



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104093605 A

(43) 申请公布日 2014. 10. 08

(21) 申请号 201380005331. 8

(22) 申请日 2013. 01. 09

(30) 优先权数据

102012200410. 6 2012. 01. 12 DE

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2014. 07. 11

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/EP2013/050241 2013. 01. 09

(87) PCT国际申请的公布数据

W02013/104635 DE 2013. 07. 18

(71) 申请人 热塑组合物股份有限公司

地址 德国朗根费尔德

(72) 发明人 赫伯特·博格尔

(74) 专利代理机构 北京弘权知识产权代理事务

所(普通合伙) 11363

代理人 荣文英 许伟群

(51) Int. Cl.

B60R 19/34(2006. 01)

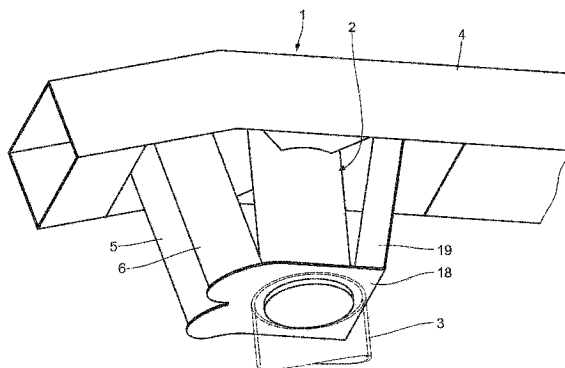
权利要求书1页 说明书6页 附图4页

(54) 发明名称

吸能支承结构及其制造方法

(57) 摘要

一种吸能支承结构(1),具有由纤维增强塑料构成的吸收体(2)。所述吸收体(2)安置在支承结构支座组件(3)和支承结构冲击吸收组件(4)之间。所述吸收体(2)被设置为使得其通过基于支承结构组件(3、4)的冲击引起的相对位移从起始状态变形至变形后的变形状态而吸收能量,所述能量通过冲击而被引入所述支承结构(1)中。所述吸收体(2)被设置为与初始状态相比通过能量吸收已经在起始状态预变形的本体。在所述支承结构(1)的生产期间,所述吸收体(2)首先被制造成初始状态,然后预变形至起始状态,最后所述吸收体(2)连接至支承结构组件(3、4)。结果是支承结构在受到冲击引起的能量引入时能够以可预测及确定的方式吸收能量。



1. 一种吸能支承结构 (1)

- 具有由纤维增强塑料构成的吸收体 (2), 所述吸收体 (2) 安置在支承结构支座组件 (3) 和支承结构冲击吸收组件 (4) 之间,

- 其中所述吸收体 (2) 被设置为使得其通过基于所述支承结构组件 (3、4) 的冲击引起的相对位移从起始状态变形至变形后的变形状态而吸收能量, 所述能量是通过冲击而被引入所述支承结构 (1) 中的能量,

其特征在于, 所述吸收体 (2) 被设计为一种本体, 与初始状态相比, 其在起始状态已经通过能量吸收而被预变形。

2. 根据权利要求 1 所述的支承结构, 其特征在于, 所述吸收体 (2) 被设置为通过分层而变形的本体。

3. 根据权利要求 1 或 2 所述的支承结构, 其特征在于, 所述吸收体 (2) 被设置为在起始状态和变形状态之间通过分层而变形的期间进行能量吸收。

4. 根据权利要求 1 至 3 之一所述的支承结构, 其特征在于, 所述吸收体 (2) 具有触发结构 (8), 所述触发结构 (8) 预先决定了所述吸收体 (2) 预变形至起始状态的位置。

5. 根据权利要求 4 所述的支承结构, 其特征在于, 所述触发结构 (8) 形成为所述吸收体 (2) 的一个端面的切角。

6. 根据权利要求 1 至 5 中任一项所述的支承结构, 其特征在于, 所述支承结构 (1) 具有由纤维增强塑料构成的多个吸收体 (2、5、6), 所述吸收体 (2、5、6) 分别被安置在支承结构支座组件 (3) 和支承结构冲击吸收组件 (4) 之间。

7. 根据权利要求 1 至 6 中任一项所述的支承结构, 其特征在于, 所述吸收体 (2) 通过注塑成型连接而连接到所述支承结构组件 (3、4) 的至少之一。

8. 一种用于制造根据权利要求 1 至 7 之一所述的支承结构 (1) 的方法, 所述方法具有如下步骤:

- 生产处于初始状态的吸收体 (2),

- 将所述吸收体 (2) 预变形至起始状态,

- 将所述吸收体 (2) 连接至所述支承结构支座组件 (3) 和所述支承结构冲击吸收组件 (4)。

9. 根据权利要求 8 所述的方法, 其特征在于, 所述吸收体 (2) 通过注塑成型而连接到支承结构组件 (3、4) 的至少之一。

10. 根据权利要求 9 所述的方法, 其特征在于, 所述吸收体 (2) 的预变形借助于注塑成型工具实现。

11. 根据权利要求 1 至 10 之一所述的方法, 其特征在于, 测量将所述吸收体 (2) 预变形至接近起始状态所需的力 (F0)。

吸能支承结构及其制造方法

[0001] 德国专利申请 DE 10 2012 200410.6 的内容通过引用被并入本文。

技术领域

[0002] 本发明涉及如权利要求 1 的前序部分所述的吸能支承结构。此外,本发明涉及一种制造吸能支承结构的方法。

背景技术

[0003] 吸能支承结构,尤其是对车辆的缓冲器或保险杠区域的吸能支承结构在 EP1464547A1、DE3839059A1、DE60300496T2、EP1607272B1、EP1744077A1、EP2335983A2、WO2011/058152A1、DE-PS1933149 和 DE102006058604A1 中公开。

