



(12) 发明专利



(10) 授权公告号 CN 114423665 B

(45) 授权公告日 2024. 09. 27

(21) 申请号 202080065672.4

(22) 申请日 2020.09.16

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 114423665 A

(43) 申请公布日 2022.04.29

(30) 优先权数据
19198139.8 2019.09.18 EP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2022.03.18

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/EP2020/075825 2020.09.16

(87) PCT国际申请的公布数据
W02021/052991 EN 2021.03.25

(73) 专利权人 塔塔钢铁荷兰科技有限责任公司
地址 荷兰费尔森-诺德

(72) 发明人 P·A·德弗里斯

(74) 专利代理机构 中国贸促会专利商标事务所
有限公司 11038
专利代理师 王爱华

(51) Int.Cl.
B61B 13/10 (2006.01)

(56) 对比文件
W0 2016126505 A1, 2016.08.11
W0 2019149604 A1, 2019.08.08
审查员 孙文嘉

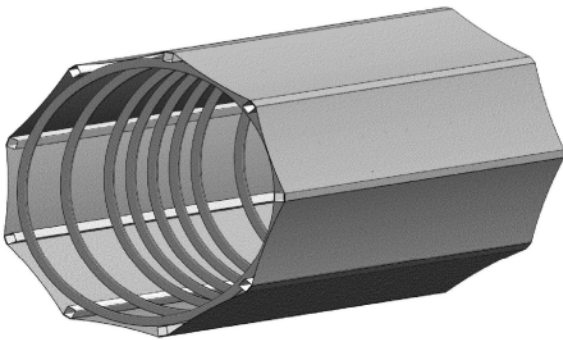
权利要求书2页 说明书9页 附图8页

(54) 发明名称

用于抽真空管运输系统的管部段

(57) 摘要

本发明涉及一种用于构造用于负压应用的管的管部段,所述管部段具有直径为至少2m的内切圆,并且涉及一种由所述管部段生产而成的抽真空管运输系统管。



1. 一种用于构造适合于负压应用的管(1)的管部段(2),所述管部段(2)具有长度L,所述管部段(2)具有直径为至少2 m的内切圆,其中所述管部段包括多个纵向桁条(3)、多个周向部段(4)以及具有曲率半径R的多个蒙皮部段(5),并且其中曲率沿着所述蒙皮部段的整个长度延伸,其中所述纵向桁条(3)连接至所述周向部段(4)的外表面(4a),其中所述多个纵向桁条(3)安装至所述周向部段以形成用于附接所述蒙皮部段(5)的骨架框架(6),其中所述蒙皮部段(5)的长边缘气密地安装至所述纵向桁条(3),并且其中所述蒙皮部段(5)的曲率半径R的中心点M位于所述管部段外部,并且其中,当所述管部段被用作负压应用时,所述纵向桁条(3)之间的所述蒙皮部段在所述纵向桁条(3)之间受到拉伸载荷。

2. 根据权利要求1所述的管部段(2),其特征在于,i)所述纵向桁条(3)中的一个、多个或全部为中空的,和/或其中ii)所述周向部段(4)中的一个、多个或全部为中空的。

3. 根据权利要求1所述的管部段(2),其特征在于,所述周向部段(4)之间的距离朝向所述管部段的在长度L的二分之一处的中部比在所述管部段的两个末端处小。

4. 根据权利要求1所述的管部段(2),其特征在于,所述周向部段(4)中的一个、多个或全部具有曲形状。

5. 根据权利要求4所述的管部段(2),其特征在于,所述周向部段(4)中的一个、多个或全部具有圆形形状、卵形形状或椭圆形形状。

6. 根据权利要求1至3中的任一项所述的管部段(2),其特征在于,所述周向部段(4)中的一个、多个或全部为具有至少8个边的多边形。

7. 根据权利要求1所述的管部段(2),其特征在于,所述纵向桁条(3)中的一个、多个或全部由矩形管生产而成。

8. 根据权利要求1所述的管部段(2),其特征在于,所述周向部段(4)中的一个、多个或全部由矩形管生产而成。

9. 根据权利要求1所述的管部段(2),其特征在于,所述纵向桁条(3)中的一个、多个或全部和/或所述周向部段(4)中的一个、多个或全部和/或所述蒙皮部段(5)中的一个、多个或全部由热轧钢带生产而成。

10. 根据权利要求1所述的管部段(2),其特征在于,沿着所述周向部段(4)的纵向桁条(3)的数量为质数。

11. 根据权利要求1所述的管部段(2),其特征在于,所述蒙皮部段(5)中的一个或多个、但是少于三分之一为平坦的蒙皮部段。

12. 根据权利要求11所述的管部段(2),其特征在于,所述平坦的蒙皮部段为地板面板、或用于外围设备的安装面板。

13. 根据权利要求1所述的管部段(2),其特征在于,光伏装置设置于所述管部段上。

14. 根据权利要求13所述的管部段(2),其特征在于,所述光伏装置为太阳能板。

15. 根据权利要求13所述的管部段(2),其特征在于,所述光伏装置设置于所述管部段的顶部上。

16. 根据权利要求1所述的管部段(2),其特征在于,在使用中,曲形的蒙皮部段(5)与所述周向部段直接接触。

17. 根据权利要求1所述的管部段(2),其特征在于,在使用中,曲形的蒙皮部段与所述纵向桁条一起在所述管部段内部的低压力与所述管部段外部的大气压力之间形成分隔部。

18.一种抽真空管运输系统管(1),所述抽真空管运输系统管(1)包括多个根据权利要求1至17中的任一项所述的管部段(2),其特征在于,在使用中,所述抽真空管运输系统管的内部的压力小于0.1巴。

19.根据权利要求18所述的抽真空管运输系统管(1),其特征在于,两个或更多个相邻的管部段(2)通过膨胀接头连接。

20.根据权利要求1至17中的任一项所述的管部段在抽真空管运输系统管(1)中的用途,其特征在于,在使用中,所述抽真空管运输系统管的内部的压力小于0.1巴。

21.根据权利要求20所述的用途,其特征在于,所述抽真空管运输系统管的内部的压力小于0.01巴。

用于抽真空管运输系统的管部段

技术领域

[0001] 本发明涉及一种用于构造用于负压应用的管的管部段,所述管部段具有直径为至少2m的内切圆,并且涉及一种由所述管部段生产而成的抽真空管运输系统管。

背景技术

[0002] 负压应用意味着管中的压力低于管外部的压力。因此,管处于外部压力之下。一种这样的负压应用为抽真空管运输系统(ETT:evacuated tube transport system)中的管。超级高铁是一种用于乘客运输和/或货物运输的ETT拟建模式,首先被用来描述由来自Tesla和SpaceX的联合团队所发布的开源空气动力火车设计。在很大程度上借鉴Robert Goddard的空气动力火车的超级高铁包括密封的真空管或真空管系统,舱可以行进通过所述密封的真空管或真空管系统而受到较少的空气阻力或摩擦或者甚至不受空气阻力或摩擦,从而以高的速度和加速度运送人或物体。于2012年首次公开提及的Elon Musk版本的概念包含减压管,其中加压舱支撑于由线性感应电动机和空气压缩机驱动的空气轴承上。所述管在地面之上将在塔架上延伸或者在地面之下将在隧道中延伸。所述概念将容许比当前的铁路或航空行进显著地更快的行进。理想的超级高铁系统将比现有的大众运输模式更加节能、安静和自主。

[0003] 高速铁路的发展在历史上受到管理摩擦和空气阻力的困难的阻碍,摩擦和空气阻力在车辆接近高速时变得显著。空气动力火车概念在理论上通过在抽真空的(无气的)或部分地抽真空的管中采用磁悬浮列车而消除这些障碍,从而容许非常高的速度。在US1020942中公开磁悬浮的原理。然而,磁悬浮的高成本以及在长距离之上维持真空的困难一直阻止这种类型的系统的建造。超级高铁类似于空气动力火车系统但是在大约1毫巴(100Pa)的压力下运行,并且因此可以被描述成抽真空管运输(ETT:evacuated tube transport)系统,如在US5950543中概括地公开的。

[0004] ETT系统通过使所有障碍物运动离开行进路径而解决与经典运输相关联的许多问题。行进的物体(在这种情况下舱)处于管中,所以它停留在预期路径上并且没有障碍物可以到达路径。如果随后的舱经历相同的加速和减速,则许多舱可以一次完全安全地在管中沿同一方向行进。对加速和减速进行计划以防止舱变成随后的舱的障碍物。由于最低限度地依赖于或不依赖于活动部件,所以舱的可靠性非常高。在减速期间回收加速所需的大部分能量。

