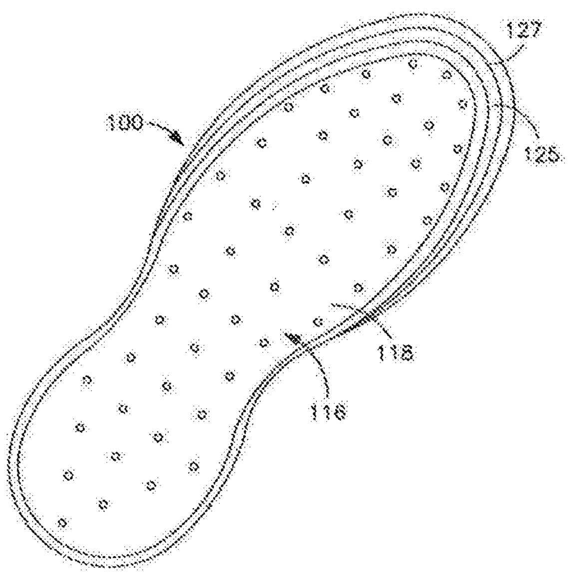
权利要求书2页 说明书27页 附图5页

(54)发明名称

多功能织物

(57)摘要

提供一种包括多孔纤维的织物。所述多孔纤维由包含包括基体聚合物的连续相的热塑性组合物形成。微米包含物添加剂和纳米包含物添加剂也可以离散区域形式的分散在所述连续相中，其中，在所述组合物中限定出多孔网络，所述多孔网络包括多个具有约800纳米或更小的平均横截面尺寸的纳米孔。



1.一种织物,其包括多个多孔纤维,其中,所述纤维由包含包括基体聚合物的连续相的热塑性组合物形成,并且进一步地,其中微米包含物添加剂和纳米包含物添加剂以离散区域的形式分散在所述连续相内,其中,在所述组合物中限定出多孔网络,所述多孔网络包括多个具有约800纳米或更小的平均横截面尺寸的纳米孔,并且其中所述纳米孔占所述纤维的总孔体积的约15vol.%或更多。

2.根据权利要求1的织物,其中,所述织物呈现出约300g/m^2-24小时或更高的水蒸气透过率,约0.02至约0.10瓦特/米-开尔文的热导率,和/或约50厘米或更大的静水压值。

3.根据权利要求1所述的织物,其中,所述微米包含物添加剂是聚合的。

4.根据权利要求3所述的织物,其中,所述微米包含物添加剂包括聚烯烃。

5.根据权利要求4所述的织物,其中,所述聚烯烃是丙烯均聚物、丙烯/α-烯烃共聚物、乙烯/α-烯烃共聚物或其组合。

6.根据权利要求1所述的织物,其中,所述基体聚合物的溶解度参数与所述微米包含物添加剂的溶解度参数之比为约0.5至约1.5,所述基体聚合物的熔体流动速率与所述微米包含物添加剂的熔体流动速率之比为约0.2至约8,和/或所述基体聚合物的杨氏弹性模量与所述微米包含物添加剂的杨氏弹性模量之比为约1至约250。

7.根据权利要求1所述的织物,其中,所述纳米包含物添加剂是聚合的。

8.根据权利要求7所述的织物,其中,所述纳米包含物添加剂是官能化的聚烯烃。

9.根据权利要求7所述的织物,其中,所述纳米包含物添加剂是反应性的。

10.根据权利要求9所述的织物,其中,所述纳米包含物添加剂是聚环氧化物。

11.根据权利要求1所述的织物,其中,所述微米包含物添加剂基于连续相的重量占组合物的约1wt.%至约30wt.%。

12.根据权利要求1所述的织物,其中,所述纳米包含物添加剂基于连续相的重量占组合物的约0.05wt.%至约20wt.%。

13.根据权利要求1所述的织物,其中,所述热塑性组合物还包含界面改性剂。

14.根据权利要求13所述的织物,其中,所述界面改性剂具有在40℃的温度下测定的约0.7至约200厘沲的运动粘度。

15.根据权利要求13所述的织物,其中,所述界面改性剂是疏水的。

16.根据权利要求13所述的织物,其中,所述界面改性剂是硅氧烷、硅氧烷-聚醚共聚物、脂肪族聚酯、芳香族聚酯、亚烷基二醇、链烷二醇、氧化胺、脂肪酸酯或其组合。

17.根据权利要求13所述的织物,其中,所述界面改性剂基于连续相的重量占组合物的约0.1wt.%至约20wt.%。

18.根据权利要求1所述的织物,其中,所述多孔网络还包括平均横截面尺寸为约0.5至约30微米的微米孔。

19.根据权利要求18所述的织物,其中,所述微米孔的长宽比为约1至约30。

20.根据权利要求1所述的织物,其中,所述多孔网络以基本均匀的方式分布在整个组合物中。

21.根据权利要求1所述的织物,其中,所述纳米孔以大致平行的列分布。

22.根据权利要求1所述的织物,其中,所述微米包含物添加剂呈微米级区域形式,且所述纳米包含物添加剂呈纳米级区域形式,其中,所述微米级区域具有约0.5微米至约250微

米的平均横截面尺寸，并且所述纳米级区域具有约1纳米至约500纳米的平均横截面尺寸。

23.根据权利要求1所述的织物，其中，所述纤维的总孔体积是约15％至约80％每立方厘米。

24.根据权利要求1所述的织物，其中，所述纳米孔占所述纤维的总孔体积的约20vol.％或更多。

25.根据权利要求1所述的织物，其中，所述连续相占所述热塑性组合物的约60wt.％至约99wt.％。

26.根据权利要求1所述的织物，其中，所述基体聚合物包括聚酯或聚烯烃。

27.根据权利要求26所述的织物，其中，所述聚酯具有约0℃或更高的玻璃化转变温度。

28.根据权利要求26所述的织物，其中，所述聚酯包括聚乳酸。

29.根据权利要求1所述的织物，其中，所述热塑性组合物具有约1.2克/立方厘米或更小的密度。

30.根据权利要求1所述的织物，其中，所述织物是非织造织物。

31.根据权利要求1所述的织物，其中，所述织物是包含许多纱线的织造或针织织物，其中，所述纱线的至少一部分包括多孔纤维。

32.根据权利要求31所述的织物，其中，所述织物是复合材料，所述复合材料还包括纺织纤维。

33.根据权利要求32所述的织物，其中，所述纺织纤维是大致非弹性的纺织纤维。

34.根据权利要求32所述的织物，其中，所述纺织纤维是弹性的纺织纤维。

35.根据权利要求34所述的织物，其中，所述弹性的纺织纤维包括弹性酯、lastol、斯潘德克斯弹性纤维或其组合。

36.根据权利要求32所述的织物，其中，所述复合材料包括由多孔纤维和纺织纤维的组合形成的纱线。

37.根据权利要求32所述的织物，其中，所述复合材料包括由多孔纤维形成的纱线和由纺织纤维形成的纱线。

多功能织物

[0001] 相关申请

[0002] 本申请要求2013年6月12日递交的序列号为61/833,985的美国临时申请和2013年11月22日递交的序列号为61/907,552的美国临时申请的优先权，将其整体引入本文作为参考。

背景技术

[0003] 织物常常用于针对极端温度、风、雨、雪和其它环境条件提供防护。不幸地，传统的织物硬且笨重并且也可能会锁住水分。为了避免这些缺陷中的至少一些缺陷，已经开发出允许除去蒸汽的薄的透气织物。不幸地，与大量传统类型的透气织物相关的共有问题之一是它们通常不是多功能的。例如，大部分的透气织物可具有非常有限的防水性或隔热性能。进一步地，这样的织物倾向于是相对非柔性的并且在使用中还会发出噪音。因此，目前存在对包含能够提供多种益处如透气性、防水性、隔热性、柔性等的材料的织物的需求。

发明内容

[0004] 根据本发明的一个实施方案，公开了一种织物，其包括多个多孔纤维，所述多孔纤维由包括含基体聚合物的连续相的热塑性组合物形成。微米包含物添加剂和纳米包含物添加剂以离散区域的形式分散在连续相中，并且在所述组合物中限定出多孔网络，所述多孔网络包含多个纳米孔，所述纳米孔具有约800纳米或更小的平均横截面尺寸。在一个实施方案中，所述织物可以是包含纱线的织造织物或针织织物，其中，至少一部分所述纱线包含多孔纤维。如果需要，所述织物还可包含纺织纤维(例如普通的非弹性纺织纤维、弹性纺织纤维、或其组合)。例如，复合材料可包含由所述多孔纤维和所述纺织纤维的组合形成的纱线，和/或所述复合材料可以包含由多孔纤维形成的纱线和由纺织纤维形成的纱线。

[0005] 本发明的其它特征和方面将在下方更详细地讨论。

[0006] 附图简要说明

[0007] 参照附图，在说明书的剩余部分中更具体地阐述针对本领域普通技术人员而言的本发明的完整且能够实现的公开内容，包括其最佳方式，其中：

[0008] 图1是可以在本发明的一个实施方案中用来形成纤维的方法的示意图；

[0009] 图2是可以包含本发明的织物的外套的一个实施方案的透视图；

[0010] 图3是可以由本发明的织物形成的用于鞋子的衬垫的俯视图；

[0011] 图4是图3的鞋子衬垫的横截面视图；

[0012] 图5是可以由本发明的织物形成并靠近外墙壁布置的建筑物隔热材料的一个实施方案的透视图；

[0013] 图6是实施例8(聚丙烯、聚乳酸和聚环氧化物)的纤维在液氮中冷冻断裂后的扫瞄式电子显微镜(SEM)显微照片(1,000X)；

[0014] 图7是实施例8(聚丙烯、聚乳酸和聚环氧化物)的纤维在液氮中冷冻断裂后的SEM显微照片(5,000X)；以及

[0015] 图8是实施例8(聚丙烯、聚乳酸和聚环氧化物)的纤维表面的SEM显微照片(10,000X)。

[0016] 在本说明书和附图中的附图标记的重复使用旨在代表本发明的相同或类似的特征或元件。

具体实施方式

[0017] 现在将详细参照本发明的各种实施方案,其一个或多个实施例在以下阐述。每个实施例以解释本发明而不是限制本发明的方式提供。事实上,对于本领域技术人员显而易见的是,在不背离本发明的范围或精神的情况下,可以在本发明中做出各种修改和变化。例如,作为一个实施方案的部分说明或描述的特征,可以用于另一个实施方案以产生又一个实施方案。因此,本发明打算覆盖落入所附权利要求及其等价方案的范围内的这样的修改和变化。

[0018] 一般而言,本发明涉及包括多种纤维的织物。适合的织物可包括例如织造织物、针织织物、非织造织物(例如纺粘纤网、熔喷纤网、粘合梳理纤网、湿法纤网、气流法纤网、共成形纤网、水力缠结纤网等)等等。所述纤维可以是单个短纤维或者纤丝(连续纤维),以及由这样的纤维形成的纱线。纱线例如可包括绞合在一起的多个短纤维(“纺纱”)、铺设在一起但未绞合的纤丝(无捻纱)、铺设在一起且一定程度绞合的纤丝、绞合或未绞合的单个纤丝(“单丝”)等。纱线可以是经或未经纹理化处理的。

[0019] 不论织物的具体性质如何,其均可提供多种功能。例如,所述纤维是多孔的且限定出多孔网络,所述多孔网络例如可以占每立方厘米纤维的约15%至约80%,在一些实施方案中占约20%至约70%,和在一些实施方案中占约30%至约60%。这样的高孔体积的存在能够允许所产生的织物通常是水蒸气可渗透的,从而允许这样的蒸汽在使用过程中从身体逸出。织物的水蒸气渗透性可以其相对高的水蒸气透过率(“WVTR”)表征,该水蒸气透过率是如以克/平方米/24小时($g/m^2/24hr$)为单位测量的水蒸气透过材料的速率。例如,所述织物可呈现出约300g/m^2-24小时或更高,在一些实施方案中约500g/m^2-24小时或更高,在一些实施方案中约1,000g/m^2-24小时或更高,和在一些实施方案中约3,000至约15,000g/m^2-24小时的WVTR,如根据ASTM E96/96M-12,程序B或INDA测试程序IST-70.4(01)所确定的。除了允许蒸汽通过以外,纤维的相对高的孔体积还能够显著降低纤维的密度,这能够允许使用仍实现良好性能的更轻的、柔性更好的材料。例如,所述组合物可具有相对低的密度,如约1.2克/立方厘米(“g/cm^3”)或更低,在一些实施方案中约1.0g/cm^3或更低,在一些实施方案中约0.2g/cm^3至约0.8g/cm^3,和在一些实施方案中约0.1g/cm^3至约0.5g/cm^3。

[0020] 尽管是高度多孔且通常水蒸气可渗透的,但本发明人已经发现,多孔网络可被认为是“闭孔”网络,使得大部分的孔之间并未限定出弯曲的通道。这样的结构可以帮助限制经过织物的流体的流动,以使得其通常可以是流体(例如液态水)不可渗透的。在这方面,织物可具有如根据ATTCC 127-2008确定的、约50厘米(“cm”)或更高,在一些实施方案中约100cm或更高,在一些实施方案中约150cm或更高,以及在一些实施方案中约200cm至约1000cm的相对高的静水压值。

[0021] 纤维中的大部分孔也可以具有“纳米级”尺寸(“纳米孔”),如具有约800纳米或更小,在一些实施方案中约1至约500纳米,在一些实施方案中约5至约450纳米,在一些实施方

案中约5至约400纳米，以及在一些实施方案中约10至约100纳米的平均横截面尺寸的那些。术语"横截面尺寸"通常是指孔的特征尺寸(例如宽度或直径)，所述特征尺寸与孔的主轴线(例如长度)基本正交，并且通常还与拉伸过程中所施加的应力的方向基本正交。这样的纳米孔例如可以占纤维中总孔体积的约15vol.％或更多，在一些实施方案中约20vol.％或更多，在一些实施方案中约30vol.％至约100vol.％，以及在一些实施方案中约40vol.％至约90vol.％。这样的纳米孔的高程度的存在可显著降低热导率，因为可在各个孔中获得较少细胞分子来碰撞并传递热量。因此，所述纤维还可作为隔热物来帮助限制经过织物的热传递程度。

[0022] 为此目的，所述纤维可呈现出相对低的热导率，如约0.40瓦特/米-开尔文("W/m-K")或更低，在一些实施方案中约0.20W/m-K或更低，在一些实施方案中约0.15W/m-K或更低，在一些实施方案中约0.01至约0.12W/m-K，以及在一些实施方案中约0.02至约0.10W/m-K。显然，所述织物能够在相对小的厚度下获得如此低的热导率值，这可允许所述织物具有较高程度的柔性和顺应性，并降低其占据的空间。为此目的，所述织物还可呈现出相对低的"热导纳"，其等于材料的热导率除以其厚度并且以瓦特/平方米-开尔文("W/m^2K")为单位提供。例如，所述织物可呈现出约1000W/m^2K或更低，在一些实施方案中约10至约800W/m^2K，在一些实施方案中约20至约500W/m^2K，以及在一些实施方案中约40至约200W/m^2K的热导纳。织物的实际厚度可取决于其具体形式，但通常为约50微米至约100毫米，在一些实施方案中为约100微米至约50毫米，在一些实施方案中为约200微米至约25毫米，以及在一些实施方案中为约500微米至约5毫米。