发明内容

[0004] 本发明的一个目的是改进一种基于由纤维增强塑料构成的吸收体的吸能支承结构,使得它在冲击引起的向支承结构引入能量时以可预测及确定的方式吸收能量。本发明的另一目的是公开了该种类型的支承结构的制造方法。

[0005] 根据本发明,这一目的通过具有权利要求 1 所述特征的支承结构实现。

[0006] 本发明认为,吸收体的预变形引起非常确定的力量引入,进而当冲击被引入支承结构时引起一定的能量吸收比例。由此,纤维增强塑料的能量吸收势能够以可预测及确定的方式加以利用。可以利用在例如 50kJ/kg 至 120kJ/kg 范围内的纤维增强塑料的高比吸能 (hohe spezifische Energieabsorption),其显著高于可比较的金属吸收体的情况。由此在受到冲击时,吸收体从其初始状态变形的在起始区域的不希望、不确定的力量 - 路径相关性便可被避免。在支承结构组件之间可以使用非常大的长度比例的吸收体用于从起始状态变形至变形状态,例如吸收体总长的 85%。吸能支承结构的支承结构冲击吸收组件可被设置为车辆上的缓冲器或保险杠。吸收体可以为管状。管状吸收体可被设置为具有圆形或卵形或椭圆形截面。吸收体可被设置为具有正方形、矩形或具有多边形截面,例如三角形或多于四边形的截面。吸收体可以力配合地集成进支承结构中,也可承受无限范围的所有动载荷和静载荷,尤其是张力和横向力。如果支承结构被用在车辆中,所述吸收体也可例如被用于吸收牵引力。所述支承结构可被用在车辆工程中。可选地,所述支承结构也可被用作飞机的结构组件,例如飞机或直升飞机、升降机的结构组件,也可被用作建筑物的结构组件。在后一种情况下,所述支承结构可以是地震保护系统的一部分。所述吸收体可以仅仅由纤维增强塑料构成。

[0007] 根据权利要求 2 所述的吸收体以确定的方式变形。能量吸收能够受各分层条件的精细影响,例如受吸收体的壁厚和 / 或起到例如刀片作用的分层体的设计的影响。分层体的功能也可由支承结构组件 (吸收体被安装在其中间) 中的一个获得。分层体作为刀片的设计并不是强制性的。分层体仅需要被设计成能够持续分层,其被支承在预变形的吸收体上。

[0008] 为了实现能够用于能量吸收的分层性质,吸收体的壁厚必须超过一定的下限。选择该种下限,使得对于吸收体的分层力低于可能的弯曲力,从而保证了吸收体在受到冲击载荷时通过分层而不是通过屈曲而变形。对于管状吸收体、直径约为 20mm 到 25mm 的情况,壁厚的下限可以约为 1.0mm。对于吸收体的管径为 70mm,则壁厚的下限可以为 1.4mm。这适用于管长大约为 100mm。

[0009] 这也适用于根据权利要求 3 所述的吸收体。

[0010] 根据权利要求 4 所述的触发结构确保了确定的预变形比例。

[0011] 根据权利要求 5 所述的触发结构可以很容易地制成。

[0012] 根据权利要求 6 所述的支承结构使得力通过吸能支承结构在各个方向上被吸收。被吸收的力可以是纯吸持力和 / 或冲击引起的力。至少一个吸收体是预变形的。除预变形的吸收体外,其余由纤维增强塑料构成的本体可以被纯粹用作吸持结构和 / 或也可用作能量吸收器。由纤维增强塑料构成的本体可以被设计为三面体的方式。在吸能支承结构内有更大量的由纤维增强塑料构成的这种本体也是可能的。

[0013] 根据权利要求 7 所述的注塑成型连接使得可以将吸收体的预变形部分无间隙地连接至支承结构组件,使得吸收体的冲击引起的变形从起始状态立即到变形状态,换句话说在支承结构组件之间没有死路径。由此出现了完全确定的能量吸收比例。另外,在吸收体和支承结构之间确定的连接比例也通过在吸收体的预变形部分区域的注塑成型连接件而得到。注塑成型连接件可通过封装而制造。

[0014] 根据权利要求 8 所述的制造方法(所述方法包括制造初始状态的吸收体、将吸收体预变形成起始状态、以及将吸收体连接至支承结构支座组件和支承结构冲击吸收组件的步骤)的优势对应于如上所述的与本发明的吸收体相关的优势。

[0015] 根据权利要求 9 所述的注塑成型连接件可以具体地通过吸收体的封装而实现。

[0016] 根据权利要求 10 所述的吸收体的预变形可以被巧妙地整合进支承结构的生产过程中。

[0017] 根据权利要求 11 所述的力值测试使得可以在吸收体和支承结构的生产期间进行安全质量控制。

附图说明

[0018] 下面借助于附图,对本发明的实施方案进行更详细地描述,其中:

[0019] 图 1 示出了具有由纤维增强塑料构成的预变形的吸收体的吸能支承结构,所述吸收体安装在支承结构支座组件和支承结构冲击吸收组件之间;