[0005] ETT-系统的重要元件之一是管。这些管需要大的内径,以容许容纳货物或乘客的舱通过。管中的压力为大约100Pa,所以它必须能够承受为大约101kPa的周围大气压力,所述周围大气压力高大约1000倍。由于管在地面以上通常将被支撑(例如通过塔架),所以所述管还必须能够跨越两个支撑件之间的间隙而不弯曲或屈曲。根据超级高铁阿尔法(Hyperloop Alpha)项目的完整建议,对于乘客管而言,需要在20mm至23mm之间的管壁厚度以为考虑到的载荷情况提供足够的强度,比如压力差、间隔大约30m定位的塔架之间的弯曲和屈曲、由于舱的重量和加速度所引起的载荷、以及地震考虑。对于乘客加车辆管而言,较

大的管的管壁厚度将在23mm至25mm之间。这些计算基于具有3.30m的内径的管。然而,计算还表明,通过增大行进通过管的舱尺寸,可以大大地改进ETT-系统的经济性。这些增大的舱尺寸需要大约3.50米至5.00米的内径。如果由钢板或钢带生产这些直径的管,则这需要大约30mm的厚度。没有带钢热轧机能够供应这种厚度的材料,因此将必须由板生产这些管。随着所提出的ETT系统和作为管的优选材料的钢的广泛使用,这将需要大约 $3000\text{ton/km} \times 20000\text{km} = 60\text{Mton}$ 。目前,EU28中的板的总产量为大约10Mton/年。除了该生产力问题之外,由板生产管需要大量的繁琐的现场处理和成型以及板的焊接,并且管变得非常重。由30mm厚的钢制成的5m直径的管重 3700kg/m ,这意味着10m的段重37公吨。Mi-26直升飞机的有效载荷为大约22公吨。考虑到高架桥或其它限制,经由道路运输是不切实际的。

[0006] 屈曲指的是结构的稳定性的损失,并且以它的最简单的形式与材料强度无关,其中假定这种稳定性的损失在材料的弹性范围内发生。细长的结构或薄壁结构在压缩载荷下易于屈曲。因此,管不仅必须能够承受压力差并且能够在没有显著下垂的情况下跨越30m,它还必须具有足够的抗屈曲能力。使用较高强度的钢可以增加机械性能,并且由此通过容许较薄的壁厚度而实现一些材料节省,但是未实现抗屈曲能力。

[0007] W02019162068公开一种ETT系统管,所述ETT系统管包括由双壁金属管组成的多个管段,所述双壁金属管包括外部金属管和内部金属管,其中所述外部金属管与所述内部金属管之间的空间填充有加强化合物,并且其中所述加强化合物结合至所述外部管的内部表面以及所述内部管的外部表面并且与所述外部管的内部表面以及所述内部管的外部表面紧密接触。

[0008] 发明目的

[0009] 本发明的目的是提供一种用于构造用于负压应用的管的管部段,所述管部段比常规生产的螺旋焊接管部段轻,并且不易屈曲。

[0010] 本发明的另一个目的是提供一种用于构造用于负压应用的管的管部段,所述管部段可以现场生产。

[0011] 本发明的另一个目的是提供一种用于构造用于ETT-系统的管的管部段,所述管部段可以容易地在道路上运输。

[0012] 本发明的另一个目的是提供一种适合于ETT-系统的管,所述管使用比单蒙皮管更少的材料,同时以可常规地由热轧带钢或冷轧带钢制造的方式提供具有可接受的刚度的类似的屈曲性能。

发明内容

[0013] 利用一种用于构造适合于负压应用的管(1)的管部段(2)达到这些目的中的一个或多个,所述管部段(2)具有长度L,所述管部段(2)具有直径为至少2m的内切圆,其中所述管部段包括多个纵向桁条(3)、多个周向部段(4)以及具有曲率半径R的多个蒙皮部段(5),并且其中所述曲率沿着所述蒙皮部段的整个长度延伸,其中所述纵向桁条(3)连接至所述周向部段(4)的外表面(4a),其中所述多个纵向桁条(3)安装至所述周向部段以形成用于附接所述蒙皮部段(5)的骨架框架(6),其中所述蒙皮部段(5)的长边缘气密地安装至所述纵向桁条(3),并且其中所述蒙皮部段(5)的所述曲率半径R的中心点M位于所述管部段外部,并且其中,当所述管部段被用作负压应用时,所述纵向桁条(3)之间的所述蒙皮部段在所述

纵向桁条 (3) 之间受到拉伸载荷。在从属权利要求中提供优选实施例。

[0014] W02020169411公开一种管部段,所述管部段包括多个纵向桁条、多个周向部段以及具有曲率半径R的多个薄壁蒙皮部段,并且其中所述曲率沿着所述薄壁蒙皮部段的整个长度延伸,其中所述纵向桁条连接至所述周向部段的内表面,其中所述纵向桁条和所述周向部段形成用于附接所述薄壁蒙皮部段 (5) 的骨架框架,并且其中所述薄壁蒙皮部段 (5) 的长边缘被固定地且气密地安装至所述纵向桁条,并且其中,在使用中,所述桁条之间的薄壁部段受到拉伸载荷。

[0015] 在本发明的上下文中,“适合于负压应用”意味着当被用于包括多个根据本发明的管部段的抽真空管运输系统管中时,所述管部段受到所述管或管部段外部的大气压力的压力,并且其中所述管或管部段内部的压力小于0.1巴、优选地小于0.01巴 (10毫巴)、甚至更优选地小于5毫巴、甚至小于2毫巴或甚至大约1毫巴 ($\approx 100\text{Pa}$)。不必要地,应当注意的是,在所述管部段的构造期间,它不一定处于负压情况下。

[0016] 要求所述曲形蒙皮部段的曲率半径R的中心点M位于所述管部段外部具有以下效果:当所述部段被用于ETT-系统中并且在所述管部段上存在外部压力时,所述曲形蒙皮部段被向内推动并且所述曲形蒙皮部段在所述纵向桁条之间受到拉伸应力 (参见图10)。由于所述管部段根据本发明被构造有向内成曲形的薄壁蒙皮部段,所以如果所述管部段被用于负压应用中,而且如果所述管部段 (尚) 未处于负压应用中,则M位于所述管部段外部。

[0017] 本发明容许在组装成完整的管之前制造各个管部段。所述完整的管提供热轧带钢和管状部段解决方案。它是一种可以生产大直径管 (从等于最小的超级高铁阿尔法管尺寸2.23m内径到更大) 的概念。该设计使用比等效的单规格壁管更少的材料同时在支撑塔架之间具有可接受的竖直刚度的情况下的外部压力下实现相同的屈曲性能。

[0018] 用于ETT-系统的管需要在内部维持近真空以及维持稳定的直的支撑结构。与此有关的两个关键的功能要求是抗屈曲能力以及竖直刚度 (亦即,比如前述塔架的连续的支撑件之间的抗下垂能力)。处于外部压力下的管可能倾向于以2种方式屈曲。首先,可能存在整体屈曲故障,其中整个管部段塌缩,通常具有由管的长度上的半正弦波组成的形状并且在管的跨距中点处具有最大位移。第二种潜在的屈曲故障模式是局部模式,其中管的小部段发生故障。管的设计解决了竖直刚度、整体模式和局部模式,容许对每一者进行调整同时生成轻质设计。

[0019] 所述设计由概念骨架框架和由蒙皮部段制成的蒙皮组成。所述骨架框架由在本文中被描述为桁条的纵向部段以及在本文中被描述为肋或环的周向部段组成。所述肋或环以及桁条都可以由标准的正方形或矩形中空管或部段制成。这些类型的管通常被称为矩形中空部段 (RHS:rectangular hollow section)。所述部段也可以为常规的部段或型材,比如 $\perp$ 、 $\sqsubset$ 、 $\sqsupset$ 、I或T型型材。也可以使用圆柱形管,但是当将所述桁条连接至所述周向部段时,这些圆柱形管是更麻烦的,因为所述管与所述周向部段之间的接触比RHS的情况下小得多。为所述桁条使用独特的部段可能存在一些优点,例如定位蒙皮或有助于焊接准备,但是使用标准管 (比如Tata Steel **Celsius**[®] 系列) 将更具成本效益。

[0020] 在本发明中,所述桁条安装于所述周向部段的外部上。外部在该方面被定义为所述周向部段的、距离所述部段的中心点C (参见图7a) 最远的侧面。这意味着,在使用中,由于

