



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107209010 A

(43)申请公布日 2017. 09. 26

(21)申请号 201680004638.X

(22)申请日 2016.01.15

(30)优先权数据

15151724.0 2015.01.20 EP

15155746.9 2015.02.19 EP

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2017.06.28

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/EP2016/050777 2016.01.15

(87)PCT国际申请的公布数据

W02016/116367 DE 2016.07.28

(71)申请人 斯图姆机械装备制造有限公司

地址 德国萨尔欣格

(72)发明人 帕特里克·维默尔

法比安·伯尔尼温克勒

马克·凯斯廷 拉尔夫·沃尔英格

沃尔夫冈·舒茨

(74)专利代理机构 北京聿华联合知识产权代理有限公司 11611

代理人 刘华联

(51)Int.Cl.

G01B 21/14(2006.01)

G01B 5/00(2006.01)

G01B 11/06(2006.01)

G01B 11/12(2006.01)

G23C 4/134(2016.01)

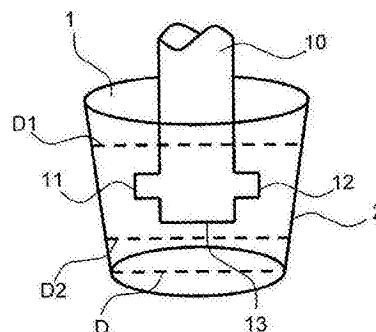
权利要求书2页 说明书6页 附图2页

(54)发明名称

用于涂覆腔壁的方法和涂覆系统

(57)摘要

本发明涉及用于涂覆腔壁、尤其是发动机缸体的气缸孔的方法。在该方法中，用涂覆喷枪在腔壁上设置涂层。另外，用测量装置来测量腔体直径。根据本发明，该方法的特征在于用测量装置在第一腔体的不同高度处测量第一腔体的至少多个直径值，以及用涂覆喷枪在第一腔体或第二腔体的壁上设置厚度可变的涂层，该厚度可变的涂层的厚度取决于所确定的直径值。另外，本发明还描述了一种相应的涂覆系统。



1. 用于涂覆腔壁 (2)、尤其是发动机缸体的气缸孔的方法,其中,
通过涂覆喷枪 (20) 在腔壁 (2) 上设置涂层 (5),且
通过测量装置 (10) 来测量腔体直径 (D),
其特征在于,
通过所述测量装置 (10) 在第一腔体 (1) 的不同高度处测量所述第一腔体 (1) 的至少多个直径值 (D1,D2,D3,D4),
通过所述涂覆喷枪 (20) 在第一腔体 (1) 或第二腔体 (1A) 的壁 (2,2A) 上设置厚度可变的涂层 (5,5A),所述厚度可变的涂层的厚度 (6) 取决于所确定的直径值 (D1,D2,D3,D4)。
2. 根据权利要求1所述的方法,
其特征在于,
在将涂层 (5) 设置到所述第一腔体 (1) 上之前,在所述第一腔体 (1) 上测量多个直径值 (D1,D2),以及
在相同的第一腔体 (1) 上设置厚度可变的涂层 (5)。
3. 根据权利要求1或2所述的方法,
其特征在于,
在将涂层 (5) 设置到所述第一腔体 (1) 的壁 (2) 上之后,在所述第一腔体 (1) 上测量多个直径值 (D3,D4),以及
在所述第二腔体 (1A) 的壁 (2A) 上设置厚度可变的涂层 (5A)。
4. 根据权利要求1到3中任一项所述的方法,
其特征在于,
在特定的高度处所测量的直径值越大,在该高度处所述厚度可变的涂层 (5) 的厚度 (6) 就选择成越大。
5. 根据权利要求1到4中任一项所述的方法,
其特征在于,
所述厚度可变的涂层 (5) 被设置成它的可变化的厚度 (6) 至少部分地补偿了在不同高度处的直径值 (D1,D2,D3,D4) 的差值。
6. 根据权利要求1到5中任一项所述的方法,
其特征在于,
所述厚度可变的涂层 (5) 被设置到所述腔壁 (2) 上,使得所涂覆的腔体 (1) 具有基本上一致的腔体直径 (D)。
7. 根据权利要求1到6中任一项所述的方法,
其特征在于,
在多个腔体 (1) 的腔壁 (2) 上设置厚度可变的涂层 (5),其中所述厚度可变的涂层 (5) 被设计成使得所涂覆的腔体 (1) 的腔体直径 (D) 基本上彼此相对应。
8. 根据权利要求1到7中任一项所述的方法,
其特征在于,
在设置涂层 (5) 之前和之后,通过所述测量装置 (10) 来记录在所述第一腔体 (1) 的不同高度处的第一腔体 (1) 的多个直径值 (D1,D2,D3,D4),
通过在设置涂层 (5) 之前和之后的这些直径值 (D1,D2,D3,D4) 来确定与高度相关的涂