[0023] 与传统技术相反，本发明人已经发现，本发明的多孔纤维可不使用气态发泡剂来形成。这部分是由于材料组分的独特性质，以及它所形成在其中的物质。更具体地，所述多孔纤维可以由这样的热塑性组合物形成，所述热塑性组合物含有包含基体聚合物、微米包含物添加剂和纳米包含物添加剂的连续相。所述添加剂可如此选择，以使得它们具有不同于基体聚合物的弹性模量。以这种方式，所述微米包含物添加剂和纳米包含物添加剂可以分别作为离散的微米级和纳米级相区域分散在所述连续相中。本发明人已经发现，在经受变形和拉伸应变(例如拉伸)时，微米级和纳米级相区域能够以独特的方式相互作用，以形成孔网络，该孔网络的大部分具有纳米级尺寸。即，认为由于材料的不相容性引起的应力集中，拉伸应变可以在微米级离散相区域附近产生加强的局部剪切区域和/或应力密集区域(例如，正应力)。这些剪切和/或应力密集区域导致在邻近微米级区域的聚合物基体中的一些初始剥离。然而，显著地，局部剪切和/或应力密集区域还可以在与微米级区域重叠的纳米级离散相区域附近产生。这样的重叠剪切和/或应力密集区域导致在聚合物基体中发生甚至进一步的剥离，从而在纳米级区域和/或微米级区域附近产生大量的纳米孔。此外，由于孔位于离散区域附近，因此在孔的边界之间可以形成桥，所述桥充当内部结构"铰链"，帮助稳定网络并提高其消散能量的能力。这尤其增强了所产生的织物的柔性并允许其更加顺应。

[0024] 现在将更详细地描述本发明的各实施方案。

[0025] I.<u>热塑性组合物</u>

[0026] A.<u>基体聚合物</u>

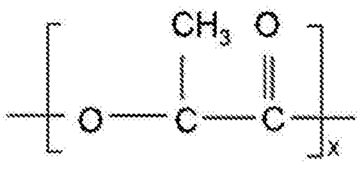
[0027] 如上所述，热塑性组合物可包含含有一种或多种基体聚合物的连续相，所述基体

聚合物通常占热塑性组合物的约60wt.%至约99wt.%，在一些实施方案中占热塑性组合物的约75wt.%至约98wt.%，和在一些实施方案中占热塑性组合物的约80wt.%至约95wt.%。用于形成所述连续相的基体聚合物(或多种基体聚合物)的性质并非关键并且通常可使用任何适合的聚合物，如聚酯、聚烯烃、苯乙烯聚合物、聚酰胺等。例如，在某些实施方案中，可在所述组合物中使用聚酯来形成聚合物基体。各种聚酯中的任意一种通常可被使用，如脂肪族聚酯，如聚己酸内酯、聚酰胺酯、聚乳酸(PLA)及其共聚物、聚乙醇酸、聚碳酸亚烷基酯(例如，聚碳酸亚乙酯)、聚-3-羟基丁酸酯(PHB)、聚-3-羟基戊酸酯(PHV)、3-羟基丁酸酯与4-羟基丁酸酯的共聚物、3-羟基丁酸酯与3-羟基戊酸酯的共聚物(PHBV)、3-羟基丁酸酯与3-羟基己酸酯的共聚物、3-羟基丁酸酯与3-羟基辛酸酯的共聚物、3-羟基丁酸酯与3-羟基癸酸酯的共聚物、3-羟基丁酸酯与3-羟基十八烷酸酯的共聚物和基于琥珀酸酯的脂族聚合物(例如，聚琥珀酸亚丁酯、聚琥珀酸己二酸亚丁酯、聚琥珀酸亚乙酯等)；脂族-芳香族共聚酯(例如，聚己二酸对苯二酸亚丁酯、聚己二酸对苯二酸亚乙酯、聚己二酸间苯二酸亚乙酯、聚己二酸间苯二酸亚丁酯等)；芳香族聚酯(例如，聚对苯二甲酸乙二醇酯、聚对苯二甲酸丁二醇酯等)；等等。

[0028] 在某些情况下，热塑性组合物可含有至少一种性质上为刚性并因此具有相对高的玻璃化转变温度的聚酯。例如，玻璃化转变温度("T_g")可为约0℃或更高，在一些实施方案中为约5℃至约100℃，在一些实施方案中为约30℃至约80℃，在一些实施方案中为约50℃至约75℃。聚酯的熔融温度也可以为约140℃至约300℃，在一些实施方案中为约150℃至约250℃，和在一些实施方案中为约160℃至约220℃。熔融温度可以根据ASTM D-3417采用差示扫描量热法("DSC")来测定。玻璃化转变温度可以根据ASTM E1640-09通过动态机械分析来测定。

[0029] 一种特别适合的刚性聚酯是聚乳酸，其通常可源自乳酸的任意同分异构体的单体单元，如左旋乳酸("L-乳酸")、右旋乳酸("D-乳酸")、内消旋乳酸(meso-lactic acid)或其混合物。单体单元也可以由乳酸的任意同分异构体的酸酐，包括左旋丙交酯、右旋丙交酯、内消旋丙交酯(meso-lactide)或其混合物形成。这样的乳酸和/或丙交酯的环状二聚体也可以被采用。任意已知的聚合方法，如缩聚或开环聚合，均可以用来聚合乳酸。少量的扩链剂(例如，二异氰酸酯化合物、环氧化合物或者酸酐)可以被采用。聚乳酸可以是均聚物或者共聚物，如含有源自L-乳酸的单体单元和源自D-乳酸的单体单元的那些。虽然不要求，源自L-乳酸的单体单元和源自D-乳酸的单体单元中之一的含量比率优选为约85摩尔%或者更高，在一些实施方案中为约90摩尔%或者更高，和在一些实施方案中为约95摩尔%或者更高。多种聚乳酸可以以任意百分比共混，其中每种均具有不同的源自L-乳酸的单体单元与源自D-乳酸的单体单元之比。当然，聚乳酸也可以与其它类型的聚合物(例如，聚烯烃、聚酯等)共混。

[0030] 在一个特别的实施方案中，聚乳酸具有以下通式结构：

[0031] 

[0032] 本发明中可使用的适合的聚乳酸聚合物的一个具体实例可商购自德国Krailling

的Biomer,Inc.,名称为BIOMER™ L9000。其它适合的聚乳酸聚合物可商购自Minnesota的Minnetonka的Natureworks LLC,（NATUREWORKS®）或者Mitsui Chemical(LACEA™)。还有其它适合的聚乳酸被描述于第4,797,468号、第5,470,944号、第5,770,682号、第5,821,327号、第5,880,254号和第6,326,458号美国专利中。

[0033] 聚乳酸通常具有约40,000至约180,000克/摩尔,在一些实施方案中为约50,000至约160,000克/摩尔,和在一些实施方案中为约80,000至约120,000克/摩尔的数均分子量("M_n")。同样,所述聚合物还通常具有约80,000至约250,000克/摩尔,在一些实施方案中为约100,000至约200,000克/摩尔,和在一些实施方案中为约110,000至约160,000克/摩尔的重均分子量("M_w")。重均分子量与数均分子量之比("M_w/M_n"),即"多分散性指数"也是相对低的。例如,多分散性指数通常为约1.0至约3.0,在一些实施方案中为约1.1至约2.0,和在一些实施方案中为约1.2至约1.8。重均和数均分子量可以通过本领域技术人员已知的方法测定。

[0034] 如在190℃的温度和1000秒$^{-1}$的剪切速率下测定的,聚乳酸也可以具有约50至约600帕秒(Pa·s),在一些实施方案中约100至约500Pa·s,和在一些实施方案中约200至约400Pa·s的表观粘度。如在2160克的负载和在190℃下测定的,聚乳酸的熔体流动速率(以干基计)也可以为约0.1至约40克/10分钟,在一些实施方案中为约0.5至约20克/10分钟,和在一些实施方案中为约5至约15克/10分钟。

[0035] 一些类型的净聚酯(例如,聚乳酸)可以从周围环境中吸收水,以使其具有以起始聚乳酸的干重计约百万分之500至600("ppm"),或者甚至更高的水分含量。水分含量可以用本领域已知的多种方式测定,如根据ASTM D 7191-05,例如下面所描述的。因为在熔融加工期间水的存在可以使聚酯经水解降解并降低其分子量,所以有时希望在共混之前干燥聚酯。在大多数的实施方案中,例如,希望聚酯在与微米包含物添加剂和纳米包含物添加剂共混之前具有约百万分之300("ppm")或更低,在一些实施方案中约200ppm或者更低,在一些实施方案中约1至约100ppm的水分含量。聚酯的干燥可以例如在约50℃至约100℃,和在一些实施方案中为约70℃至约80℃的温度下发生。

[0036] B.微米包含物添加剂

[0037] 如上文所示,在本发明的某些实施方案中,微米包含物添加剂和/或纳米包含物添加剂可分散在所述热塑性组合物的连续相中。如在本文中所使用,术语“微米包含物添加剂”通常指代能够以微米级尺寸的离散区域的形式分散在所述聚合物基体内的任何无定形、晶体、或半晶体材料。例如,在拉伸前,所述区域可具有约0.05μm至约30μm、在一些实施方案中约0.1μm至约25μm、在一些实施方案中约0.5μm至约20μm,和在一些实施方案中约1μm至约10μm的平均横截面尺寸。术语“横截面尺寸”通常指代区域的特征尺寸(例如宽度或直径),该特征尺寸与其主轴线(例如长度)基本正交并且通常还与在拉伸过程中施加的应力的方向基本正交。尽管通常是由微米包含物添加剂形成,但也应当理解,微米级区域也可由微米包含物添加剂和纳米包含物添加剂和/或组合物的其它组分的组合形成。

[0038] 所述微米包含物添加剂通常在性质上是聚合的并具有相对高的分子量,以帮助改善热塑性组合物的熔体强度和稳定性。通常,所述微米包含物聚合物一般不可与基体聚合物相混。以这种方式,添加剂可以作为离散的相区域在基体聚合物的连续相内更好地分散。离散区域能够吸收由外力产生的能量,这增加了所得到的材料的整体韧度和强度。所述区

域可具有多种不同形状，如椭圆形、球形、圆柱形、板状、管状等。在一个实施方案中，例如，所述区域具有大致椭圆形的形状。单个区域的物理尺寸通常足够小以使当施加外部应力时穿过纤维的裂纹传播减至最低限度，但是足够大以引发微观塑性变形并且允许在颗粒包含物处和周围出现剪切区域和/或应力密集区域。

[0039] 虽然所述聚合物可以是不相混的，但微米包含物添加剂可以选成具有与基体聚合物的溶解度参数相对类似的溶解度参数。这可以改善离散相和连续相的边界的界面相容性和物理相互作用，并从而降低所述组合物断裂的可能性。在这方面，基体聚合物的溶解度参数与添加剂的溶解度参数之比通常为约0.5至约1.5，和在一些实施方案中为约0.8至约1.2。例如，微米包含物添加剂可以具有约15至约30兆焦耳$^{1/2}$/m$^{3/2}$，和在一些实施方案中约18至约22兆焦耳$^{1/2}$/m$^{3/2}$的溶解度参数，而聚乳酸可具有约20.5兆焦耳$^{1/2}$/m$^{3/2}$的溶解度参数。如本文中所使用的术语"溶解度参数"是指"Hildebrand溶解度参数"，其为内聚能密度的平方根并按照以下方程计算：

[0040] $$\delta = \sqrt{((\Delta H_v - RT)/V_m)}$$

[0041] 其中：

[0042] ΔHv＝蒸发热

[0043] R＝理想气体常数

[0044] T＝温度

[0045] Vm＝分子体积

[0046] 许多聚合物的Hildebrand溶解度参数也可得自Wyeych的Solubility Handbook of Plastics(2004)，将其引入本文作为参考。

[0047] 微米包含物添加剂也可以具有特定熔体流动速率(或者粘度)来确保离散区域和所产生的孔可被适当地维持。例如，如果添加剂的熔体流动速率过高，则其倾向于不可控地流动并分散通过连续相。这导致难以维持并还可能过早断裂的薄片状、板状区域或共连续相结构。相反地，如果添加剂的熔体流动速率过低，则其倾向于聚集在一起并形成非常大的椭圆形区域，其在共混期间是难以分散的。这可能导致添加剂在整个连续相中的不均匀分布。在这方面，本发明人已经发现，微米包含物添加剂的熔体流动速率与基体聚合物的熔体流动速率之比通常为约0.2至约8，在一些实施方案中为约0.5至约6，和在一些实施方案中为约1至约5。在2160克的负载下和在190℃下测定时，微米包含物添加剂可以例如具有约0.1至约250克/10分钟，在一些实施方案中为约0.5至约200克/10分钟，和在一些实施方案中为约5至约150克/10分钟的熔体流动速率。

[0048] 除了以上所述的性能以外，也可选择微米包含物添加剂的机械特性，以实现所期望的韧度提高。例如，当基体聚合物和微米包含物添加剂的共混物被施加外力时，可以在离散相区域处和周围引发应力集中(例如包括正应力或剪切应力)和剪切和/或塑性屈服区，这是因为由添加剂和基体聚合物的弹性模量的差异所引起的应力集中。较大的应力集中促进了在区域中更加集中的局域化塑性流动，这使得所述区域当被赋予应力时能够变得明显伸长。这些伸长的区域能够允许所述组合物呈现出比基体聚合物(如当基体聚合物是刚性聚酯树脂时)更加柔韧和柔软的行为。为了增强所述应力集中，可将微米包含物添加剂选成具有比基体聚合物相对低的杨氏弹性模量。例如，基体聚合物的弹性模量与添加剂的弹性

模量之比通常为约1至约250,在一些实施方案中为约2至约100,和在一些实施方案中为约2至约50。微米包含物添加剂的弹性模量例如可以为约2至约1000兆帕(MPa),在一些实施方案中为约5至约500MPa,和在一些实施方案中为约10至约200MPa。相反,聚乳酸的弹性模量例如通常为约800MPa至约3000MPa。

[0049] 虽然可以采用具有以上所示性能的多种微米包含物添加剂,但是这样的添加剂的特别适合的实例可以包括合成聚合物,如聚烯烃(例如,聚乙烯、聚丙烯、聚丁烯等);苯乙烯共聚物(例如,苯乙烯-丁二烯-苯乙烯、苯乙烯-异戊二烯-苯乙烯、苯乙烯-乙烯-丙烯-苯乙烯、苯乙烯-乙烯-丁二烯-苯乙烯等);聚四氟乙烯;聚酯(例如,再循环聚酯、聚对苯二甲酸乙二醇酯等);聚醋酸乙烯酯(例如,聚(乙烯醋酸乙烯酯)、聚醋酸氯乙烯酯等);聚乙烯醇(例如,聚乙烯醇、聚(乙烯乙烯醇)等);聚乙烯醇缩丁醛;丙烯酸树脂(例如,聚丙烯酸酯、聚丙烯酸甲酯、聚甲基丙烯酸甲酯等);聚酰胺(例如,尼龙);聚氯乙烯;聚偏二氯乙烯(polyvinylidene chloride);聚苯乙烯;聚氨酯;等。适合的聚烯烃可以例如包括乙烯聚合物(例如,低密度聚乙烯("LDPE")、高密度聚乙烯("HDPE")、线性低密度聚乙烯("LLDPE")等)、丙烯均聚物(例如,间同立构、无规立构、全同立构等)、丙烯共聚物等等。

[0050] 在一个具体的实施方案中,所述聚合物为丙烯聚合物,如均聚丙烯或者丙烯共聚物。丙烯聚合物例如可以由基本上全同立构的聚丙烯均聚物或者含有等于或低于约10wt.%的其它单体(即按重量计至少约90%的丙烯)的共聚物形成。这样的均聚物可以具有约160℃至约170℃的熔点。