所述管的内部与外部之间的压力差,所述桁条被按压抵靠所述周向部段的外部表面。因此,当所述管被用于ETT-系统中时,桁条与周向部段之间的连接受到压缩载荷。

[0021] 还可以通过从扁平的金属带、优选地钢带冲压或切割(例如,通过激光切割)部段而生产所述周向部段。该方法在选择形状方面给予设计者更多的自由,以使得例如可以生产这样的周向部段:该周向部段具有圆形开口以容许舱穿过所述管部段,以及包括用来接收所述桁条的多个凹槽的外周边,所述多个凹槽容许所述桁条的精确定位并且还还为所述凹槽之间的蒙皮部段提供额外的支撑。图11示意性地示出这一点。经济的是,用两个或更多个部分的形式生产这些周向部段以防止生成过多的废料,以及在现场将所述部分连接(例如焊接)在一起。这也解决任何道路运输问题。当使用这些周向部段时,外部(4a)在该方面被限定为用来接收所述桁条的凹槽(参见图11)。

[0022] 所述蒙皮部段沿着所述蒙皮部段的长度是直的,并且在所述蒙皮部段的宽度上具有基本上恒定的弧,当附接至所述管部段中的桁条时,使所述弧的中部指向所述管的中心点,或者换句话说,所述弧的中心点位于所述管部段外部。这意味着在外部压力下,所述蒙皮部段在所述桁条之间通常被置于拉伸状态中,而不是压缩状态中。理想地,沿平行于所述桁条的方向在所述蒙皮部段中不存在拉伸力。因此,在本发明的上下文中,术语“在使用中”意味着所述管部段的外部与内部之间的压力差,其中外部的大气压力(远)高于所述管部段中的压力。图10示意性地示出这一点。

[0023] 管重量的一半以上与蒙皮相关联,并且蒙皮规格对屈曲性能具有较大影响。通过将所述管设计成使得所述蒙皮主要受到拉伸力,它不易于屈曲;一种与压缩载荷相关联的现象。增大凹度减小蒙皮对竖直刚度的贡献。增大桁条部段增加刚度和质量。环的位置可以偏向跨距中点,以对整体模式具有更大的影响。所述设计的一个实施例在所述桁条之间具有直的部段或肋,以使得所述环为n-边多边形。然而,这不如曲形周向环有效,因为从管轴线至肋的中间的距离较短,从而提供较小的抗整体屈曲能力。因此,优选的是,所述周向环具有曲形形状,比如圆形、卵形或椭圆形形状。

[0024] 管部段的长度不是固定的。通常,长度在10m至50m之间。超级高铁概念研究认为30m的长度是可行的。这样的长度可以通过飞机、火车或卡车运输。对于ETT应用,所述管部段中的内切圆的直径优选地为至少3m。该直径的合适的上边界为5m,但是这本身不是限制。如果所述管部段足够坚固并且足够硬,则大于5m的直径也是可能的,而不偏离所要求保护的发明的主旨。另外,所述管的横截面不一定是圆形的。所述管也可以为卵形的、或任何其它合适的形状。

[0025] 由于用于ETT-系统的管所涉及的体积,旨在由中空管和热轧带钢制造所述管。通过将设计限于高达1600mm宽的带钢,材料可以来源于大多数轧钢厂。这将影响蒙皮部段的最大跨距。添加更多的部段添加额外的桁条,这可以有助于竖直刚度但是增加组装焊接长度,这增加额外的成本。

[0026] 为了制造和组装,设想将首先组装骨架框架,然后将蒙皮焊接至所述骨架框架。所述蒙皮部段可以具有与所述管部段相同的长度,或者所述蒙皮部段可以具有不同的长度。在这种情况下,可能需要沿着所述蒙皮部段的短边缘连接蒙皮部段。

[0027] 可以在热轧管线的末尾作为额外的过程制造所述周向部段。在矩形中空部段(RHS)制造期间,在末尾处添加的额外站将以正确的直径将所述管弯曲成非常浅的螺旋。然

后,将以完整的1圈切割该螺旋。然后,该单圈螺旋仅仅需要很小的侧向操纵来制造完整的圆环。通过这种方法,所述环将具有由于变成环而引起的最小内置应力。也可以在所述管部段的建造场地上执行所述周向部段的这种生产,例如通过能够由直的部段生产周向部段的移动单元。这些长段的直部段可以以与所述桁条相同的方式通过卡车、火车或其它路上方法被运送至场地。

[0028] 可以轧制形成和/或在多工位压力机上制造所述蒙皮。蒙皮上的长的直的不间断的焊接部可以容许容易地促进机扑焊接。

[0029] 所述蒙皮部段连同附接所述蒙皮部段的所述纵向桁条一起优选地沿着它们的长边缘通过焊接形成气密的蒙皮,并且在所述纵向桁条的帮助下抵抗外部压力。所述蒙皮部段设置有曲形部的事实意味着所述蒙皮部段中的应力为拉伸应力,亦即当所述管中的压力低于外部时,所述蒙皮部段受到拉伸载荷。所述蒙皮部段被压力差向内按压,并且由于所述蒙皮部段在两个长边缘上固定至所述桁条,所以施加于所述蒙皮部段上的压力在所述桁条之间延伸的部段中引起拉伸应力。受到拉伸载荷的蒙皮部段和与所述周向部段结合的所述桁条的这种壁结构起作用以抵抗整体屈曲模式。如果在所述管部段的内部和外部不存在压力差,则除了由于所述壁部段的生产(例如通过轧制成形、压制、弯曲或类似过程)而可能存在于所述壁部段中的任何残余应力之外,在所述壁部段中不存在或基本上不存在拉伸应力。应当注意的是,如果所述管部段中的压力将高于所述管部段外部的压力,则所述蒙皮部段将受到压缩应力并且将在所述桁条之间的蒙皮部段中发生压缩应力状态。在非常高的压力差下,这可能最终由于向外翻转而导致曲率的完全的和期望的反转。

[0030] 所述蒙皮部段优选地为薄壁的,以使得能够构造尽可能轻的所述管部段。优选地,所述壁部段的厚度在1mm至10mm之间、更优选地为至多8mm、甚至更优选地为至多6mm。

[0031] 应当注意的是,根据本发明的管部段因此为所述纵向桁条之间的单蒙皮管部段,其中所述纵向桁条之间的曲形蒙皮部段在所述管部段内部的低压力与所述管部段外部的大气压力之间形成唯一的分隔部。换句话说:在使用中,所述曲形蒙皮部段与所述纵向桁条一起在所述管部段内部的低压力与所述管部段外部的大气压力之间形成分隔部。所述周向部段不是该分隔部的一部分,但是它们从所述管部段内部支撑所述桁条和曲形蒙皮部段。

[0032] 通过根据本发明的管部段实现大的重量减轻。与扁平的螺旋焊接带相比,利用根据本发明的管部段可以获得相同的屈曲强度,其中根据本发明的管部段将比由扁平的螺旋焊接带制成的等效管部段轻3倍。

[0033] 根据本发明的管部段包括气密管,所述气密管具有直径为至少2m的内切圆。这是一种能够生产小直径管和大直径管(从等于最小超级高铁阿尔法管尺寸2.23m内径到更大)的概念。该设计使用比等效的单规格壁管更少的材料同时在支撑塔架之间具有可接受的竖直刚度的情况下实现相同的外部压力屈曲性能并且具有其它益处。优选地,所述管部段、以及因此由组合所述管部段所产生的管的内切圆的直径为至少2m、更优选地至少3m、甚至更优选地至少4m。该直径的合适的上限为5m,但是这本身不是限制。如果所述管部段足够坚固并且足够硬,则大于5m的直径也是可能的,而不偏离所要求保护的发明的主旨。

[0034] 所述管部段优选地被制造为单壁构造。所述蒙皮部段提供气密性以维持所述管内部的非常低的压力。基于由所述周向部段和纵向桁条所形成的骨架框架来构造所述管部段。所述周向部段形成箍,并且所述纵向桁条形成板条。用所述蒙皮部段封闭所述桁条之间

的空间。为了提高抗屈曲能力并且为了容许将所述蒙皮部段保持尽可能薄,所述蒙皮部段设置有曲率半径为 R 的曲率。所述曲率沿着所述蒙皮部段的整个长度延伸。该半径可以容易地例如通过轧制成形来产生,并且这可以在现场完成。优选地,所有的管部段沿纵向方向是直的,以使得所述桁条和所述曲形蒙皮部段沿着长度也是直的。可以通过使管的直的管部段一起成角度而适应管中的弯道,因为曲率非常小。轨道在管本身内可以为曲形的。对于较大的曲率,例如,如果绝对需要,则可以使用长度减小的直管部段来实现更大的曲率。