层厚度(6)，

所述涂覆喷枪(20)被驱动成通过所述涂覆喷枪(20)能在所述第二腔体(1A)的壁(2A)上设置厚度可变的涂层(5A)，所述厚度可变的涂层的厚度取决于所确定的与高度相关的涂层厚度(6)。

9. 根据权利要求1到8中任一项所述的方法，

其特征在于，

首先，在将涂层(5)设置到所述第一腔体(1)上之前，在所述第一腔体(1)上测量多个直径值(D1,D2)，

在相同的第一腔体(1)上设置厚度可变的涂层(5)，其中，根据在设置所述涂层(5)之前的直径值(D1,D2)来选择所述厚度可变的涂层(5)的与高度相关的厚度(6)，

在将涂层(5)设置到所述第一腔体(1)的壁(2)上之后，在所述第一腔体(1)上测量多个直径值(D3,D4)，

通过在设置涂层(5)之前和之后的直径值(D1,D2,D3,D4)来确定与高度相关的涂层厚度(6)，

通过所确定的与高度相关的涂层厚度(6)来计算与所预期的与高度相关的涂层厚度的差值，

在对随后的腔壁(2A)设置涂层(5A)的过程中，将所述差值考虑在内。

10. 根据权利要求1到9中任一项所述的方法，

其特征在于，

通过改变所述涂覆喷枪(20)的移动速度或颗粒喷射量来产生厚度可变的涂层(5)。

11. 用于涂覆腔壁(2)、尤其是发动机缸体的气缸孔的涂覆系统，具有涂覆喷枪(20)，所述涂覆喷枪(20)用于在腔壁(2)上设置涂层(5)，以及测量装置(10)，所述测量装置(10)用于测量腔体直径(D)，

其特征在于，

还设置有电子控制机构，所述电子控制机构适于

通过所述测量装置(10)来记录位于第一腔体(1)的不同高度处的所述第一腔体(1)的至少多个直径值(D1,D2,D3,D4)，

通过所述涂覆喷枪(20)在第一腔体(1)或第二腔体(1A)的壁(2,2A)上设置厚度可变的涂层(5,5A)，所述厚度可变的涂层的厚度(6)取决于所确定的直径值(D1,D2,D3,D4)。

12. 根据权利要求11所述的涂覆系统，

其特征在于，

所述电子控制机构适于执行根据权利要求1到10中任一项所述的方法。

用于涂覆腔壁的方法和涂覆系统

技术领域

[0001] 在第一方面中,本发明涉及根据权利要求1的前序部分所述的用于涂覆腔壁、尤其是发动机缸体的气缸孔的方法。

[0002] 在第二方面中,本发明涉及根据权利要求11的前序部分所述的用于涂覆腔壁、尤其是发动机缸体的气缸孔的涂覆系统。

背景技术

[0003] 这种类型的发动机缸体例如可用于机动车的内燃机。其包括多个气缸孔,气缸孔的尺寸和壁的特性应符合精确的要求,以确保内燃机的效率尽可能地高。在这种情况下,可将气缸孔大体上理解为具有弧形、尤其是圆形截面的柱形腔体。在气缸孔的内壁上设置有涂层,该涂层需要以尽可能高的精度来符合针对其层厚度的需求。