[0051] 在又一个实施方案中,聚烯烃可以是乙烯或丙烯与另一种α-烯烃,如C_3-C_{20}α-烯烃或者C_3-C_{12}α-烯烃的共聚物。适合的α-烯烃的具体实例包括1-丁烯;3-甲基-1-丁烯;3,3-二甲基-1-丁烯;1-戊烯;具有一个或多个甲基、乙基或丙基取代基的1-戊烯;具有一个或多个甲基、乙基或丙基取代基的1-己烯;具有一个或多个甲基、乙基或丙基取代基的1-庚烯;具有一个或多个甲基、乙基或丙基取代基的1-辛烯;具有一个或多个甲基、乙基或丙基取代基的1-壬烯;乙基、甲基或二甲基取代的1-癸烯;1-十二碳烯;以及苯乙烯。特别希望的α-烯烃共聚单体是1-丁烯、1-己烯和1-辛烯。这样的共聚物的乙烯或丙烯含量可以为约60摩尔%至约99摩尔%,在一些实施方案中为约80摩尔%至约98.5摩尔%,和在一些实施方案中为约87摩尔%至约97.5摩尔%。α-烯烃的含量同样可为约1摩尔%至约40摩尔%,在一些实施方案中为约1.5摩尔%至约15摩尔%,和在一些实施方案中为约2.5摩尔%至约13摩尔%。

[0052] 用于本发明的示例性烯烃共聚物包括可以以名称EXACT™获自Texas的Houston的ExxonMobil Chemical Company的基于乙烯的共聚物。其它适合的乙烯共聚物可以以名称ENGAGE™、AFFINITY™、DOWLEX™(LLDPE)和ATTANE™(ULDPE)获自Michigan的Midland的Dow Chemical Company。其它适合的乙烯聚合物描述于Ewen等人的第4,937,299号美国专利;Tsutsui等人的第5,218,071号美国专利;Lai等人的第5,272,236号美国专利;和Lai等人的第5,278,272号美国专利。适合的丙烯共聚物也可以商购自Texas的Houston的ExxonMobil Chemical Co.,名称为VISTAMAXX™;Belgium的Feluy的Atofina Chemicals,名称为FINA™(例如,8573);可得自Mitsui Petrochemical Industries的TAFMER™;以及可得自Michigan的Midland的Dow Chemical Co.的VERSIFY™。适合的聚丙烯均聚物也可包括Exxon Mobil 3155聚丙烯、Exxon Mobil Achieve™树脂,和Total M3661PP树脂。适合的丙烯聚合物的其它实例描述于Datta等人的第6,500,563号美国专利;Yang等人的第5,539,056号美国专利;

和Resconi等人的第5,596,052号美国专利。

[0053] 多种已知技术中的任一种通常都可以用于形成烯烃共聚物。例如，烯烃聚合物可以采用自由基或者配位催化剂(例如，Ziegler-Natta)形成。优选地，烯烃聚合物可以由单中心配位催化剂，如茂金属催化剂形成。这样的催化剂体系制备了这样的乙烯共聚物，其中共聚单体是在分子链内无规分布的并且在不同分子量的部分中都是均匀分布的。茂金属催化的聚烯烃描述于例如McAlpin等人的第5,571,619号美国专利；Davis等人的第5,322,728号美国专利；Obijeski等人的第5,472,775号美国专利；Lai等人的第5,272,236号美国专利；和Wheat等人的第6,090,325号美国专利。茂金属催化剂的实例包括双(正丁基环戊二烯基)二氯化钛、双(正丁基环戊二烯基)二氯化锆、双(环戊二烯基)氯化钪、双(茚基)二氯化锆、双(甲基环戊二烯基)二氯化钛、双(甲基环戊二烯基)二氯化锆、二茂钴、环戊二烯基三氯化钛、二茂铁、二氯二茂铪、异丙基(环戊二烯基-1-芴基(flourenyl))二氯化锆、二氯二茂钼、二茂镍、二氯二茂铌、二茂钌、二氯二茂钛、氢氯二茂锆、二氯二茂锆等。用茂金属催化剂制得的聚合物通常具有窄的分子量范围。例如，茂金属催化的聚合物可以具有4以下的多分散性数值(M_w/M_n)、受控的短链支化分布、以及受控的全同立构规整度。

[0054] 无论采用何种材料，可以选择热塑性组合物中的微米包含物添加剂的相对百分率，以获得所期望的性能，而没有显著影响组合物的基本性能。例如，基于连续相(基体聚合物(或多种基体聚合物))的重量，微米包含物添加剂通常的用量为热塑性组合物的约1wt.％至约30wt.％，在一些实施方案中为约2wt.％至约25wt.％，和在一些实施方案中为约5wt.％至约20wt.％。整个热塑性组合物中的微米包含物添加剂的浓度同样可以占约0.1wt.％至约30wt.％，在一些实施方案中占约0.5wt.％至约25wt.％，和在一些实施方案中占约1wt.％至约20wt.％。

[0055] C.纳米包含物添加剂

[0056] 如本文所使用，术语“纳米包含物添加剂”通常是指能够以纳米级尺寸的离散区域的形式分散在聚合物基体内的任何无定形、晶体或半晶体材料。例如，在拉伸之前，区域可以具有约1至约500纳米，在一些实施方案中约2至约400纳米，和在一些实施方案中约5至约300纳米的平均横截面尺寸。纳米包含物添加剂通常采用的量基于连续相(基体聚合物(或多种基体聚合物))的重量为热塑性组合物的约0.05wt.％至约20wt.％，在一些实施方案中约0.1wt.％至约10wt.％，和在一些实施方案中约0.5wt.％至约5wt.％。纳米包含物添加剂在整个热塑性组合物中的浓度同样可以是热塑性组合物的约0.01wt.％至约15wt.％，在一些实施方案中约0.05wt.％至约10wt.％，和在一些实施方案中约0.3wt.％至约6wt.％。

[0057] 纳米包含物添加剂的性质可以是聚合的，并且具有相对高的分子量以帮助改善热塑性组合物的熔体强度和稳定性。为了提高其分散到纳米级区域中的能力，纳米包含物添加剂也可选自通常与基体聚合物和微米包含物添加剂相容的材料。当基体聚合物或微米包含物添加剂具有极性部分如聚酯时，这可以是特别有用的。在一个实施例中，这样的纳米包含物添加剂是官能化的聚烯烃。极性组分可以例如由一个或多个官能团提供，并且非极性组分可以由烯烃提供，纳米包含物添加剂的烯烃组分通常可由任意直链或支链α-烯烃单体、源自烯烃单体的低聚物或聚合物(包括共聚物)形成，如以上所述的那样。

[0058] 纳米包含物添加剂的官能团可以是任何基团、分子链段和/或嵌段，其向分子提供极性组分并且与基体聚合物是不相容的。与聚烯烃不相容的分子链段和/或嵌段的实例可

以包括丙烯酸酯、苯乙烯、聚酯、聚酰胺等。官能团可以具有离子性质并包括带电的金属离子。特别适合的官能团是马来酸酐、马来酸、富马酸、马来酰亚胺、马来酰肼、马来酸酐和二胺的反应产物、甲基纳迪克酸酐、二氯马来酸酐、马来酸酰胺等。马来酸酐改性的聚烯烃特别适用于本发明。这样的改性的聚烯烃通常通过将马来酸酐接枝到聚合物主链材料上形成。这样的马来酸化的聚烯烃以名称Fusabond®得自E.I.du Pont de Nemours and Company,如P系列(化学改性的聚丙烯)、E系列(化学改性的聚乙烯)、C系列(化学改性的乙烯醋酸乙烯酯)、A系列(化学改性的乙烯丙烯酸酯共聚物或三元共聚物)或N系列(化学改性的乙烯-丙烯、乙烯-丙烯二烯单体("EPDM")或乙烯-辛烯)。供选择地,马来酸化的聚烯烃也以名称Polybond®得自Chemtura Corp.以及以名称Eastman G系列得自Eastman Chemical Company。

[0059] 在某些实施方案中,纳米包含物添加剂还可以是反应性的。这样的反应性纳米包含物添加剂的一个实施例是聚环氧化物,其平均含有至少两个环氧乙烷环每分子。不希望受理论限制,认为这样的聚环氧化物分子在某些条件下可以诱导基体聚合物(例如,聚酯)的反应,从而在不显著降低玻璃化转变温度的情况下改进其熔体强度。反应可以涉及链延伸、侧链支化、接枝、共聚物形成等。链延伸,例如,可以通过多种不同的反应途径发生。例如,改性剂能够通过聚酯的羧基末端基团实现亲核开环反应(酯化)或通过羟基实现亲核开环反应(醚化)。可以同样发生噁唑啉副反应以形成酯酰胺部分。通过这样的反应,基体聚合物的分子量可以升高以抵消在熔融过程中通常观察到的降解。虽然期望诱导与上述基体聚合物的反应,但本发明人已发现太多反应可以导致聚合物主链之间的交联。如果允许这样的交联进行到一定程度,所产生的聚合物共混物可以变脆并难以加工成具有期望强度和拉伸性能的材料。

[0060] 在这方面,本发明人已经发现具有相对低环氧官能的聚环氧化物是特别有效的,其可以通过其"环氧当量"定量。环氧当量反映含有一分子环氧基团的树脂量,并且其可以通过将改性剂的数均分子量除以分子中环氧基团的数量来计算。本发明的聚环氧化物通常具有约7,500至约250,000克/摩尔,在一些实施方案中约15,000至约150,000克/摩尔,和在一些实施方案中约20,000至100,000克/摩尔的数均分子量,多分散指数通常为2.5至7。聚环氧化物可以含有小于50,在一些实施方案中5至45,和在一些实施方案中15至40个环氧基团。反过来,环氧当量可以小于约15,000克/摩尔,在一些实施方案中约200至约10,000克/摩尔,和在一些实施方案中约500至约7,000克/摩尔。

[0061] 聚环氧化物可以是直链或支链的均聚物或共聚物(例如,无规、接枝、嵌段等),其包含末端环氧基团、骨架环氧乙烷单元和/或环氧侧基。用于形成这样的聚环氧化物的单体可以有所不同。在一个具体的实施方案中,例如,聚环氧化物含有至少一种环氧官能的(甲基)丙烯酸单体组分。如本文所使用,术语"(甲基)丙烯酸"包括丙烯酸和甲基丙烯酸单体,以及其盐或酯,如丙烯酸酯和甲基丙烯酸酯单体。例如,适合的环氧官能的(甲基)丙烯酸单体可以包括但不限于含有1,2-环氧基团的那些,如丙烯酸缩水甘油酯和甲基丙烯酸缩水甘油酯。其他适合的环氧官能的单体包括烯丙基缩水甘油醚、乙基丙烯酸缩水甘油酯和衣康酸缩水甘油酯(glycidyl itoconate)。

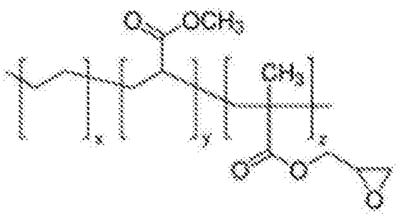
[0062] 如上所述,聚环氧化物通常具有相对高的分子量,以使其不仅可以导致链延伸,还可以帮助实现期望的共混物形态。因此,在2160克的负载和190℃的温度下测定的产生的聚

合物的熔体流动速率通常为约10至约200克/10分钟，在一些实施方案中约40至约150克/10分钟，和在一些实施方案中约60至约120克/10分钟。

[0063] 如果期望，另外的单体还可以用于聚环氧化物以帮助实现期望的分子量。这样的单体可以变化，并包括例如，酯单体、(甲基)丙烯酸单体、烯烃单体、酰胺单体等。在一个具体的实施方案中，例如，聚环氧化物包括至少一种直链或支链α-烯烃单体，如具有2至20个碳原子和优选地2至8个碳原子的那些。具体实例包括乙烯、丙烯、1-丁烯；3-甲基-1-丁烯；3,3-二甲基-1-丁烯；1-戊烯；具有一个或多个甲基、乙基或丙基取代基的1-戊烯；具有一个或多个甲基、乙基或丙基取代基的1-己烯；具有一个或多个甲基、乙基或丙基取代基的1-庚烯；具有一个或多个甲基、乙基或丙基取代基的1-辛烯；具有一个或多个甲基、乙基或丙基取代基的1-壬烯；乙基、甲基或二甲基取代的1-癸烯；1-十二烯；和苯乙烯。特别期望的α-烯烃共聚单体是乙烯和丙烯。

[0064] 另一种适合的单体可以包括非环氧官能的(甲基)丙烯酸单体。这样的(甲基)丙烯酸单体的实例可以包括丙烯酸甲酯、丙烯酸乙酯、丙烯酸正丙酯、丙烯酸异丙酯、丙烯酸正丁酯、丙烯酸仲丁酯、丙烯酸异丁酯、丙烯酸叔丁酯、丙烯酸正戊酯、丙烯酸异戊酯、丙烯酸异冰片酯、丙烯酸正己酯、丙烯酸-2-乙基丁酯、丙烯酸-2-乙基己酯，丙烯酸正辛酯、丙烯酸正癸酯、丙烯酸甲基环己酯、丙烯酸环戊酯、丙烯酸环己酯、甲基丙烯酸甲酯、甲基丙烯酸乙酯、甲基丙烯酸-2-羟乙酯、甲基丙烯酸正丙酯、甲基丙烯酸正丁酯、甲基丙烯酸异丙酯、甲基丙烯酸异丁酯、甲基丙烯酸正戊酯、甲基丙烯酸正己酯、甲基丙烯酸异戊酯、甲基丙烯酸仲丁酯、甲基丙烯酸叔丁酯、甲基丙烯酸-2-乙基丁酯、甲基丙烯酸甲基环己酯、甲基丙烯酸肉桂酯、甲基丙烯酸巴豆酯、甲基丙烯酸环己酯、甲基丙烯酸环戊酯、甲基丙烯酸-2-乙氧基乙酯、甲基丙烯酸异冰片酯等，以及其组合。

[0065] 在本发明的一个具体的期望的实施方案中，所述聚环氧化物是由环氧官能的(甲基)丙烯酸单体组分、α-烯烃单体组分和非环氧官能的(甲基)丙烯酸单体组分形成的三元共聚物。例如，聚环氧化物可以是乙烯-甲基丙烯酸酯-甲基丙烯酸缩水甘油酯共聚物，其具有以下结构：

[0066] 

[0067] 其中x、y和z为1或更大。

[0068] 环氧官能的单体可以使用多种已知技术形成聚合物。例如，含有极性官能团的单体可以接枝到聚合物主链上以形成接枝共聚物。这样的接枝技术在本领域是熟知的并描述于例如第5,179,164号美国专利中。在其他实施方案中，可以使用已知的自由基聚合技术，如高压反应、齐格勒-纳塔催化剂反应体系、单位点催化剂(例如，金属茂)反应体系等使含有环氧官能团的单体与单体共聚以形成嵌段或无规共聚物。

[0069] 可以选择一种或多种单体组分的相对部分以实现环氧反应性和熔体流动速率之间的平衡。更具体地，高环氧单体含量可以导致与基体聚合物的良好的反应性，但是太高的含量可以使熔体流动速率降低到这样的程度，使得聚环氧化物不利地影响聚合物共混物的