[0035] 所述纵向桁条连接至所述周向部段的外表面。所述外表面被限定为从所述管部段内部观看。所述桁条围绕所述周向部段大致等距地安装至所述周向部段,以便形成用于附接所述蒙皮部段的骨架框架。所述曲形蒙皮部段的长边缘被气密地安装至所述纵向桁条、优选地安装至所述纵向桁条的外表面。优选地,所述蒙皮部段例如通过焊接或利用紧固装置固定地安装至所述桁条。所述曲形蒙皮部段(5)的曲率半径(R)的中心点(M)位于所述管部段外部,而与所述管部段是被用于负压应用中还是(尚)未被用于负压应用中无关。

[0036] 如上面所解释说明的,当所述管部段中的压力远低于所述管部段外部时,所述蒙皮部段在所述桁条之间处于拉伸状态中。当所述管部段被用于ETT-系统中时,发生这种情况。压力差向内按压所述蒙皮部段并且最终甚至可能接触所述周向部段。所述周向部段因此防止所述蒙皮部段向内进一步凸出。

[0037] 如此生产的管部段具有足够的刚度以由起重机或类似物搬运以及安装于塔架或其它支撑结构上。所述骨架框架提供这种刚度。所述蒙皮部段提供气密性。

[0038] 在一个实施例中,所述纵向桁条中的一个、多个或全部为中空管。这些管可以为圆形管、卵圆形管或多边形管。然而,优选的实施例是,所述纵向桁条为矩形或正方形管,比如Tata Steel **Celsius**[®]系列,因为这些管具有平坦的边缘,这使得它们更适合于连接至所述纵向桁条和所述蒙皮部段。这些矩形管还提供一些额外的硬度。

[0039] 在一个实施例中,所述周向部段(4)中的一个、多个或全部为中空矩形管。这些管具有足够的刚度并且具有较高的抗屈曲能力。优选地,所述纵向桁条为矩形或正方形管,比如Tata Steel **Celsius**[®]系列,因为这些管具有平坦的边缘,这使得它们更适合于连接至所述纵向桁条。

[0040] 尽管优选的是,所述曲形蒙皮部段通过选择曲率和厚度的适当的组合在沿着它的纵向边缘连接至所述纵向桁条之后本身具有足够的强度,但是在另一个实施例中,所述曲形蒙皮部段设置有额外的加强元件。这些额外的加强元件优选地平行于所述部段的短边缘并且可以由固定至所述蒙皮部段的单独的元件组成,或者通过比如凹坑或类似物的向内或向外定向的凹入物来加强所述蒙皮部段本身。压印于所述蒙皮上的图案有助于增加局部面板屈曲性能。针对局部屈曲的加强元件可以为所述蒙皮部段的表面中的凹入的或突出的加强件。凹入意味着凹坑局部地减小所述管部段的内径并且因此被称为向内定向的凹坑。突出意味着凹坑局部地增加所述管部段的内径并且因此被称为向外定向的凹坑。凹坑优选地为凹入的加强件。凹坑的形状不是特别限制性的,但是以规则图案提供凹坑是有利的。这种规则性提供具有可预测行为的带,并且可以借助于例如轧制成形或压制的技术来施加凹坑。可以根据具体情况定制凹坑的深度。

[0041] 在它的最简单的形式中,所述周向部段沿着所述管部段的纵向部段的长度等距离

地相间隔。作为非限制性示例：对于具有为30m的长度(L)的管部段长度，如果使用11个周向部段，则所有部段之间的距离为3m，其中在任一端部处具有一个周向部段。然而，在一个实施例中，所述周向部段之间的距离沿着所述纵向部段变化。在一个优选实施例中，所述周向部段之间的距离在1/2L处最小，并且在两个末端处最大。将改变所述距离以优化所述管部段的抗屈曲能力。

[0042] 应当注意的是，两个端部处的周向部段可以为与骨架框架中的其它地方所使用的那些周向部段相同的周向部段，或者它们可以为具有容许将两个相邻的管部段接合在一起的连接功能的特定的周向部段。作为示例，这些特定的周向部段可以包括焊接在一起的两个周向部段以获得具有其它周向部段的宽度的两倍的环，或者所述连接功能可以包含膨胀接头以容许由于(例如)温度变化而改变长度。

[0043] 尽管所述周向部段的最简单的形式为圆形，但是所述周向部段也可以具有卵形或椭圆形形状，这可能与其中两个管接合以作为一个管继续的转换器具有特定的相关性。例如可以在生产之后立即使管以螺旋形式弯曲而产生圆形、卵形或椭圆形横截面。可以通过切割螺旋并且将端部焊接在一起而产生闭合的圆形、卵形或椭圆形周向部段。

[0044] 在一个实施例中，所述周向部段具有多边形形状而不是圆形、卵形或椭圆形形状。虽然边的数量可以小到3个，但是可以使用6个或7个的数量。然而，出于实际原因，多边形优选地具有至少8个边。可以通过将直管焊接在一起而产生这样的多边形周向部段。

[0045] 所有元件，纵向桁条、周向部段以及蒙皮部段，优选地由热轧钢带生产而成。钢带可以为热轧态的(可选地镀锌的和/或有机涂覆的)、或者冷轧态的(退火的以及可选地镀锌的和/或有机涂覆的)。轧态的或涂覆态的钢带通常被以成卷钢带的形式提供。如果使用移动生产设施直接由成卷的钢带在现场生产蒙皮部段，并且随后在现场组装管部段也解决运输问题，因为运输卷材不是问题。

[0046] 在一个实施例中，沿着所述周向部段的纵向桁条的数量为质数，例如11个纵向桁条。发明人发现，具有质数的纵向桁条对抗屈曲能力具有有益效果，因为对于整体模式，不可能存在重复可分割图案模式形状。

[0047] 在一个实施例中，所述蒙皮部段中的一个或多个(但不是全部)、优选地少于三分之一的面板为具有附加功能的蒙皮部段，比如平坦的蒙皮部段，例如地板面板或用于外围设备的安装面板。这些外围设备可以为容许所述管部段用作ETT-系统的一部分所需的电轨、照明或其它安装部件。另外，部段可以设置有用于紧急逃生的舱口、或者用于超级高铁组装期间的通道的舱口。作为地板，可能需要仅仅针对内部面板的轻微的印记，或者不需要需求较厚的规格的印记、或者防滑花钢板型图案。可以更容易地在组装部段之前将通道舱口和逃生舱口安装至部段。所述桁条的延伸部也可以用来安装附件，比如ETT-系统中的舱引导导轨。ETT-舱导轨可以直接安装至桁条/从桁条安装，如果需要，可能需要不同尺寸或规格的桁条。

[0048] 也可以使用所述桁条和/或所述周向部段安装所述外围设备，因为可从管内部接近这些桁条和/或周向部段。

[0049] 本发明还体现在一种包括多个根据本发明的管部段的抽真空管运输系统管中，其中所述管外部的压力为大气压力，并且其中所述管内部的压力小于0.1巴、优选地小于0.01巴(10毫巴)、甚至更优选地小于5毫巴或者甚至2毫巴。在地上应用中，所述管外部的压力是

为大约1巴的大气压力。可以组合各个完整的管部段已形成连续的管以形成ETT-系统的一部分。尽管所述蒙皮部段以及充当管的支柱的相对开放的骨架框架,这样的管受益于高抗屈曲能力。相邻的管部段可以使用连接环连接,所述连接环也可以充当膨胀接头。用于负压应用(比如ETT-系统)的管被分成具有可管理尺寸的管部段。管部段固定地连接至其它管部段以形成管(参见图9)。管部段之间的连接必须是气密的,以容许在管中存在低压力。这种气密性可以由连接本身提供、亦即由于焊接而被提供,或者当管部段被螺栓连接或夹持在一起时由管部段之间的一些化合物(比如弹性体)提供,或者借助于用来处理管部段的热膨胀的膨胀接头提供。

[0050] 所述骨架框架的附加优点在于,它还可以充当用于将外围设备安装于管部段或管的外部上的底座。例如,比如太阳能板的光伏装置可以安装于管上,并且优选地安装于管的顶部上。另外,在管预期被从塔架很大程度上悬挂在高空中的情况下,最可能的损坏形式之一将来自撞击所述管的高的树木或电线杆。与ETT管的其它设计相比,利用外部骨架框架提供优异的保护。