[0004] 可通过通用的方法来检测这种被涂覆的腔体的特性。在这种用于涂覆腔壁、尤其是发动机缸体的气缸孔的方法中,针对要被设置到腔壁上的涂层而设置有涂覆喷枪,针对要被测量的腔体直径而设置有测量装置。

[0005] 因此,用于涂覆腔壁、尤其是发动机缸体的气缸孔的通用的涂覆系统包括用于在腔壁上设置涂层的涂覆喷枪以及用于测量腔体直径的测量装置。

[0006] 从DE 199 34 991A1中可以得知一种涂覆系统,其中所设置的涂层随后受到检测。

[0007] 已知的涂覆系统的缺陷在于,在许多情况下,所涂覆的腔体的实际尺寸与目标值之间具有不合需要地高的偏差,该偏差项多能在测试中被确定,但不能被避免。

发明内容

[0008] 本发明的目的在于提出一种用于涂覆腔壁的涂覆系统和方法,通过该涂覆系统和方法能尽可能准确地涂覆腔壁。

[0009] 该目的可通过具有权利要求1中的特征的方法来实现,也可通过具有权利要求11中的特征的涂覆系统来实现。

[0010] 根据本发明的方法和根据本发明的涂覆系统的有利变化方案是从属权利要求的主旨,在下文中将对它们进行进一步描述。

[0011] 根据本发明,在上述类型的方法中,通过测量装置在第一腔体的不同高度处测量第一腔体的至少多个直径值。随后,通过涂覆喷枪在第一腔体或第二腔体的壁上设置厚度可变的涂层,上述厚度可变的涂层的厚度取决于所确定的直径值。

[0012] 因此,根据本发明,在上述涂覆系统中设置有电子控制机构,该电子控制机构适于

[0013] 通过测量装置来记录第一腔体在第一腔体的不同高度处的至少多个直径值,以及

[0014] 通过涂覆喷枪在第一腔体或第二腔体的壁上设置厚度可变的涂层,上述厚度可变的涂层的厚度取决于所确定的直径值。

[0015] 本发明的核心思想在于:采用腔体的直径确定来对随后的涂覆施加影响,并使其更接近于所期望的结果。相比之下,在已知的涂覆系统中,对所涂覆的腔壁的测量通常仅用

于品质评估,而不用于改进随后的涂覆过程。

[0016] 基本上,在涂覆的中空主体的制造过程中会产生两种误差,通过本发明能有利地减小其中一种或所有的误差。一方面,在涂覆之前,腔体直径与所预期的直径之间可能会有偏差。特别地,腔体直径可能会在腔体的高度范围内不合需要地改变。即便要被设置的涂层的厚度没有任何误差并且该涂层在腔体的高度范围内具有准确地一致的厚度,也会存在这种不合需要的偏差。

[0017] 另外,在制造被涂覆的中空主体的过程中会产生的第二种误差为所设置的涂层的厚度与所期望的厚度之间通常具有偏差。特别地,可能会发生涂层厚度在腔体的高度范围内的不合需要的变化。特别地,这可能由设置涂层的过程中的空气涡动所引起。这些例如可由涂覆过程中的排放所导致。

[0018] 有利的是,通过本发明可减小上述两个或至少一个误差。例如,可在涂覆之前检测到与高度相关的腔体直径,然后可计算相对于预期的腔体直径的偏差。随后,要被设置的涂层被设置成能至少部分、优选地完全补偿这种偏差。

[0019] 作为备选或附加,也可以在设置涂层之后基于高度来确定直径。通过这种方式,可以确定所设置的涂层与预期的涂层之间的偏差。在随后对下一腔壁进行涂覆时,要设置的涂层可以被设置成至少部分、优选完全地补偿前述偏差。

[0020] 由此,根据本发明的对涂覆过程的控制还有利于进行调节。在这里,在设置涂层之后的腔体直径为调节变量,即受到影响的变量。测量该变量,并计算其与所预期值的差值。在该差值的基础上,计算校正变量,在这种情况下,该校正变量为要被设置的涂层(针对随后的腔壁)的与高度相关的厚度。

