



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101832194 B

(45) 授权公告日 2012.06.06

(21) 申请号 201010128510.9

(22) 申请日 2006.07.06

(30) 优先权数据

200998/2005 2005.07.08 JP

(62) 分案原申请数据

200680032466.3 2006.07.06

(73) 专利权人 丰田自动车株式会社

地址 日本爱知县

专利权人 帝国活塞环株式会社

帝伯工业股份公司

(72) 发明人 高见俊裕 堀弘平 塚原猛

宫本典孝 平野雅挥 太田行纪

山田里志 柴田幸兵 加藤功

成瀬芳夫 斋藤仪一郎 堀米正巳

佐藤乔

(74) 专利代理机构 北京市中咨律师事务所

11247

代理人 马江立 柴智敏

(51) Int. Cl.

F02F 1/00 (2006.01)

(56) 对比文件

DE 19729017 A1, 1999.02.04, 说明书第2栏第9-29行、附图1.

CN 2576980 Y, 2003.10.01, 全文.

US 6802121 B2, 2004.10.12, 说明书第2栏第39-46行、附图3.

CN 1180598 A, 1998.05.06, 全文.

US 5333668 A, 1994.08.02, 全文.

JP 57-126537 A, 1982.08.06, 全文.

审查员 孙金凤

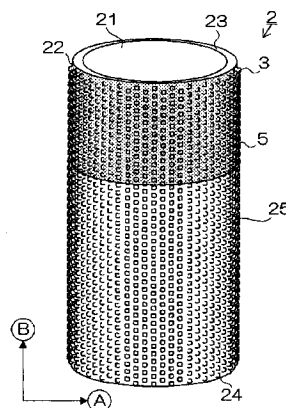
权利要求书 1 页 说明书 22 页 附图 15 页

(54) 发明名称

气缸套和发动机

(57) 摘要

提供了一种用在气缸体中的用于镶铸的气缸套。所述气缸套包括具有多个突起部的外周向表面。每个突起部具有收缩的形状。在所述外周向表面和所述突起部的表面上形成有金属材料的膜。结果,所述气缸套确保了与气缸体的铸造材料的充分的接合强度,以及与气缸体的充分的导热性。



1. 一种用在气缸体中的用于镶铸的气缸套,其特征在于,所述气缸套包括具有多个突起部的外周向表面,每个所述突起部具有形成收缩空间的收缩的形状,其中在所述外周向表面和所述突起部的表面上形成有金属材料的膜,使得所述收缩空间不被所述膜充满而是被铸造材料充填,并且其中所述膜的导热性高于所述气缸套的导热性。

2. 一种用在气缸体中的用于镶铸的气缸套,其特征在于,所述气缸套包括具有多个突起部的外周向表面,每个所述突起部具有形成收缩空间的收缩的形状,其中在所述外周向表面和所述突起部的表面上形成有金属材料的膜,使得所述收缩空间不被所述膜充满而是被铸造材料充填,并且其中所述膜的导热性高于所述气缸体的导热性。

3. 一种用在气缸体中的用于镶铸的气缸套,其特征在于,所述气缸套包括具有多个突起部的外周向表面,每个所述突起部具有形成收缩空间的收缩的形状,其中在所述外周向表面和所述突起部的表面上形成有金属材料的膜,使得所述收缩空间不被所述膜充满而是被铸造材料充填,并且其中所述膜在所述气缸套的轴向方向上从所述气缸套的一端延伸到所述气缸套的中部。

4. 一种用在气缸体中的用于镶铸的气缸套,其特征在于,所述气缸套包括具有多个突起部的外周向表面,每个所述突起部具有形成收缩空间的收缩的形状,其中在所述外周向表面和所述突起部的表面上形成有金属材料的膜,使得所述收缩空间不被所述膜充满而是被铸造材料充填,其中所述气缸套具有在所述气缸套的轴向方向上的相对于中部的上部和下部,其中所述上部的厚度小于所述下部的厚度。

气缸套和发动机

[0001] 本申请是申请日为 2006 年 7 月 6 日、发明名称为“气缸套和发动机”的专利申请 No. 200680032466.3 的分案申请。

技术领域

[0002] 本发明涉及一种用在气缸体中的用于镶铸（嵌铸，包心铸造，insertcasting）的气缸套，以及具有所述气缸套的发动机。

背景技术

[0003] 用于发动机的带有气缸套的气缸体已经被用于实际应用中。气缸套通常应用于由铝合金制成的气缸体。作为这种用于镶铸的气缸套，已知在日本专利特开 2003-120414 号公报中有所公开。

[0004] 为了满足近来对于降低燃料消耗的需求，提出了这样一种构型，其中发动机的气缸孔之间的距离减小以使发动机变轻。

[0005] 但是，气缸孔之间距离的减小会导致以下问题。

[0006] (1) 气缸孔之间的部段比周围的部段（与气缸孔之间的部段隔开的部段）更薄。这样，在通过镶铸生产气缸体时，气缸孔之间的部段内的凝固速率要高于周围部段内的凝固速率。气缸孔之间的部段的凝固速率随着这些部段的厚度的减小而增大。

[0007] 因此，在气缸孔之间的距离较小的情况下，铸造材料的凝固速率进一步增大。这会增大气缸孔之间的铸造材料的凝固速率与周围的铸造材料的凝固速率之间的差异。因此，将位于气缸孔之间的铸造材料向周围部段牵拉的力增大。这很可能在气缸孔之间产生裂纹（热裂）。

[0008] (2) 在气缸孔之间的距离较小的发动机中，热量易于被限制在气缸孔之间的部段内。这样，随着气缸壁温度的升高会促进机油的消耗。

[0009] 因此，当通过减小气缸孔的之间距离来改善燃料消耗率时，需要满足以下条件 (A) 和 (B)。

[0010] (A) 为了抑制铸造材料由于凝固速率的差异而从气缸孔之间的部段向周围部段移动，在生产气缸体时需要在气缸套和铸造材料之间确保充分的接合强度。

[0011] (B) 为了抑制机油的消耗，在气缸体和气缸套之间需要确保充分的导热性。

[0012] 根据日本专利特开 2003-120414 号公报所公开的气缸套，在气缸上形成有膜，该膜与气缸体的铸造材料之间形成金属结合。这种结构可增大气缸体和气缸套之间的接合强度。但是，已发现在使用这种气缸套制造气缸体的情况下，在气缸体和气缸套之间会形成较大的间隙，从而使得导热性降低。这被认为是由于在气缸体制造过程中气缸套和铸造材料之间的接合强度不足而引起的。

发明内容

[0013] 因此，本发明的目的是提供一种气缸套，该气缸套可确保与气缸体的铸造材料之

间的充分的接合强度以及与其气缸体之间的充分的导热性。本发明的另一个目的是提供一种具有该气缸套的发动机。

[0014] 根据本发明的第一方面,提供一种用在气缸体中的用于镶铸的气缸套。所述气缸套包括具有多个突起部的外周向表面。每个所述突起部具有收缩的形状。在所述外周向表面和所述突起部的表面上形成有金属材料的膜。

[0015] 根据本发明的第二方面,提供一种包括气缸体和用于镶铸的气缸套的发动机。所述气缸套接合到所述气缸体上。所述气缸套包括具有多个突起部的外周向表面。每个所述突起部具有收缩的形状。在所述外周向表面和所述突起部的表面上形成有金属材料的膜。

[0016] 根据本发明的第三方面,提供一种用在气缸体中的用于镶铸的气缸套。所述气缸套包括具有多个突起部的外周向表面。每个所述突起部具有收缩的形状。在所述外周向表面和所述突起部的表面上形成有膜,所述膜增大所述气缸套对所述气缸体的附着性。

[0017] 从下面结合附图作出的、通过示例示出本发明原理的说明中可清楚看到本发明的其它方面和优点。

附图说明

[0018] 通过参照下面对当前优选实施例的说明以及附图可最佳地理解本发明及其目的和优点,在附图中:

[0019] 图 1 是示出具有根据本发明第一实施例的气缸套的发动机的示意图;

[0020] 图 2 是示出第一实施例的气缸套的透视图;

[0021] 图 3 是示出作为第一实施例的气缸套的材料的铸铁的成分比率的一个示例的表;

[0022] 图 4 是示出形成在第一实施例的气缸套上的具有收缩形状的突起部的模型图;

[0023] 图 5 是示出形成在第一实施例的气缸套上的具有收缩形状的突起部的模型图;

[0024] 图 6[A] 是根据第一实施例的气缸套的沿轴向方向截取的剖视图;

[0025] 图 6[B] 是示出在根据第一实施例的气缸套中轴向位置与气缸壁温度之间关系的一个示例的图示;

[0026] 图 7 是根据第一实施例的气缸套的放大剖视图,其示出图 6[A] 中的被圈起部分 ZC;

[0027] 图 8 是根据第一实施例的气缸套的放大剖视图,其示出图 1 中的被圈起部分 ZA;

[0028] 图 9 是根据第一实施例的气缸套的放大剖视图,其示出图 1 中的被圈起部分 ZB;

[0029] 图 10 是示出通过离心铸造生产气缸套的步骤的过程图;

[0030] 图 11 是示出在通过离心铸造生产气缸套的过程中用于在铸模涂料层中形成具有收缩形状的凹部的步骤的过程图;

[0031] 图 12 是示出使用三维激光测量根据第一实施例的气缸套的参数的工序的一个示例的图示;

[0032] 图 13 是示出根据第一实施例的气缸套的通过使用三维激光进行测量而获得的等高线的图示;

[0033] 图 14 是示出第一实施例的气缸套的测量高度和等高线之间的关系的图示;

[0034] 图 15 是示出根据第一实施例的气缸套的通过使用三维激光进行测量而获得的等高线的图示;

[0035] 图 16 是示出根据第一实施例的气缸套的通过使用三维激光进行测量而获得的等高线的图示；

[0036] 图 17 是示出用于对根据第一实施例的气缸套在气缸体中的接合强度进行评价的拉伸试验程序的一个示例的图示；

[0037] 图 18 是示出用于对具有根据第一实施例的气缸套的气缸体的导热性进行评价的激光闪光法程序的一个示例的图示；

[0038] 图 19 是本发明第二实施例的放大剖视图，其示出图 6 中的被圈起部分 ZC；

[0039] 图 20 是根据第二实施例的气缸套的放大剖视图，其示出图 1 中的被圈起部分 ZA；

[0040] 图 21 是本发明第三实施例的放大剖视图，其示出图 6 中的被圈起部分 ZC；以及

[0041] 图 22 是根据第三实施例的气缸套的放大剖视图，其示出图 1 中的被圈起部分 ZA。

具体实施方式

[0042] （第一实施例）

[0043] 现在参照图 1 至 18 对本发明的第一实施例进行说明。

[0044] 本实施例涉及将本发明应用于由铝合金制成的发动机的气缸套的情况。

[0045] < 发动机的结构 >

[0046] 图 1 示出具有根据本发明的气缸套 2 的整个发动机 1 的结构。

[0047] 发动机 1 包括气缸体 11 和气缸盖 12。

[0048] 气缸体 11 包括多个气缸 13。

[0049] 每个气缸 13 包括一个气缸套 2。

[0050] 各个气缸套 2 的内周向表面（气缸套内周向表面 21）形成气缸体 11 中的相应气缸 13 的内壁（气缸内壁 14）。各个气缸套内周向表面 21 限定气缸孔 15。

[0051] 通过镶铸铸造材料，各个气缸套 2 的外周向表面（气缸套外周向表面 22）与气缸体 11 接触。

[0052] 作为用作气缸体 11 的材料的铝合金，例如，可使用在日本工业标准（JIS）ADC10（相关的美国标准，ASTM A380.0）或在 JIS ADC12（相关的美国标准，ASTM A383.0）中指定的合金。在本实施例中，采用铝合金 ADC 12 来形成气缸体 11。

[0053] < 气缸套的结构 >

[0054] 图 2 是示出根据本发明的气缸套 2 的透视图。

[0055] 气缸套 2 由铸铁制成。

[0056] 铸铁的成分例如如图 3 所示地被设定。基本上，可选择表中所列出的成分“基本成分”作为铸铁的成分。按照需要，可加入表中所列出的成分“辅助成分”。

[0057] 在气缸套 2 的气缸套外周向表面 22 上形成有突起部 3，每个突起部 3 均具有收缩的形状。

[0058] 突起部 3 形成在从气缸套 2 的上端（气缸套上端 23）到气缸套 2 的下端（气缸套下端 24）的整个气缸套外周向表面 22 上。气缸套上端 23 是气缸套 2 的位于发动机 1 中的燃烧室处的端部。气缸套下端 24 是气缸套 2 的位于与发动机 1 中的燃烧室相对的部分的端部。

[0059] 在气缸套 2 中，在气缸套外周向表面 22 和突起部 3 的表面上形成有膜 5。

[0060] 在气缸套外周向表面 22 上,膜 5 形成在从气缸套上端 23 到轴向方向上的中部(气缸套中部 25)的区域内。另外,膜 5 沿整个圆周方向形成。

[0061] 膜 5 由 Al-Si 喷涂层 51 形成。喷涂层是指通过喷涂(等离子喷涂、电弧喷涂或 HVOF 喷涂)而形成的膜。

[0062] 作为膜 5 的材料,可使用满足以下条件 (A) 和 (B) 中的至少一个的材料。

[0063] (A) 熔点低于或等于铸造材料的熔融金属的温度(基准熔融金属温度 TC)的材料,或包含这种材料的材料。更具体地,基准熔融金属温度 TC 可描述如下。即,基准熔融温度 TC 是指当向铸模供给铸造材料以镶铸气缸套 2 时气缸体 11 的铸造材料的熔融金属的温度。

[0064] (B) 能通过冶金工艺接合到气缸体 11 的铸造材料上的材料,或包含这种材料的材料。

[0065] <突起部的结构>

[0066] 图 4 是示出突起部 3 的模型图。在下文中,气缸套 2 的径向方向(箭头 A 的方向)被称作突起部 3 的轴向方向。另外,气缸套 2 的轴向方向(箭头 B 的方向)被称作突起部 3 的径向方向。图 4 示出沿突起部 3 的径向方向看去时突起部 3 的形状。

[0067] 突起部 3 与气缸套 2 一体地形成。突起部 3 在近端 31 与气缸套外周向表面 22 接合。

[0068] 在突起部 3 的远端 32 形成有与突起部 3 的远端表面对应的顶表面 32A。顶表面 32A 基本上为平的。

[0069] 在突起部 3 的轴向方向上,在近端 31 和远端 32 之间形成有收缩部 33。

[0070] 收缩部 33 形成为使得其沿轴向方向的截面积(轴向方向截面积 SR)小于在近端 31 和在远端 32 的轴向方向截面积 SR。

[0071] 突起部 3 形成为使得轴向方向截面积 SR 从收缩部 33 朝近端 31 和远端 32 逐渐增大。

[0072] 图 5 是示出突起部 3 的模型图,其中标出了气缸套 2 的收缩空间 34。

[0073] 在各个气缸套 2 中,各个突起部 3 的收缩部 33 形成收缩空间 34(阴影区域)。

[0074] 收缩空间 34 是由包含沿突起部 3 的轴向方向的最大远端部 32B 的曲面(在图 5 中,线 D-D 对应于该曲面)和收缩部 33 的表面(收缩表面 33A)所围成的空间。最大远端部 32B 代表在远端 32 处突起部 3 的径向长度最长的部分。