[0051] 根据本发明的管部段适合于构造抽真空管运输系统。然而,管部段的特定性质以及它在其中从由这些管部段生产而成的管外部施加于管部段上的压力显著地高于管中的压力的条件下运行的能力使它还适合于在类似的压力条件下运行的管的应用。这些应用的示例为用于交通的地下或水下隧道,比如自行车隧道、汽车隧道、火车隧道、维护隧道或轴、水力发电站中的管、其中发生负压或可能发生负压的气体存储系统、等等。

附图说明

[0052] 现在将通过以下非限制性附图进一步解释说明本发明。下文提及的尺寸为指示性的而非限制性的。

[0053] 图1示出由5mm厚的正方形 $140 \times 140 \text{mm}^2$ 中空部段制成的两个纵向桁条。在该示例中,长度L为30m。如上文所提及的,桁条也可以为其它类型的部段或型材。原理保持不变。

[0054] 图2示出图1的纵向桁条连同9个周向(在该示例中,圆形)部段。部段为具有6.3mm的壁厚度的 $120 \times 80 \text{mm}^2$ 矩形中空部段。如上文所提及的,所述周向部段也可以为其它类型的部段或型材,并且它们不一定必须为圆形的。它们可以为卵形、椭圆形或类似形状。原理保持不变。

[0055] 图3示出由纵向桁条和周向部段形成的管部段的骨架框架。为了清楚起见,已经省去框架的端部处的、例如用于将成品管部段连接至相邻的管部段的周向部段。如上文所解释说明的,端部处的周向部段可以与其它周向部段相同或者它们可以被特别地定制成用于连接两个相邻的管部段。

[0056] 图4示出完整的管部段,所述管部段在两个端部处不具有周向部段。在使用中,当管中的压力远低于外部时,在桁条之间的蒙皮部段中存在拉伸应力。压力差向内按压蒙皮部段,并且最终甚至可能接触周向部段。这在图4中通过蒙皮部段上的几对小条纹可见。

[0057] 图5示出固定至图3的框架上的图4的蒙皮部段。纵向桁条与蒙皮部段的长边缘之间的连接是气密的,并且优选地通过焊接(比如激光焊接、激光混合焊接、气体保护金属极电弧焊、或任何其它合适的形式的焊接)制成所述连接。

[0058] 图6示出如从侧面看到的完整的管部段(在透视图),这清楚地示出的是,周向部

段之间的距离在管部段的中部与端部相比是不同的。在该示例中,管的尺寸被设置成给出相当于4.5m的直径的管的内部横截面面积。

[0059] 图7a和7b示出管部段的横截面,其中突出显示三个主要元件:纵向桁条3、周向部段4以及蒙皮部段5。清楚地示出的是,桁条的边缘例如通过焊接固定至周向部段的外部(如从管部段内看到的外部)表面。另外,示出的是,蒙皮部段的边缘例如通过焊接固定至桁条。在该示例中,蒙皮部段的边缘固定至桁条同时与相邻的蒙皮部段的边缘重叠。由半径R和中心点M表示蒙皮部段的曲率。认为重要的是,中心点M位于管部段外部。如果中心点位于管部段内部,则当管部段中的压力减小时,蒙皮部段在桁条之间不是受到拉伸载荷而是受到压缩载荷,这对于抗屈曲能力是不利的。

[0060] 图8a、8b和8c示出将蒙皮部段附接至桁条的许多可能的变型中的三个变型。在图8a中,蒙皮部段的边缘附接至桁条的拐角。在图8b中,边缘设置有平坦的凸缘,所述平坦的凸缘以重叠的方式焊接至桁条的外部表面。图8c示出具有呈T形部段的形状的桁条的变型,其中蒙皮部段在T的拐角中在两侧上焊接至T形部段。对焊接W的指示为指示性的并且可以被从蒙皮部段的顶部或底部施加。

[0061] 图9示出地上应用中的包括多个管部段(2)的抽真空管运输系统管(1)的一部分,在所述地上应用中,管外部的压力为大气压力并且管内部的压力小于0.1巴。管例如由塔架(仅仅在右手侧上被示意性地绘制)支撑。

[0062] 图10示出管(1)受到压力差($P_{\text{外部}}=1\text{巴}$, $P_{\text{内部}}=(\text{远})$ 低于1巴)的情况。施加于蒙皮面板上的力($F_{\text{压力}}$)根据压力差 $P_{\text{外部}}-P_{\text{内部}}$ 增大。该力越高,附接有蒙皮面板的桁条之间的蒙皮面板中的拉伸应力就越高。施加于蒙皮面板上的力仅仅沿桁条之间的方向引起拉伸应力。一旦压力差为零, $F_{\text{压力}}$ 也变为零。因此,如果在管的外部与内部之间存在压力差,则在蒙皮面板中仅仅存在拉伸应力,这是所有负压应用中的情况。在管部段的构造期间以及在包括多个管部段的管的构造期间,只要在管的外部与内部之间不存在压力差,在蒙皮面板中就不存在拉伸力。

[0063] 图11示出周向部段4的示意图,所述周向部段4可以通过切割、冲压或模压由扁平的钢板生产而成并且设置有多多个凹槽以接收桁条3,以及在所述凹槽之间的成形的曲形部以在蒙皮部段5被固定至桁条时在管的使用期间受到拉伸载荷时可选地支撑蒙皮部段5。

[0064] 图12示出蒙皮部段5的示意图。蒙皮部段具有长度l和宽度w。它沿着它的长度为曲形的,具有曲率半径R,并且曲率沿着整个长度延伸。因此,短边缘(5a)具有所述曲率并且长边缘基本上是直的,因为它们将气密地连接至纵向桁条3。蒙皮部段的长边缘5b中的一个或两个可以设置有凸缘5c,所述凸缘5c使得能够连接至纵向桁条,例如如图8a或8b中所示,其中凸缘设置于两侧上并且基本上是平坦的。凸缘的期望的形状以及对凸缘的需要取决于对纵向桁条的构造的选择以及对蒙皮部段与桁条的连接的选择,并且适当的选择完全位于相关技术人员的技术和能力范围内。