[0021] 如果仅在设置涂层之前在不同高度处测量第一腔体的直径值,那么这些直径值可用于影响相同的(第一)腔体的壁上的厚度可变的涂层的设置。然而,如果仅在设置涂层之后测量直径值,或者在设置涂层之前和之后都测量直径值,那么这些直径值可用于影响随后的(第二)腔体的壁上的厚度可变的涂层的设置。

[0022] 在这种情况下,涂覆喷枪可以被理解为能移动到要被涂覆的腔体内并沿朝向腔壁的方向释放涂覆颗粒的任何机构。特别地,涂覆喷枪可以具有狭长的形状,该狭长的形状带有朝向横向于、尤其是垂直于涂覆喷枪的纵向方向的方向的释放开口。特别地,所喷射的涂覆颗粒可包括在等离子射流中输送的金属颗粒。本发明还提出,在涂覆过程中,涂覆喷枪可以旋转,并且其高度可被调节。

[0023] 原则上,测量装置可具有一个或多个任意类型的传感器,以用于确定腔体直径。重要的是,测量装置能通过与高度相关的方式(即,在沿腔体的纵向轴线的不同高度处)来确定腔体直径。基本上,设置单个用于测量其到腔壁的距离的距离测量传感器就足够了。通过该距离能计算出直径。然而,如果测量装置未对中地移动到腔体内,而是偏离于中心轴线,那么这种方式相对较不精确。为了即便在这种情况下也能准确地确定直径,优选地可设置至少三个距离测量传感器。特别地,这些距离测量传感器可通过光学的方式、例如根据三角测量原理来测量距离。传感器可在测量装置上被设置成使得它们的测量方向横向于或垂直于测量装置的纵向轴线,并围绕该纵向轴线在角度上区别开。这些传感器中的每一个均在其测量方向上测量它到腔壁的距离。在测量装置偏离于腔体的中心轴线的情况下,其中一个传感器测量较小的距离,而另一传感器测量较大的距离。通过这种方式,可计算出偏离程

度,并准确地确定腔体直径。

[0024] 在这种情况下,厚度可变的涂层可被理解成涂层的厚度不是一致的,而是可变化的,尤其在要设置涂层的腔壁的高度范围内可变化。

[0025] 在本发明的思想内,如果能通过一些测量而得到直径,那么这些测量被认为等同于对腔体的直径的测量。特别地,这些测量包括对腔体在所检测高度处的半径、周长或截面积的测量。高度被理解为沿着腔体的纵向轴线,腔体通常具有圆柱形的形状或至少为规则的形状。如所显示的那样,圆柱形的形状可能会存在不合需要的偏差,这例如会导致锥形圆柱或具有连续的圆形截面但这些截面的直径在高度范围内变化(尤其是不规则地变化)的圆柱。

[0026] 在一个优选的方法变化方案中,在将涂层设置到第一腔体的壁上之前在第一腔体上测量多个直径值。然后,可将厚度可变的涂层设置到测量了多个直径值的相同的第一腔体上。

[0027] 作为备选或附加,可在将涂层设置到第一腔体的壁上之后在第一腔体上测量多个直径值。此时,可将厚度可变的涂层设置到在已经涂覆第一腔体的壁之后进行涂覆的第二腔体的壁上。原则上,在这种情况下,可以一致的厚度在第一腔体的壁上进行涂覆,或者如前文所述优选地以根据涂覆之前的腔体的直径的厚度进行涂覆。

[0028] 有利的是,如果之前在特定的高度处所测量的直径值越大,那么在该特定高度处的厚度可变的涂层的厚度就选择得越大。因此,在未涂覆的腔体或已经涂覆的另一腔体(在下文中对其进行更加详细的描述)的直径、即内径较大的部分,涂层较厚。有利的是,这确保了在涂覆之后的腔体的直径在腔体的高度范围内尽可能地一致。