[0075] 在具有气缸套 2 的发动机 1 中,气缸体 11 和气缸套 2 在气缸体 11 的一部分位于收缩空间 34 中(气缸体 11 与突起部 3 啮合)的状态下彼此接合。因此,可确保气缸体 11 与气缸套 2 的充分的接合强度(气缸套接合强度)。另外,由于增大的气缸套接合强度可抑制气缸孔 15 的变形,因而摩擦减小。因此,燃料消耗率得以改善。

[0076] 另一方面,在通过镶铸气缸套 2 而制造气缸体 11 时,通过锚固效果可确保气缸体 11 的铸造材料与各个气缸套 2 之间的接合强度。这能抑制铸造材料由于凝固速率的差异而从气缸孔 15 之间的部段向周围部段移动。

[0077] <膜的形成>

[0078] 参照图 6[A] 至 7 对膜 5 在气缸套 2 上的形成进行说明。在下文中,膜 5 的厚度被称为膜厚度 TP。

[0079] [1] 膜的位置

[0080] 参照图 6[A] 和 6[B], 对膜 5 的位置进行说明。图 6[A] 是气缸套 2 沿轴向方向的剖视图。图 6[B] 示出在发动机 1 的稳定运转状态下温度 (气缸壁温度 TW) 沿气缸轴向方向的变化的一个示例。在下文中, 移除了膜 5 的气缸套 2 将被称作基准气缸套。具有基准气缸套的发动机将被称作基准发动机。

[0081] 在该实施例中, 基于基准发动机中的气缸壁温度 TW 来确定膜 5 的位置。

[0082] 对气缸壁温度 TW 的变化进行说明。在图 6[B] 中, 实线代表基准发动机的气缸壁温度 TW, 而虚线代表本实施例的发动机 1 的气缸壁温度。在下文中, 气缸壁温度 TW 的最高温度被称作最大气缸壁温度 TWH, 而气缸壁温度 TW 的最低温度被称作最小气缸壁温度 TWL。

[0083] 在基准发动机中, 气缸壁温度 TW 以如下方式改变。

[0084] (a) 在从气缸套下端 24 到气缸套中部 25 的区域内, 由于燃烧气体的小的影响, 气缸壁温度 TW 从气缸套下端 24 向气缸套中部 25 逐渐升高。在气缸套下端 24 附近, 气缸壁温度 TW 为最小气缸壁温度 TWL。在本实施例中, 气缸套 2 的其中气缸壁温度 TW 以这种方式变化的部分被称作低温气缸套部分 27。

[0085] (b) 在从气缸套中部 25 到气缸套上端 23 的区域内, 由于燃烧气体的大的影响, 气缸壁温度 TW 急剧升高。在气缸套上端 23 附近, 气缸壁温度 TW 为最大气缸壁温度 TWH。在本实施例中, 气缸套 2 的其中气缸壁温度 TW 以这种方式变化的部分被称作高温气缸套部分 26。

[0086] 在基准发动机中, 由于在高温气缸套部分 26 的气缸壁温度 TW 过度升高时会促进机油的消耗, 所以要求活塞环的张力较大。即, 由于活塞环张力的增大, 燃料消耗率不可避免地变差。

[0087] 因此, 在根据本实施例的气缸套 2 中, 膜 5 形成在高温气缸套部分 26 上, 从而气缸体 11 与高温气缸套部分 26 之间的附着性增大。这使得高温气缸套部分 26 的气缸壁温度 TW 降低。

[0088] 在根据本实施例的发动机 1 中, 在气缸体 11 与高温气缸套部分 26 之间产生了充分的附着性, 即, 在每个高温气缸套部分 26 周围形成很小的间隙。这确保了气缸体 11 与高温气缸套部分 26 之间的高导热性。因此, 高温气缸套部分 26 中的气缸壁温度 TW 降低。这使得最大气缸壁温度 TWH 成为低于最大气缸壁温度 TWH1 的最大气缸壁温度 TWH2。

[0089] 由于气缸壁温度 TW 的降低可抑制机油的消耗, 因而与在基准发动机中相比, 可使用张力较小的活塞环。这改善了燃料消耗率。

[0090] 低温气缸套部分 27 和高温气缸套部分 26 之间的边界 (壁温边界 28) 可基于基准发动机的气缸壁温度 TW 获得。另一方面, 已发现在许多情况下高温气缸套部分 26 的长度 (从气缸套上端 23 到壁温边界 28 的长度) 为气缸套 2 总长度 (从气缸套上端 23 到气缸套下端 24 的长度) 的三分之一到四分之一。因此, 在确定膜 5 的位置时, 可将从气缸套上端 23 起的整个气缸套长度的三分之一到四分之一的范围看作是不必精确确定壁温边界 28 时的高温气缸套部分 26。

[0091] [2] 膜的厚度

[0092] 在气缸套 2 中, 膜 5 形成为使得其厚度 TP 小于或等于 0.5mm。如果膜厚度 TP 大于 0.5mm, 则会降低突起部 3 的锚固效果, 从而导致气缸体 11 和高温气缸套部分 26 之间的接合强度 (高温气缸套部分 26 的气缸套接合强度) 显著下降。

[0093] 在本实施例中,膜 5 形成为使得在高温气缸套部分 26 的多个位置处的膜厚度 TP 的平均值小于或等于 0.5mm。但是,膜 5 可形成为使得在整个高温气缸套部分 26 内膜厚度 TP 小于或等于 0.5mm。

[0094] 在发动机 1 中,随着膜厚度 TP 减小,气缸体 11 和高温气缸套部分 26 之间的导热性增大。因此,在形成膜 5 时,优选使膜厚度 TP 在整个高温气缸套部分 26 内尽量接近于 0mm。

[0095] 但是,由于目前难以在整个高温气缸套部分 26 内形成厚度均一的厚度层,所以在形成膜 5 时如果目标膜厚度 TP 被设定成过小的值,则高温气缸套部分 26 上的某些区域将没有膜 5。这样,在本实施例中,在形成膜 5 时,根据以下条件 (A) 和 (B) 来确定目标膜厚度 TP。

[0096] (A) 能够在整个高温气缸套部分 26 上形成膜 5。

[0097] (B) 是满足条件 (A) 的范围内的最小值。

[0098] 因此,膜 5 形成在整个高温气缸套部分 26 上。此外,由于膜 5 的膜厚度 TP 具有较小的值,所以可增大气缸体 11 和高温气缸套部分 26 之间的导热性。

[0099] [3] 突起部周围的膜的形成

[0100] 图 7 是示出 6[A] 中的被圈起部分 ZC 的放大视图。

[0101] 在气缸套 2 中,膜 5 形成在气缸套外周向表面 22 和突起部 3 的表面上。此外,膜 5 形成为使得收缩空间 34 不被充满。即,膜 5 形成为使得当进行气缸套 2 的镶铸时,铸造材料充填收缩空间 34。如果收缩空间 34 被膜 5 充满,则铸造材料将无法充填收缩空间 34。这样,将无法获得突起部 3 的锚固效果。

[0102] < 气缸体和气缸套的接合状态 >

[0103] 参照图 8 和 9 对气缸体 11 和气缸套 2 的接合状态进行说明。图 8 和 9 是沿气缸 13 的轴线截取的示出气缸体 11 的剖视图。

[0104] [1] 高温气缸套部分的接合状态

[0105] 图 8 示出气缸体 11 和高温气缸套部分 26 之间的接合状态(图 1 中的 ZA 部分的剖面)。

[0106] 在发动机 1 中,气缸体 11 以气缸体 11 与突起部 3 啮合的状态接合到高温气缸套部分 26 上。此外,气缸体 11 和高温气缸套部分 26 彼此接合,且膜 5 位于它们之间。

[0107] 对于高温气缸套部分 26 和膜 5 的接合状态,由于膜 5 通过喷涂形成,因而高温气缸套部分 26 和膜 5 以充分的附着性和接合强度彼此机械地接合。高温气缸套部分 26 与膜 5 的附着性高于在基准发动机中气缸体与基准气缸套的附着性。

[0108] 对于气缸体 11 和膜 5 的接合状态,膜 5 由熔点低于基准熔融金属温度 TC 并且具有与气缸体 11 的铸造材料的高润湿性的 Al-Si 合金形成。这样,气缸体 11 和膜 5 以充分的附着性和接合强度彼此机械地接合。气缸体 11 与膜 5 的附着性高于在基准发动机中气缸体与基准气缸套的附着性。

[0109] 在发动机 1 中,由于气缸体 11 和高温气缸套部分 26 以这种状态彼此接合,因此可获得以下优点。

[0110] (A) 由于膜 5 确保了气缸体 11 和高温气缸套部分 26 之间的附着性,因此气缸体 11 和高温气缸套部分 26 之间的导热性增大。

[0111] (B) 由于膜 5 确保了气缸体 11 和高温气缸套部分 26 之间的接合强度,所以气缸体

11 与高温气缸套部分 26 的剥离得以抑制。因此,即使气缸孔 15 膨胀,仍可保持气缸体 11 与高温气缸套部分 26 的附着性。这样就抑制了导热性的减小。

[0112] (C) 由于突起部 3 确保了气缸体 11 和高温气缸套部分 26 之间的接合强度,所以气缸体 11 与高温气缸套部分 26 的剥离得以抑制。因此,即使气缸孔 15 膨胀,仍可保持气缸体 11 与高温气缸套部分 26 的附着性。这样就抑制了导热性的减小。

[0113] 在发动机 1 中,随着气缸体 11 与膜 5 之间的附着性以及高温气缸套部分 26 与膜 5 之间的附着性降低,这些部件之间的间隙量增大。因此,气缸体 11 和高温气缸套部分 26 之间的导热性降低。随着气缸体 11 和膜 5 之间的接合强度以及高温气缸套部分 26 和膜 5 之间的接合强度降低,更有可能在这些部件之间产生剥离。因此,当气缸孔 15 膨胀时,气缸体 11 和高温气缸套部分 26 之间的附着性降低。

[0114] 在根据本实施例的气缸套 2 中,膜 5 的熔点低于或等于基准熔融金属温度 TC。因此,人们认为,在生产气缸体 11 时,膜 5 熔化并被冶金地接合到铸造材料上。但是,根据本发明的发明人所进行的试验的结果,可确认如上所述的气缸体 11 是机械地接合到膜 5 上的。此外,发现了冶金接合的部分。但是,气缸体 11 和膜 5 主要是以机械方式接合的。

[0115] 通过试验,发明人还有以下发现。即,即使铸造材料和膜 5 不是以冶金方式接合的(或仅部分地以冶金方式接合),只要膜 5 的熔点低于或等于基准熔融金属温度 TC,则气缸体 11 与高温气缸套部分 26 的附着性和接合强度增大。尽管其机理尚未得到确切阐释,但可认为,铸造材料的凝固速率由于膜 5 不能平稳地移除铸造材料的热量而降低。

[0116] [2] 低温气缸套部分的接合状态

[0117] 图 9 示出气缸体 11 与低温气缸套部分 27 之间的接合状态(图 1 中的 ZB 部分的剖面)。

[0118] 在发动机 1 中,气缸体 11 以气缸体 11 与突起部 3 啮合的状态接合到高温气缸套部分 26 上。因此,通过突起部 3 的锚固效果确保了气缸体 11 与低温气缸套部分 27 之间的充分的热接合强度。此外,可防止在气缸孔 15 膨胀时气缸体 11 与低温气缸套部分 27 的相互剥离。

[0119] <突起部的形成>

[0120] 参照表 1 对气缸套 2 上的突起部 3 的形成进行说明。

[0121] 作为表示突起部 3 的形成状态的参数(形成状态参数),定义第一面积比率 SA、第二面积比率 SB、标准截面积 SD、标准突起部数量 NP 和标准突起部长度 HP。

[0122] 现在对作为用于上述形成状态参数的基本值的测量高度 H、第一基准平面 PA 和第二基准平面 PB 进行说明。

[0123] (a) 测量高度 H 表示沿突起部 3 的轴向方向的距气缸套外周向表面 22 的距离(突起部 3 的高度)。在气缸套外周向表面 22 处,测量高度 H 为 0mm。在突起部 3 的顶表面 32A 处,测量高度 H 具有最大值。

[0124] (b) 第一基准平面 PA 表示位于测量高度为 0.4mm 的位置的沿突起部 3 的径向方向的平面。

[0125] (c) 第二基准平面 PB 表示位于测量高度为 0.2mm 的位置的沿突起部 3 的径向方向的平面。

[0126] 现在对形成状态参数进行说明。

[0127] [A] 第一面积比率 SA 表示在气缸套外周向表面 22 之上的第一基准平面 PA 内的突起部 3 的面积（径向方向截面积 SR）的比率。

[0128] [B] 第二面积比率 SB 表示在气缸套外周向表面 22 之上的第二基准平面 PB 内的突起部 3 的面积（径向方向截面积 SR）的比率。

[0129] [C] 标准截面积 SD 表示在气缸套外周向表面 22 之上的第一基准平面 PA 内的一个突起部 3 的面积（径向方向截面积 SR）。

[0130] [D] 标准突起部数量 NP 表示在气缸套外周向表面 22 上每单位面积（ 1cm^2 ）内所形成的突起部 3 的数量。

[0131] [E] 标准突起部长度 HP 表示在多个位置处的突起部 3 的测量高度 H 的值的平均值。

[0132] 表 1

[0133]

	参数类型	选择范围	单位
[A]	第一面积比率 SA	10 至 50	[%]
[B]	第二面积比率 SB	20 至 55	[%]
[C]	标准截面积 SD	0.2 至 3.0	[mm^2]
[D]	标准突起部数量 NP	5 至 60	[个 / cm^2]
[E]	标准突起部长度 HP	0.5 至 1.0	[mm]

[0134] 在本实施例中，形成状态参数 [A] 至 [E] 被设定在表 1 的选择范围内，从而突起部 3 的气缸套接合强度以及突起部 3 之间的铸造材料的充填系数 / 充填因子 (filling factor) 增大。由于铸造材料的充填系数增大，因而不大可能在气缸体 11 和气缸套 2 之间形成间隙。气缸体 11 和气缸套 2 在接合的同时彼此紧密接触。

[0135] 在本实施例中，除了对上面列出的参数 [A] 至 [E] 的设定之外，气缸套 2 还形成使得突起部 3 在第一基准平面 PA 上各自独立地形成。这可进一步增大附着性。

[0136] < 用于生产气缸套的方法 >

[0137] 参照图 10 和 11 对用于生产气缸套 2 的方法进行说明。

[0138] 在本实施例中，气缸套 2 通过离心铸造来生产。为了使上面列出的形成状态参数处在表 1 的选择范围内，将离心铸造的参数（下面的参数 [A] 至 [F]）设定在表 2 的选择范围内。

[0139] [A] 悬浊液 61 中耐火材料 61A 的混合比率。

[0140] [B] 悬浊液 61 中粘结剂 61B 的混合比率。

[0141] [C] 悬浊液 61 中水 61C 的混合比率。

[0142] [D] 耐火材料 61A 的平均粒度。

[0143] [E] 添加到悬浊液 61 中的表面活性剂 62 的混合比率。

[0144] [F] 铸模涂料 63（铸模涂料层 64）的厚度。

[0145] 表 2

[0146]

	参数类型	选择范围	单位
[A]	耐火材料的混合比率	8 至 30	[%以质量计]
[B]	粘结剂的混合比率	2 至 10	[%以质量计]
[C]	水的混合比率	60 至 90	[%以质量计]
[D]	耐火材料的平均粒度	0.02 至 0.1	[mm]
[E]	表面活性剂的混合比率	$0.005 < x \leq 0.1$	[%以质量计]
[F]	铸模涂料层的厚度	0.5 至 1.0	[mm]