图1

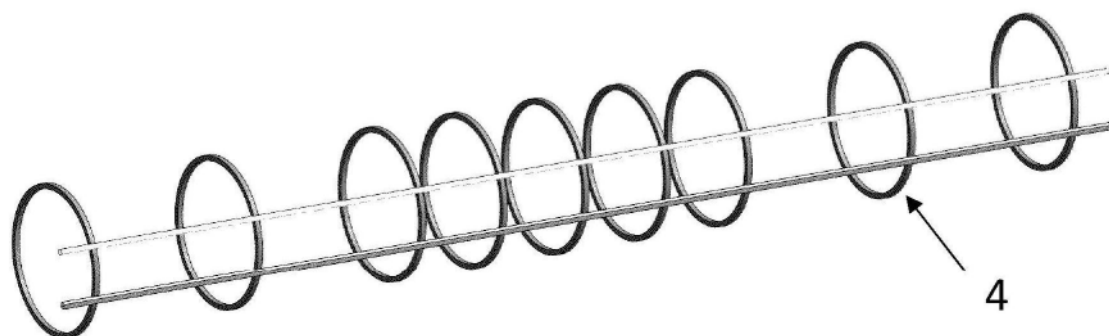


图2

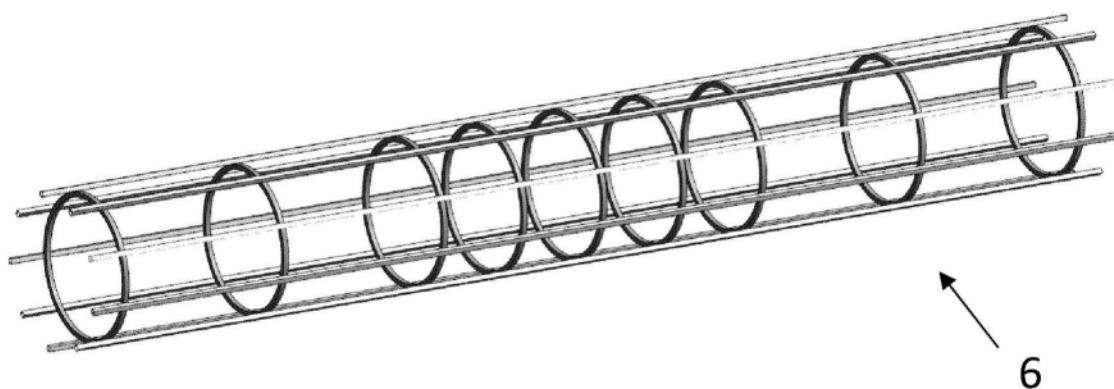


图3

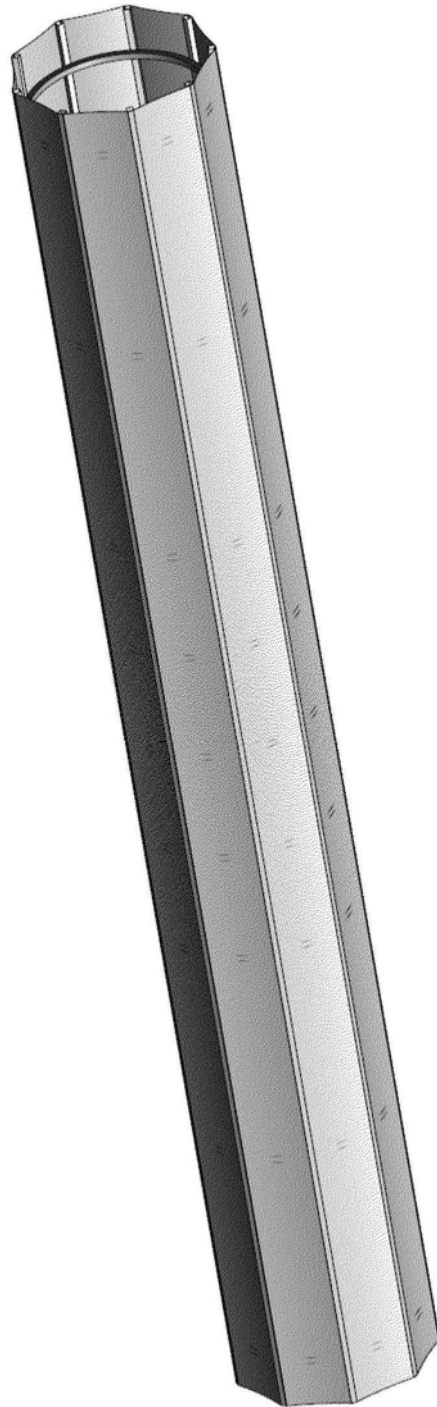


图4

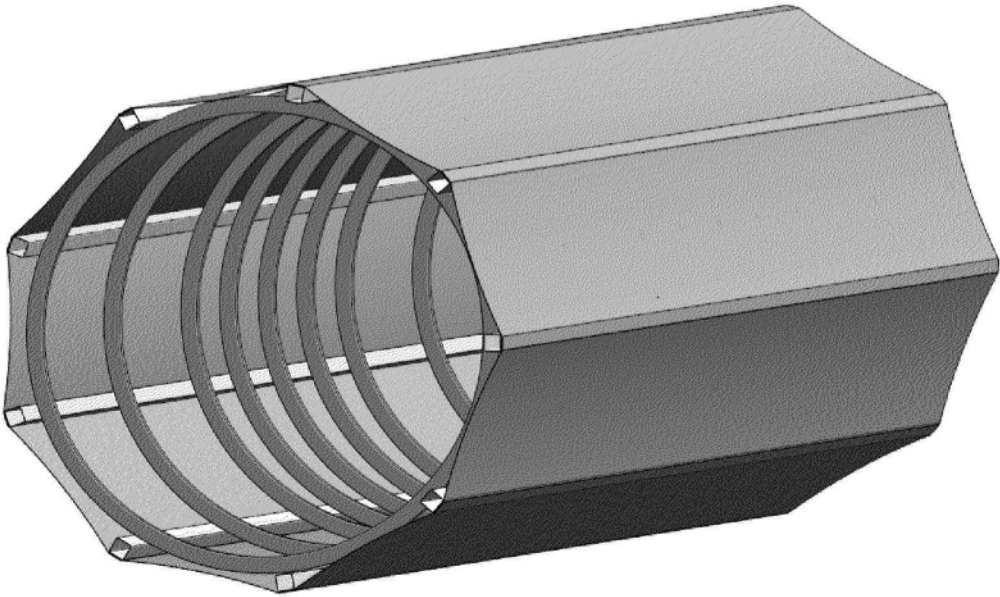


图5

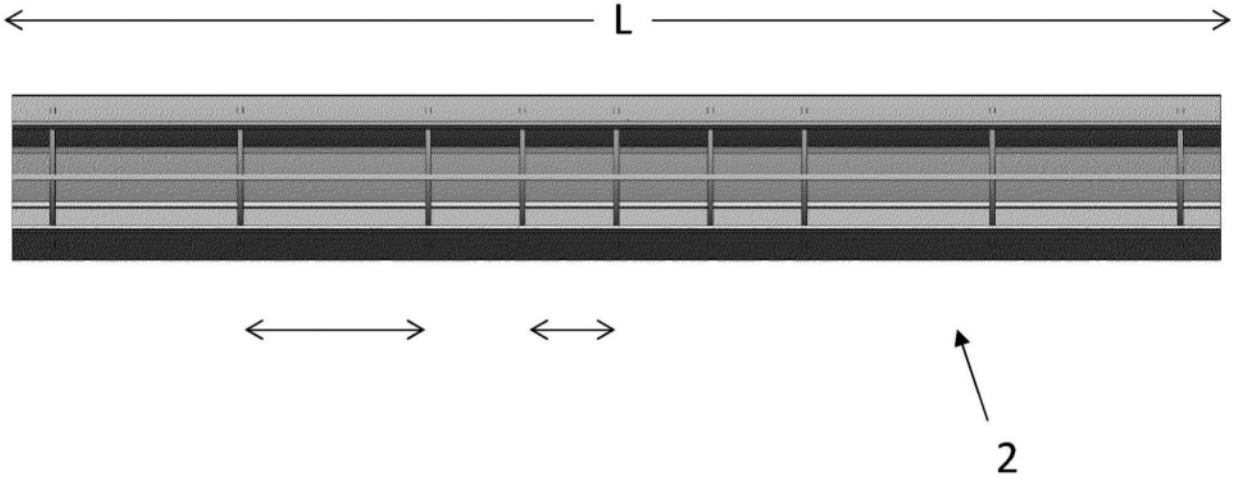
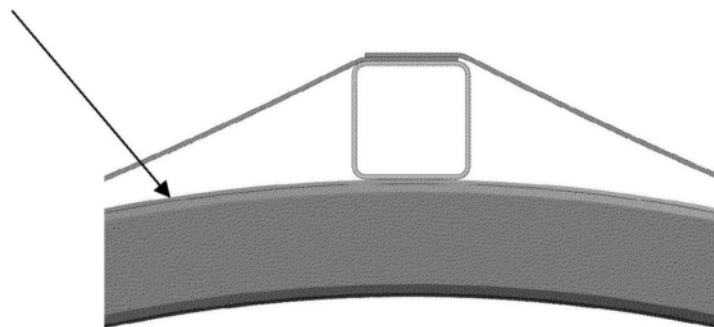
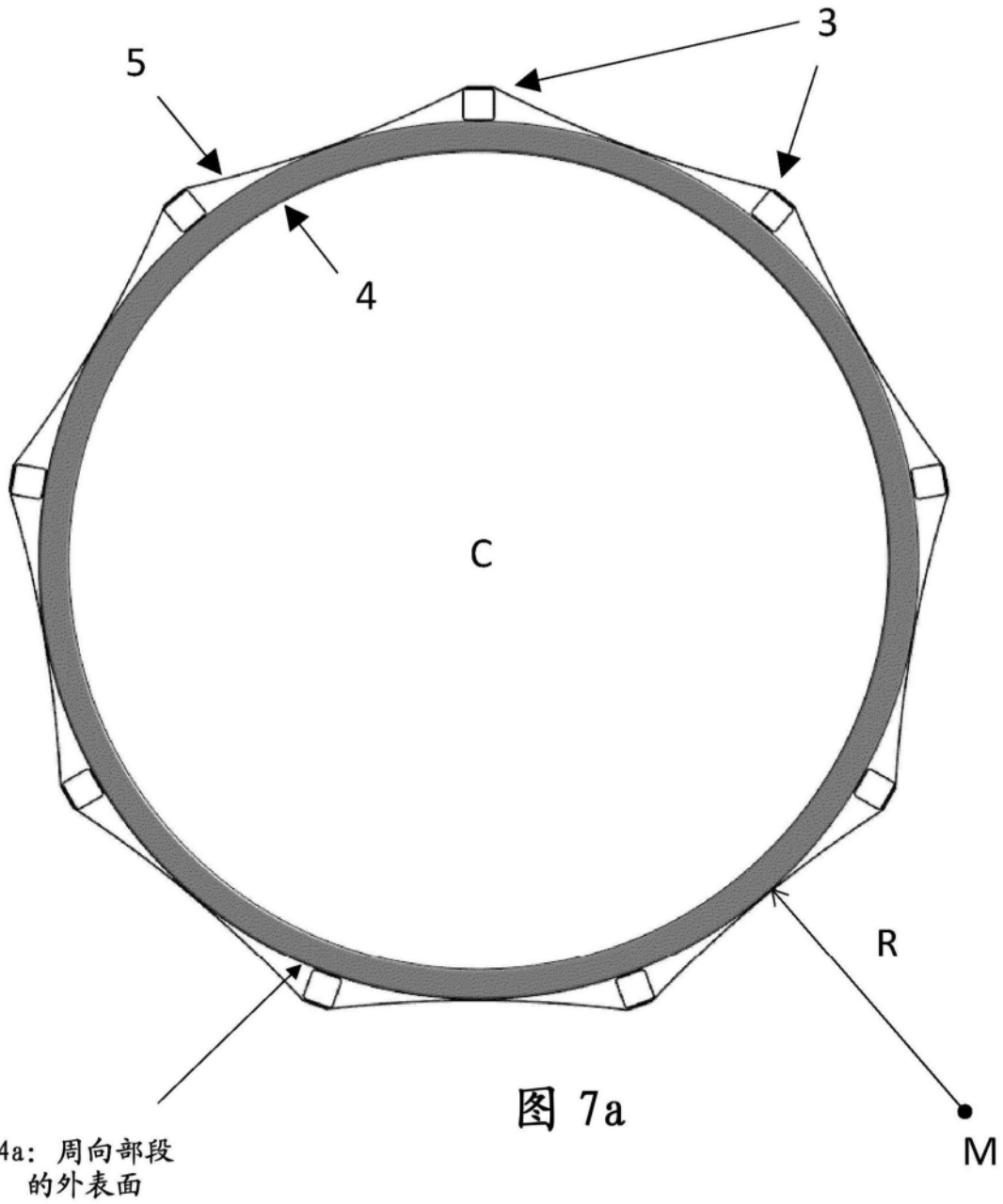