[0020] 图 2 示出了在图 1 的支承结构生产期间作为预产品的吸收体,以还没有变形的初始状态显示;

[0021] 图 3 示出了在预变形后的图 2 的吸收体;

[0022] 图 4 示出了图 2 的吸收体,安装在注塑成型工具在其闭合前的两个工具组件之间,以轴向纵切面显示;

[0023] 图 5 示出了图 4 中沿 V-V 线的截面;

[0024] 图 6 示出了在开始闭合注塑成型工具后通过初始预变形的吸收体的一个端面部分的轴向纵切面;

[0025] 图 7 以与图 6 相似的视角示出了在已经完成注塑成型工具的闭合后完全预变形的吸收体的端面部分；

[0026] 图 8 以与图 7 相似的视角示出了一个完全预变形的可选的吸收体，其被支持在支承结构支座组件的一个变形部分的变体上；

[0027] 图 9 示出了力 / 路径图，其显示了变形体相对于吸收体的相对位移的施加在吸收体上的变形力的相关性。

具体实施方式

[0028] 图 1 示出了吸能支承结构 1 的一部分，吸能支承结构 1 可以是车辆的一个组件。支承结构 1 具有由纤维增强塑料制造的吸收体 2，吸收体 2 安装在支承结构支座组件 3 和支承结构冲击吸收组件 4 之间，支承结构支座组件 3 可以例如是车辆纵向构件或车辆纵向构件凸缘，支承结构冲击吸收组件 4 可以是车辆的缓冲器横梁或保险杠。吸收体 2 为整体管状。支承结构支座组件 3 的管状主组件以图 1 中的断续的短划线表示。支承结构支座组件 3 为管状，且如图 1 所示，可以为圆形或者可以为卵形截面。其他的适用于包围支承结构 1 的结构的支承结构支座组件 3 截面也是可以的。

[0029] 除吸收体 2 外，支承结构 1 也具有两个支承体 5、6，这两个支承体 5、6 也由纤维增强塑料制成并且也是管状。支承体 5、6 的管径小于吸收体 2 的管径。支承体 5、6 与吸收体 2 共同设置成四面体的形式。一方面吸收体 2 的纵向轴，另一方面支承体 5、6 的纵向轴，指向不同的方向。支承体 5 和 6 的纵向轴也可指向不同的方向。

[0030] 支承体 5、6 也可设置成冲击能量吸收的吸收体。

[0031] 支承体 5、6 也抵靠支承结构支座组件 3 支撑着支承结构冲击吸收组件 4。

[0032] 吸收体 2 和支承体 5、6 的纤维增强塑料是一种含纤维材料、塑料基质和增粘剂的纤维复合材料，纤维材料被嵌入塑料基质中，纤维材料的细丝用增粘剂涂覆。塑料基质也称为浸渍聚合物。增粘剂也称为施胶剂。

[0033] 玻璃纤维、碳纤维、芳族聚酰胺、玄武岩、聚酯或天然纤维也可被用作纤维材料。所述纤维可被设置为连续纤维。至少一些纤维沿吸收体 2 布置，换句话说在两个支承结构组件 3、4 之间的连接方向上布置。对于管状吸收体 2，大多数纤维在任何情况下都沿轴向布置。所述纤维可以组合形成纤维束，或者称为粗纱。

[0034] 可以使用热塑性塑料作为浸渍聚合物或塑料基质。其示例为 PE（聚乙烯）、PP（聚丙烯）、其它聚烯烃和这些聚烯烃的共混物、SAN（苯乙烯 / 丙烯腈）、PA（聚酰胺），例如 PA6、PA6.6、PA6.6T、PA12、PA6.10、ASA（丙烯腈 / 苯乙烯 / 丙烯酸酯）、PC（聚碳酸酯）、PBT（聚对苯二甲酸丁二醇酯）、PET（聚对苯二甲酸乙二醇酯）、PPS（聚苯硫醚）、PSU（聚砜）、PES（聚醚砜）、PEEK（聚醚醚酮）或共混聚合物，例如 PC/PBT。可被用作 B- 阶段的熔融物（乙阶酚醛树脂）的热固性塑料也可被用作浸渍聚合物。聚合物聚甲醛（POM）或聚甲醛（POM）与热塑性聚氨酯（PUR）的混合物也可被选择用于塑料基质。塑料基质的这些变体导致了刚性且坚固的基质，从而得到了纤维复合材料的相应的高能量吸收的可能性。

[0035] 吸收体 2 被设置为使得其通过基于支承结构组件 3、4 相对于彼此的冲击引起的相对位移从如图 1 所示的起始状态变形至变形后的变形状态而吸收能量，所述能量通过冲击而被引入支承结构 1 中。在对支承结构冲击吸收组件 4 的冲击下，其冲击能大于预设的最

小值,吸收体 2 由此变形至变形状态。支承体 5、6 在该过程中也可以变形。该变形通过分层发生。在变形期间,外管层从剩余的吸收体 2 剥离。吸收体 2 的外层从吸收体 2 的内层处分离。这种剥离或分层可由于在两个支承结构组件 3、4 之间的吸收体 2 的支撑而发生。分层体作为刀片 (Schneide) 的使用并不是必需的但基本是可行的。

[0036] 吸收体 2 被设置为与吸收体 2 的初始状态 (Ursprungszustand) 相比通过能量吸收而已经在起始状态 (Ausgangszustand) 变形的本体。在预变形期间的在初始状态和起始状态之间的变形以及在起始状态和变形状态之间的冲击引起的变形均可以通过分层实现。