[0147] 气缸套 2 的生产根据图 10 所示的工序进行。

[0148] [步骤 A] 将耐火材料 61A、粘结剂 61B 和水 61C 混合以制备悬浊液 61。在该步骤中,耐火材料 61A、粘结剂 61B 和水 61C 的混合比率以及耐火材料 61A 的平均粒度被设定以处于表 2 的选择范围内。

[0149] [步骤 B] 将预定量的表面活性剂 62 加入到悬浊液 61 中以获得铸模涂料 63。在该步骤中,加入到悬浊液 61 中的表面活性剂 62 的比率被设定以处于表 2 所示的选择范围内。

[0150] [步骤 C] 在将旋转的铸模 65 加热到预定温度后,通过喷涂将铸模涂料 63 涂布到铸模 65 的内周向表面(铸模内周向表面 65A)上。此时,铸模涂料 63 涂布成使得在整个铸模内周向表面 65A 上形成厚度基本均一的铸模涂料 63 的层(铸模涂料层 64)。在该步骤中,铸模涂料层 64 的厚度被设定以处于表 2 所示的选择范围内。

[0151] 在铸模 65 的铸模涂料层 64 中,在[步骤 C]之后形成具有收缩形状的孔。

[0152] 参照图 11 对具有收缩形状的孔的形成进行说明。

[0153] [1] 在铸模 65 的铸模内周向表面 65A 上形成具有多个气泡 64A 的铸模涂料层 64。

[0154] [2] 表面活性剂 62 对气泡 64A 起作用以在铸模涂料层 64 的内周向表面内形成凹部 64B。

[0155] [3] 凹部 64B 的底部到达铸模内周向表面 65A,从而在铸模涂料层 64 内形成具有收缩形状的孔 64C。

[0156] [步骤 D] 在将铸模涂料层 64 干燥后,将铸铁的熔化金属 66 浇入正在旋转的铸模 65 中。此时,熔化金属 66 流入铸模涂料层 64 内的具有收缩形状的孔 64C 中。这样,在铸造气缸套 2 上形成具有收缩形状的突起部 3。

[0157] [步骤 E] 在熔化金属 66 硬化且形成气缸套 2 之后,将气缸套 2 与铸模涂料层 64 一起从铸模 65 中取出。

[0158] [步骤 F] 使用喷抛装置(blasting device)67 从气缸套 2 的外周向表面上移除铸模涂料层 64(铸模涂料 63)。

[0159] <用于测量形成状态参数的方法>

[0160] 参照图 12 对使用三维激光测量形成状态参数的方法进行说明。标准突起部长度 HP 用另一种方法测量。

[0161] 可按如下方式测量各个形成状态参数。

[0162] [1] 从气缸套 2 制得用于测量突起部参数的试件 71。

[0163] [2] 在非接触式三维激光测量装置 81 中,将试件 71 设置在试验台 83 上,使得突起部 3 的轴向方向基本上与激光 82 的照射方向平行(图 12[A])。

[0164] [3] 使激光 82 从三维激光测量装置 81 照射到试件 71 上(图 12[B])。

[0165] [4] 将三维激光测量装置 81 的测量结果输入到图像处理装置 84 中。

[0166] [5] 通过用图像处理装置 84 进行的图像处理显示出突起部 3 的等高线图 85(图 13)。基于等高线图 85 计算形成状态参数。

[0167] <突起部的等高线>

[0168] 参照图 13 和 14 对等高线图 85 进行说明。图 13 是等高线图 85 的一个示例。图 14 示出测量高度 H 与等高线 HL 之间的关系。图 13 的等高线图 85 示出与图 14 所示的不同的突起部 3。

[0169] 在等高线图 85 中,等高线 HL 在测量高度 H 的每个预定值下示出。

[0170] 例如,在等高线图 85 中,在等高线 HL 从 0mm 的测量高度到 1.0mm 的测量高度以 0.2mm 的间隔示出的情况下,示出测量高度为 0mm 的等高线 HL0、测量高度为 0.2mm 的等高线 HL2、测量高度为 0.4mm 的等高线 HL4、测量高度为 0.6mm 的等高线 HL6、测量高度为 0.8mm 的等高线 HL8 和测量高度为 1.0mm 的等高线 HL10。

[0171] 在图 14 中,等高线 HL4 对应于第一基准平面 PA。此外,等高线 HL2 对应于第二基准平面 PB。尽管图 14 示出的是以 0.2mm 的间隔示出等高线 HL 的图示,但在实际的等高线图 85 中可按照需要改变等高线 HL 之间的距离。

[0172] 参照图 15 和 16 对等高线图 85 中的第一区域 RA 和第二区域 RB 进行说明。图 15 是其中除测量高度为 0.4mm 的等高线 HL4 之外的等高线均以虚线示出的等高线图 85(第一等高线图 85A)。图 16 是其中除测量高度为 0.2mm 的等高线 HL2 之外的等高线均以虚线示出的等高线图 85(第二等高线图 85B)。在图 15 和 16 中,实线表示所要示出的等高线 HL,虚线表示其它等高线 HL。

[0173] 在本实施例中,在等高线图 85 中由等高线 HL4 所包围的区域被定义成第一区域 RA。即,第一等高线图 85A 中的阴影区域对应于第一区域 RA。在等高线图中 85 由等高线 HL2 所包围的区域被定义成第二区域 RB。即,第二等高线图 85B 中的阴影区域对应于第二区域 RB。

[0174] <用于计算形成状态参数的方法>

[0175] 基于等高线图 85 以如下方式计算形成状态参数。

[0176] [A] 第一面积比率 SA

[0177] 第一面积比率 SA 被计算为在等高线图 85 的面积中第一区域 RA 的比率。即,第一面积比率 SA 使用下面的公式计算。

[0178] $SA = SRA/ST \times 100[\%]$

[0179] 在上面的公式中,符号 ST 代表整个等高线图 85 的面积。符号 SRA 代表通过累加第一区域 RA 的面积而得到的总面积。例如,当使用图 15 的第一等高线图 85A 作为模型时,

矩形区域的面积对应于面积 ST。阴影区域的面积对应于面积 SRA。在计算第一面积比率 SA 时,假定等高线图 85 仅包括气缸套外周向表面 22。

[0180] [B] 第二面积比率 SB

[0181] 第二面积比率 SB 被计算为在等高线图 85 的面积中第二区域 RB 的比率。即,第二面积比率 SB 使用下面的公式计算。

[0182] $SB = SRB/ST \times 100[\%]$

[0183] 在上面的公式中,符号 ST 代表整个等高线图 85 的面积。符号 SRB 代表通过累加第二区域 RB 的面积而得到的总面积。例如,当使用图 16 的第二等高线图 85B 作为模型时,矩形区域的面积对应于面积 ST。阴影区域的面积对应于面积 SRB。在计算第二面积比率 SB 时,假定等高线图 85 仅包括气缸套外周向表面 22。

[0184] [C] 标准截面积 SD

[0185] 标准截面积 SD 可被计算为等高线图 85 中各个第一区域 RA 的面积。例如,当使用图 15 的第一等高线图 85A 作为模型时,阴影区域的面积对应于标准截面积 SD。

[0186] [D] 标准突起部数量 NP

[0187] 标准突起部数量 NP 可被计算为在等高线图 85 中每单位面积 (1cm^2) 上的突起部 3 的数量。例如,当使用图 15 的第一等高线图 85A 或图 16 的第二等高线图 85B 作为模型时,在每个图中的突起部的数量(一个)对应于标准突起部数量 NP。在本实施例的气缸套 2 中,每单位面积 (1cm^2) 上形成有五至六十个突起部 3。这样,实际的标准突起部数量 NP 与第一等高线图 85A 和第二等高线图 85B 的基准突起部数量不同。

[0188] [E] 标准突起部长度 HP

[0189] 标准突起部长度 HP 可以是突起部 3 之一的高度,或者可被计算为多个位置处的突起部 3 之一的高度的平均值。突起部 3 的高度可通过测量装置如深度千分表进行测量。

[0190] 可基于等高线图 85 中的第一区域 RA 检验突起部 3 在第一基准平面 PA 上是否独立地设置。即,当第一区域 RA 不与其它第一区域 RA 发生干涉时,可确认突起部 3 在第一基准平面 PA 上独立地设置。

[0191] (示例)

[0192] 在下文中,将基于示例与比较示例之间的比较对本发明进行说明。

[0193] 在各个示例和比较示例中,气缸套通过上述实施例的制造方法(离心铸造)制成。在生产气缸套时,铸铁的材料特性被设定成对应于 FC230,且制成的气缸套的厚度被设定为 2.3mm。

[0194] 表 3 示出各示例的气缸套的特征。表 4 示出各比较示例的气缸套的特征。

[0195] 表 3

[0196]

	气缸套的特征
示例 1	(1) 由 Al-Si 合金的喷涂层形成膜 (2) 将第一面积比率设定为下限值 (10%)

示例 2	(1) 由 Al-Si 合金的喷涂层形成膜 (2) 将第二面积比率设定为上限值 (55%)
示例 3	(1) 由 Al-Si 合金的喷涂层形成膜 (2) 将膜厚度设定为 0.005mm
示例 4	(1) 由 Al-Si 合金的喷涂层形成膜 (2) 将膜厚度设定为上限值 (0.5mm)

[0197] 表 4

[0198]

	气缸套的特征
比较示例 1	(1) 未形成膜。 (2) 将第一面积比率设定为下限值 (10%)。
比较示例 2	(1) 未形成膜。 (2) 将第二面积比率设定为上限值 (55%)。
比较示例 3	(1) 由 Al-Si 合金的喷涂层形成膜。 (2) 未形成具有收缩部的突起部。
比较示例 4	(1) 由 Al-Si 合金的喷涂层形成膜。 (2) 将第一面积比率设定为小于下限值 (10%) 的值。
比较示例 5	(1) 由 Al-Si 合金的喷涂层形成膜。 (2) 将第二面积比率设定为大于上限值 (55%) 的值。
比较示例 6	(1) 由 Al-Si 合金的喷涂层形成膜。 (2) 将膜厚度设定为大于上限值 (0.5mm) 的值。

[0199] 各个示例和比较示例的特定的气缸套生产条件如下所示。除以下特定条件之外，所有的示例和比较示例的生产条件相同。

[0200] 在示例 1 和比较示例 1 中，在表 2 所示的选择范围内设定与离心铸造相关的参数（表 2 中的 [A] 至 [F]），使得第一面积比率 SA 变成下限值 (10%)。

[0201] 在示例 2 和比较示例 2 中，在表 2 所示的选择范围内设定与离心铸造相关的参数（表 2 中的 [A] 至 [F]），使得第二面积比率 SB 变成上限值 (55%)。

[0202] 在示例 3 和 4 以及比较示例 6 中，将与离心铸造相关的参数（表 2 中的 [A] 至 [F]）设定为表 2 所示的选择范围中的相同值。

[0203] 在比较示例 3 中，在铸造后去除铸造表面以获得平滑的外周向表面。

[0204] 在比较示例 4 中，将与离心铸造相关的参数（表 2 中的 [A] 至 [F]）中的至少一个设定在表 2 中的选择范围之外，使得第一面积比率 SA 变得小于下限值 (10%)。

[0205] 在比较示例 5 中，将与离心铸造相关的参数（表 2 中的 [A] 至 [F]）中的至少一个设定在表 2 中的选择范围之外，使得第二面积比率 SB 变得大于上限值 (55%)。

[0206] 用于形成膜的条件如下所示。

[0207] 在示例 1 和 2 以及比较示例 3、4 和 5 中膜厚度 TP 被设定为相同的值。

[0208] 在示例 4 中,膜厚度 TP 被设定为上限值 (0.5mm)。

[0209] 在比较示例 1 和 2 中未形成膜。

[0210] 在比较示例 6 中,膜厚度 TP 被设定为大于上限值 (0.5mm) 的值。

[0211] < 用于测量形成状态参数的方法 >

[0212] 现在对在各个示例和比较示例中形成状态参数的测量方法进行说明。

[0213] 在各个示例和比较示例中,根据上述实施例的用于计算形成状态参数的方法来测量与突起部 3 的形成状态相关的参数。

[0214] < 用于测量膜厚度的方法 >

[0215] 现在对在各个示例和比较示例中膜厚度 TP 的测量方法进行说明。

[0216] 在各个示例和比较示例中,膜厚度 TP 用显微镜进行测量。具体地,膜厚度 TP 根据以下工序 [1] 和 [2] 进行测量。

[0217] [1] 从形成有膜 5 的气缸套 2 制得用于测量膜厚度的试件。

[0218] [2] 使用显微镜在试件上的膜 5 的数个位置处测量厚度,并且测量值的平均值被计算为膜厚度 TP 的测量值。

[0219] < 用于测量接合强度的方法 >

[0220] 参照图 17 对在各个示例和比较示例中评价气缸套接合强度的方法进行说明。

[0221] 在各个示例和比较示例中,采用拉伸试验作为评价气缸套接合强度的方法。具体地,对气缸套接合强度的评价根据以下工序 [1] 至 [5] 进行。

[0222] [1] 通过压铸来生产均具有气缸套 2 的单缸型气缸体 72 (图 17[A])。

[0223] [2] 从单缸型气缸体 72 制得用于强度评价的试件 74。强度评价试件 74 均由气缸套 2 的一部分 (气缸套件 74A) 和气缸 73 的铝制部分 (铝制件 74B) 形成。在各个气缸套件 74A 和对应的铝制件 74B 之间形成有膜 5。

[0224] [3] 将拉伸试验设备的臂 86 接合到强度评价试件 74 (气缸套件 74A 和铝制件 74B) 上 (图 17[B])。

[0225] [4] 在用夹钳 87 将臂 86 中的一个保持住后,通过另一个臂 86 向强度评价试件 74 施加拉伸载荷,使得气缸套件 74A 和铝制件 74B 沿气缸的径向方向 (图 17[C] 中箭头 C 的方向) 剥离。

[0226] [5] 通过拉伸试验获得使气缸套件 74A 和铝制件 74B 剥离的力 (每单位面积上的载荷) 作为气缸套接合强度。

[0227] 表 5

[0228]

	参数类型	设置
[A]	铝材	ADC12
[B]	铸造压力	55[MPa]

[C]	铸造速度	1.7[m/s]
[D]	铸造温度	670[℃]
[E]	气缸厚度	4.0[mm]

[0229] [E] 表示不包括气缸套的厚度。

[0230] 在各个示例和比较示例中,在表 5 所示的条件下生产用于评价的单缸型气缸体 72。

[0231] < 用于评价导热性的方法 >

[0232] 参照图 18 对在各个示例和比较示例中用于评价气缸导热性(气缸体 11 和高温气缸套部分 26 之间的导热性)的方法进行说明。

[0233] 在各个示例和比较示例中,采用激光闪光法(laser flash method)作为用于评价气缸导热性的方法。具体地,根据以下工序[1]至[4]进行对导热性的评价。

[0234] [1] 通过压铸来生产均具有气缸套 2 的单缸型气缸体 72(图 18[A])。

[0235] [2] 从单缸型气缸体 72 制得用于导热性评价的环形试件 75(图 18[B])。导热性评价试件 75 均由气缸套 2 的一部分(气缸套件 75A)和气缸 73 的铝制部分(铝制件 75B)形成。在各个气缸套件 75A 和对应的铝制件 75B 之间形成有膜 5。