熔体强度。因此，在大多数实施方案中，环氧官能的(甲基)丙烯酸单体(或多种单体)占共聚物的约1wt.%至约25wt.%，在一些实施方案中约2wt.%至约20wt.%，和在一些实施方案中约4wt.%至约15wt.%。一种或多种α-烯烃单体可以同样地占共聚物的约55wt.%至约95wt.%，在一些实施方案中约60wt.%至约90wt.%，和在一些实施方案中约65wt.%至约85wt.%。当采用时，其他单体组分(例如，非环氧官能的(甲基)丙烯酸单体)可以占共聚物的约5wt.%至约35wt.%，在一些实施方案中约8wt.%至约30wt.%，和在一些实施方案中约10wt.%至约25wt.%。可以用于本发明的适合的聚环氧化物的一个具体实例以名称LOTADER®AX8950或AX8900商购自Arkema。例如，LOTADER®AX8950具有70至100g/10min的熔体流动速率且具有7wt.%至11wt.%的甲基丙烯酸缩水甘油酯单体含量、13wt.%至17wt.%的丙烯酸甲酯单体含量和72wt.%至80wt.%的乙烯单体含量。另一种适合的聚环氧化物以名称ELVALOY®PTW商购自DuPont，其为乙烯、丙烯酸丁酯和甲基丙烯酸缩水甘油酯的三元共聚物，并且具有12g/10min的熔体流动速率。

[0070]　除了控制用于形成聚环氧化物的单体的类型和相对含量以外，还控制总重量百分比以实现期望的益处。例如，如果改性水平太低，可能不能实现熔体强度和机械特性的期望的提高。然而，本发明人还发现如果改性水平太高，处理可以由于强的分子相互作用(例如，交联)和环氧官能团引起的物理网络形成而受限。因此，基于组合物中采用的基体聚合物的重量，聚环氧化物通常采用的量为约0.05wt.%至约10wt.%，在一些实施方案中约0.1wt.%至约8wt.%，在一些实施方案中约0.5wt.%至约5wt.%，和在一些实施方案中约1wt.%至约3wt.%。基于组合物的总重量，聚环氧化物还可以占约0.05wt.%至约10wt.%，在一些实施方案中约0.05wt.%至约8wt.%，在一些实施方案中约0.1wt.%至约5wt.%，和在一些实施方案中约0.5wt.%至约3wt.%。

[0071]　还可以在本发明中采用其他反应性纳米包含物添加剂，如噁唑啉官能化的聚合物、氰化物官能化的聚合物等。当采用时，这样的反应性纳米包含物添加剂可以在上述针对聚环氧化物的浓度内采用。在一个具体实施方案中，可以采用噁唑啉接枝的聚烯烃，其为使用含噁唑啉环的单体接枝的聚烯烃。噁唑啉可以包括2-噁唑啉，如2-乙烯基-2-噁唑啉(例如，2-异丙烯基-2-噁唑啉)、2-脂肪烷基-2-噁唑啉(例如，可获得自油酸、亚油酸、棕榈油酸、鳕油酸、芥酸和/或花生四烯酸的乙醇酰胺)及其组合。在另一个实施方案中，例如，噁唑啉可以选自蓖麻油酸噁唑啉马来酸酯、十一基-2-噁唑啉、大豆-2-噁唑啉、蓖麻-2-噁唑啉及其组合。在又一个实施方案中，噁唑啉选自2-异丙烯基-2-噁唑啉、2-异丙烯基-4,4-二甲基-2-噁唑啉及其组合。

[0072]　还可以采用纳米填料，如碳黑、碳纳米管、碳纳米纤维、纳米粘土、金属纳米颗粒、纳米二氧化硅、纳米氧化铝等。纳米粘土是特别适合的。术语“纳米粘土”一般是指粘土材料的纳米颗粒(天然存在的矿物质、有机改性的矿物质或合成纳米材料)，其通常具有薄片结构。纳米粘土的实例包括，例如，蒙脱石(2:1层状蒙皂石粘土结构)、膨润土(主要由蒙脱石形成的层状硅酸铝)、高岭土(具有板状结构和经验式$Al_2Si_2O_5(OH)_4$的1:1铝硅酸盐)、埃洛石(具有管状结构和经验式$Al_2Si_2O_5(OH)_4$的1:1铝硅酸盐)等。适合的纳米粘土的实例是Cloisite®，其为蒙脱石纳米粘土并可商购自Southern Clay Products,Inc。合成纳米粘土的其他实例包括但不限于混合金属氢氧化物纳米粘土、层状双氢氧化物纳米粘土(例如，

海泡石)、锂皂石、水辉石、皂石、indonite等。

[0073]　如果期望,纳米粘土可以包含表面处理以帮助改进与基体聚合物(例如,聚酯)的相容性。表面处理可以是有机或无机的。在一个实施方案中,采用通过有机阳离子与粘土的反应获得的有机表面处理。适合的有机阳离子可以包括,例如,能够与粘土交换阳离子的有机季铵化合物,如二甲基双[氢化牛脂]氯化铵(2M2HT)、甲基苄基双[氢化牛脂]氯化铵(MB2HT)、氯化甲基三[氢化牛脂烷基](M3HT)等。市售有机纳米粘土的实例可以包括,例如,Dellite® 43B(Laviosa Chimica of Livorno,Italy),其为用二甲基苄基氢化牛脂铵盐改性的蒙脱石粘土。其他实例包括Cloisite® 25A和Cloisite® 30B(Southern Clay Products)和Nanofil 919(Süd Chemie)。如果期望,纳米填料可以与载体树脂共混以形成色母粒,其提高添加剂与组合物中的其他聚合物的相容性。特别适合的载体树脂包括,例如,聚酯(例如,聚乳酸、聚对苯二甲酸乙二醇酯等);聚烯烃(例如,乙烯聚合物、丙烯聚合物等);等等,如以上更详细地描述的。

[0074]　在本发明的某些实施方案中,多种纳米包含物添加剂可以组合使用。例如,第一纳米包含物添加剂(例如,聚环氧化物)可以平均横截面尺寸为约50至约500纳米,在一些实施方案中约60至约400纳米,和在一些实施方案中约80至约300纳米的区域的形式分散。第二纳米包含物添加剂(例如,纳米填料)还可以比第一纳米包含物添加剂更小的区域,如平均横截面尺寸为约1至约50纳米,在一些实施方案中约2至约45纳米,和在一些实施方案中约5至约40纳米的区域的形式分散。当采用时,第一和/或第二纳米包含物添加剂通常基于连续相(基体聚合物(或多种基体聚合物))的重量占热塑性组合物的约0.05wt.%至约20wt.%,在一些实施方案中约0.1wt.%至约10wt.%,和在一些实施方案中约0.5wt.%至约5wt.%。第一和/或第二纳米包含物添加剂在整个热塑性组合物中的浓度可以同样地为热塑性组合物的约0.01wt.%至约15wt.%,在一些实施方案中约0.05wt.%至约10wt.%,和在一些实施方案中约0.1wt.%至约8wt.%。

[0075]　D.其它组分

[0076]　出于各种不同原因,可在该组合物中应用多种不同的配料。例如,在一个具体实施方案中,可在该热塑性组合物中应用界面改性剂以帮助降低微米包含物添加剂与基体聚合物之间的摩擦和连通程度,并因此增强剥离的程度和均匀性。以这种方式,所述孔可以更加均匀的方式分布在组合物中。改性剂可以在室温(例如25℃)下呈液体或半固体形式,以使得该改性剂具有相对低的粘度,以允许其更容易被结合到该热塑性组合物中并容易转移至该聚合物表面。在这方面,该界面改性剂的运动粘度通常为约0.7至约200厘沲(“cs”),在一些实施方案中为约1至约100cs,和在一些实施方案中为约1.5至约80cs,它们是在40℃下测得的。此外,该界面改性剂还通常是疏水的,以使其对微米包含物添加剂具有亲和力,以例如导致在基体聚合物与该添加剂之间的界面张力的改变。认为通过降低在基体聚合物和微米包含物添加剂间的界面处的物理力,该改性剂的低粘度疏水性质可帮助促进剥离。如在本文中所用,术语“疏水的”通常是指具有约40°或更大,且在一些情况下为60°或更大的空气中水的接触角的材料。相反,术语“亲水的”通常是指具有小于约40°的空气中水的接触角的材料。用于测量接触角的一种适合的测试是ASTM D5725-99(2008)。

[0077]　适合的疏水性低粘度界面改性剂可包括例如硅氧烷、硅氧烷-聚醚共聚物、脂肪族

聚酯、芳香族聚酯、亚烷基二醇类(例如乙二醇、二甘醇、三甘醇、四甘醇、丙二醇、聚乙二醇、聚丙二醇、聚丁二醇等)、链烷二醇(例如,1,3-丙二醇、2,2-二甲基-1,3-丙二醇、1,3-丁二醇、1,4-丁二醇、1,5-戊二醇、1,6-己二醇、2,2,4-三甲基-1,6己二醇、1,3-环己烷二甲醇、1,4-环己烷二甲醇、2,2,4,4-四甲基-1,3-环丁二醇等)、氧化胺(例如辛基二甲基氧化胺)、脂肪酸酯、脂肪酸酰胺(例如油酸酰胺、芥酸酰胺、硬脂酰胺、亚乙基双(十八酰胺)等)、矿物和植物油等。一种特别适合的液体或半固体是聚醚多元醇,其例如可以从巴斯夫公司以商标名Pluriol® WI商业购得。另一种适合的改性剂是部分可再生酯,其例如可以从Hallstar以商标名HALLGREEN® IM商业购得。

[0078] 当采用时,基于连续相(基体聚合物(或多种基体聚合物))的重量,该界面改性剂可占热塑性组合物的约0.1wt.%至约20wt.%,在一些实施方案中约0.5wt.%至约15wt.%,以及在一些实施方案中约1wt.%至约10wt.%。同样地,该界面改性剂在整个热塑性组合物中的浓度占约0.05wt.%至约20wt.%,在一些实施方案中占约0.1wt.%至约15wt.%,以及在一些实施方案中占约0.5wt.%至约10wt.%。

[0079] 当按照上述量应用时,该界面改性剂具有这样的特性,所述特性能够使其容易转移至聚合物的界面表面并且在不扰乱热塑性组合物的整体熔融特性的情况下促进剥离。例如,该界面改性剂通过降低其玻璃化转变温度,通常不会对聚合物产生增塑作用。完全相反地,本发明人已经发现,热塑性组合物的玻璃化转变温度可与初始的基体聚合物基本相同。在这方面,组合物的玻璃化转变温度与基体聚合物的玻璃化转变温度之比通常为约0.7至约1.3,在一些实施方案中为约0.8至约1.2,以及在一些实施方案中为约0.9至约1.1。该热塑性组合物例如可具有约35℃至约80℃,在一些实施方案中约40℃至约80℃,以及在一些实施方案中约50℃至约65℃的玻璃化转变温度。该热塑性组合物的熔体流动速率也可以与基体聚合物的熔体流动速率相似。例如,该组合物的熔体流动速率(以干基计)可以为约0.1至约70克/10分钟,在一些实施方案中为约0.5至约50克/10分钟,以及在一些实施方案中为约5至约25克/10分钟,它们是在2160克的负载和190℃的温度下测得的。

[0080] 也可应用增容剂,所述增容剂改善区域与基体之间的界面粘附并降低区域与基体之间的界面张力,从而允许在混合过程中形成较小的区域。适合的增容剂的实例例如可以包括用环氧基树脂或马来酸酐化学部分官能化的共聚物。马来酸酐增容剂的一个例子是马来酸酐接枝聚丙烯,其可从Arkema以商品名Orevac™ 18750和Orevac™ CA 100商业购得。当应用时,基于连续相基体的重量,该增容剂可占该热塑性组合物的约0.05wt.%至约10wt.%,在一些实施方案中约0.1wt.%至约8wt.%,以及在一些实施方案中0.5wt.%至约5wt.%。

[0081] 也可在该热塑性组合物中应用其它适合的材料,如催化剂、抗氧化剂、稳定剂、表面活性剂、蜡、固体溶剂、填料、成核剂(例如碳酸钙等)、微粒和其它材料被加入以增强该热塑性组合物的加工性能和机械性能。然而,本发明的一个有益方面是可在不需要各种传统添加剂如发泡剂(例如氯氟烃、氢氯氟烃、烃类、二氧化碳、超临界二氧化碳、氮气等)和增塑剂(例如固体或半固体聚乙二醇)的情况下提供良好的性能。事实上,该热塑性组合物通常可以是不含发泡剂和/或增塑剂的。例如,发泡剂和/或增塑剂存在的量可以为热塑性组合物的不多于约1wt.%,在一些实施方案中为不多于约0.5wt.%,以及在一些实施方案中为约0.001wt.%至约0.2wt.%。进一步地,由于所产生的组合物的如以下更详细描述的应力

发白性能，所产生的组合物可以在无需传统颜料如二氧化钛的情况下获得不透明颜色(例如白色)。例如，在某些实施方案中，颜料可以以热塑性组合物的不多于约1wt.％，在一些实施方案中不多于约0.5wt.％，以及在一些实施方案中为约0.001wt.％至约0.2wt.％的量存在。

[0082] II.纤维

[0083] 由热塑性组合物形成的纤维可通常具有任意期望的构型，包括单组份和多组分(例如皮芯构型、并行构型、分段饼式构型、海中岛构型等)。在一些实施方案中，所述纤维可含有一种或多种另外的聚合物作为组分(例如双组份的)或成分(例如双成分的)，以进一步增强强度和其它机械性能。例如，所述热塑性组合物可形成皮/芯双组分纤维的皮组分，而另外的聚合物可形成芯组分，反之亦然。所述另外的聚合物可以是热塑性聚合物如聚酯，例如聚乳酸、聚对苯二甲酸乙二醇酯、聚对苯二甲酸丁二醇酯等；聚烯烃，例如聚乙烯、聚丙烯、聚丁烯等；聚四氟乙烯；聚醋酸乙烯酯；聚氯乙烯-醋酸乙烯酯；聚乙烯醇缩丁醛；丙烯酸树脂，例如聚丙烯酸酯、聚甲基丙烯酸酯、聚甲基丙烯酸甲酯等；聚酰胺，例如尼龙；聚氯乙烯；聚偏二氯乙烯；聚苯乙烯；聚乙烯醇；以及聚氨酯。

[0084] 各种不同工艺中的任意一种均可用于形成根据本发明的纤维。例如，上述热塑性组合物可以经由喷丝头被喷出并经淬火处理。参见图1，例如，更详细地示出了用于形成纤维的方法的一个实施方案。在一个具体实施方案中，本发明的热塑性组合物可从料斗14进料至挤出机12。为了形成初始热塑性组合物，通常采用多种已知技术中的任意一种将组分共混在一起。例如，在一个实施方案中，组分可以被单独提供或组合提供。例如，所述组分可首先被干混在一起以形成基本均匀的干燥混合物，并且它们也可被同时或陆续供应至分散共混所述材料的熔融加工装置内。可采用分批的和/或连续的熔融加工技术。例如，可利用混合机/捏合机、班布里混合机、法劳连续混合机、单螺杆挤出机、双螺杆挤出机、滚碎机等来共混和熔融处理这些材料。特别适合的熔融加工装置可以是同向双螺杆挤出机(例如可从新泽西州拉姆齐城的Werner&Pfleiderer公司获得的ZSK-30挤出机或从英国Stone的Thermo Electron公司获得的Thermo Prism™ USALAB 16挤出机)。这样的挤出机可包括进料口和通风口并提供高强度分布和分散的混合。例如，组分可被进料至该双螺杆挤出机的相同或不同的进料口并熔融共混以形成基本均匀的熔融混合物。如果需要，其它添加剂也可被注入到该聚合物熔体中和/或在沿挤出机长度的不同位置处被单独进料至该挤出机中。