[0037] 图 2 和 3 示出了预变形的过程。在图 2 中,吸收体 2 以其初始状态存在。由此出发,预变形力 (力箭头 7) 被轴向施加在吸收体 2 上。吸收体 2 在其端面上具有触发结构 8,其预先决定了在施加预变形力 7 期间吸收体 2 在何处预变形,从而预先决定了预变形开始的位置。触发结构 8 被成形为吸收体 2 的一个端面的切角,以 45° 切角角度存在。触发结构 8 的切角使得在触发结构 8 的区域处,吸收体 2 的外管壁 9 在该端面上突出超过了吸收体 2 的内管壁 10。

[0038] 图 3 示出了处在预变形的起始状态的吸收体 2。由于预变形力引起了吸收体 2 的分层,外管层在邻近触发结构 8 处从吸收体 2 剥离,从而形成了变形凸缘 11。所述预变形发生在具有触发结构 8 的吸收体 2 的端面上。这种预变形的变体也称为凸缘状 (预) 分层。

[0039] 作为支承结构 1 的制造中的方法步骤的吸收体 2 的预变形或预分层可发生在注塑成型工具中,所述注塑成型工具具有工具组件或工具半 (Werkzeughalften) 12、13,正如将会借助于图 4 如下描述的。吸收体 2 以中断的纵切面示出在该处。图 4 右侧,吸收体 2 通过其未切角的端面支承在工具半 13 的支座体 14 上。工具半 12 的管状变形或分层体 15 被用作预变形。在预变形期间,变形体 15 同轴地放置在吸收体 2 的具有触发结构 8 的端面上。

[0040] 图 5 示出了一方面吸收体 2 与另一方面变形体 15 之间的直径比。示出了管横截面之比的图 5 通过实线示出了变形体 15,通过短划线示出了吸收体 2。

[0041] 吸收体 2 的内壁管 10 的直径小于变形体 15 的内管壁 16 的直径。变形体 15 的内管壁 16 的直径小于吸收体 2 的外管壁 9 的直径。吸收体 2 的外管壁 9 的直径小于变形体 15 的外管壁 17 的直径。

[0042] 当含工具半 12、13 的注塑成型工具闭合时,变形体 15 与支座体 14 之间的间距减小,使得该间距变得小于吸收体 2 的轴向范围。变形体 15 然后进入吸收体 2 中。触发结构 8 使得吸收体 2 在触发结构 8 的区域处变形。这在图 6 和 7 中以截面示出。变形体 15 以短划线示出在该处。图 6 示出了吸收体 2 最初的预变形状态。变形凸缘 11 在变形体 15 的一个端侧正面的区域处在预变形期间形成。在吸收体 2 的内层 17a 和外层 17b 之间已经形成了起始撕裂前缘 17c,在该撕裂前缘处,外层 17b 在分层期间从内层 17a 被撕裂或剥离,形成了变形凸缘 11。在开始形成撕裂前缘 17c 后,撕裂前缘 17c 的径向位置被保留。吸收体 2 在内层 17a 的区域处保持未损坏,并且可以例如继续吸收横向力。

[0043] 图 7 示出了当预变形完成时的情形。此时变形体 15 仍沿变形方向 D 相对于吸收体 2 前进,使得撕裂前缘 17c 完全形成。因此,外层 17b 的分层凸缘关于其径向范围增加。吸收体 2 的外管壁 9 的底切区域 17e 可被用作锚定部分,以便将吸收体 2 借助于如下所述的成型或粘附法连接至支承结构组件。底切区域 17e 也可用作与另一种连接法 (例如焊接或铸造) 有关的锚定。

[0044] 在支承结构 1 的制造期间,吸收体 2 首先被制造成如图 2 所示的初始状态。初始状态中的吸收体 2 可通过连续法制造成连续型材体。在初始状态的吸收体 2 的生产期间或之后,吸收体 2 通过在端面上切角而接纳触发结构 8。吸收体 2 然后被预变形,如在图 4 和 6 的顺序中所显示的。预变形沿变形或分层路径 x_1 发生,这在下文中将会连同图 7 更为详细地描述。如上文所描述的,吸收体 2 的预变形能够在注塑成型工具被闭合时发生。图 6 在该种情况下示出了在闭合注塑成型工具期间的情形,图 7 示出了在注塑成型工具的工具半 12、13 闭合后的情形。最后,吸收体 2 一方面被连接至支承结构支座组件 3,另一方面连接至支承结构冲击吸收组件 4。为此,吸收体 2 的非预变形的部分通过熔融连接,尤其是通过封装,通过粘合连接或通过联锁配合而被力配合地连接至支承结构冲击吸收组件 4。

[0045] 所述连接,特别是吸收体 2 的预变形部分与这些支承结构组件 3、4 的连接,可以通过在含工具半 12、13 的成型工具中封装而发生。为此,成型工具的变形体 15 可以在将吸收体 2 用支承结构支座组件 3 的冲击变形部分 18 封装前再一次被轴向退回,使得吸收体 2 被暴露在变形凸缘 11 的区域处用于封装,并且能够用冲击变形部分 18 的材料完全封装。可选地,冲击变形部分 18 本身有可能为变形体 15 作为以注射进料器的形式的成型工具一部分。作为封装的一种可选方式,也可将吸收体 2 的变形部分粘合连接至相关联的支承结构组件。