[0236] [3] 在将导热性评价试件 75 设定在激光闪光设备 88 中后,激光 80 从激光振荡器 89 照射到试件 75 的外周上(图 18[C])。

[0237] [4] 基于由激光闪光设备 88 测得的试验结果计算导热性评价试件 75 的导热性。

[0238] 表 6

[0239]

	参数类型	设置
[A]	气缸套件厚度	1.35[mm]
[B]	铝制件厚度	1.65[mm]
[C]	试件外径	10[mm]

[0240] 在各个示例和比较示例中,在表 5 所示的条件下生产用于评价的单缸型气缸体 72。在表 6 所示的条件下生产导热性评价试件 75。具体地,从单缸型气缸体 72 上切取气缸 73 的一部分。对被切取部分的外和内周向表面进行加工,使得气缸套件 75A 和铝制件 75B 的厚度为表 6 所示的值。

[0241] < 测量结果 >

[0242] 表 7 示出在示例和比较示例中参数的测量结果。该表中的值均为数个测量结果的代表值。

[0243] 表 7

[0244]

	第一 面积 比率 [%]	第二 面积 比率 [%]	标准 突起 部数 量 [个 /cm ²]	标准 突起 部长 度 [mm]	膜的 材料	膜厚 度 [mm]	接合 强度 [MPa]	热导 率 [W/m K]
示例 1	10	20	20	0.6	Al-Si 合金	0.08	35	50
示例 2	50	55	60	1.0	Al-Si 合金	0.08	55	50
示例 3	20	35	35	0.7	Al-Si 合金	0.005	50	60
示例 4	20	35	35	0.7	Al-Si 合金	0.5	45	55
比较示 例 1	10	20	20	0.6	无膜	—	17	25
比较示 例 2	50	55	60	1.0	无膜	—	52	25
比较示 例 3	0	0	0	0	Al-Si 合金	0.08	22	60
比较示 例 4	2	10	3	0.3	Al-Si 合金	0.08	15	40
比较示 例 5	25	72	30	0.8	Al-Si 合金	0.08	40	35
比较示 例 6	20	35	35	0.7	Al-Si 合金	0.6	10	30

[0245] 现在对基于测量结果所获知的优点进行说明。

[0246] 通过将示例 1 至 4 与比较示例 3 进行对比,可发现以下事实。突起部 3 在气缸套 2 上的形成增大了气缸套接合强度。

[0247] 通过将示例 1 与比较示例 1 进行对比,可发现以下事实。即,膜 5 在高温气缸套部分 26 上的形成增大了气缸体 11 和高温气缸套部分 26 之间的导热性。此外,还增大了气缸套接合强度。

[0248] 通过将示例 2 与比较示例 2 进行对比,可发现以下事实。即,膜 5 在高温气缸套部

分 26 上的形成增大了气缸体 11 和高温气缸套部分 26 之间的导热性。此外,还增大了气缸套接合强度。

[0249] 通过将示例 4 与比较示例 6 进行对比,可发现以下事实。即,厚度 TP 小于或等于上限值 (0.5mm) 的膜 5 的形成增大了气缸体 11 和高温气缸套部分 26 之间的导热性。此外,还增大了气缸套接合强度。

[0250] 通过将示例 1 与比较示例 4 进行对比,可发现以下事实。即,以第一面积比率 SA 大于或等于下限值 (10%) 形成突起部 3 增大了气缸套接合强度。而且,还增大了气缸体 11 和高温气缸套部分 26 之间的导热性。

[0251] 通过将示例 2 与比较示例 5 进行对比,可发现以下事实。即,以第二面积比率 SB 小于或等于上限值 (55%) 形成突起部 3 增大了气缸套接合强度。而且,还增大了气缸体 11 和高温气缸套部分 26 之间的导热性。

[0252] 通过将示例 3 与示例 4 进行对比,可发现以下事实。即,在形成膜 5 的同时减小膜厚度 TP 增大了气缸套接合强度。而且,还增大了气缸体 11 和高温气缸套部分 26 之间的导热性。

[0253] < 实施例的优点 >

[0254] 根据本实施例的气缸套可提供以下优点。

[0255] (1) 根据本实施例的气缸套 2,在通过镶铸生产气缸体 11 时,气缸体 11 的铸造材料与突起部 3 彼此啮合,从而确保了这些部件之间的充分的接合强度。这可抑制铸造材料由于凝固速率的差异而从气缸孔之间的部段向周围部段移动。

[0256] 由于膜 5 与突起部 3 一起形成,因而增大了气缸体 11 与高温气缸套部分 26 之间的附着性。这确保了气缸体 11 与高温气缸套部分 26 之间的充分的导热性。

[0257] 此外,由于突起部 3 增大了气缸体 11 与气缸套 2 之间的接合强度,因而可抑制气缸体 11 与气缸套 2 的剥离。因此,即使气缸孔 15 膨胀,仍然可确保气缸体 11 与高温气缸套部分 26 之间的充分的导热性。

[0258] 这样,本实施例的气缸套 2 的使用确保了气缸套 2 与气缸体 11 的铸造材料之间的充分的接合强度,以及气缸套 2 与气缸体 11 之间的充分的导热性。

[0259] 根据试验结果,本发明的发明人发现在具有基准气缸套的气缸体中,在气缸体与各个气缸套之间存在较大的间隙。即,如果仅在气缸套上形成具有收缩部的突起部,则无法确保气缸体与气缸套之间的充分的附着性。由于间隙这将不可避免地降低导热性。

[0260] (2) 根据本实施例的气缸套 2,上述的导热性的提高降低了高温气缸套部分 26 的气缸壁温度 TW。这样,机油的消耗得以抑制。这可改善燃料消耗率。

[0261] (3) 根据本实施例的气缸套 2,上述的接合强度的提高抑制了发动机中气缸孔 15 的变形,从而减小了摩擦。这可改善燃料消耗率。

[0262] (4) 在本实施例的气缸套 2 中,膜 5 形成为使得其在高温气缸套部分 26 的厚度 TP 小于或等于 0.5mm。这可增大气缸体 11 和高温气缸套部分 26 之间的接合强度。如果膜厚度 TP 大于 0.5mm,则会降低突起部 3 的锚固效果,从而导致气缸套接合强度显著下降。

[0263] (5) 在本实施例的气缸套 2 中,突起部 3 形成为使得标准突起部数量 NP 在五至六十的范围内。这进一步增大了气缸套接合强度。此外,可增大铸造材料向突起部 3 之间的空间充填的充填系数。

[0264] 如果标准突起部数量 NP 在选择范围之外,则会引起以下问题。如果标准突起部数量 NP 小于五,则突起部 3 的数量不足。这会降低气缸套接合强度。如果标准突起部数量 NP 大于六十,则突起部 3 之间的狭窄空间会减小铸造材料向突起部 3 之间的空间充填的充填系数。

[0265] (6) 在本实施例的气缸套 2 中,突起部 3 形成为使得标准突起部长度 HP 在 0.5mm 至 1.0mm 的范围内。这可增大气缸套接合强度和气缸套 2 的外径的精度。

[0266] 如果标准突起部长度 HP 在选择范围之外,则会引起以下问题。如果标准突起部长度 HP 小于 0.5mm,则突起部 3 的高度不足。这会降低气缸套接合强度。如果标准突起部长度 HP 大于 1.0mm,则突起部 3 将容易折断。这也会降低气缸套接合强度。此外,由于突起部 3 的高度不均一,因而外径的精度降低。

[0267] (7) 在本实施例的气缸套 2 中,突起部 3 形成为使得第一面积比率 SA 在 10% 至 50% 的范围内。这可确保充分的气缸套接合强度。此外,可增大铸造材料向突起部 3 之间的空间充填的充填系数。

[0268] 如果第一面积比率 SA 在选择范围之外,则会引起以下问题。如果第一面积比率 SA 小于 10%,则与第一面积比率 SA 大于或等于 10% 的情况相比,气缸套接合强度会显著降低。如果第一面积比率 SA 大于 50%,则第二面积比率 SB 将超过上限值 (55%)。这样,铸造材料在突起部 3 之间的空间内的充填系数将显著减小。

[0269] (8) 在本实施例的气缸套 2 中,突起部 3 形成为使得第二面积比率 SB 在 20% 至 55% 的范围内。这可增大铸造材料向突起部 3 之间的空间充填的充填系数。此外,可确保充分的气缸套接合强度。

[0270] 如果第二面积比率 SB 在选择范围之外,则会引起以下问题。如果第二面积比率 SB 小于 20%,则第一面积比率 SA 将降到下限值 (10%) 以下。这样,气缸套接合强度将显著降低。如果第二面积比率 SB 大于 55%,则与第二面积比率 SB 小于或等于 55% 的情况相比,铸造材料在突起部 3 之间的空间内的充填系数将显著减小。

[0271] (9) 在本实施例的气缸套 2 中,突起部 3 形成为使得标准截面积 SD 在 0.2mm^2 至 3.0mm^2 的范围内。这样,在气缸套 2 的生产过程中可防止突起部 3 损坏。此外,可增大铸造材料向突起部 3 之间的空间充填的充填系数。

[0272] 如果标准截面积 SD 在选择范围之外,则会引起以下问题。如果标准截面积 SD 小于 0.2mm^2 ,则突起部 3 的强度不足,并且在气缸套 2 的生产过程中突起部 3 容易损坏。如果标准截面积 SD 大于 3.0mm^2 ,则突起部 3 之间的狭窄空间会减小铸造材料向突起部 3 之间的空间充填的充填系数。

[0273] (10) 在本实施例的气缸套 2 中,突起部 3 (第一区域 RA) 形成为在第一基准平面 PA 上彼此独立。这可增大铸造材料向突起部 3 之间的空间充填的充填系数。如果突起部 3 (第一区域 RA) 在第一基准平面 PA 上彼此不独立,则突起部 3 之间的狭窄空间会减小铸造材料向突起部 3 之间的空间充填的充填系数。

[0274] (11) 在本实施例的气缸套 2 中,膜 5 形成在各个突起部 3 上,使得收缩空间 34 不被膜 5 充满。因此,在镶铸气缸套 2 时,会有充足量的铸造材料流入收缩空间 34 中。这可防止气缸套接合强度降低。

[0275] (12) 在发动机中,气缸壁温度 TW 的升高会使气缸孔热膨胀。另一方面,由于气缸

壁温度 TW 沿轴向方向变化,因而气缸孔的变形量沿轴向方向变化。气缸孔变形量的这种变化会增大活塞的摩擦,这又会使燃料消耗率变差。

[0276] 在本实施例的气缸套 2 中,膜 5 不形成在低温气缸套部分 27 的气缸套外周向表面 22 上,而膜 5 形成在高温气缸套部分 26 的气缸套外周向表面 22 上。

[0277] 因此,发动机 1 的高温气缸套部分 26 的气缸壁温度 TW(图 6[B] 中的虚线)降到基准发动机的高温气缸套部分 26 的气缸壁温度 TW(图 6[B] 中的实线)以下。另一方面,发动机 1 的低温气缸套部分 27 的气缸壁温度 TW(图 6[B] 中的虚线)基本上与基准发动机的低温气缸套部分 27 的气缸壁温度 TW(图 6[B] 中的实线)相同。

[0278] 因此,发动机 1 中最小气缸壁温度 TWL 和最大气缸壁温度 TWH 之间的差异(气缸壁温差 ΔTW)减小。这样,各个气缸孔 15 的变形沿轴向方向的变化减小(变形量得以均衡)。因此,各个气缸孔 15 的变形量得以均衡。这可减小活塞的摩擦并由此改善燃料消耗率。

[0279] (13) 在发动机 1 中,气缸孔 15 之间的距离减小以改善燃料消耗率。因此,在制造气缸体 11 时,需要确保气缸套 2 与铸造材料之间的接合强度,以及气缸体 11 与气缸套 2 之间的充分的导热性。

[0280] 本实施例的气缸套 2 确保了气缸套 2 与铸造材料之间的充分的接合强度,以及气缸套 2 与气缸体 11 之间的充分的导热性。这使得气缸孔 15 之间的距离可减小。因此,由于在发动机 1 中气缸孔 15 之间的距离比在传统发动机中小,因而可改善燃料消耗率。

[0281] (14) 在本实施例中,膜 5 由 Al-Si 合金的喷涂层形成。这减小了气缸体 11 的膨胀程度和膜 5 的膨胀程度之间的差异。因此,当气缸孔 15 膨胀时可确保气缸体 11 和气缸套 2 之间的附着性。

[0282] (15) 由于使用了具有与气缸体 11 的铸造材料的高润湿性的 Al-Si 合金,所以气缸体 11 与膜 5 之间的附着性和接合强度进一步增大。

[0283] < 实施例的变型 >

[0284] 上述第一实施例可如下所示地进行修改。

[0285] 尽管使用了 Al-Si 合金作为第一实施例中的铝合金,但是也可使用其它铝合金(Al-Si-Cu 合金和 Al-Cu 合金)。

[0286] 在第一实施例中,膜 5 由喷涂层 51 形成。但是,该构型可如下所示地进行修改。即,膜 5 可由铜或铜合金的喷涂层形成。在这些情况下,可获得与第一实施例类似的优点。

[0287] (第二实施例)

[0288] 现在参照图 19 和 20 对本发明的第二实施例进行说明。

[0289] 通过以如下方式改变膜在第一实施例的气缸套上的形成而构造出第二实施例。除下述构型之外,根据第二实施例的气缸套与第一实施例中的相同。

[0290] < 膜的形成 >

[0291] 图 19 是示出图 6[A] 中的被圈起部分 ZC 的放大视图。

[0292] 在气缸套 2 中,膜 5 形成在高温气缸套部分 26 的气缸套外周向表面 22 上。膜 5 由铝喷丸覆层(覆层 52)形成。喷丸覆层是指通过喷丸涂覆形成的膜。

[0293] 也可使用满足以下条件(A)和(B)中的至少一个的其它材料作为膜 5 的材料。

[0294] (A) 熔点低于或等于基准熔融金属温度 TC 的材料,或包含这种材料的材料。

[0295] (B) 可通过冶金工艺接合到气缸体 11 的铸造材料上的材料,或包含这种材料的材

料。

[0296] < 气缸体和高温气缸套部分的接合状态 >

[0297] 图 20 示出气缸体 11 与高温气缸套部分 26 之间的接合状态（图 1 中的 ZA 部分的剖面）。

[0298] 在发动机 1 中，气缸体 11 以气缸体 11 与突起部 3 啮合的状态接合到高温气缸套部分 26 上。此外，气缸体 11 与高温气缸套部分 26 彼此接合，而膜 5 位于它们之间。

[0299] 对于高温气缸套部分 26 和膜 5 的接合状态，由于膜 5 通过喷丸涂覆形成，因而高温气缸套部分 26 和膜 5 以充分的附着性和接合强度彼此机械地和冶金地接合。即，高温气缸套部分 26 和膜 5 以机械接合部分与冶金接合部分相混合的状态彼此接合。高温气缸套部分 26 与膜 5 的附着性高于在基准发动机中气缸体与基准气缸套的附着性。

[0300] 对于气缸体 11 和膜 5 的接合状态，膜 5 由熔点低于或等于基准熔融金属温度 TC 并且具有与气缸体 11 的铸造材料的高润湿性的铝合金形成。因此，气缸体 11 和膜 5 以充分的附着性和接合强度彼此机械地接合。气缸体 11 与膜 5 的附着性高于在基准发动机中气缸体与基准气缸套的附着性。