[0085] 无论选用何种具体加工技术，所产生的熔融共混组合物可包含如上所述的微米包含物添加剂的微米级区域和纳米包含物添加剂的纳米级区域。可控制剪切/压力程度和热量来确保充分分散，但不会高到不利地降低区域尺寸以使得它们不能实现期望性能的程度。例如，共混通常在约180℃至约300℃，在一些实施方案中为约185℃至约250℃，在一些实施方案中为约190℃至约240℃的温度下进行。同样，在熔融加工过程中的表观剪切速率的范围为约10秒$^{-1}$至约3000秒$^{-1}$，在一些实施方案中为50秒$^{-1}$至约2000秒$^{-1}$，以及在一些实施方案中为100秒$^{-1}$至约1200秒$^{-1}$。表观剪切速率可以等于$4Q/\pi R^3$，其中，Q是聚合物熔体的体积流动速率(“m^3/s”)，且R为熔融聚合物所流动经过的毛细管(例如挤出机模头)的半径(“m”)。当然，也可控制其它变量，如与生产速率成反比的在熔融加工过程中的停留时间，以获得期望程度的均质性。

[0086] 为了获得期望的剪切条件(例如速率、停留时间、剪切速率、熔融加工温度等),挤出机螺杆(或多个挤出机螺杆)的速率可在一定范围内选择。通常,由于额外的机械能输入该系统中,随着螺杆速率的增加,可观察到产品温度的升高。例如,螺杆速率可以是约50至约600转/分钟("rpm"),在一些实施方案中为约70至约500rpm,以及在一些实施方案中为约100至约300rpm。这可在不负面影响所产生区域的尺寸的情况下产生用于分散微米包含物添加剂的足够高的温度。熔体剪切速率,进而添加剂被分散的程度也可通过在挤出机的混合部中应用一个或多个分布式和/或分散式混合元件来得升高。用于单螺杆挤出机的适合的分布式混合机可包括例如Saxon混合机、Dulmage混合机、Cavity Transfer混合机等。同样,适合的分散式混合机可包括Blister ring混合机、Leroy/Maddock混合机、CRD混合机等。如在本领域内熟知的那样,可通过在圆筒中使用导致聚合物熔体折叠和再取向的销钉来进一步改善所述混合,例如在Buss Kneader挤出机、Cavity Transfer混合机和Vortex Intermeshing Pin(VIP)混合机中所使用的那些。

[0087] 再参见图1,挤出机12可被加热至足以挤出所述熔融聚合物的温度。经挤出的组合物随后穿过聚合物导管16至喷丝头18。例如,喷丝头18可以包括含有纺丝组件的外壳,该纺丝组件具有多个堆叠在彼此上方的板并具有设置成产生用于引导聚合物组分的流动路径的开口的图案。喷丝头18也具有按一行或多行设置的开口。当将聚合物经开口挤出时,所述开口形成向下挤出的纤丝帘。工艺10也采用邻近从喷丝头18延伸出的纤维帘布置的淬火鼓风机20。来自淬火空气鼓风机20的空气对从喷丝头18延伸出的纤维进行淬火。淬火空气可以从如图1中所示的纤维帘的一侧或纤维帘的两侧引导出。

[0088] 为了形成具有期望长度的纤维,经淬火的纤维通常例如使用如图1中所示的纤维拉伸单元22被熔融拉伸。用于熔融纺丝聚合物的纤维拉伸单元或者抽吸器(aspirators)是本领域中熟知的。用于本发明的方法的适合的纤维拉伸单元包括在第3,802,817号美国专利和第3,423,255号美国专利中所示类型的线性纤维抽吸器。纤维拉伸单元22通常包括细长的垂直通路,经由该通路通过用从通路的侧部进入并向下流过通路的抽吸空气来拉伸纤维。加热器或鼓风机24供应抽吸空气至纤维拉伸单元22。抽吸空气将纤维和周围空气拉过纤维拉伸单元22。气体的流动导致纤维拉伸或变细,这提高了构成纤维的聚合物的分子取向或结晶度。当采用纤维拉伸单元时,"拉细"比可以选成有助于实现希望的纤维长度。"拉细"比是纤维在拉伸后的线速度(如导丝辊(godet roll)42或有小孔的(foraminous)表面(未示出)的线速度除以纤维在挤出后的线速度)。例如,熔融拉伸期间的拉细比可以如下计算:

[0089] 拉细比=A/B

[0090] 其中,

[0091] A是纤维在熔融拉伸后的线速度(如导丝速度)并且是直接测量的;和

[0092] B是经挤出纤维的线速度并可以如下计算:

[0093] 挤出机的线性纤维速度$=C/(25^{*}TT^{*}D^{*}E^{2})$

[0094] C是通过单个孔的吞吐量(克/分钟);

[0095] D是聚合物的熔体密度(克/立方厘米);和

[0096] E是纤维被挤出通过的孔直径(以厘米计)。在某些实施方案中,拉细比可以为约20:1至约4000:1,在一些实施方案中为约25:1至约2000:1,且在一些实施方案中为约50:1

至约1000:1以及在一些实施方案中为约75:1至约800:1。

[0097] 一经形成，纤维就可以经由纤维拉伸单元22的出口沉积并沉积至导丝辊42上。如果需要，导丝辊42上收集的纤维任选地可以经受另外的在线加工和/或转换步骤(未示出)，如本领域技术人员能够理解的。例如，纤维可以被收集并随后压摺、纹理化和/或切割成约3至约80毫米，在一些实施方案中约4至约65毫米，并且在一些实施方案中约5至约50毫米的平均纤维长度。

[0098] 不论纤维以何种具体方式形成，期望的多孔网络可在后续步骤中或在纤维形成过程中通过拉伸所产生的纤维来形成。可采用各种不同的拉伸技术，如抽吸(例如纤维拉伸单元)、拉伸架拉伸、双轴向拉伸、多轴向拉伸、轮廓拉伸(profile drawing)、真空拉伸等。拉伸程度部分取决于被拉伸材料的性质，但通常被选择以确保获得期望的多孔网络。例如，纤维可以被拉伸(例如沿机器方向)至约1.1至约3.5，在一些实施方案中为约1.2至约3.0，以及在一些实施方案中为约1.3至约2.5的拉伸比。拉伸比可以如下确定：将已拉伸材料的长度除以其在拉伸前的长度。拉伸率也可以变化，以帮助获得所希望的性能，其例如在约5%至约1500%每分钟变形，在一些实施方案中为约20%至约1000%每分钟变形，和在一些实施方案中为约25%至约850%每分钟变形的范围内。在拉伸期间，纤维可被保持在基体聚合物和微米包含物添加剂的玻璃化温度以下的温度下。这尤其有助于确保聚合物链不被改变至使多孔网络变得不稳定的程度。例如，在基体聚合物的玻璃化转变温度以下至少约10℃，在一些实施方案中至少约20℃，和在一些实施方案中至少约30℃的温度下拉伸纤维。例如，可以在约0℃至约50℃，在一些实施方案中约15℃至约40℃，和在一些实施方案中约20℃至约30℃的温度下拉伸纤维。如果希望，可在不施加外部热量(例如加热的辊)的情况下拉伸组合物。

[0099] 按如上所述的方式拉伸可导致在拉伸方向(例如纵向或机器方向)上具有相对小的横截面尺寸的孔的形成。例如，可形成具有"纳米级"尺寸的孔(纳米孔)。例如，纳米孔的平均横截面尺寸可以是约800纳米或更小，在一些实施方案中为约1至约500纳米，在一些实施方案中为约5至约450纳米，在一些实施方案中为约5至约400纳米，以及在一些实施方案中为约10至约100纳米。在拉伸过程中也可在微米级区域处或附近形成微米孔，所述微米孔具有约0.5至约30微米，在一些实施方案中约1至约20微米，以及在一些实施方案中约2微米至约15微米的平均横截面尺寸。所述微米孔和/或纳米孔可具有任何规则或不规则的形状，如球形、细长形等。在某些情况下，所述微米孔和/或纳米孔的轴向尺寸可以大于所述横截面尺寸，以使得长宽比(纵向尺寸与横截面尺寸之比)为约1至约30，在一些实施方案中为约1.1至约15，以及在一些实施方案中为约1.2至约5。所述"轴向尺寸"是在通常沿拉伸方向的主轴线(例如长度)方向上的尺寸。

[0100] 本发明人也已经发现，所述孔(例如微米孔、纳米孔，或二者)可以基本均匀的方式分布在整个材料中。例如，所述孔可以分布成列，所述列沿与应力施加方向大致垂直的方向取向。这些列可以跨过所述材料的宽度大致彼此平行。在不打算被理论限制的情况下，认为这样的均匀分布的多孔网络的存在可导致高热阻以及良好的机械性能(例如在负载和冲击强度下的能量损耗)。这与涉及使用发泡剂成孔的、趋于导致不受控的孔分布和差的机械性能的传统技术完全相反。显然，通过上述方法的多孔网络的形成不一定会导致材料的横截面尺寸(例如宽度)的大幅改变。换句话说，所述材料并未大幅度颈缩，这可允许材料保持更

高程度的强度性能。

[0101] 除了形成多孔网络之外，拉伸还可明显增加微米级区域的轴向尺寸，以使得它们具有大致线性的细长形状。例如，所述细长的微米级区域可具有比所述区域在拉伸前的轴向尺寸大约10％或更多，在一些实施方案中约20％至约500％，以及在一些实施方案中约50％至约250％的平均轴向尺寸。在拉伸后的轴向尺寸的范围可以例如为约0.5至约250微米，在一些实施方案中为约1至约100微米，在一些实施方案中为约2至约50微米，以及在一些实施方案中为约5至约25微米。所述微米级区域也可以是相对薄的且因此具有小的横截面尺寸。例如，所述横截面尺寸可以是约0.05至约50微米，在一些实施方案中为约0.2至约10微米，以及在一些实施方案中为约0.5至约5微米。这可导致第一区域的长宽比(纵向尺寸与横截面尺寸之比)为约2至约150，在一些实施方案中为约3至约100，以及在一些实施方案中为约4至约50。

[0102] 由于所述多孔和细长的区域结构，本发明人已经发现，在沿纵向被拉伸时，所产生的纤维在体积上可均匀地膨胀，这是通过根据以下方程确定的低的“泊松系数”来体现的：

[0103] 泊松系数＝$-E_{横向}/E_{纵向}$

[0104] 其中$E_{横向}$是材料的横向变形，$E_{纵向}$是材料的纵向变形。更具体地，材料的泊松系数可以是约0或甚至是负值。例如，所述泊松系数可以为约0.1或更低，在一些实施方案中为约0.08或更低，和在一些实施方案中为约-0.1至约0.04。当泊松系数为0时，材料在纵向上膨胀时在横向上没有收缩。当泊松系数为负数时，材料在纵向上被拉伸时材料的横向或侧向尺寸也膨胀。因此，当具有负的泊松系数的材料在纵向上被拉伸时，可以呈现出在宽度上的增加，这可以导致横向上的增加的能量吸收。

[0105] 所产生的纤维可具有用于在本发明的织物中使用的优异的机械性能。例如，所述纤维可在施加应变时变形，而不会断裂。因此，所述纤维可以继续作为负载承重部件起作用，即使在所述纤维已经呈现出显著伸长之后。在这方面，所述纤维能够呈现出改善的“峰值伸长性能”，即纤维在其峰值负载下的伸长百分率。例如，本发明的纤维可以呈现出约50％或更高，在一些实施方案中约100％或更高，在一些实施方案中约200％至约1500％，和在一些实施方案中约400％至约800％的峰值伸长率，如在23℃下按照ASTM D638-10测定的。这样的伸长率对于具有各种各样的平均直径的纤维而言均可以实现，所述平均直径例如为约0.1至约50微米，在一些实施方案中为约1至约40微米，在一些实施方案中为约2至约25微米，和在一些实施方案中约5至约15微米。

[0106] 虽然具有在应变下延伸的能力，但所述纤维也可以保持相对强。例如，所述纤维可以呈现出约25至约500兆帕(″MPa″)，在一些实施方案中约50至约300MPa，和在一些实施方案中约60至约200MPa的峰值抗拉应力，例如在23℃下按照ASTM D638-10测定的。表示本发明的纤维的相对强度的另一个参数是“韧度”，其表示纤维的拉伸强度，其以力每单位线密度表示。例如，本发明的纤维可以具有约0.75至约6.0克力(″g_f″)/旦尼尔，在一些实施方案中约1.0至约4.5g_f/旦尼尔，和在一些实施方案中为约1.5至约4.0g_f/旦尼尔的韧度。纤维的旦尼尔可以根据希望的应用而变化。通常地，将纤维形成为具有小于约6，在一些实施方案中小于约3，和在一些实施方案中约0.5至约3的旦尼尔每根纤丝(即，等于以克计每9000米纤维的质量的线密度单位)。

[0107] 如果希望，所述纤维可以在拉伸之前和/或之后经受一个或多个另外的加工步骤。

这样的步骤例如包括沟辊(groove roll)拉伸、压花、涂覆等。在某些实施方案中，所述纤维还可经退火以助于确保其保持期望的形状。退火通常在聚合物基体的玻璃化转变温度下或聚合物基体的玻璃化转变温度以上发生，如在约40℃至约120℃，在一些实施方案中约50℃至约100℃，和在一些实施方案中约70℃至约90℃下发生。所述纤维也可以是采用各种已知技术中任一种来表面处理的，以改善其性能。例如，高能束(例如等离子体、X射线、电子束等)可以用来去除或减少任何皮层，以改变表面极性、多孔性、形貌，以使表面层变脆等。如果需要，这样的表面处理可以在拉伸之前和/或之后采用。

[0108] III.织物结构

[0109] 整个织物可由纤维形成，或者所述织物可以是纤维被应用在组分中的复合材料和/或纤维被用在层中的层压材料中。不管怎样，所述织物有时可以是将另外的材料(或多种另外的材料)与本发明的纤维结合使用的复合材料。如在本领域中已知的那样，各种不同材料中的任一种通常可与本发明的纤维组合使用。例如，在某些实施方案中可使用纺织纤维。特别适合的纺织纤维包括：通常非弹性的纺织纤维，如由棉花、羊毛、树内皮、丝绸、芳族聚酰胺(例如Nomex®或Kevlar®)、脂肪族聚酰胺(例如尼龙)、人造丝、莱赛尔纤维等形成的那些；弹性纤维，如由弹性酯(elastoester)(例如来自Teijin的REXE™)、lastol(例如Dow XLA™)、斯潘德克斯弹性纤维(例如来自DuPont的Lycra®)等形成的那些；以及两种或更多种类型的纺织纤维的组合。“斯潘德克斯弹性纤维”是由散布有相对柔软的聚醚、聚酯、聚碳酸酯等的链段的分段聚氨酯形成的弹性纺织纤维。同样，“弹性酯”是指由聚醚/聚酯共混物形成的弹性纺织纤维，且“lastol”是指由交联的乙烯/α-烯烃共聚物形成的弹性纺织纤维。弹性纺织纤维特别适于应用至具有类似拉伸性能的织物中。