[0046] 作为封装的一种可选方式,也可将吸收体 2 焊接至支承结构组件,或者也可以通过粘接或铸造连接。

[0047] 为了避免连接材料(例如塑料熔融物或粘合剂)渗入对吸收体 2 的继续变形很关键的变形凸缘 11 的一部分中,尤其是变形或分层撕裂区域可以通过覆盖体进行保护。这种类型的覆盖体可以例如由覆盖环 17d 形成,被应用在吸收体 2 上的变形凸缘 11 的区域中,使得特别是变形或分层撕裂被覆盖。这种类型的覆盖环 17d 在图 7 中以三角形截面标出。所述覆盖体可以由金属、塑料或弹性体制成。

[0048] 这种类型的覆盖体在初始状态的吸收体 2 的生产期间可以同时形成限定体以形成触发结构 8。在该情况下,覆盖体可被设置为具有横截面轮廓的环,其被设计与与触发结构 8 互补。这种类型的覆盖环也可被用作预先决定确定的预变形比例,而不需要在吸收体 2 上形成触发结构。在这种情况下,覆盖体或覆盖环同时被用作预变形体或预分层体,当注塑成型工具闭合时,其例如借助定形刀片(Pföhl-schneide)穿入吸收体 2 的朝向其的端面中,导致吸收体 2 的预变形。除预变形外,这种类型的覆盖体进一步具有如上所述的覆盖变形或分层撕裂部(tear)的功能。

[0049] 冲击变形部分 18 可以同时为支承结构的分层体。

[0050] 冲击变形部分 18 通过另外的连接部分 19 连接至支承结构冲击吸收组件 4。

[0051] 图 8 示出了预变形的吸收体 2 的另一种变体。与上文中参照图 1 到 7 所描述的组件对应的组件具有相同的附图标记,将不会再次详细描述。图 8 的吸收体 2 通过如下方式预变形,即内层 17a 和外层 17b 这二者从变形撕裂前缘 17c 开始弯折,形成垂直于吸收体 2 的轴向的内部和外部变形凸缘。

[0052] 图 8 的吸收体的预变形起始状态可以通过使用如图 2 的吸收体的触发结构 8 的方式的触发结构而产生。这可以通过如下很容易地实现,即吸收体 2 用触发结构 8 压迫抵住水平支座,例如抵住冲击变形部分 18 以预变形。

[0053] 吸收体 2 的非预变形部分保持未受损坏。相伴发生的预变形和预损坏局限于较短的预变形路径。预变形的吸收体 2 因此仍处在承受支承结构 1 的正常运行中的所有张力和横向力的位置处。

[0054] 预变形的效果通过图 9 的力 - 路径图进行解释。示出了变形力 F 与在吸收体 2 和变形体 15 或冲击变形部分 18 之间的轴向上的相对位移路径的相关性。

[0055] $x = 0$ 时, 吸收体 2 处于初始状态。 $x = x_1$ 时, 吸收体 2 处于起始状态。 $x > x_1$ 时, 吸收体 2 处于变形状态。

[0056] 通过变形体 15 发生预变形直至相对位移 x_1 处。变形力 F 在此时达到了力值 F_0 。 $x = 0$ 和 $x = x_1$ 之间的距离可以为 2mm 到 12mm, 特别是 5mm 到 6mm。

[0057] 如果从起始状态开始, 吸收体 2 在冲击变形部分 18 的冲击作用下进一步变形, 换句话说进一步分层, 这发生在路径区域 $x > x_1$, 实际上恒定的变形力 F_0 下。这种从吸收体 2 的起始状态开始的进一步变形沿撕裂部 19 发生, 撕裂部 19 在图 6 到 8 中由短划线示出。在内层 17a 和外层 17b 之间的撕裂部 19 的径向位置在变形期间基本上 (几乎) 保持不变, 因为吸收体 2 的纤维增强塑料的纤维具有相应的径向稳定效应。

[0058] 应当指出, 在形成撕裂前缘 17c 后, 在分层体不直接接触撕裂前缘 17c 本身的情况下吸收体 2 发生进一步分层。这导致一个事实, 即一旦发生预变形, 在 $x > x_1$ 的路径区域, 对于继续的冲击载荷, 以相同的力值水平 F_0 力值特性 $F(x)$ 继续而没有起始效果。

[0059] 借助于工具半 12 的测力传感器测量由变形体 15 施加到吸收体 2 上的在变形路径的最后一部分上、换句话说在 $x \leq x_1$ 时施加的变形力 F_0 。这一力水平 F_0 对应变形力水平, 其相当于在吸收体 2 通过变形路径 x 从起始状态变形至变形状态期间被吸收的冲击引起的能量吸收。