[0029] 优选地,厚度可变的涂层被设置成它的可变化的厚度能至少部分地、优选完全地补偿直径值的差异。部分补偿应被理解为,在涂覆的腔体的高度范围内的直径差异比涂覆有厚度一致的涂层的同一腔体的直径差异小。完全补偿应被理解为,对于所有高度来说,未涂覆的腔体的直径值与该高度处的涂层厚度之和的值相等。也就是说,在这种情况下,所涂覆的腔体在其高度范围内具有相同的直径。由此,厚度可变的涂层被设置到腔壁上,以使得所涂覆的腔体具有基本上一致的腔体直径。连续涂覆的腔体的涂层厚度可以不同,从而在涂覆之前的不同直径可以受到补偿,由此涂覆的腔体具有基本上相等的腔体直径。

[0030] 厚度可变的涂层与所确定的直径值的相关性还可被理解为与从所确定的直径值推导出的值相关。特别地,这些值可以为第一腔体上的与高度相关的涂层厚度。与高度相关的涂层厚度可通过在设置涂层之前和之后在相同的腔体上测量直径值并随后确定这些直径值之间的差值来确定。

[0031] 为了实现这些特征而提出:

[0032] 在设置涂层之前和之后,通过测量装置在第一腔体的不同高度处记录该第一腔体的多个直径值,

[0033] 通过在设置涂层之前和之后记录的这些直径值来确定与高度相关的涂层厚度,

[0034] 驱动涂覆喷枪以通过该涂覆喷枪在第二腔体的壁上设置厚度可变的涂层,上述厚度可变的涂层的厚度取决于所确定的与高度相关的涂层厚度。

[0035] 通过这种实施方案能解决实际的涂层厚度与所希望的或所预期的涂层厚度之间通常有偏差的问题。可确定该偏差,并将该偏差纳入考虑。例如,如果测量显示在特定高度

处实际的涂层厚度小于所希望的涂层厚度,那么就针对随后的腔体(特别地为第二腔体)选择更大的涂层厚度。可重复以下过程:如果在该高度处的涂层厚度仍不够大,那么就针对下一腔体再次增大该高度处的涂层厚度。

[0036] 在本发明的一个优选的变化方案中,结合了多个前述实施方案。特别地,可以既基于之前涂覆的腔体的直径值,也基于最近检测的已经涂覆的腔体的直径值来选择与高度相关的涂层。一个优选的变化方案包括以下步骤:

[0037] 首先,在将涂层设置到第一腔体上之前,在第一腔体上测量多个直径值。随后,在相同的第一腔体上设置厚度可变的涂层,其中基于在设置涂层之前得到的直径值来选择该涂层的与高度相关的厚度。然后,在已经将上述涂层设置到第一腔体的壁上之后,在第一腔体上测量多个直径值。通过在设置涂层之前和之后测量的直径值来确定与高度相关的涂层厚度。通过所确定的与高度相关的涂层厚度来计算与所期望的与高度相关的涂层厚度之间的差值。在将涂层设置到随后的腔壁上的过程中,将该差值纳入考虑。特别地,位于随后的腔壁上的涂层的厚度被选择成可根据重复地实施这些方法步骤来减少上述差值。

[0038] 原则上,可通过任意所选择的方式来设置厚度可变的涂层。为了能在本发明中通过简单的方式来使用通常已知的涂覆喷枪,优选地可以改变涂覆喷枪的移动速度或颗粒喷射量。

[0039] 作为额外的装置特征而描述的本发明的特征也可被理解为根据本发明的方法的变化特征,反之亦然。更特别地,在根据本发明的涂覆系统的优选的实施方案中,电子控制机构适于进行上述步骤中的一个或多个,即,特别适于相应地驱动涂覆喷枪和测量装置。

[0040] 在本说明书的框架内,例如为“腔壁”和“腔体的壁”的用语应被认为是同义的。这也适用于例如为“腔体直径”和“腔体的直径”的成对用语。

附图说明

[0041] 下面将参照示意性附图对本发明的其他优势和特征进行描述,其中:

[0042] 图1显示了位于还未涂覆的腔体内的根据本发明的涂覆系统的测量装置;

[0043] 图2显示了位于根据本发明的方法来涂覆的腔体内的根据本发明的涂覆系统的涂覆喷枪;