[0110] 例如，在一个具体实施方案中，所述织物是包含由纤维和纺织纤维(例如弹性纤维)的组合形成的纱线的织造或针织复合材料。可拉伸的复合材料织物例如可由弹性纺织纤维形成的纱线和性质可以是相对非弹性的本发明的纤维形成的纱线形成。在一种织造织物中，例如，所述弹性纱线可以沿将会存在拉伸的方向上取向，如在纬线弹力织物中的纬纱。供选择地，所述织物可以由这样的纱线形成，所述纱线本身是本发明的纤维和纺织纤维(例如弹性纤维)的复合材料。可拉伸的复合材料纱线例如可以通过将弹性纤维与由本发明的纤维形成的纱线进行单绕或复绕、通过用根据本发明形成的短纤维覆盖弹性纤维(即包芯纺纱)、通过将弹性纱线与由本发明的纤维形成的纱线进行掺混和缠结(例如利用空气喷射)，通过将弹性纤维与由本发明的纤维形成的纱线进行缠绕等方式形成。复合材料织物也可采用纺织纱线和由纺织纤维和本发明的纤维的共混物形成的纱线的组合来形成。

[0111] III.制品

[0112] 本发明的织物可被应用在各种类型的制品中。这样的制品的非限定性实例例如包括建筑面板和型材(例如屋顶、墙洞、地板等)；服装；家具和寝具(例如睡袋、被子等)；极端环境(例如水下或太空)；餐饮产品(例如杯子、杯座、盘子等)；等等。如在本文中所用，例如，术语“服装”通常指代包括被成形成与身体部位相适配的任何制品。这样的制品的实例包括但不限于衣服(例如衬衫、短裤、牛仔裤、便裤、裙子、外套、运动服、运动的、有氧的和锻炼的衣服、游泳衣、自行车服装或短裤、游衣/浴衣、赛车服、潜水服、紧身衣裤等)、鞋类(例如鞋、袜子、靴子等)、防护服(例如消防衣)、服装配件(例如腰带、文胸带、侧幅、手套、袜类、裹腿、矫形背带等)、内衣(例如内裤、圆领汗衫等)、紧身服装、垂褶服装(例如裙腰布、宽外袍、斗

篷、宽大外衣、披肩等)等等。

[0113] 当在服装中使用时，本发明的织物可形成整个服装或仅设置在服装的部分或区域内。例如，参见图2，服装200的一个实施方案(即外套)，其包括主体部分220、袖子222和连接至所述主体部分的衣领224。在该具体实施方案中，服装200由层压材料202形成，该层压材料202包括外层212和限定出面向身体的表面225的内层214。所述外层212还包括前门襟226，该前门襟226包括纽扣228或者供选择地为拉链(未示出)。如果需要，外层212和/或内层214可由本发明的织物形成。然而，在某些实施方案中，外层212可由另一种材料如尼龙、聚酯、棉或其组合形成。在再其它的实施方案中，服装200整体由本发明的织物形成。

[0114] 在本发明的再其它的实施方案中，本发明的织物可以在鞋类中使用。所述织物可被用于形成整个鞋或仅作为衬垫。参见图3-4，例如，示出了可由本发明的织物形成的用于鞋子的衬垫100的一个实施方案。在该具体实施方案中，衬垫100包括隔热层112，该隔热层可由本发明的织物形成且其被包封在支撑层114和116内。通常，隔热层112被裁切并随后被放置在第一支撑层114的上表面113上。通过设置第二支撑层116来完成该衬垫100，该第二支撑层116具有层压在纤维层120的上表面122上以限定出面向身体的表面113的耐磨材料118。所述第一和第二支撑层114和116的外周可通过高频或超声波焊接来气密密封，以包封该隔热层112。衬垫100还可包括前区125，该前区包括彼此结合但其间不存在任何隔热材料112的上支撑层和下支撑层。该前区包括轮廓突起的脊127，其具有切割线，该衬垫100可沿该切割线被裁切以与各种不同尺寸的鞋子相适配。在再其它的实施方案中，该隔热衬垫100整体由本发明的纤维形成。

[0115] 还是在本发明的其它实施方案中，本发明的织物被用于建筑物隔热材料。例如，所述织物可以被用作充当建筑物外部防护并靠近建筑物外表面(例如墙壁、屋顶等)布置的“房屋包裹”材料。例如，这样的材料可在外表面和/或外部覆盖物(例如护墙板、砖块、石头、砖石、灰泥、混凝土饰面等)安装前被施加至所述外表面和/或外部覆盖物并靠近所述外表面和/或外部覆盖物布置。例如参见图5，示出了一个实施方案，其中，建筑物隔热材料被施加至外墙壁。通常，所述建筑物隔热材料是在墙壁已构建且所有的防护和防雨部件均已安装后被应用。所述建筑物隔热材料优选在门和窗已被固定在框状开口内侧之前且在安装主墙壁覆盖物之前被施加。在所示实施方案中，第一建筑物隔热材料300被施加至墙壁组件340。如所示的，一卷隔热材料可被展开。建筑物隔热材料300利用紧固件如订书钉或帽钉被固定至该外墙壁组件340。所述建筑物隔热材料可以围绕各个框状开口被裁切，其中另外的合适点缀物根据窗/门制造商和/或规范施加。如果需要，在被安装后，外部覆盖物可被施加/安装在所述建筑物隔热材料上。

[0116] 所述织物可以在任何具体应用中用于多种制品。例如，所述织物可以在汽车领域中应用。以举例的方式，织物可有益地在能改善车辆的舒适度和/或美感的制品(例如用于防晒板的覆盖物和/或垫料、扬声器外壳和覆盖物、座套、密封滑爽剂和用于座套的背衬、毛毯和地毯加强装置，包括地毯底布、汽车脚垫和用于汽车脚垫的背衬、用于安全带的覆盖物、行李舱地板覆盖物和衬垫、顶棚内衬的面衬和背衬、室内装潢品背衬、普通装饰织物等)、能够提供一般的隔温和/或隔音的材料(例如塔填料、门饰板垫、风帽衬垫、普通的隔音和隔热材料、消声器包裹物等)，和过滤/引擎材料(例如燃料过滤器、滤油器、电池隔板、机舱空气过滤器等)中使用。

[0117] 所述织物可被有利地应用在广泛的领域中。例如，所述织物通常可在交通运输业且不限于汽车应用中使用。所述织物可被应用在任何交通运输应用中，包括但不限于航空航天应用(例如飞机、直升机、空间运输、军事航天设备等)、海上应用(船艇、舰船、娱乐车辆)、火车等。所述织物可以任何期望的形式应用在交通应用中，例如在美学应用中、用于隔热和/或隔音、在过滤和/或引擎部件中，在安全部件中等。

[0118] 可参考下述实施例来更好地理解本发明。

[0119] 测试方法

[0120] 静水压测试(“静水压”)：

[0121] 所述静水压测试是材料在静压力下抵抗液态水渗透的量度的测试并且该测试根据AATCC测试方法127-2008进行。可对各样品的结果进行平均并以厘米(cm)记录。较高的值代表较大的抗水渗透性。

[0122] 水蒸气透过率(“WVTR”)：

[0123] 该测试用于确定可基于材料性质变化的材料的WVTR。一种用于测量WVTR值的技术是ASTM E96/96M-12，程序B。另一种方法涉及使用INDA测试程序IST-70.4(01)。所述INDA测试程序被总结如下。用永久防护膜和待测试的样品材料将干燥室与已知温度和湿度的潮湿室分开。防护膜的用途是限定一个有限的空气隙，并在表征该空气隙的同时使该空气隙中的空气不动或静止。干燥室、防护膜和潮湿室构成了该测试膜密封在其中的扩散单元。样品夹持器是Minnesota的Minneapolis的Mocon/Modem Controls,Inc.制造的Permatran-W Model 100K。第一个测试是由在产生100％相对湿度的蒸发器组件之间的防护膜和空气隙的WVTR组成。水蒸气扩散通过空气隙和防护膜，然后与正比于水蒸汽浓度的干燥气流相混合。将电信号传输至计算机用于处理。计算机计算出空气隙和防护膜的透过率，并存储该值以备进一步使用。

[0124] 防护膜和空气隙的透过率作为CalC存储于计算机中。然后将样品材料密封于测试单元中。再次地，水蒸汽扩散通过空气隙至防护膜和测试材料，然后与吹扫测试材料的干燥气流相混合。同样，再次将该混合物携带至蒸汽传感器。随后，计算机计算出空气隙、防护膜和测试材料的组合的透过率。随后，使用该信息根据以下方程来计算水分透过测试材料的透过率：

[0125] $TR^{-1}_{\text{测试材料}} = TR^{-1}_{\text{测试材料、防护膜、空气隙}} - TR^{-1}_{\text{防护膜、空气隙}}$

[0126] 然后，水蒸气透过率("WVTR")是如下计算的：

[0127] $$WVTR = \frac{F\rho_{sat(T)}RH}{AP_{sat(T)}(1-RH)}$$

[0128] 其中，

[0129] F＝水蒸气流量(cm^3/分钟)；

[0130] $\rho_{sat(T)}$＝温度T下饱和空气中水的密度；

[0131] RH＝所述单元中特定位置处的相对湿度；

[0132] A＝所述单元的横截面积；和

[0133] $P_{sat(T)}$＝温度T下的水蒸气的饱和蒸汽压

[0134] 传导性能：

[0135] 热导率(W/mK)和热阻(m^2K/W)可根据ASTM E-1530-11(“用保护的热流计技术的材料抵抗热传递(Resistance to Thermal Transmission of Materials by the Guarded Heat Flow Meter Technique)”)使用Anter Unitherm Model 2022测试仪确定。目标测试温度可以是25℃且所施加的负载可以是0.17MPa。在测试之前,所述样品可以在23℃(±2℃)的温度和50%(±10%)的相对湿度下适应40+小时。热导纳(W/m^2K)也可通过1除以热阻来计算。

[0136] 熔体流动速率:

[0137] 熔体流动速率("MFR")是指,当通常在190℃、210℃或230℃下经受10分钟的2160克的负载时,聚合物被迫使通过挤出流变仪孔(直径为0.0825-英寸)的重量(以克计)。除非另有说明,熔体流动速率是用Tinius Olsen挤压式塑性计根据ASTM测试方法D1239测量的。

[0138] 热性能:

[0139] 玻璃化转变温度(T_g)是根据ASTM E1640-09通过动态力学分析(DMA)测定的。可以使用得自TA Instruments的Q800仪器。实验运行可以在3℃/min的加热速率下用-120℃至150℃的温度扫描模式以拉力/拉力几何图形来实施。应变幅度频率在测试期间可以保持恒定(2Hz)。可以测试三(3)个独立的样品,以获得用tanδ曲线的峰值来定义的平均玻璃化转变温度,其中tanδ被定义为损耗模量与储能模量之比(tanδ=E"/E')。

[0140] 熔融温度可以通过差示扫描量热法(DSC)来测定。差示扫描量热仪可以是DSC Q100差示扫描量热仪,其可以配备有液氮冷却附件和UNIVERSAL ANALYSIS 2000(4.6.6版)分析软件程序,二者均可以获得自T.A.Instruments Inc.of New Castle,Delaware。为了避免直接操作样品,可以使用镊子或者其它工具。可以将样品放入铝盘并在分析天平上称重至0.01毫克的精确度。在材料样品上方,可以将盖子卷到所述盘上。通常地,树脂颗粒可以是直接放置在称重盘上的。

[0141] 如在差示扫描量热仪的操作手册中所述的,差示扫描量热仪可以采用铟金属标准品来校准,并且可以进行基线校正。可以将材料样品放入差示扫描量热仪的测试室中来测试,并且可以使用空盘作为对照。所有测试均可以在测试室中在每分钟55立方厘米的氮气(工业级)灌注(purge)下运行。对于树脂颗粒样品而言,加热和冷却程序为2-循环测试,该测试首先是平衡所述室至-30℃,随后是以每分钟10℃的加热速率加热到200℃的温度的第一加热段,随后将样品在200℃下平衡3分钟,随后是以每分钟10℃的冷却速率冷却到-30℃的温度的第一冷却段,随后将样品在-30℃下平衡3分钟,并且随后是以每分钟10℃的加热速率加热到200℃的温度的第二加热段。对于纤维样品,加热和冷却程序可以是1-循环的测试,该测试首先是平衡所述室至-25℃,随后是以每分钟10℃的加热速率加热到200℃的温度的加热段,随后将样品在200℃平衡3分钟,随后是以每分钟10℃的冷却速率冷却到-30℃的温度的冷却段。所有测试均可以在测试室中在55立方厘米每分钟的氮气(工业级)灌注下运行。

[0142] 可以利用UNIVERSAL ANALYSIS 2000分析软件程序来评价结果,该软件程序识别并量化拐点(inflection)的玻璃化转变温度(T_g)、吸热峰和放热峰,以及DSC图上的峰下面积。玻璃化转变温度可以被确定为图线上斜率发生明显变化的区域,而熔融温度是可以使用自动拐点计算来确定的。

[0143] 拉伸性能:

[0144] 拉伸性能可以在23℃下按照ASTM 638-10来测定。例如，可以首先将单个纤维试样缩短(如，用剪刀剪切)至长度为38毫米，并单独地放在黑色天鹅绒布上。以该方式收集10至15个纤维试样。然后将纤维试样在基本上笔直的条件下固定在外部尺寸为51毫米x 51毫米且内部尺寸为25毫米x 25毫米的矩形纸框架上。每根纤维试样的端部可以通过小心地将纤维端部用胶带固定至框架的侧面来有效地连接至框架。可以采用常规的实验室显微镜来测量每个纤维试样的外部、相对较短的横向纤维尺寸，该显微镜可以适度地校准并设置成40X的放大倍率。该横向纤维尺寸可以记录为单个纤维试样的直径。所述框架有助于以避免过度损害纤维试样的方式，将样品纤维试样的端部固定在恒速延伸型拉伸测试机的上部和下部夹具中。

[0145] 恒速延伸型拉伸测试机和适当的负载单元可以用于所述测试。负载单元可以这样选择(如，10N)，以便测试值落入全刻度负载的10-90％内。拉伸测试机(即，MTS SYNERGY 200)和负载单元可以获得自MTS Systems Corporation of Eden Prairie,Michigan。框架组装中的纤维试样随后可以固定在拉伸测试机的夹具之间，使得纤维的端部可以被拉伸测试机的夹具有效地固定。随后，平行于纤维长度延伸的纸框架侧部可以切割或分开，使得拉伸测试机仅将测试力施加至纤维。纤维可以经受在12英寸每分钟的拉动速率和夹具速度下的拉力测试。所产生的数据可以按以下测试设置采用MTS Corporation的TESTWORKS 4软件程序来分析：

[0146]

计算输入		测试输入	
断裂标记下降(break mark drop)	50%	断裂灵敏度	90%
断裂标记伸长	0.1in	断裂阈值	10 g_f
标称长度(nominal gage length)	1 in	数据获得速率(Data acq. rate)	10 Hz
松弛预负载(slack pre-load)	1 lb_f	旦尼尔长度	9000 m
斜率段长度	20%	密度	1.25 g/cm^3
屈服补偿(yield offset)	0.20%	初始速度	12 in/min
屈服段长度	2%	二次速度	2 in/min