[0301] 在发动机 1 中，由于气缸体 11 与高温气缸套部分 26 以这种状态彼此接合，因而可获得以下优点。对于气缸体 11 与膜 5 之间的机械接合，可应用与在第一实施例中相同的解释。

[0302] (A) 由于膜 5 确保了气缸体 11 和高温气缸套部分 26 之间的附着性，因此气缸体 11 和高温气缸套部分 26 之间的导热性增大。

[0303] (B) 由于膜 5 确保了气缸体 11 和高温气缸套部分 26 之间的接合强度，所以气缸体 11 与高温气缸套部分 26 的剥离得以抑制。因此，即使气缸孔 15 膨胀，仍可保持气缸体 11 与高温气缸套部分 26 的附着性。这样就抑制了导热性的减小。

[0304] (C) 由于突起部 3 确保了气缸体 11 和高温气缸套部分 26 之间的接合强度，所以气缸体 11 与高温气缸套部分 26 的剥离得以抑制。因此，即使气缸孔 15 膨胀，仍可保持气缸体 11 与高温气缸套部分 26 的附着性。这样就抑制了导热性的减小。

[0305] < 实施例的优点 >

[0306] 除了与第一实施例中的优点 (1) 至 (15) 类似的优点之外，第二实施例的气缸套还可提供以下优点。

[0307] (16) 在喷丸涂敷中，形成膜 5 无需熔化涂覆材料。因此，可防止膜 5 的表面被氧化，且膜 5 包含氧化物的可能性较小。

[0308] 在本实施例的气缸套 2 中，膜 5 通过喷丸涂覆形成。因此，可防止膜 5 的热导率由于氧化而减小。由于通过抑制膜表面的氧化而提高了对铸造材料的润湿性，因此气缸体 11 与膜 5 之间的附着性进一步提高。

[0309] < 实施例的变型 >

[0310] 上述第二实施例可如下所示地进行修改。

[0311] 在第二实施例中，使用铝作为覆层 52 的材料。但是，也可例如使用以下材料。

[0312] [a] 锌

[0313] [b] 锡

[0314] [c] 包含铝、锌和锡中的至少两种的合金。

[0315] (第三实施例)

[0316] 现在参照图 21 和 22 对本发明的第三实施例进行说明。

[0317] 通过以如下方式改变膜在第一实施例的气缸套上的形成而构造出第三实施例。除下述构型之外,根据第三实施例的气缸套与第一实施例中的相同。

[0318] <膜的形成>

[0319] 图 21 是示出图 6[A] 中的被圈起部分 ZC 的放大视图。

[0320] 在气缸套 2 中,膜 5 形成在高温气缸套部分 26 的气缸套外周向表面 22 上。膜 5 由铜合金镀覆层 53 形成。镀覆层是指通过镀覆(plating)形成的膜。

[0321] 也可使用满足以下条件(A)和(B)中的至少一个的其它材料作为膜 5 的材料。

[0322] (A) 熔点低于或等于基准熔融金属温度 TC 的材料,或包含这种材料的材料。

[0323] (B) 可通过冶金工艺接合到气缸体 11 的铸造材料上的材料,或包含这种材料的材料。

[0324] <气缸体和高温气缸套部分的接合状态>

[0325] 图 22 示出气缸体 11 与高温气缸套部分 26 之间的接合状态(图 1 中的 ZA 部分的剖面)。

[0326] 在发动机 1 中,气缸体 11 以气缸体 11 的一部分位于各个收缩空间 34 中的状态接合到高温气缸套部分 26 上。此外,气缸体 11 与高温气缸套部分 26 彼此接合,而膜 5 位于它们之间。

[0327] 对于高温气缸套部分 26 和膜 5 的接合状态,由于膜 5 通过镀覆形成,因而高温气缸套部分 26 和膜 5 以充分的附着性和接合强度彼此机械地接合。高温气缸套部分 26 与膜 5 的附着性高于在基准发动机中气缸体与基准气缸套的附着性。

[0328] 对于气缸体 11 和膜 5 的接合状态,膜 5 由熔点高于基准熔融金属温度 TC 的铜合金形成。但是,气缸体 11 与膜 5 以充分的附着性和接合强度彼此冶金接合。气缸体 11 与膜 5 的附着性高于在基准发动机中气缸体与基准气缸套的附着性。

[0329] 在发动机 1 中,由于气缸体 11 与高温气缸套部分 26 以这种状态彼此接合,因此可获得以下优点。

[0330] (A) 由于膜 5 确保了气缸体 11 和高温气缸套部分 26 之间的附着性,因此气缸体 11 和高温气缸套部分 26 之间的导热性增大。

[0331] (B) 由于膜 5 确保了气缸体 11 和高温气缸套部分 26 之间的接合强度,所以气缸体 11 与高温气缸套部分 26 的剥离得以抑制。因此,即使气缸孔 15 膨胀,仍可保持气缸体 11 与高温气缸套部分 26 的附着性。这样就抑制了导热性的减小。

[0332] (C) 由于膜 5 由比气缸体 11 具有更高导热性的铜合金形成,因此气缸体 11 与高温气缸套部分 26 之间的导热性增大。

[0333] (D) 由于突起部 3 确保了气缸体 11 和高温气缸套部分 26 之间的接合强度,所以气缸体 11 与高温气缸套部分 26 的剥离得以抑制。因此,即使气缸孔 15 膨胀,仍可保持气缸体 11 与高温气缸套部分 26 的附着性。这样就抑制了导热性的减小。

[0334] 为了使气缸体 11 和膜 5 彼此冶金接合,人们认为膜 5 基本上需要由熔点等于或低于基准熔融金属温度 TC 的金属形成。但是,根据由本发明的发明人所进行的试验的结果,即使膜 5 由熔点高于基准熔融金属温度 TC 的金属形成,在某些情况下气缸体 11 与膜 5 仍

可彼此冶金接合。

[0335] < 实施例的优点 >

[0336] 除了与第一实施例中的优点 (1) 至 (13) 类似的优点之外,第三实施例的气缸套还可提供以下优点。

[0337] (17) 在本实施例中,膜 5 由铜合金形成。因此,气缸体 11 与膜 5 彼此冶金接合。气缸体 11 与高温气缸套部分 26 之间的附着性和接合强度进一步增大。

[0338] (18) 由于铜合金具有高的热导率,因而气缸体 11 与高温气缸套部分 26 之间的导热性显著增大。

[0339] < 实施例的变型 >

[0340] 上述第三实施例可如下所示地进行修改。

[0341] 在第三实施例中,镀覆层 53 可由铜形成。

[0342] (其它实施例)

[0343] 上述实施例可修改如下。

[0344] 在上述实施例中,第一面积比率 SA 和第二面积比率 SB 的选择范围可设定在表 1 所示的选择范围内。但是所述选择范围可如下所示地改变。

[0345] 第一面积比率 SA :10% -30%

[0346] 第二面积比率 SB :20% -45%

[0347] 这种设置可增大气缸套接合强度和铸造材料充填突起部 3 之间的空间的充填系数。

[0348] 在上述实施例中,标准突起部长度 HP 的选择范围可设定为从 0.5mm 至 1.0mm 的范围。但是,可如下所示地改变所述选择范围。即,标准突起部长度 HP 的选择范围可设定为从 0.5mm 至 1.5mm 的范围。

[0349] 在上述实施例中,在低温气缸套部分 27 的气缸套外周向表面 22 上未形成膜 5,而在高温气缸套部分 26 的气缸套外周向表面 22 上形成了膜 5。这种构型可修改如下。即,膜 5 可形成在低温气缸套部分 27 和高温气缸套部分 26 两者的气缸套外周向表面 22 上。这种构型能可靠地防止某些位置处的气缸壁温度 TW 过度升高。

[0350] 用于形成膜 5 的方法不限于上述实施例中所示的方法(喷涂、喷丸涂覆和镀覆)。可按照需要应用任意其它方法。

[0351] 根据上述实施例的气缸套 2 的构型可如下所示地进行修改。即,高温气缸套部分 26 的厚度可被设定为小于低温气缸套部分 27 的厚度,从而高温气缸套部分 26 的导热性高于低温气缸套部分 27 的导热性。在这种情况下,由于气缸壁温差 ΔTW 减小,因此气缸孔 15 的变形量沿轴向方向得以均衡。这改善了燃料消耗率。对厚度的设定可例如为以下条目 (A) 和 (B)。

[0352] (A) 在高温气缸套部分 26 和低温气缸套部分 27 的每一者中,厚度恒定不变,且高温气缸套部分 26 的厚度被设定为小于低温气缸套部分 27 的厚度。

[0353] (B) 气缸套 2 的厚度从气缸套下端 24 向气缸套上端 23 逐渐减小。

[0354] 根据上述实施例的形成膜 5 的构型可如下所示地进行修改。即,只要满足下述条件 (A) 和 (B) 中的至少一个,则膜 5 可由任意材料形成。

[0355] (A) 膜 5 的导热性等于或大于气缸套 2 的导热性。

[0356] (B) 膜 5 的导热性等于或大于气缸体 11 的导热性。

[0357] 在上述实施例中,膜 5 在突起部 3 的形成状态参数处于表 1 的选择范围内的情况下形成在气缸套 2 上。但是,膜 5 也可形成在任意气缸套上,只要该气缸套上形成有突起部 3 即可。

[0358] 在上述实施例中,本实施例的气缸套被应用于由铝合金制成的发动机。但是,本发明的气缸套也可应用于例如由镁合金制成的发动机。简言之,本发明的气缸套可应用于具有气缸套的任意发动机。即使这样,如果本发明以与上述实施例类似的方式实施,则可获得与上述实施例类似的优点。