[0044] 图3显示了位于已涂覆的腔体内的根据本发明的涂覆系统的测量装置;

[0045] 图4显示了根据本发明的方法所涂覆的腔体。

[0046] 在附图中,相同的部件和具有相同作用的部件一般由相同的附图标记来标示出。

具体实施方式

[0047] 图1示意性地显示了根据本发明的涂覆系统的一个实施方案的测量装置10。测量装置10已经移动到腔体1内,该腔体1尤其可以是发动机缸体的气缸孔1。

[0048] 腔体的侧壁2要被涂覆,由此能得到例如可提高发动机效率的所期望的壁的特性。

[0049] 侧壁2由腔体1的侧表面形成,在这里也被简称为“壁2”。

[0050] 在涂覆壁2之前,用测量装置10来确定腔体1的直径D。为此,测量装置10特别地包括传感器11和12。也可设置其他的测量机构13,以用于对壁的特性(例如,与粗糙度相关的壁的特性)进行其他测试。

[0051] 测量装置10具有延长体,从而测量装置10能移动到要被检测的腔体1内。传感器11和12优选地形成距离测量传感器。这些距离测量传感器确定它们与壁2之间的距离,通过该距离可以推断出直径D。优选地,设置有三个距离测量传感器,仅显示了其中两个传感器11和12。由此,测量装置10不需要为了准确地测量直径D而对中地移动到腔体1内。

[0052] 为了使测量精确度更大,有利的是,传感器11和12能在垂直于狭长的测量装置10的纵向轴线的平面上被调节。这使得传感器11和12能移动靠近壁2。

[0053] 由此,可使用准确度高、但具有较小的测量范围并因此需要移动接近壁2以进行距离测量的传感器11和12。

[0054] 通常,腔体1的实际直径D与直径的目标值之间有偏差。另外,直径D可能会展现出不合需要的高度相关性,即,在腔体1的高度范围内,直径具有不同的值。为了能更好地显示,这没有在图1中按实际比例显示。

[0055] 为了检测直径D与高度的相关性,可以调节测量装置10的高度,并针对不同的高度来记录多个直径值D1和D2。

[0056] 然后,可在接下来的壁2的涂覆过程中使用与高度相关的直径D的信息。

[0057] 参照图2对其进行说明。图2显示了图1中的腔体1,其中通过示意性显示的涂覆喷枪20在壁2上设置涂层5。

[0058] 涂覆喷枪20具有释放开口21,从该释放开口21中能喷射出沿朝向壁2的方向的喷涂颗粒。特别地,金属颗粒可以由等离子射流中放出。

[0059] 传统地,目标涂层厚度会在腔体的高度范围内具有一致的值。然而,通过这种涂层,所涂覆的壁的内径仍会存在不合需要的与高度的相关性。相比之下,根据本发明来设置厚度可变的涂层5,该涂层5的厚度6能在腔体1的高度范围内变化。厚度的变化可根据预先确定的未涂覆的腔体1的直径值D1和D2来选择。特别地,如图2所示,可准确地发生厚度变化,以使得直径D1和D2之间的差得到补偿。由此,能得到在腔体1的高度范围内一致的直径D3和D4。

[0060] 有利的是,由此可通过确定直径来降低甚至完全消除腔体1的内径D与高度的相关性。

[0061] 除了与高度的相关性之外,还可以确定与所涂覆的腔体的直径的目标值之间的偏差:为此,针对未涂覆的腔体1的各个直径值D1和D2而计算与目标值之间的相应的差值。由此来选择涂层的厚度6,以使该厚度6准确地等于前述的不同高度处的相应差值。

[0062] 对所涂覆的腔体1的内径D有影响的误差也可能在涂覆过程中产生。通常,实际的涂层厚度6与预定的、所期望的涂层厚度之间有偏差。这例如可能是由腔体1内的气流所引起的。

[0063] 在图3中显示了该问题。该图显示了涂覆的腔体1。该涂覆的腔体1的直径D呈现出 不合需要的高度相关性。如所显示的那样,不论是未涂覆的腔体1的直径具有一致的值(如图3中的情况),还是与高度相关(如图1和图2中的情况),这都有可能发生。