[0060] 通过测量预变形期间的力 F_0 由此保证了吸收体 2 的质量。

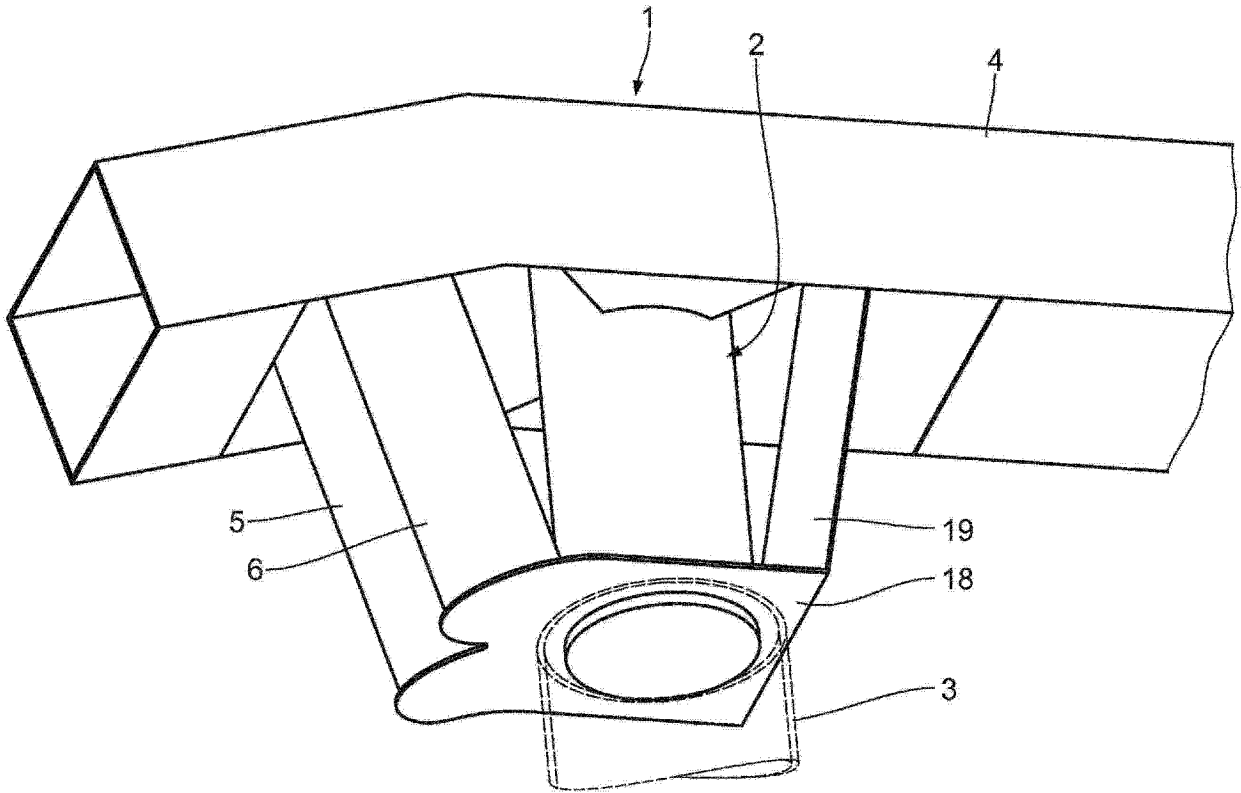


图 1

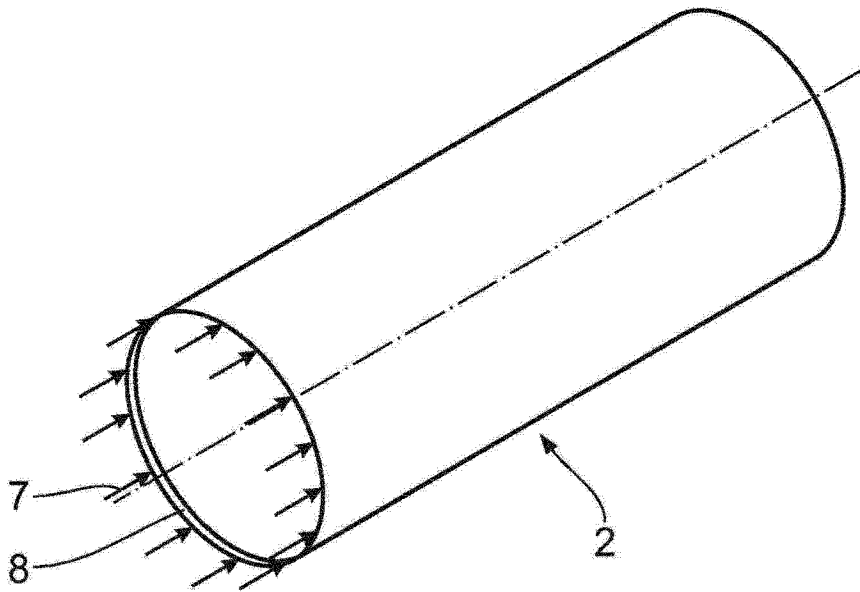


图 2