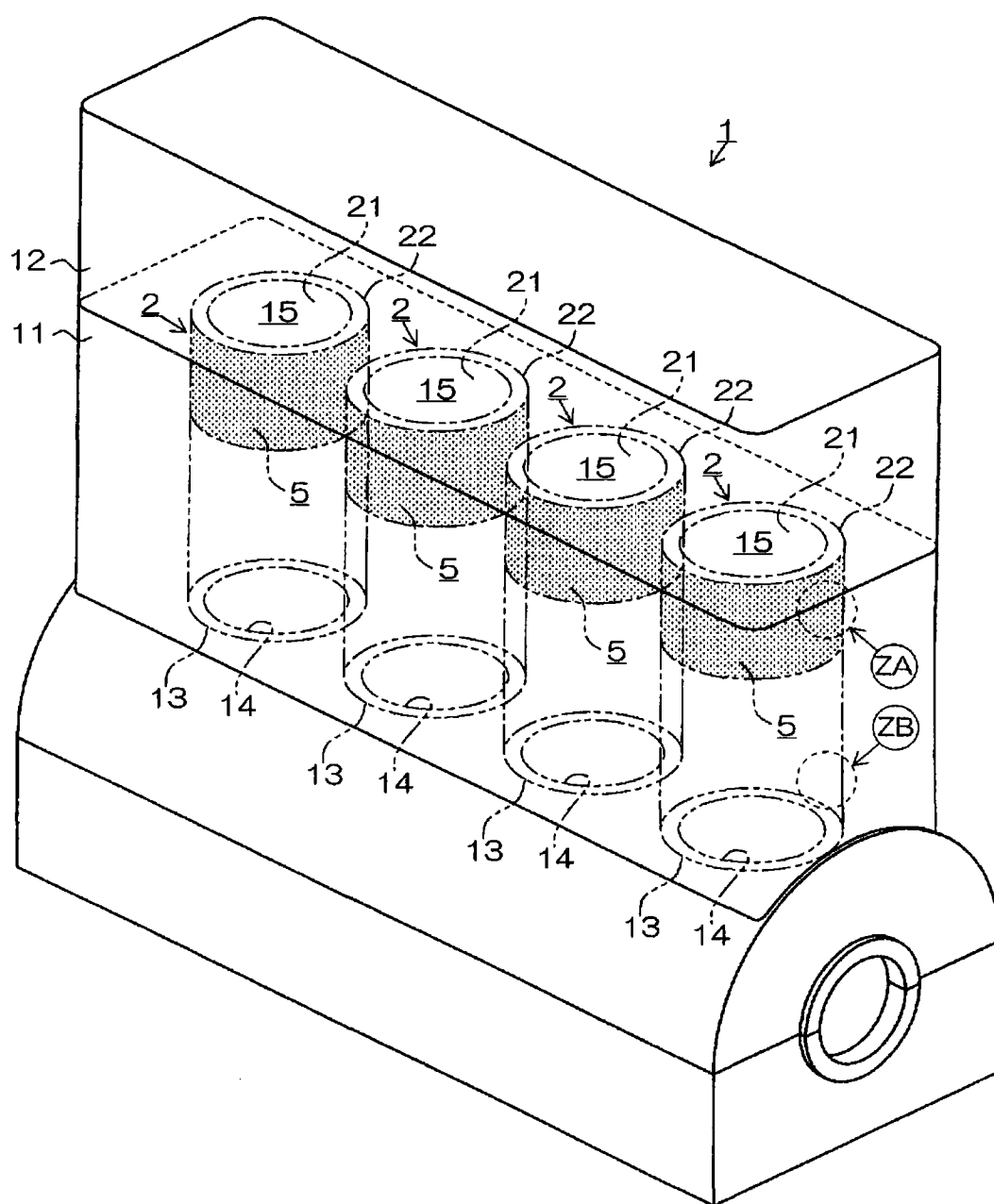


图 1

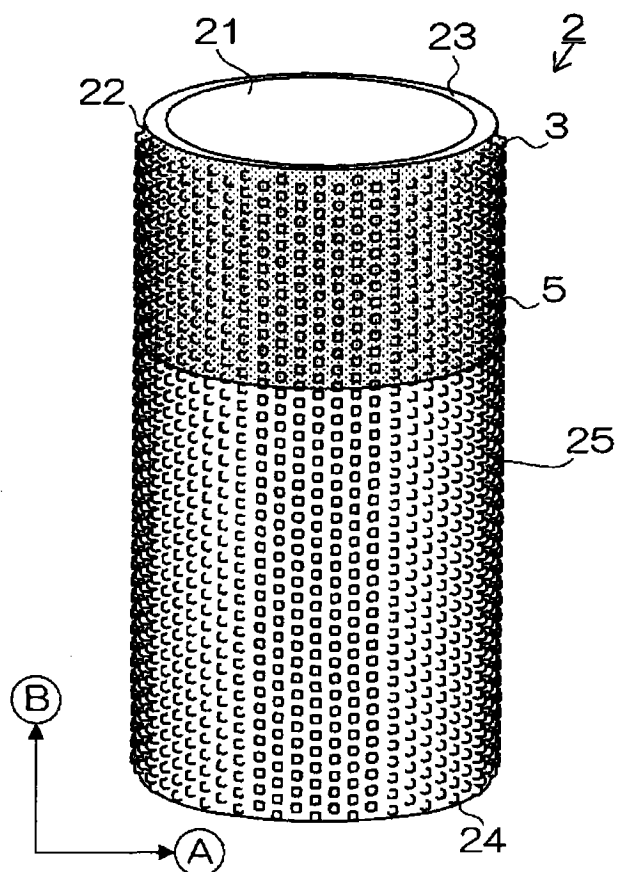


图 2

基本成分	
T.C	2.9 ~ 3.7 %以质量计
Si	1.6 ~ 2.8%以质量计
Mn	0.5 ~ 1.0%以质量计
P	0.05 ~ 0.4%以质量计

辅助成分	
Cr	0.05 ~ 0.4%以质量计
B	0.03 ~ 0.08%以质量计
Cu	0.3 ~ 0.5%以质量计

※T.C 代表总碳

图 3

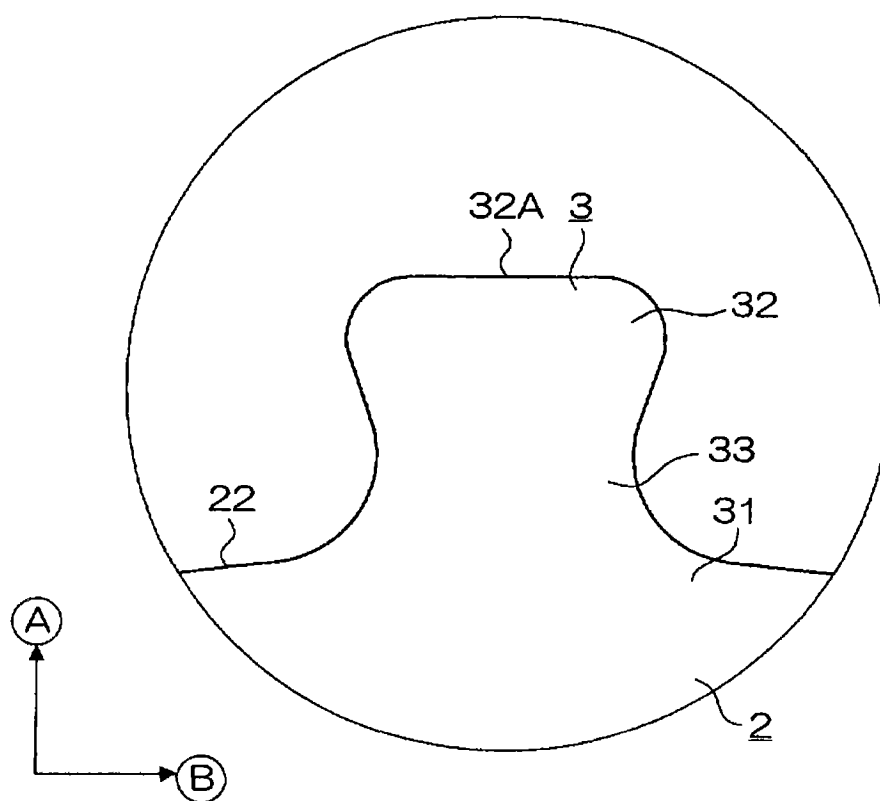


图 4

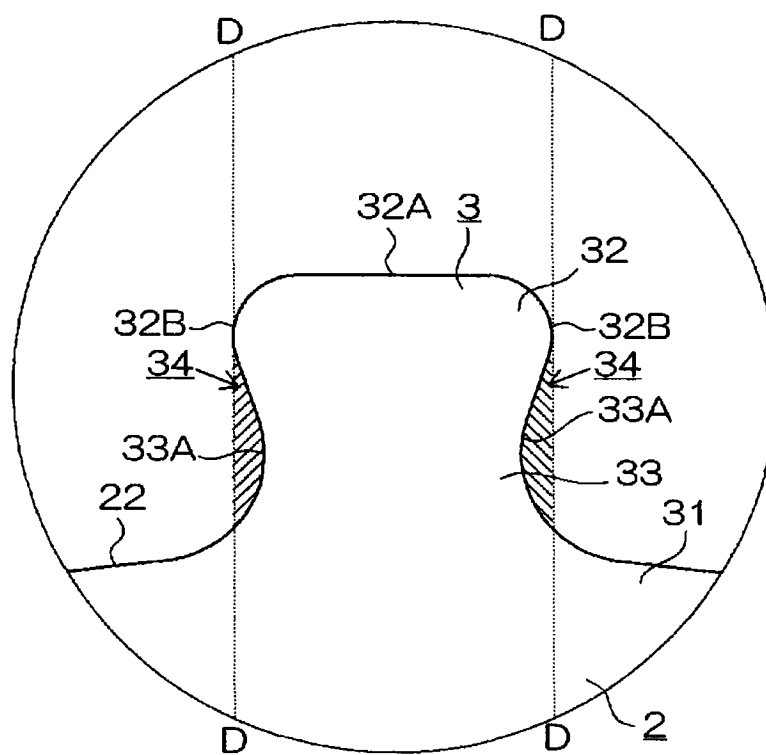


图 5

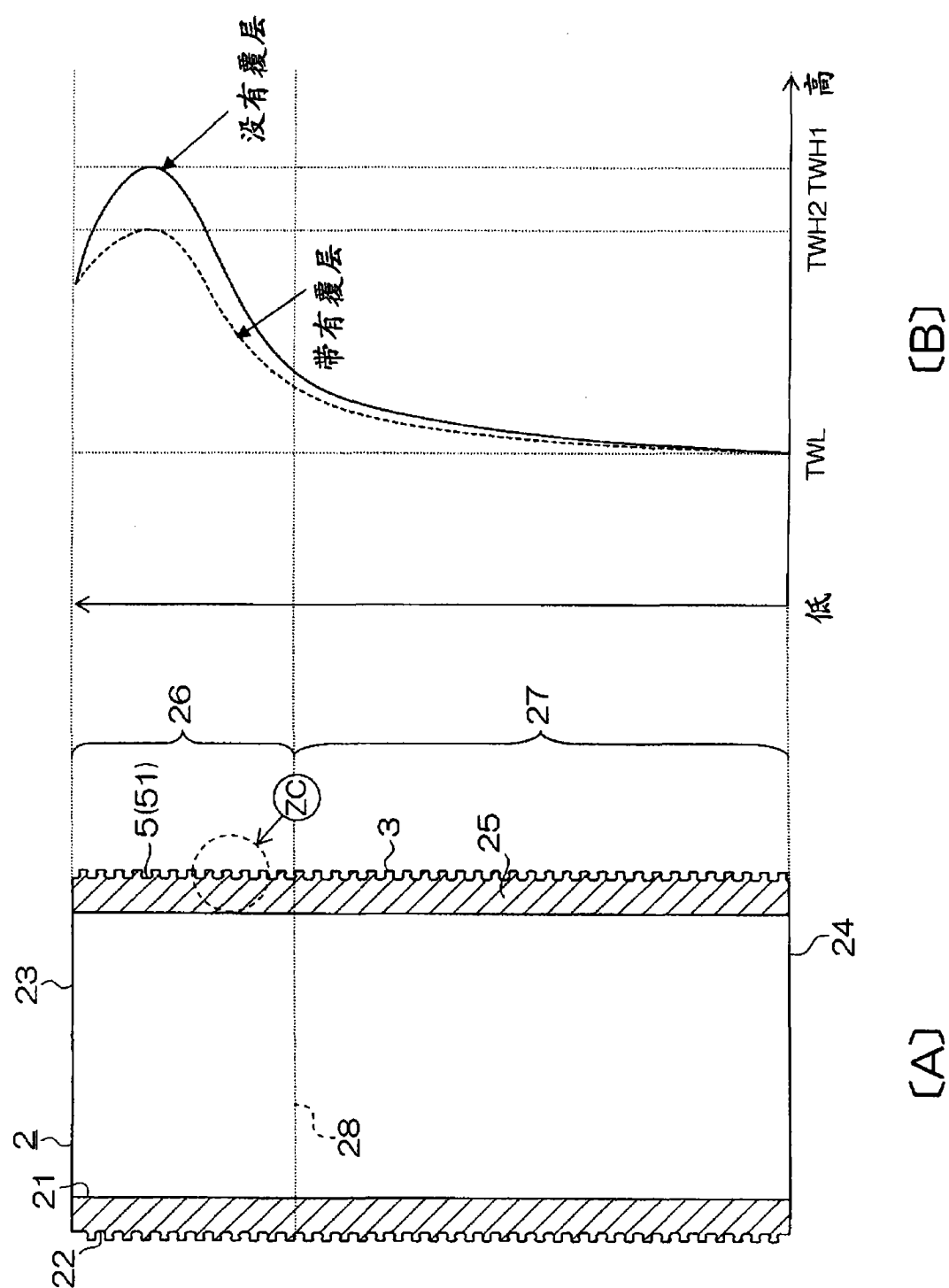