[0064] 由此,通过测量装置10在不同高度处测量涂覆的腔体1的与高度相关的直径D(即,由涂层5所包围的自由空间的直径)。作为示例而显示出不同高度处的直径D3和D4。

[0065] 这些值的信息提供了关于实际的涂层厚度6与所预期的涂层厚度之间的偏差有多大的消息。为此,也可在相同腔体1上测量涂覆之前的直径值D1和D2和涂覆之后的直径值D3

和D4,并可通过作差来计算实际的涂层厚度6。

[0066] 由此,实际的涂层厚度6与所期望的涂层厚度之间的比较可用于控制在接下来的腔体上进行的随后的涂覆过程。

[0067] 图3显示了带有第一涂层5的第一腔体1,图4显示了随后的(第二)腔体1A,在随后的腔体1A的壁2A上设置有第二涂层5A。在设置涂层5A的过程中,将之前提到的第一腔体1的实际的涂层厚度6与预期的涂层厚度之间的比较考虑在内。特别地,涂覆喷枪20可被驱动成在第一腔体1上的实际的涂层厚度6太小的高度处,在第二腔体1A上设置较厚的涂层5A。

[0068] 有利的是,这可以避免实际的涂层厚度与预期的涂层厚度之间的不合需要的偏差。

[0069] 如果一方面根据前文提到的之前的腔体的实际的涂层厚度与预期的涂层厚度之间的比较(参照图3和图4所描述)、另一方面根据当前要被涂覆的未涂覆的腔体的与高度相关的直径值(参照图1和图2所描述)来选择厚度可变的涂层,那么可以得到特别准确的结果。通过这种方式,可以实现涂覆的腔体的直径准确地为预定的值、尤其是在上述腔体的高度范围内一致的值。

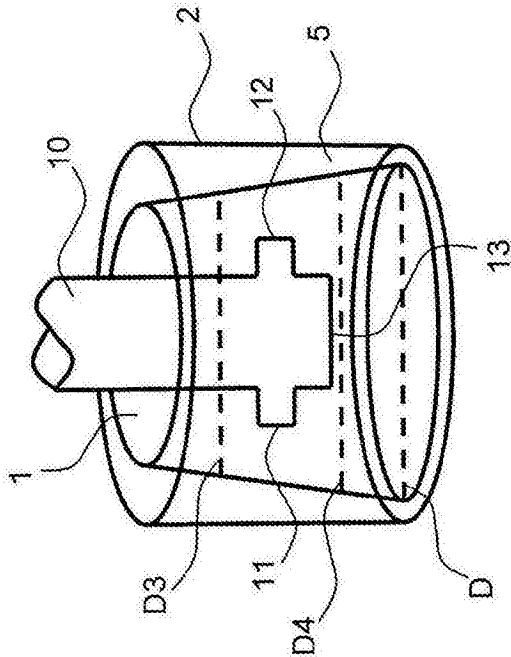


图3

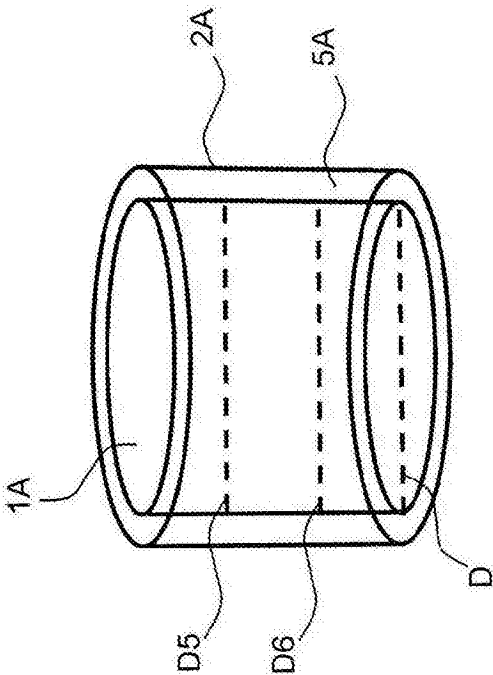


图4