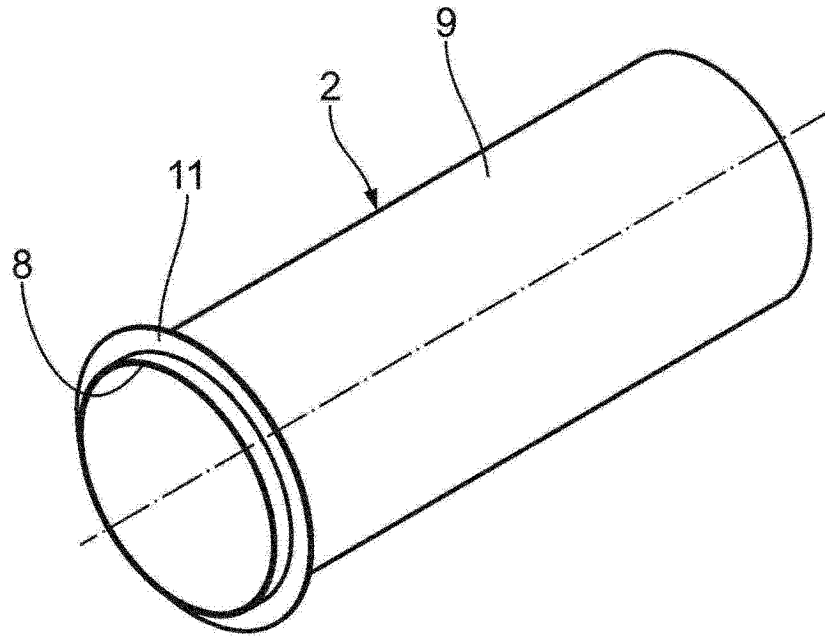


图 3

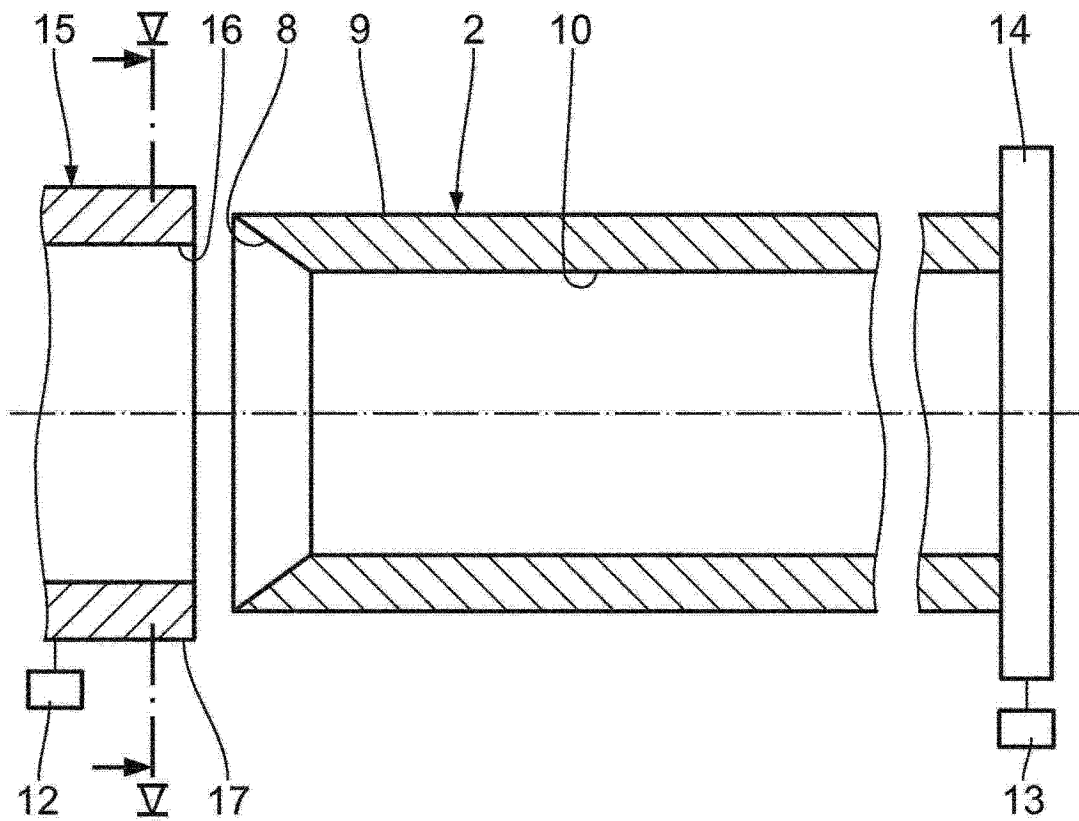


图 4

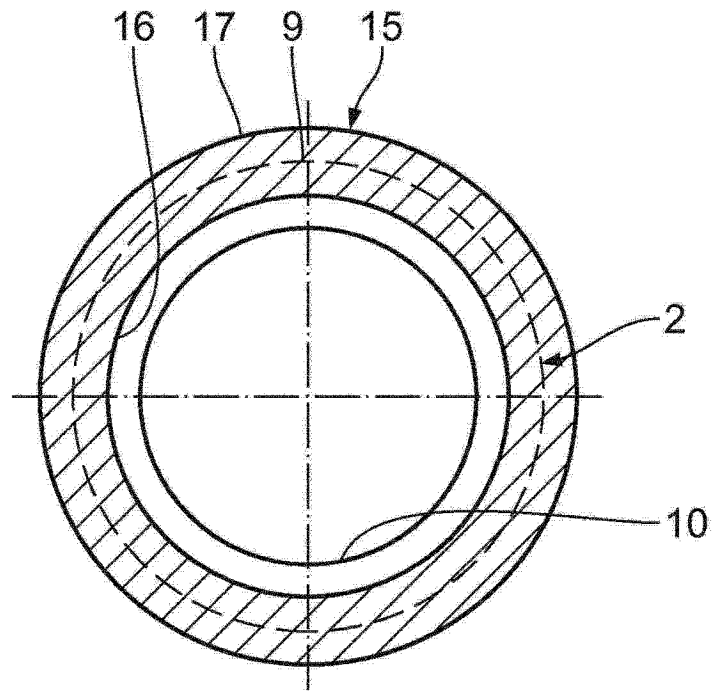


图 5

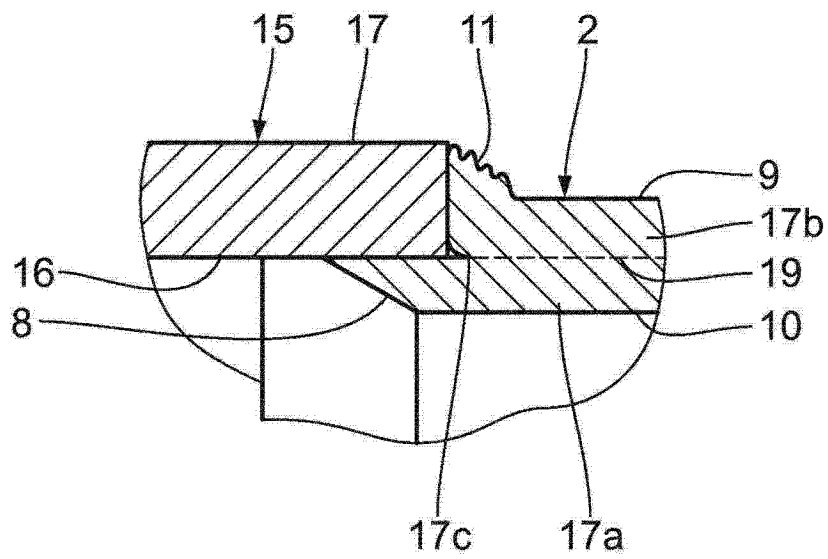