图6



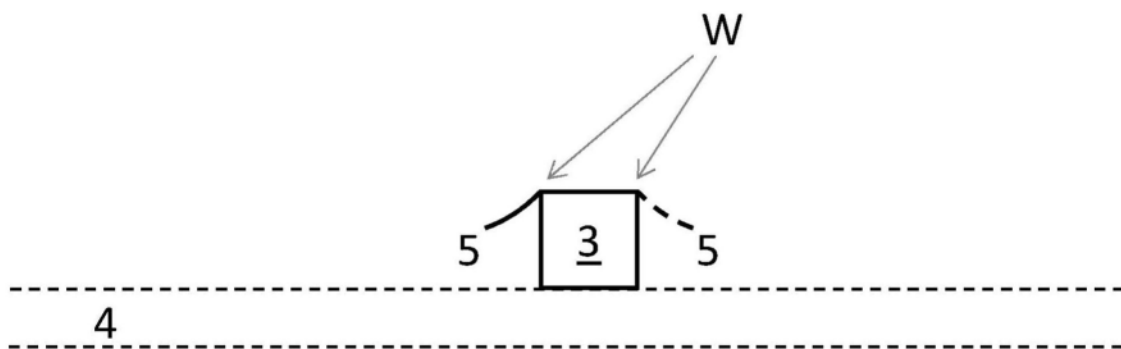


图8a

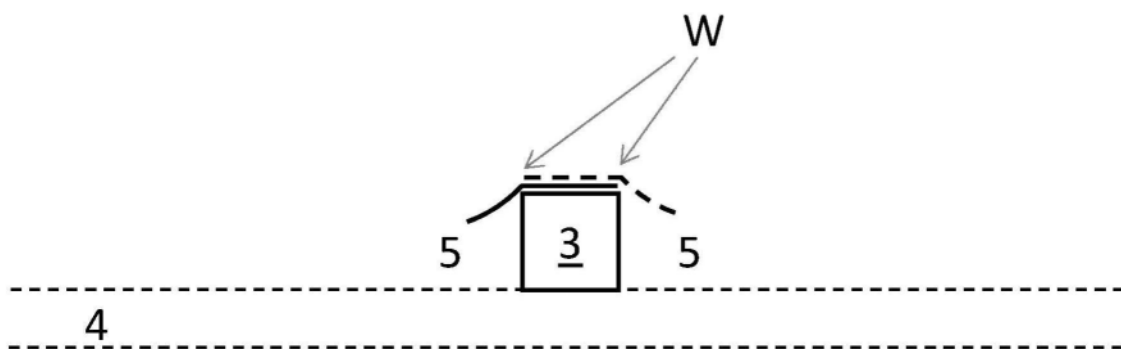


图8b

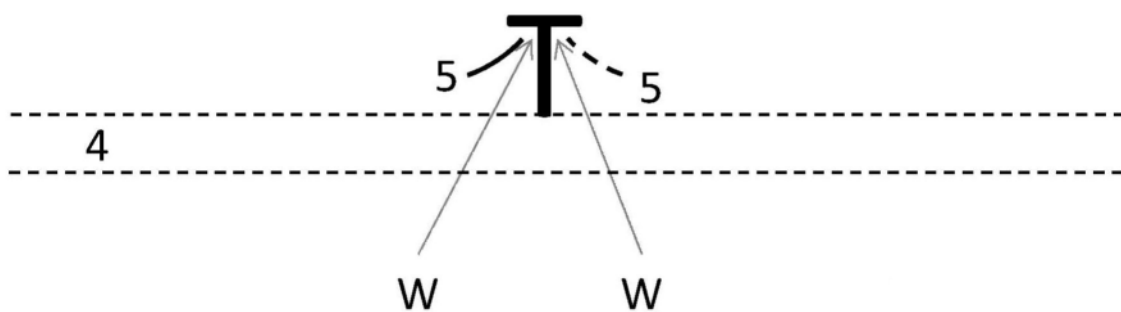


图8c