[0147] 韧度值可以按照克力/旦尼尔来表达。峰值伸长率(％断裂应变)和峰值应力也可以测得。

[0148] 膨胀比、密度和孔体积百分率

[0149] 为测定膨胀比(expansion ratio)、密度和孔体积百分率，在拉伸前，可初始测量试样的宽度(W_i)和厚度(T_i)。拉伸前的长度(L_i)也可以通过测量试样表面上的两个标记之间的距离来测定。然后，可将试样拉伸，以引发空隙形成。然后，可利用Digimatic Caliper(Mitutoyo Corporation)测量试样的宽度(W_f)、厚度(T_f)和长度(L_f)，精确至0.01mm。拉伸前的体积(V_i)可通过W_i x T_i x L_i＝V_i计算。拉伸后的体积(V_f)也可通过W_fx T_fx L_f＝V_f计算。膨胀比(Φ)可通过Φ＝V_f/V_i计算；密度(P_f)是如下计算的：P_f＝P_i/Φ，其中P_i为前体材料的密度；以及孔体积百分率(％V_v)可通过如下计算：％V_v＝(1-1/Φ)x 100。

[0150] 水分含量：

[0151] 水分含量可以基本上按照ASTM D 7191-05使用Arizona Instruments Computrac Vapor Pro水分分析仪(型号3100)来测定,出于所有目的将该标准测试方法全部引入本文作为参考。测试温度(§X2.1.2)可以为130℃,样品尺寸(§X2.1.1)可以为2至4克,小瓶清洗时间(§X2.1.4)可以为30秒。进一步地,结束标准(§X2.1.3)可以定义为"预测"模式,其是指当满足内置程序化标准(其在数学上计算终点水分含量)时该测试结束。

[0152] 实施例1

[0153] 展示了形成在织物中使用的纤维的能力。最初,将85.3wt.%的聚乳酸(PLA 6201 D,Natureworks®)、9.5wt.%的微米包含物添加剂、1.4wt.%的纳米包含物添加剂和3.8wt.%的界面改性剂(PLURIOL® WI 285,得自BASF)的共混物纺入纤维中。微米包含物添加剂为Vistamaxx™ 2120(ExxonMobil),其为具有29g/10min(190℃,2160g)的熔体流动速率和0.866g/cm³的密度的聚烯烃共聚物/弹性体。纳米包含物添加剂为乙烯与丙烯酸甲酯与甲基丙烯酸缩水甘油酯的共聚物(Lotader® AX8900,Arkema),其具有70-100g/10min(190℃/2160g)的熔体流动速率、7至11wt.%的甲基丙烯酸缩水甘油酯含量、13至17wt.%的丙烯酸甲酯含量和72至80wt.%的乙烯含量。将所述聚合物进料到同向双螺杆挤出机(ZSK-30,直径为30mm,长度为1328毫米)来配混,该挤出机是由Werner and Pfleiderer Corporation of Ramsey,New Jersey制造的。该挤出机拥有14个区,从进料斗至模头连续编号为1-14。第一圆筒区#1经由重力送料器以15磅/小时的总吞吐量接收树脂,而PLURIOL® WI285是经由注射泵加入圆筒区#2的。用来挤出树脂的模头具有间隔4毫米的3个模头开口(直径为6毫米)。一经形成,将所挤出的树脂在风扇冷却传送带上冷却并且用Conair制粒机成型为颗粒。挤出机的螺杆速度为200转/分钟("rpm")。然后将颗粒大批地供入240℃下的单螺杆挤出机、熔融并由熔体泵以0.40克/孔/分钟的速率来经过0.6mm直径的喷丝头。

[0154] 纤维是以自由下降式(只有重力作为拉力)来收集的并且随后以50毫米/分钟的拉动速率测试机械性能。然后在23℃下于MTS Synergie拉伸架中以50mm/min的速率冷拉伸纤维。将纤维拉伸至50%、100%、150%、200%和250%的预定应变。在拉伸后,对于各应变速率,计算膨胀比、空隙体积和所产生的密度,如下表中所示。

[0155]

初始长度 (mm)	初始直径 (mm)	初始体积 (mm^3)	应变 %	伸长后的长度(mm)	伸长后的直径 (mm)	伸长后的体积 (mm^3)
50	0.1784	1.2498	50.0	75	0.1811	1.9319
50	0.2047	1.6455	100.0	100	0.2051	3.3039
50	0.1691	1.1229	150.0	125	0.165	2.6728
50	0.242	2.2998	200.0	150	0.1448	2.4701
50	0.1795	1.2653	250.0	175	0.1062	1.5502

[0156]

应变%	泊松系数	膨胀比	空隙体积(%)	初始密度 (g/cc)	空隙密度(g/cc)	观察
50	-0.030	1.55	35.3	1.2	0.78	无颈缩
100	-0.002	2.01	50.2	1.2	0.60	无颈缩
125	0.016	2.38	58.0	1.2	0.50	无颈缩
150	0.201	1.07	6.9	1.2	1.12	颈缩
175	0.163	1.23	18.4	1.2	0.98	完全颈缩

[0157] 实施例2

[0158] 纤维是如实施例1中所述形成的，区别仅在于它们是以100米/分钟的收集辊速度来收集的，导致拉细比为77。随后以50毫米/分钟的拉动速率来测试纤维的机械性能。然后将纤维在23℃下于MTS Synergie拉伸架中以50mm/min的速率冷拉伸。将纤维拉伸至50%、100%、150%、200%和250%的预定应变。在拉伸后，对于各应变速率，计算膨胀比、空隙体积和密度，如下表中所示。

[0159]

初始长度 (mm)	初始直径 (mm)	初始体积 (mm^3)	应变 %	伸长后的长度 (mm)	伸长后的直径 (mm)	伸长后的体积 (mm^3)
50	0.057	0.1276	50.0	75	0.0575	0.1948
50	0.0601	0.1418	100.0	100	0.0609	0.2913
50	0.067	0.1763	150.0	125	0.0653	0.4186
50	0.0601	0.1418	200.0	150	0.058	0.3963
50	0.0601	0.1418	200.0	150	0.0363	0.1552
50	0.059	0.1367	250.0	175	0.0385	0.2037

[0160]

应变%	泊松系数	膨胀比	空隙体积 (%)	初始密度 (g/cc)	空隙密度 (g/cc)	观察
50	-0.018	1.53	34.5	1.2	0.79	1个小颈缩，长度～1mm
100	-0.013	2.05	51.3	1.2	0.58	2个小颈缩，长度约5mm
150	0.017	2.37	57.9	1.2	0.51	无可见颈缩，看上去均匀
200	0.017	2.79	64.2	1.2	0.43	平均直径取自颈缩和非颈缩区
200	0.198	1.09	8.6	1.2	1.10	直径仅取自颈缩区
250	0.139	1.49	32.9	1.2	0.81	完全颈缩

[0161] 实施例3

[0162] 纤维是如实施例1中所述形成的，区别仅在于，共混物是由83.7wt.%的聚乳酸(PLA 6201D，Natureworks®)、9.3wt.%的Vistamaxx™ 2120、1.4wt.%的Lotader® AX8900、3.7%wt.%的PLURIOL® WI 285和1.9%的亲水表面活性剂(Masil SF-19)组成的。将PLURIOL®WI285和Masil SF-19以2:1(WI-285:SF-19)的比例预混合并经由注射泵加入圆筒区#2。纤维是在240℃、0.40ghm和以自由下降式收集的。

[0163] 实施例4

[0164] 纤维是如实施例3中所述形成的，区别仅在于它们是以100米/分钟的收集辊速度收集的，导致拉细比为77。随后以50毫米/分钟的拉动速率来测试纤维的机械性能。然后将纤维在23℃下于MTS Synergie拉伸架中以50mm/min的速率冷拉伸。将纤维拉伸至100%的预定应变。在拉伸后，计算膨胀比、空隙体积和密度，如下表中所示。

[0165]

实施例	初始长度(mm)	初始直径(mm)	初始体积(mm^3)	应变 %	伸长后的长度 (mm)	伸长后的直径(mm)	伸长后的体积(mm^3)
4	50	0.0626	0.1539	100.0	100	0.0493	0.1909

[0166]

实施例	泊松系数	膨胀比	空隙体积(%)	初始密度(g/cm^3)	空隙密度(g/cm^3)	观察
4	0.2125	1.24	19.4	1.2	0.97	局域颈缩遍布

[0167] 实施例5

[0168] 将来自实施例2的纤维在MTS Synergie拉伸架中以50毫米/分钟的速率拉伸至250%的应变。这打开了空隙结构并将纤维变白。然后从所述纤维的受应力的白色区域切下一英寸的样品。随后将新的纤维如上所述地测试。密度被估计为0.75克/立方厘米，拉伸测试的拉动速率为305mm/min。

[0169] 实施例6

[0170] 将来自实施例2的纤维在50℃的烘箱中加热30分钟，以使纤维退火。

[0171] 实施例7

[0172] 将来自实施例2的纤维在90℃的烘箱中加热5分钟，以使纤维退火并引起结晶。

[0173] 实施例1-7的纤维随后在50毫米/分钟的拉动速率下测试机械性能。结果列于下表中。

[0174]

实施例	直径 (μm)	峰值负载 (g_f)	峰值应力 (MPa)	断裂应变 (%)	断裂能 (J/cm^3)	韧度 (g/g)	密度 (g/cm^3)
对照PLA纤维	207.8	217.06	62.8	3.8	0.8	0.57	1.25
1	184.6	126.65	47.3	484.5	154.0	0.44	1.20
2	62.2	22.57	73.1	464.1	205.1	0.69	1.20
3	128.5	70.32	53.2	635.3	216.0	0.50	1.20
4	59.1	16.17	57.8	495.8	184.4	0.55	1.20
5	108.5	92.95	101.3	110.8	71.2	1.49	~0.75

[0175]

6	67.5	24.48	66.9	467.7	195.2	0.63	1.20
7	62.6	19.55	62.2	351.0	154.4	0.59	1.20

[0176] 实施例8

[0177] 展示了形成在织物中使用的纤维的能力。最初，由91.8wt.％的全同立构的丙烯均聚物(M3661，在210℃下的熔体流动速率为14g/10和熔融温度为150℃，道达尔石化公司)，7.4wt.％的聚乳酸(PLA 6252，在210℃下的熔体流动速率为70至85g/10分钟，Natureworks®)，以及0.7wt.％的聚环氧化物形成前体共混物。聚环氧化物为乙烯与丙烯酸甲酯与甲基丙烯酸缩水甘油酯的共聚物(LOTADER® AX8900，Arkema)，其具有6g/10分钟(190℃/2160克)的熔体流动速率、8wt.％的甲基丙烯酸缩水甘油酯含量、24wt.％的丙烯酸甲酯含量和68wt.％的乙烯含量。将所述组分在同向双螺杆挤出机(Werner and Pfleiderer ZSK-30，直径为30mm，且L/D＝44)中配混。该挤出机具有7个加热区。该挤出机中的温度在180℃至220℃范围内。所述聚合物在料斗处以15磅/小时按重量进料至挤出机，并且使用蠕动泵将液体注入圆筒中。挤出机在200转/分钟(RPM)下运行。在圆筒的最后一段(前)，使用直径为6毫米的3-孔模头来形成挤出物。所述挤出物在传送带中被气冷并使用Conair制粒机进行制粒。

[0178] 之后，利用配备有0.75英寸单螺杆挤出机和直径为0.6mm的16孔喷丝头的戴维斯标准纤维纺纱生产线由前体共混物制造纤维。所述纤维在不同的拉细比下收集。收线速度范围为1至1000m/min。挤出机的温度范围为175°至220℃。在25℃下以300mm/min在拉力测试机中将纤维拉伸至400％的伸长率。为了分析纤维形态，纤维在液氮中冷冻断裂并通过扫描电子显微镜Jeol 6490LV在高真空下进行分析。结果在图6-8中示出。如图所示，形成了类球状孔，其在拉伸方向上被拉长。形成了纳米孔(～50纳米宽，～500纳米长)和微米孔(～

0.5微米宽，～4微米长)。

[0179]　虽然本发明已经就其具体实施方案得以详述，但是将领会的是，本领域技术人员一旦获得对前述内容的理解，就可以容易地设想这些实施方案的替代、变型和等同方案。因此，本发明的范围应被评估为所附权利要求和任意等同方案的范围。