图 6

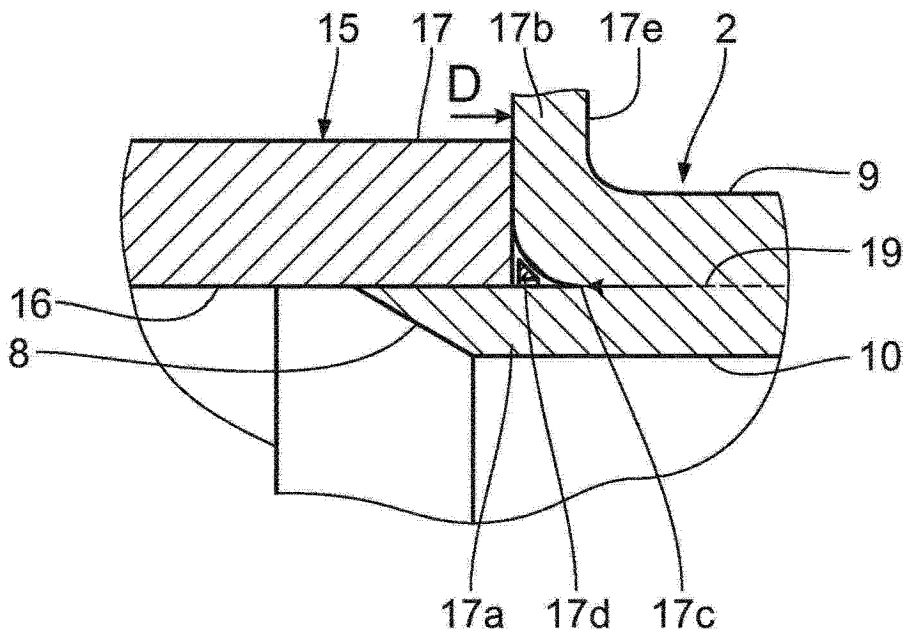


图 7

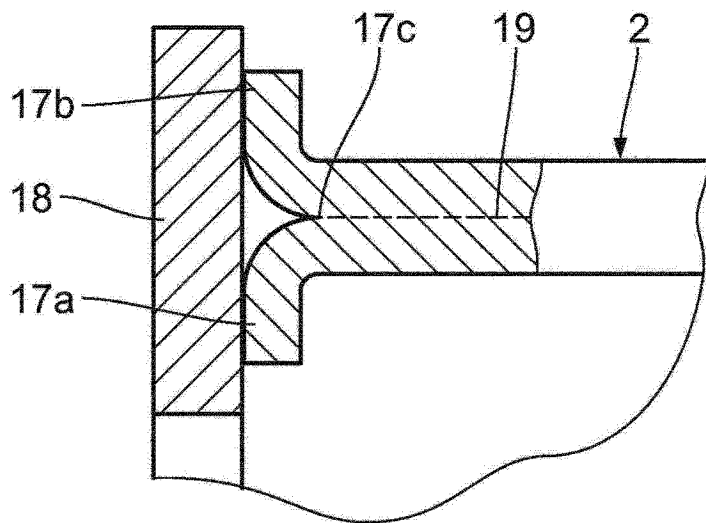


图 8

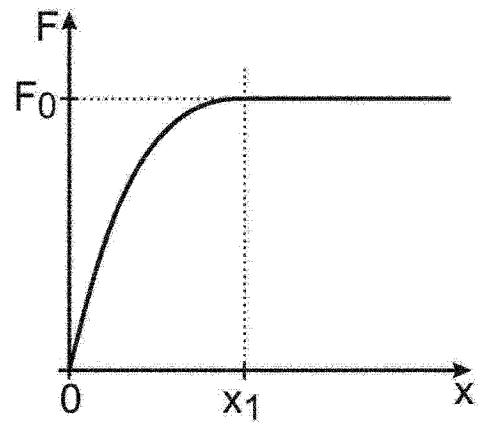


图 9