图 6

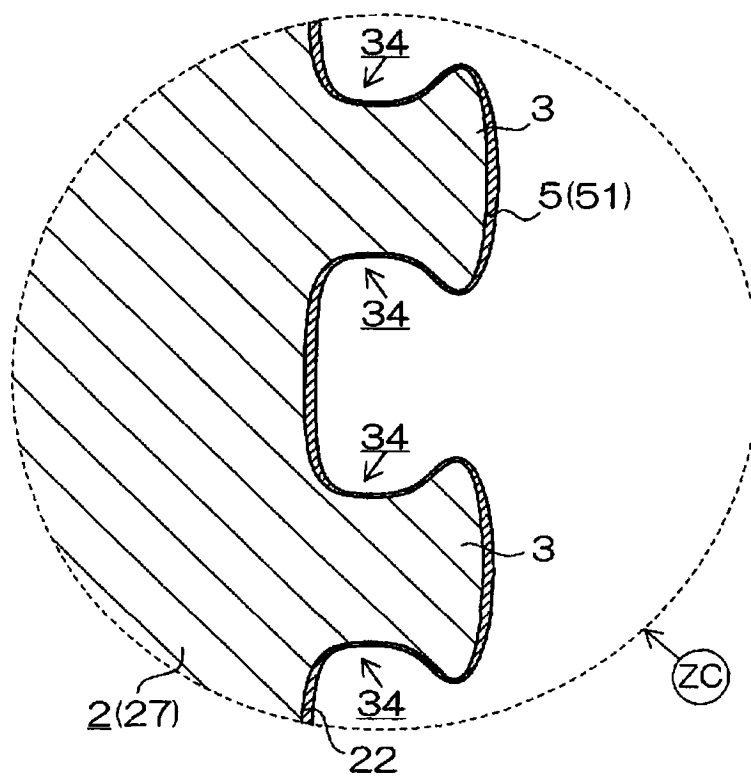


图 7

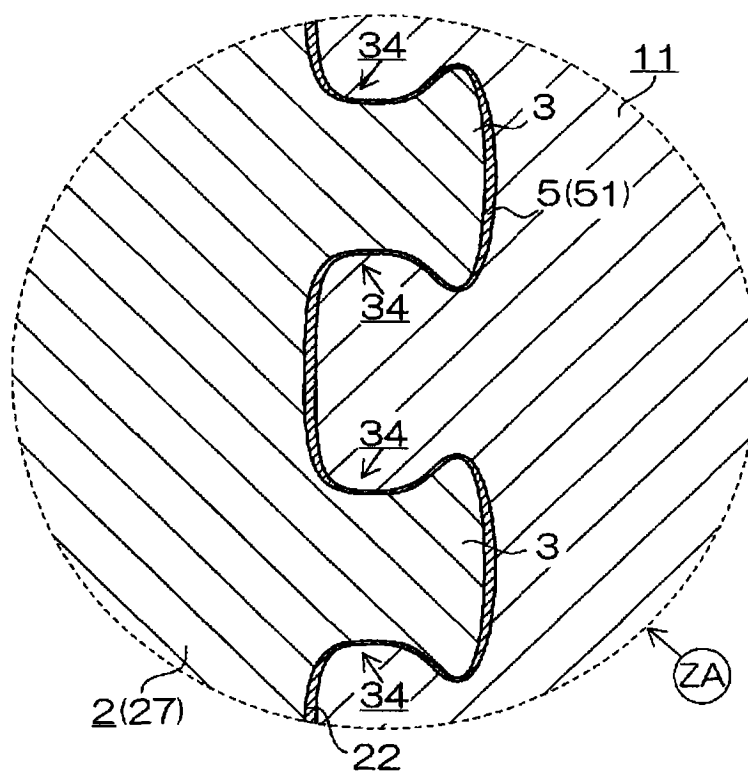


图 8

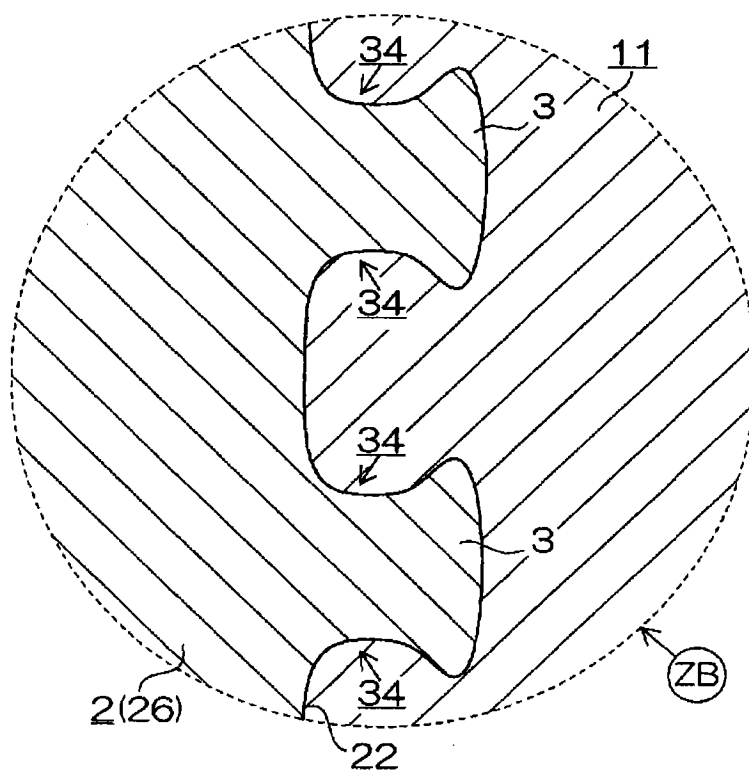


图 9

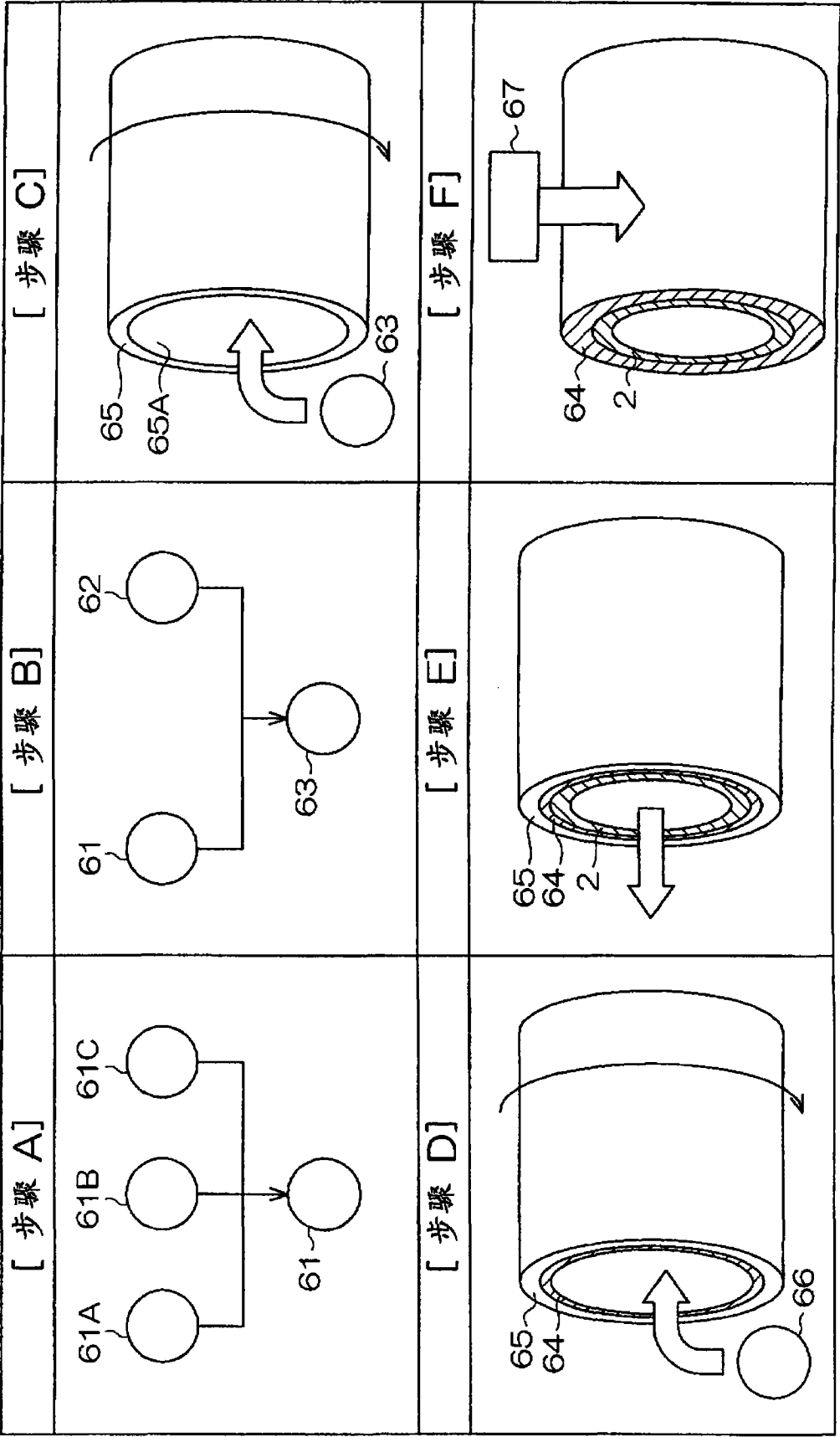


图 10

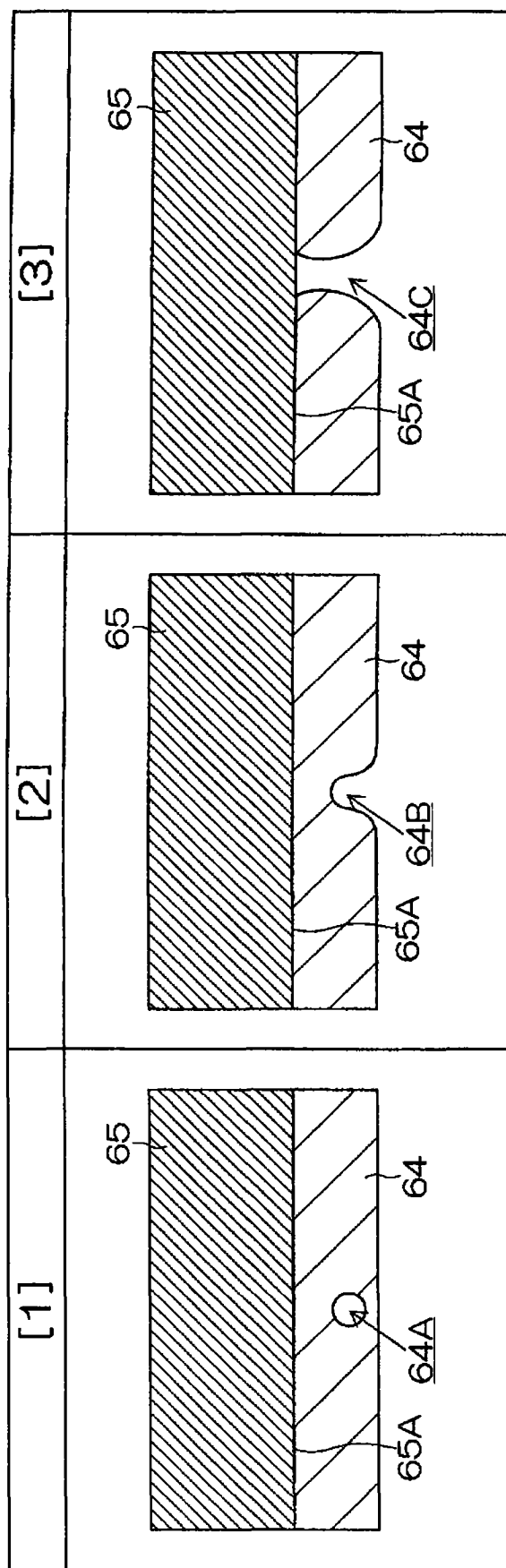


图 11

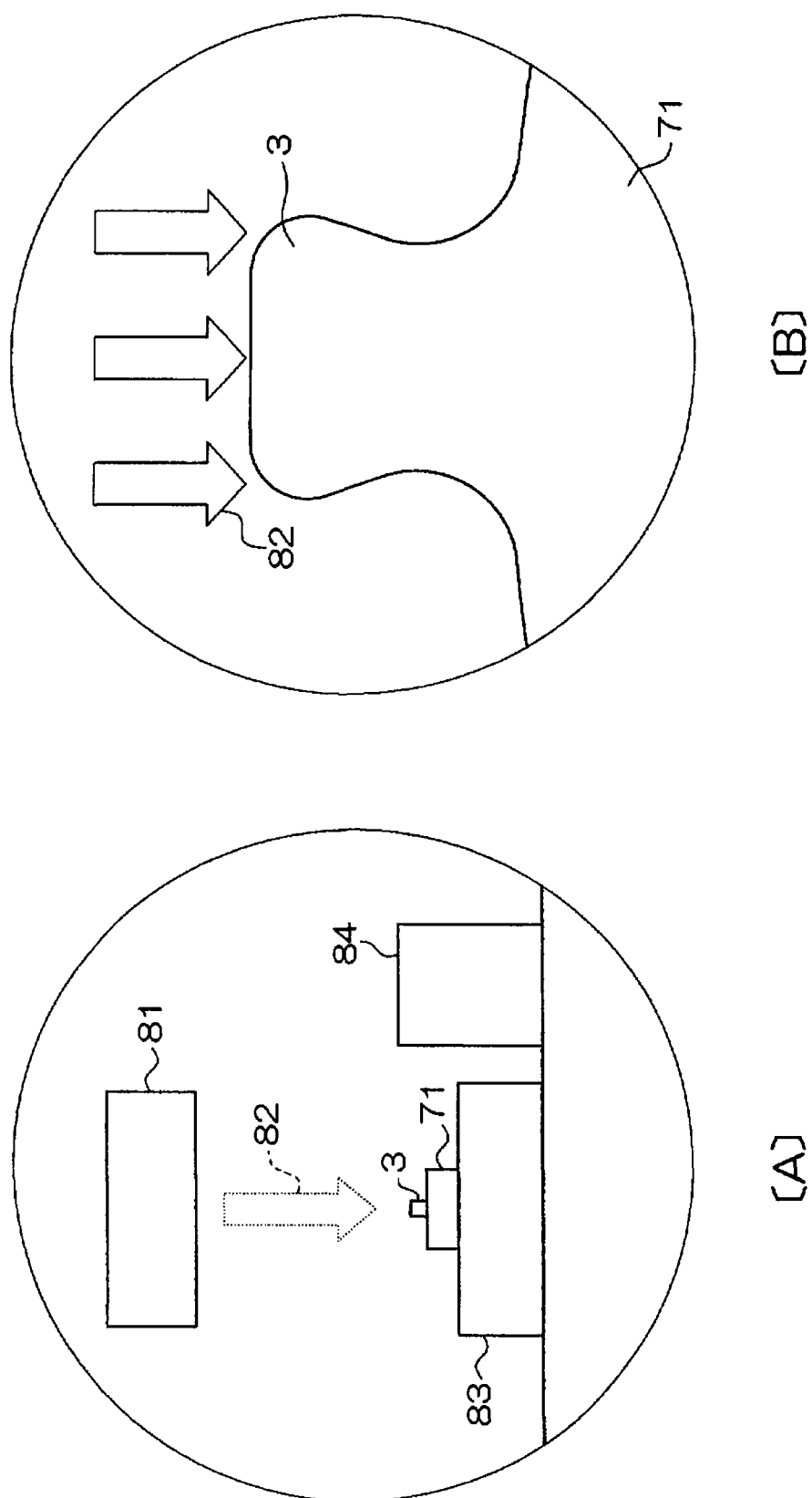


图 12

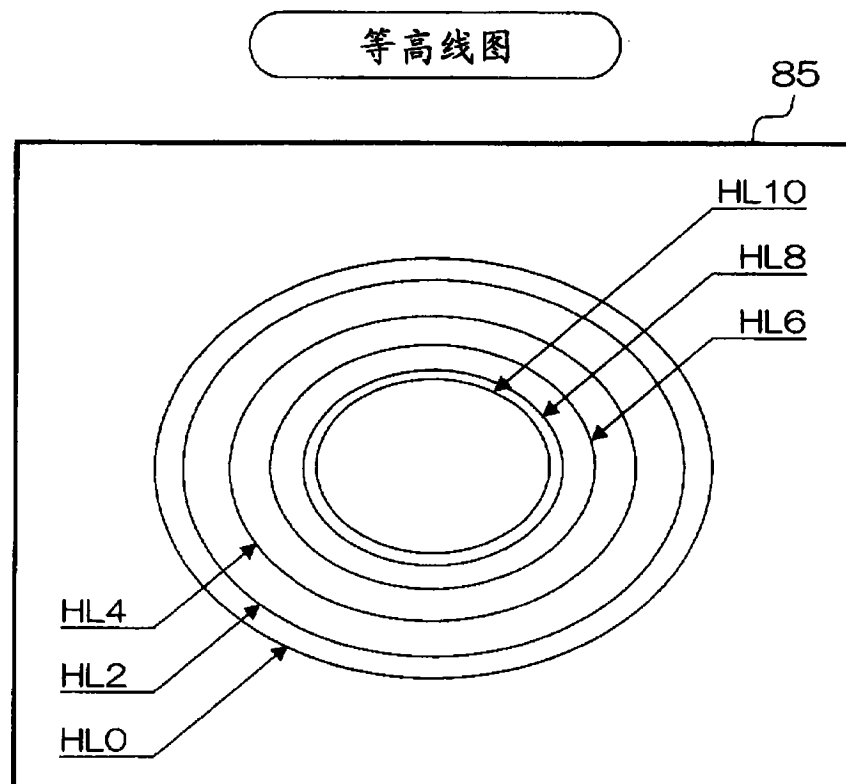


图 13

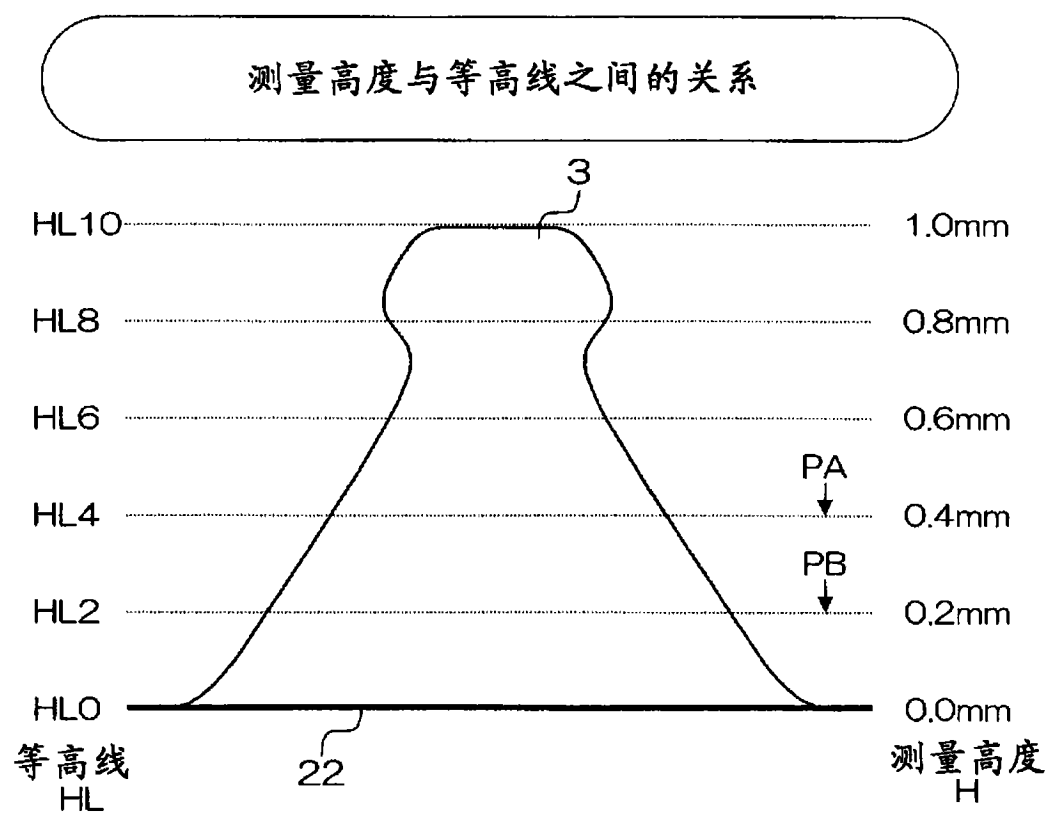