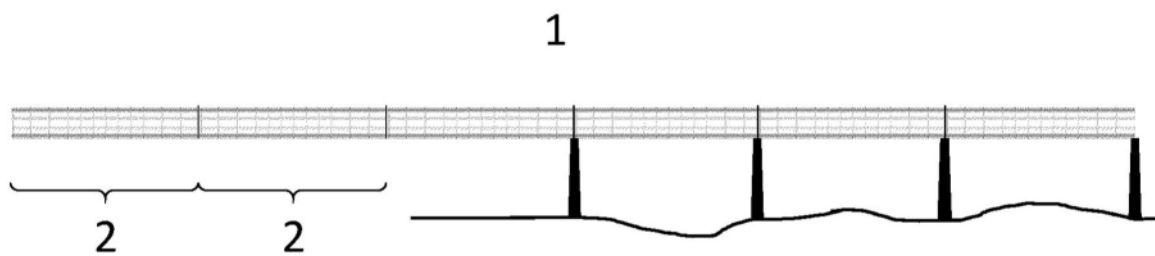


图9

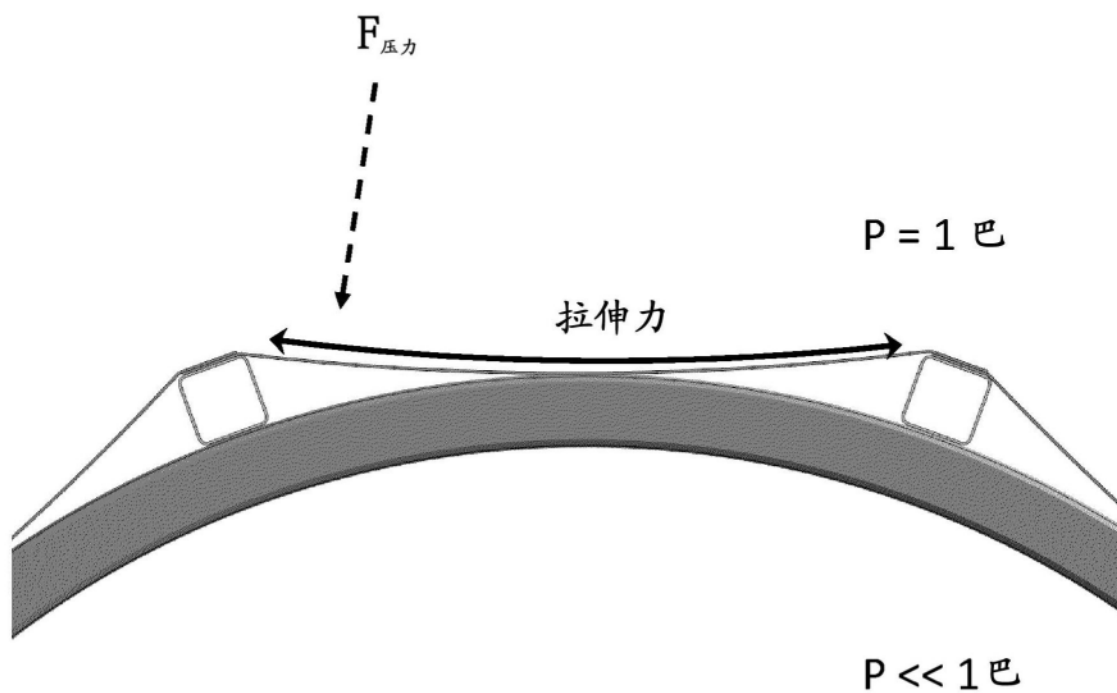


图10

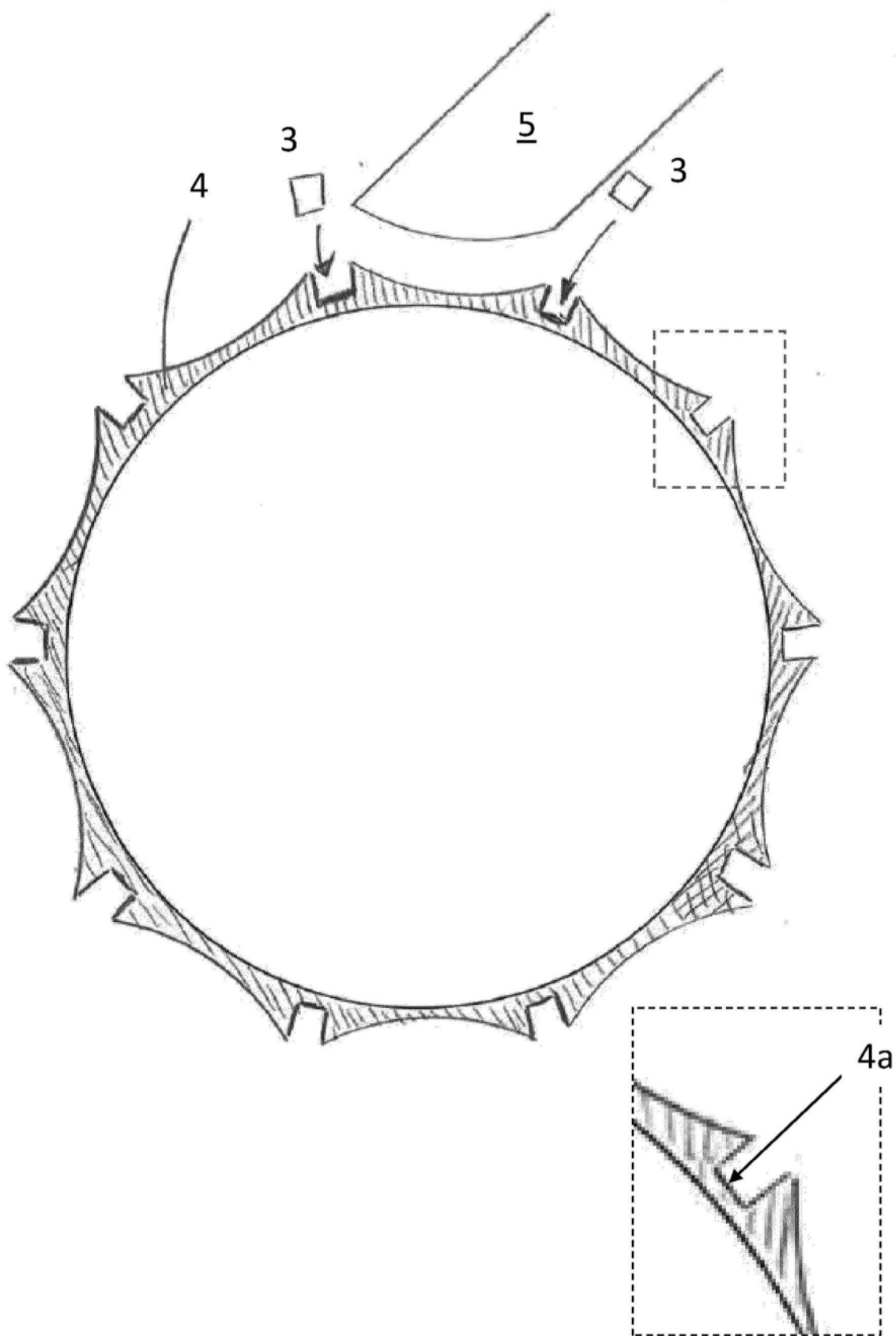


图11

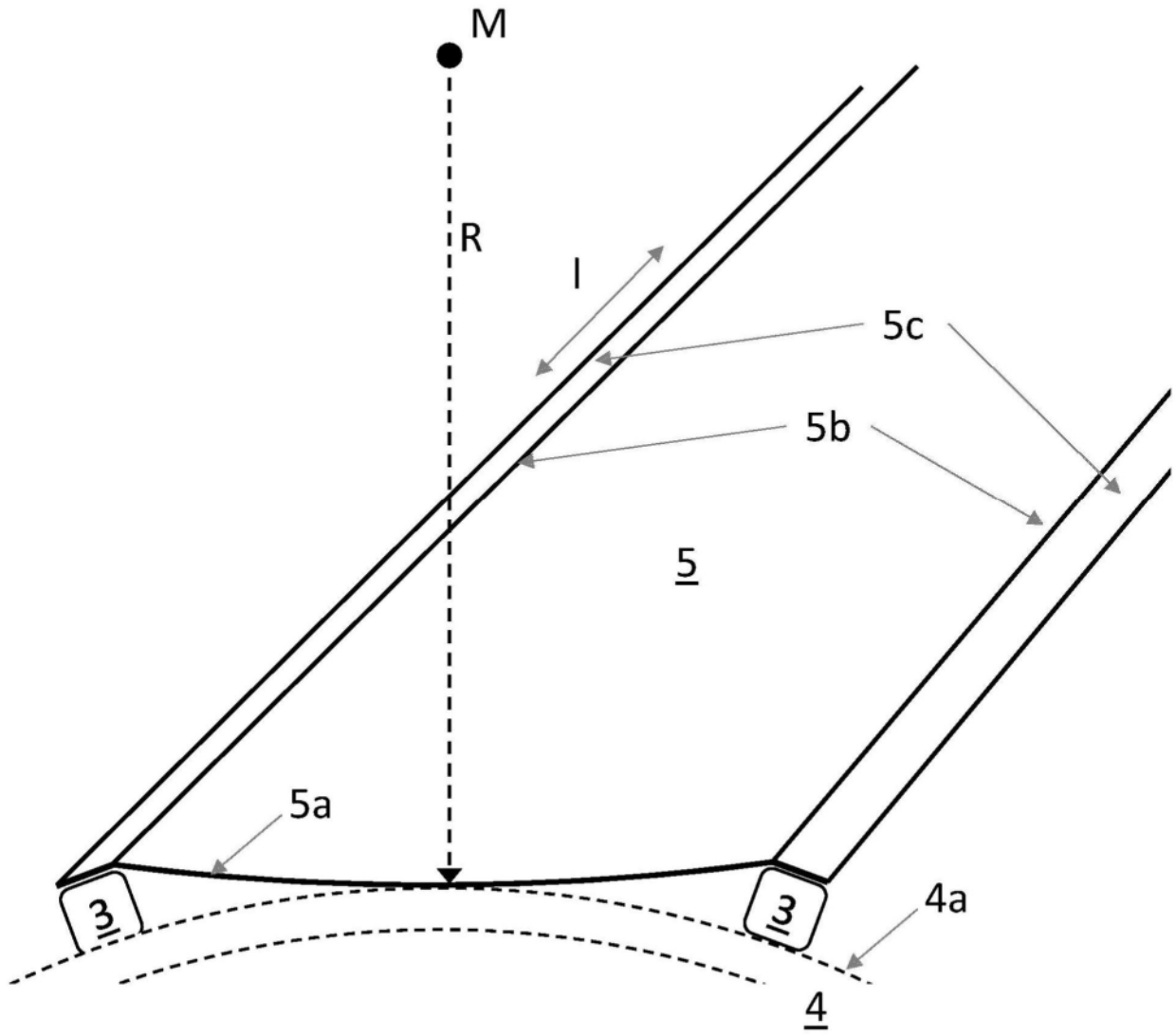


图12