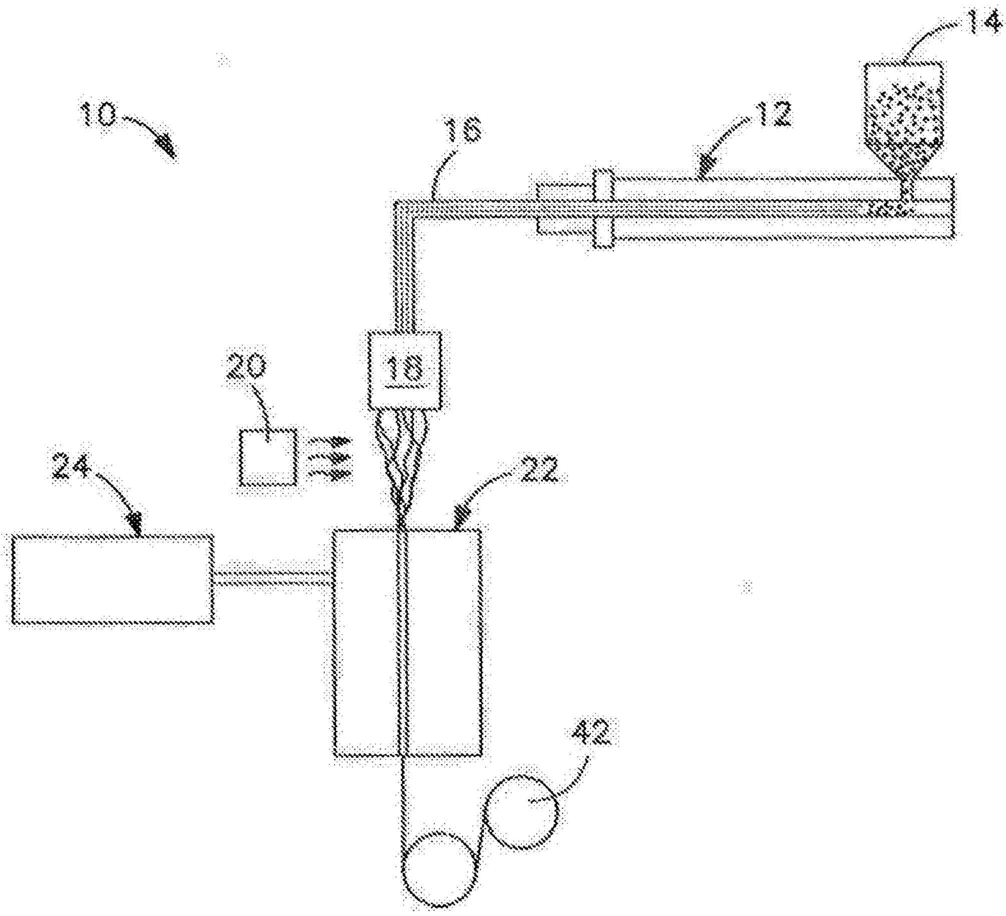


图1

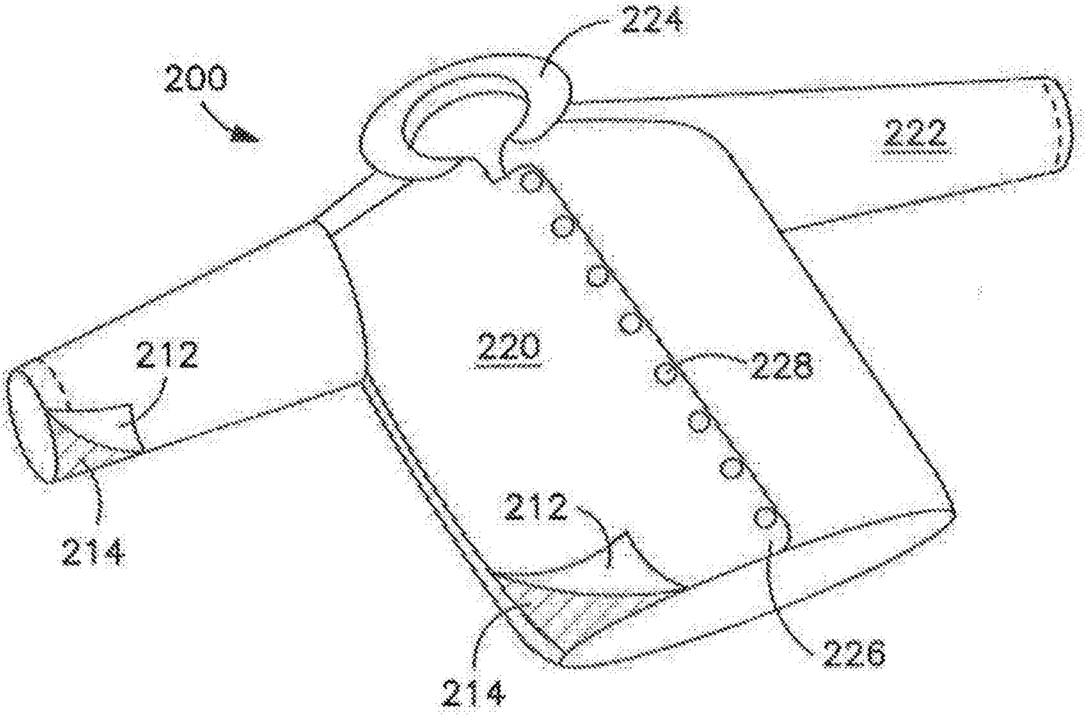


图2

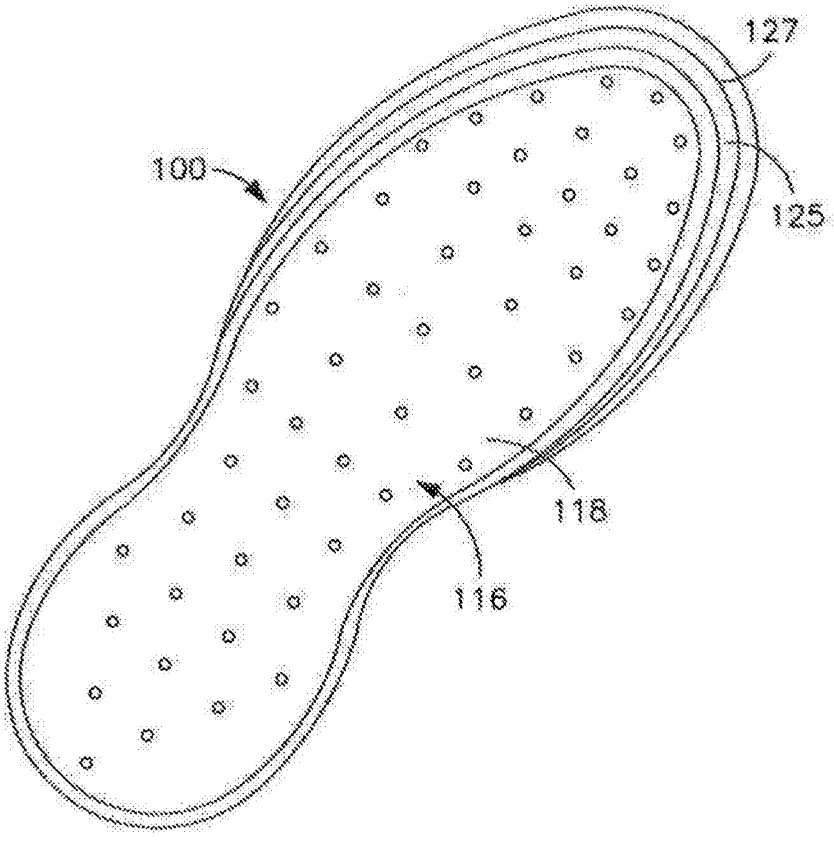


图3

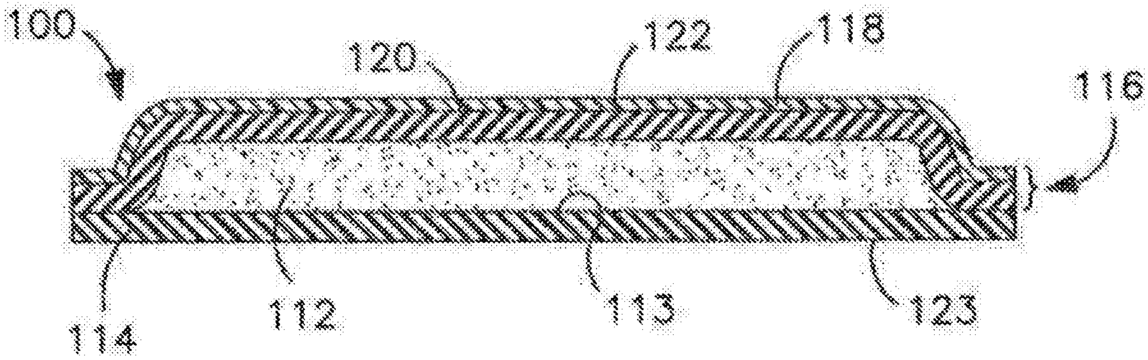


图4

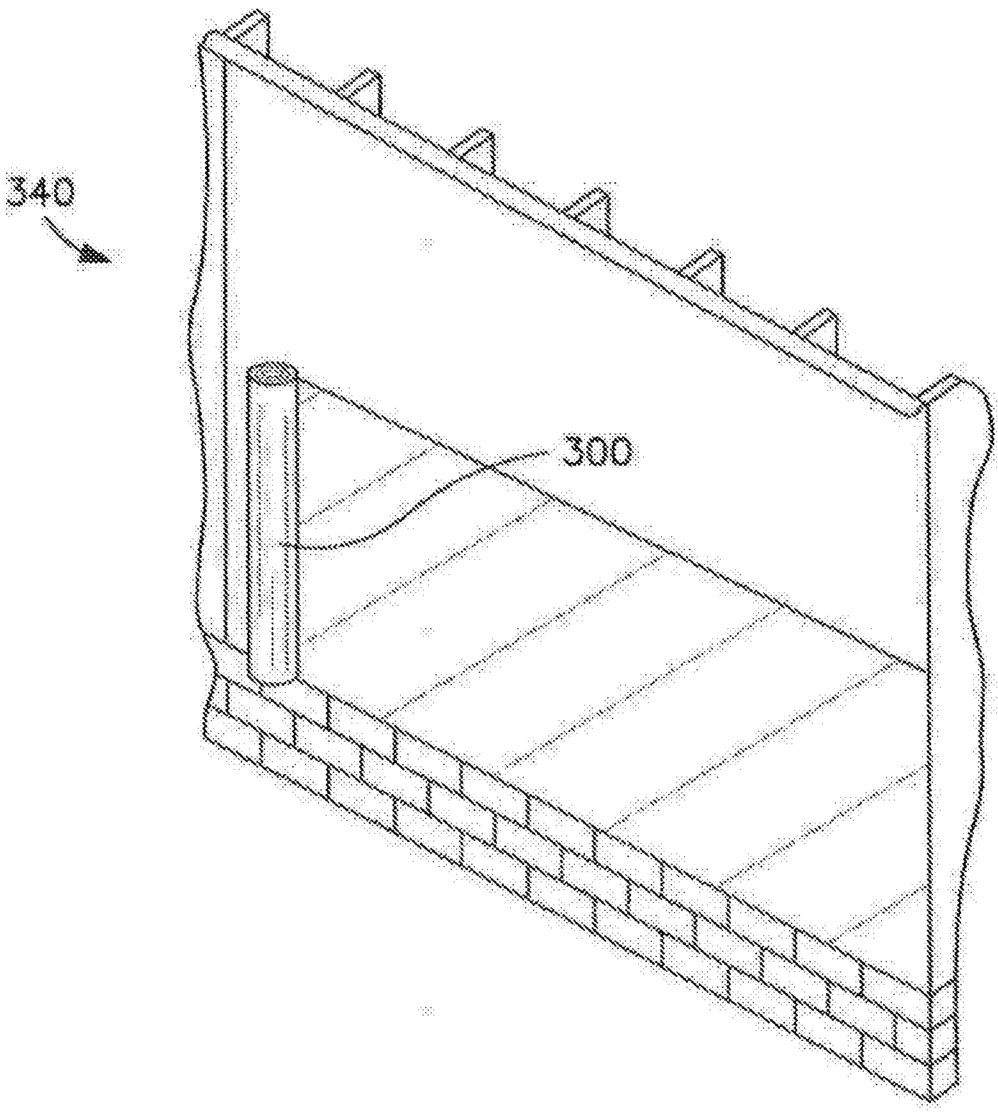


图5

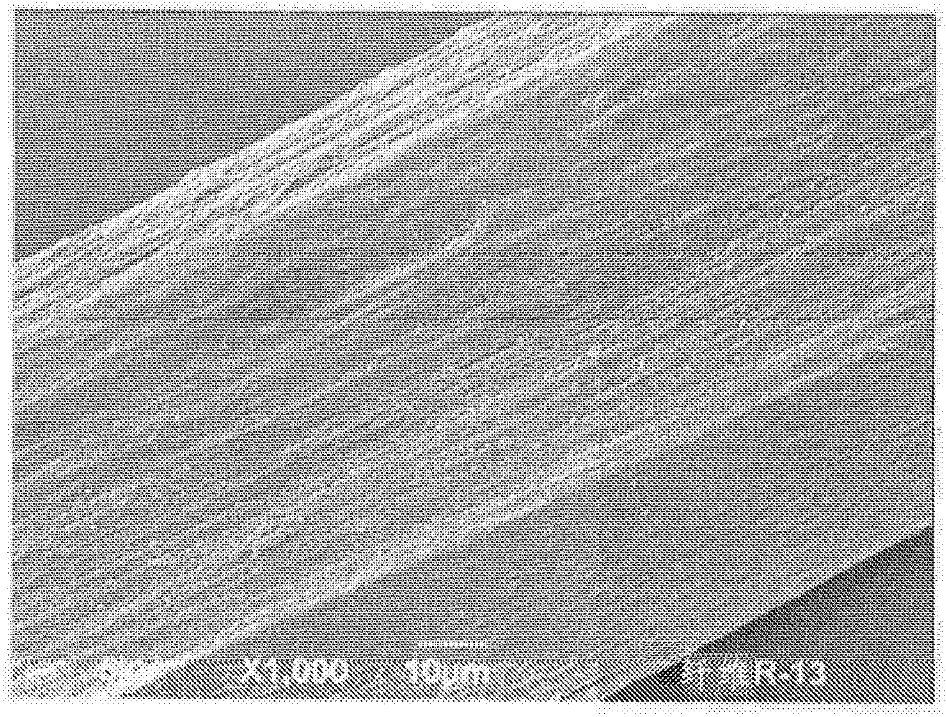


图6

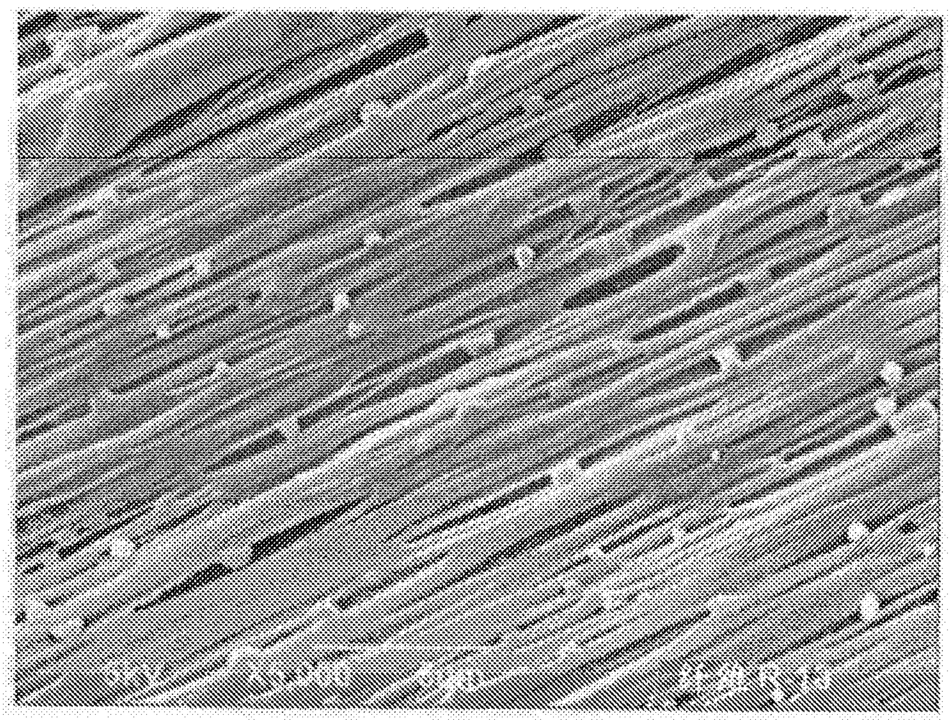


图7

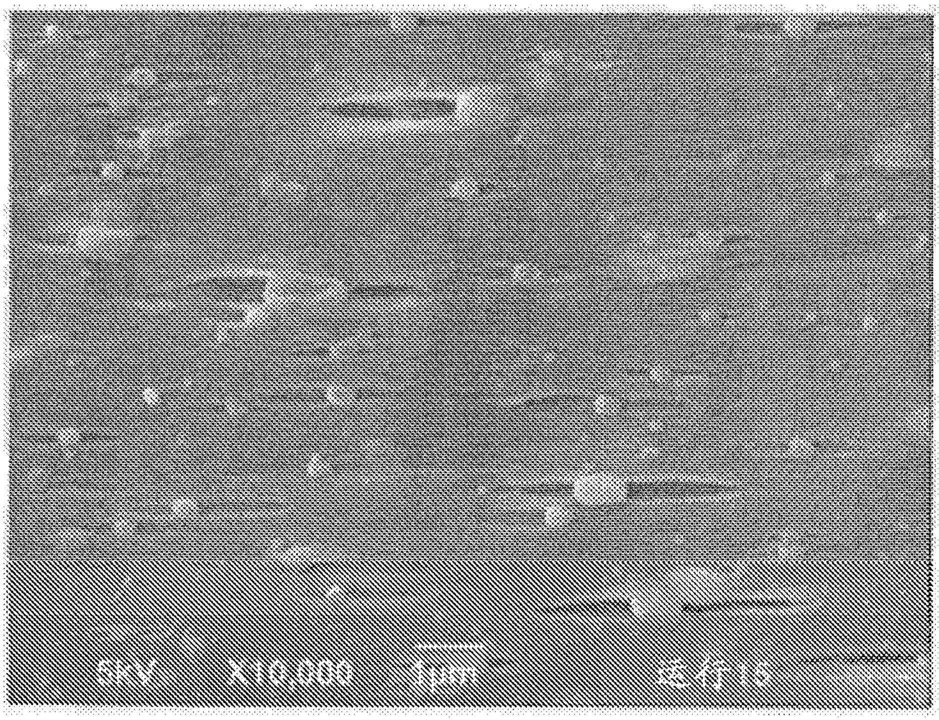


图8