图 14

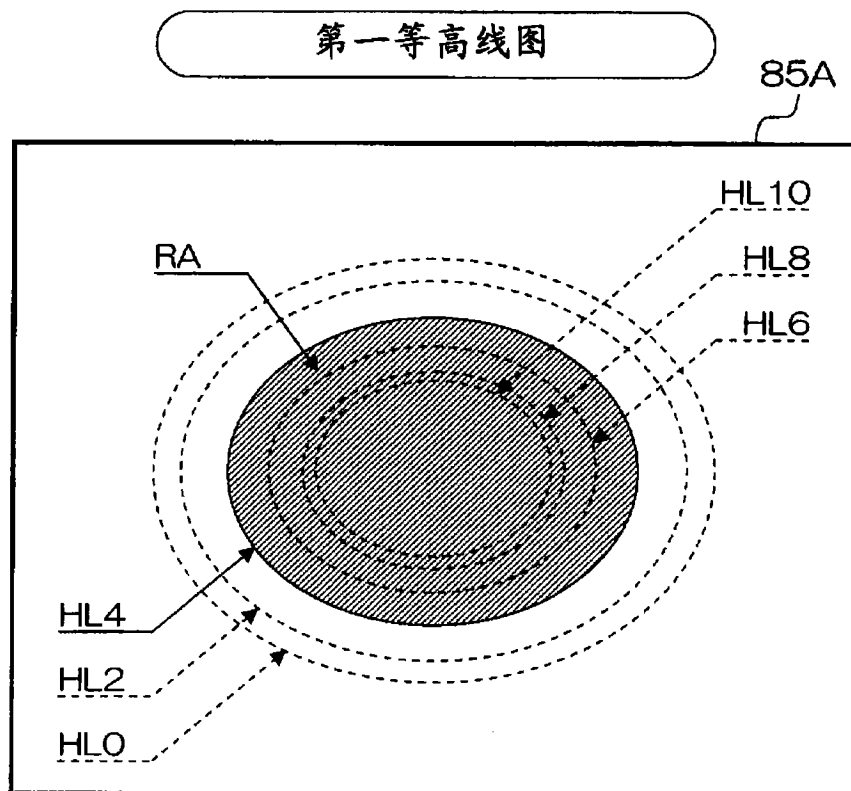


图 15

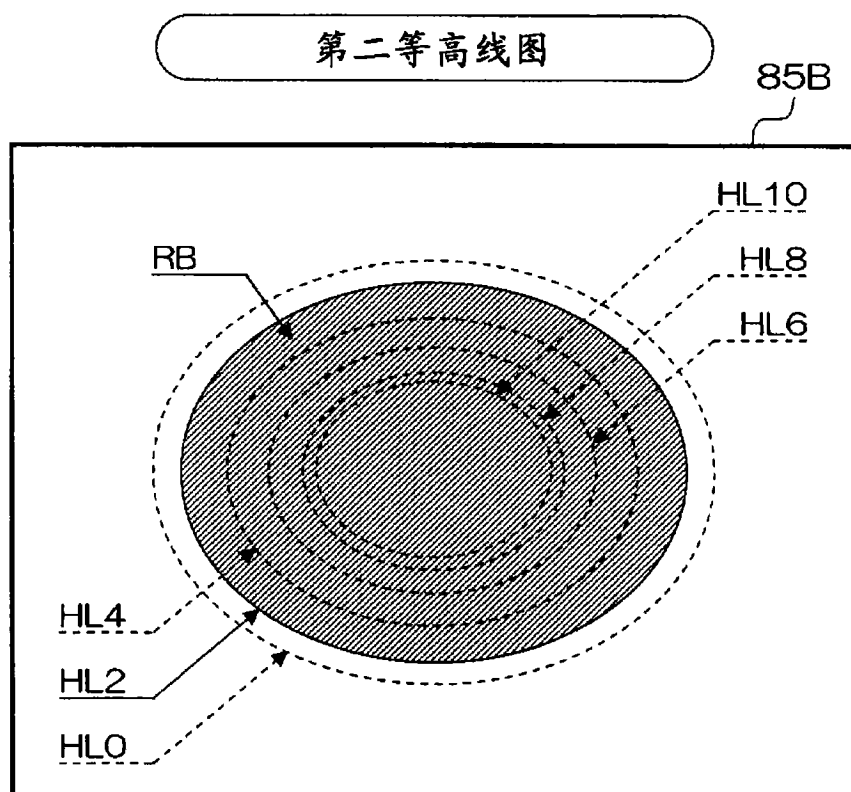


图 16

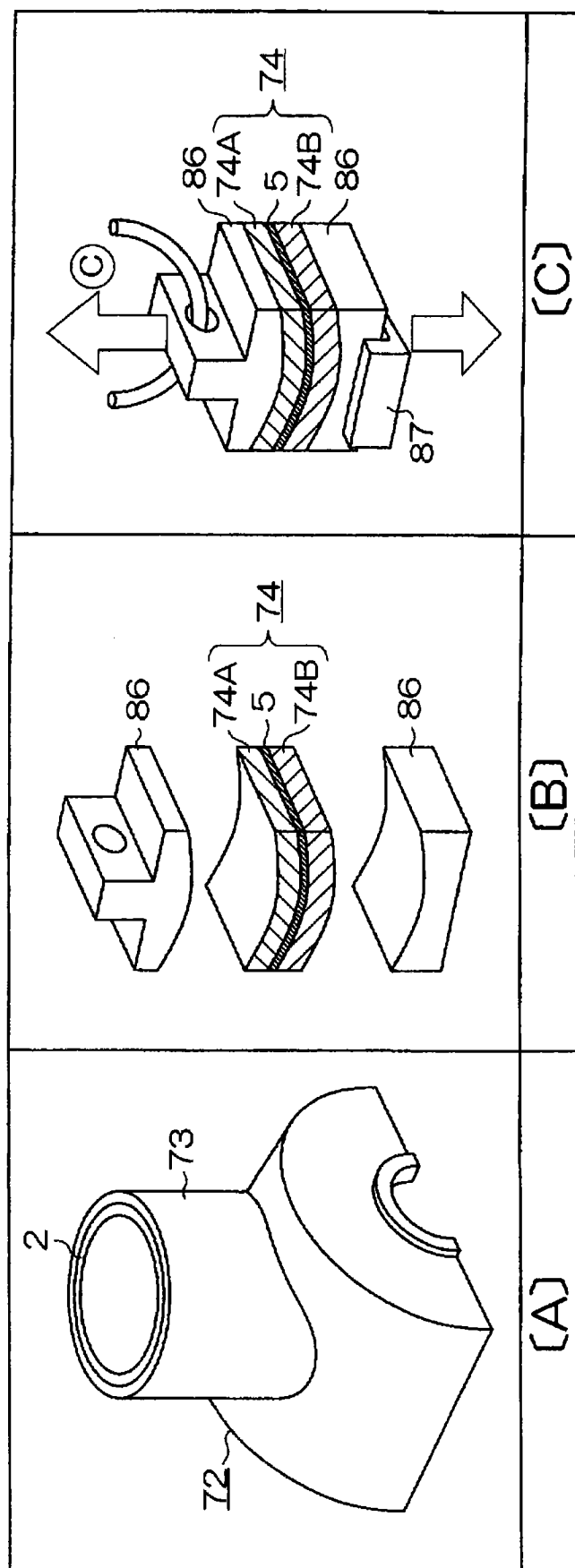


图 17

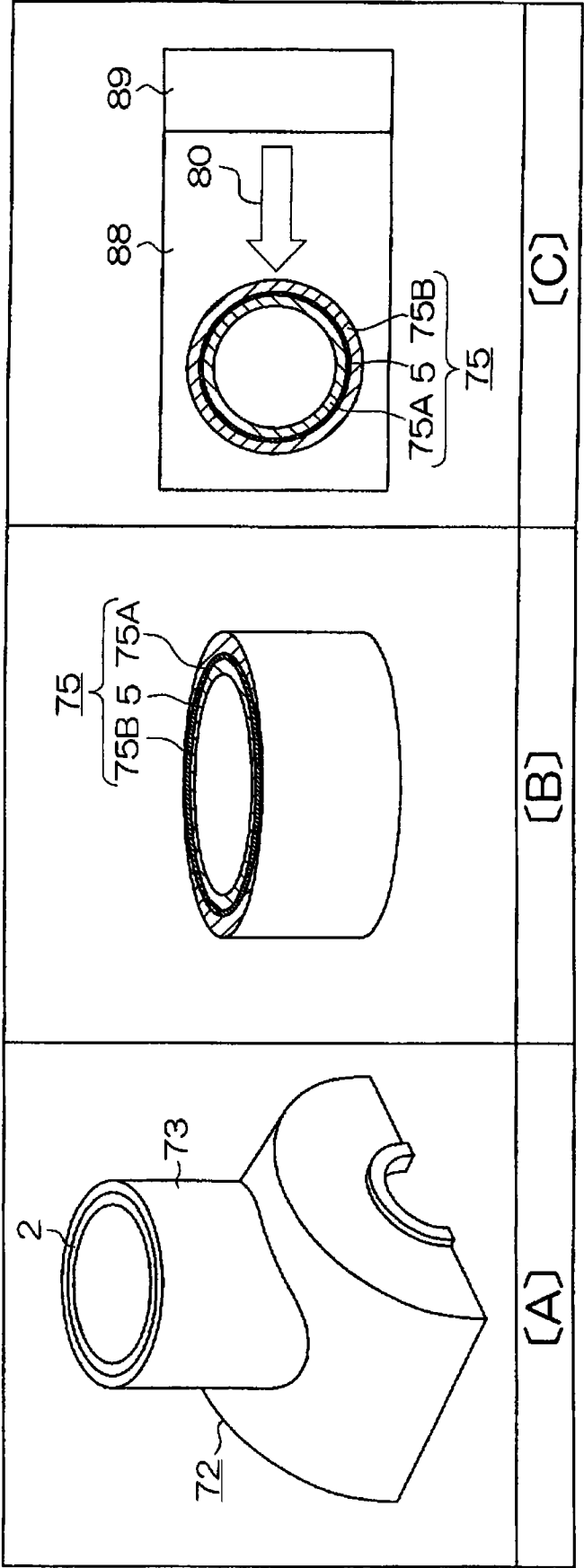


图 18

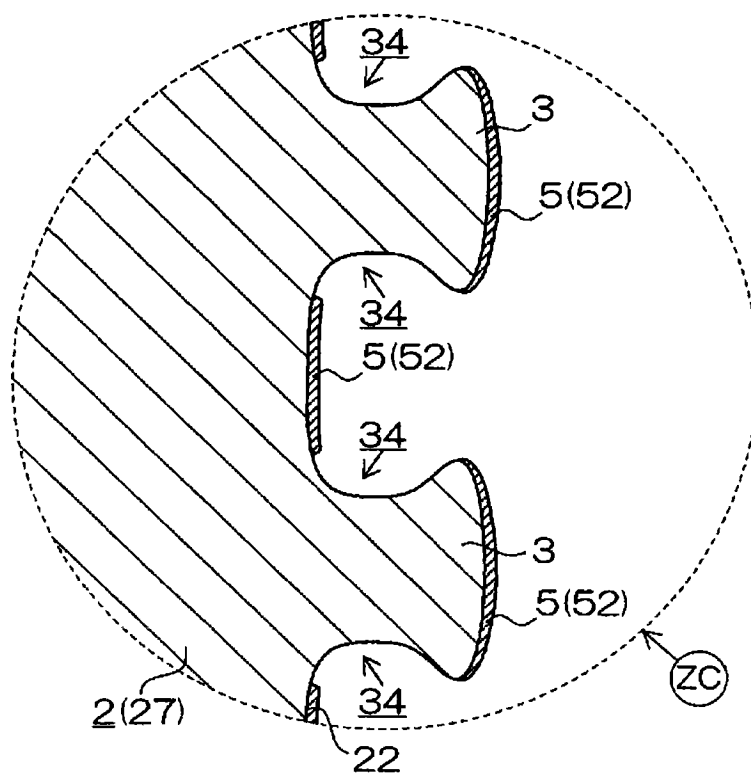


图 19

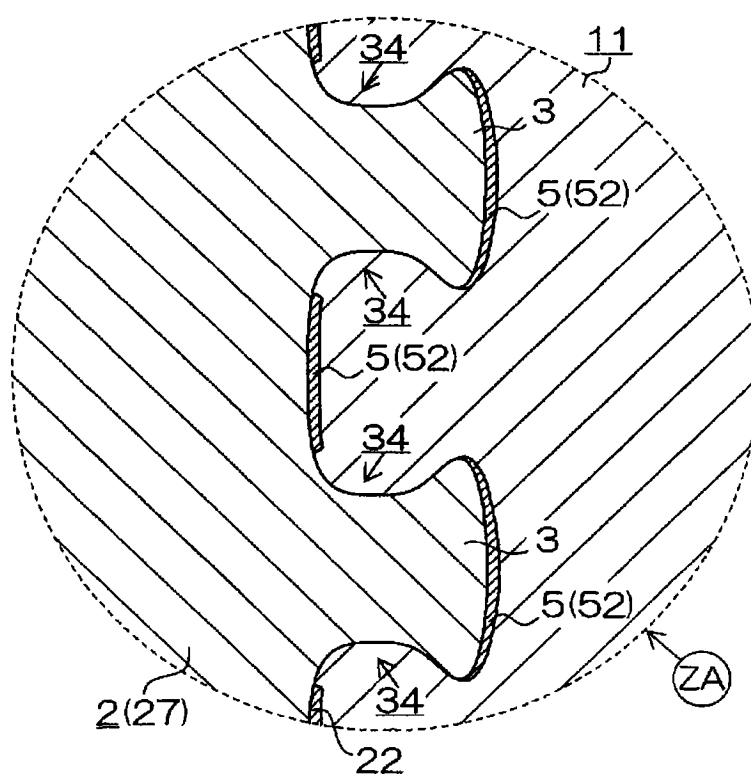


图 20

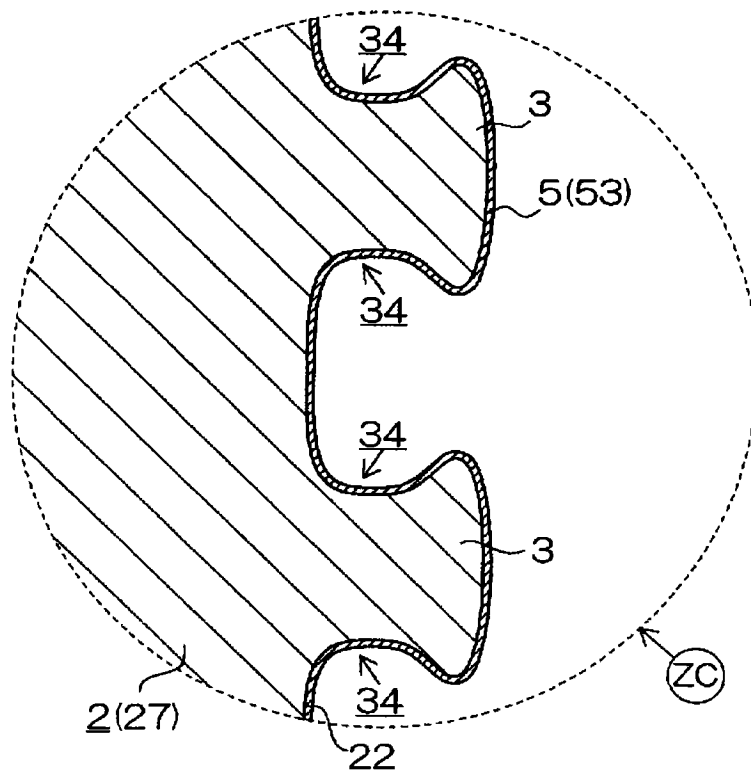


图 21

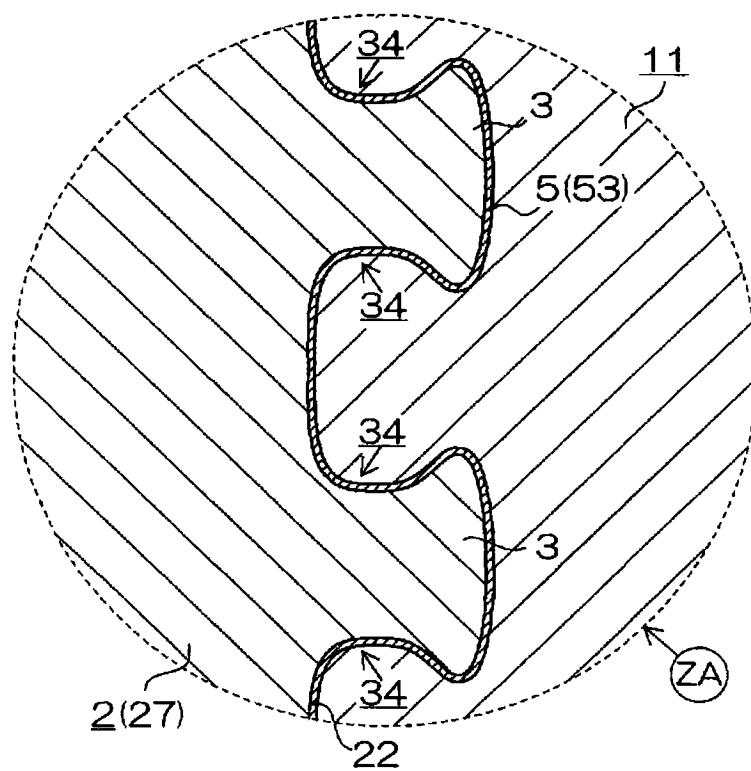


图 22