

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

C23C 24/04 (2006.01)

F02F 1/10 (2006.01)

B22D 19/00 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200680025007.2

[45] 授权公告日 2009年10月21日

[11] 授权公告号 CN 100552088C

[22] 申请日 2006.7.6

[21] 申请号 200680025007.2

[30] 优先权

[32] 2005.7.8 [33] JP [31] 201004/2005

[86] 国际申请 PCT/JP2006/313913 2006.7.6

[87] 国际公布 WO2007/007814 英 2007.1.18

[85] 进入国家阶段日期 2008.1.8

[73] 专利权人 丰田自动车株式会社

地址 日本爱知县

[72] 发明人 宫本典孝 平野雅挥 高见俊裕

柴田幸兵 山下信行 三原敏宏

斋藤仪一郎 堀米正巳 佐藤乔

[56] 参考文献

DE19937934A1 2001.2.15

审查员 张云志

[74] 专利代理机构 北京市中咨律师事务所

代理人 马江立 柴智敏

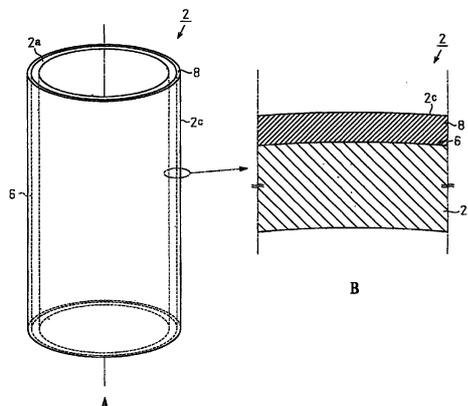
权利要求书 3 页 说明书 15 页 附图 11 页

[54] 发明名称

用于镶铸的部件、汽缸套、汽缸体和用于制造汽缸套的方法

[57] 摘要

汽缸套 2 通过镶铸而被包围在汽缸体内。汽缸套 2 包括汽缸套本体 2a 和通过冷喷涂方法形成在本体 2a 上的金属覆层 8。由于金属覆层 8 在非熔融和无氧的状态下形成，因此在金属覆层 8 的表面上或内部形成有很少的氧化膜或氧化层。这样，金属覆层 8 的导热性足够高。结果，从金属覆层 8 向汽缸体的导热性足够高。



1. 一种用于镶铸的部件，所述部件具有通过镶铸而被包围在铸造金属内的外圆表面，所述用于镶铸的部件是气缸套，其中在所述外圆表面上通过冷喷涂方法形成有金属覆层，其特征在于，所述气缸套的所述外圆表面具有多个突起部，所述多个突起部的每一个具有收缩的形状并由所述金属覆层覆盖，其中所述突起部形成为满足下列条件 (a) 和 (b) 中的至少一个：

(a) 所述突起部的高度为 0.5 至 1.5 mm；和

(b) 所述突起部在所述外圆表面上的数量为每平方厘米 5 至 60 个。

2. 根据权利要求 1 所述的用于镶铸的部件，其中所述金属覆层由具有高导热性的金属材料形成。

3. 根据权利要求 2 所述的用于镶铸的部件，其中所述金属材料是铝、铝合金、铜和铜合金中的任一种。

4. 根据权利要求 1 所述的用于镶铸的部件，其中所述金属覆层由熔点比所述铸造金属的熔点低的金属材料形成。

5. 根据权利要求 4 所述的用于镶铸的部件，其中所述金属材料是锌、锌合金、锡、锡合金、铅、铅合金、铈和铈合金中的任一种。

6. 一种接合到内燃机的气缸体上的气缸套，所述气缸套包括：

气缸套本体，所述气缸套本体具有外圆表面，所述外圆表面通过镶铸而被包围在用于形成所述气缸体的铸造金属内；

金属覆层，所述金属覆层通过冷喷涂方法形成在所述外圆表面上；并且

其中所述气缸套的所述外圆表面具有多个突起部，所述多个突起部的每一个具有收缩的形状并由所述金属覆层覆盖，其中所述突起部形成为满足下列条件 (a) 和 (b) 中的至少一个：

(a) 所述突起部的高度为 0.5 至 1.5 mm；和

(b) 所述突起部在所述外圆表面上的数量为每平方厘米 5 至 60 个。

7. 根据权利要求6所述的气缸套, 其中所述突起部形成为满足下列条件(c)和(d):

(c)在所述气缸套本体的所述外圆表面的由三维激光测量装置获得的等高线图中, 由高度为0.4 mm的等高线所包围的各个区域的总面积与整个所述等高线图的面积之比等于或大于10%; 和

(d)由高度为0.2 mm的等高线所包围的各个区域的总面积与整个所述等高线图的面积之比等于或小于55%。

8. 根据权利要求6所述的气缸套, 其中所述突起部形成为满足下列条件(c')和(d'):

(c')在所述气缸套本体的所述外圆表面的由三维激光测量装置获得的等高线图中, 由高度为0.4 mm的等高线所包围的各个区域的总面积与整个所述等高线图的面积之比为10%至50%; 和

(d')由高度为0.2 mm的等高线所包围的各个区域的总面积与整个所述等高线图的面积之比为20%至55%。

9. 根据权利要求6所述的气缸套, 其中所述突起部形成为满足下列所有条件(e)和(f):

(e)在所述气缸套本体的所述外圆表面的由三维激光测量装置获得的等高线图中, 由高度为0.4 mm的等高线所包围的各个区域相互独立; 和

(f)由高度为0.4 mm的等高线所包围的各个区域的总面积为 0.2 mm^2 至 3.0 mm^2 。

10. 一种内燃机的气缸体, 所述气缸体通过对金属进行铸造而形成, 其中在所述金属内通过镶铸而包围有气缸套, 从而所述气缸套接合到所述气缸体上, 所述气缸套的接合到所述气缸体上的外圆表面具有通过冷喷涂方法形成的金属覆层; 并且

其中所述气缸套的所述外圆表面具有多个突起部, 所述多个突起部的每一个具有收缩的形状并由所述金属覆层覆盖, 其中所述突起部形成为满足下列条件(a)和(b)中的至少一个:

(a)所述突起部的高度为0.5至1.5 mm; 和

(b) 所述突起部在所述外圆表面上的数量为每平方厘米 5 至 60 个。

11. 根据权利要求 10 所述的气缸体, 其中所述金属是铝或铝合金。

12. 一种用于制造气缸套的方法, 所述气缸套通过镶铸而被包围在形成内燃机的气缸体的气缸体材料内, 所述方法包括:

制备圆筒状的气缸套本体;

通过冷喷涂方法在所述气缸套本体的外圆表面上形成金属覆层;

其中所述气缸套的外圆表面具有多个突起部, 所述多个突起部的每一个具有收缩的形状并由所述金属覆层覆盖, 其中所述突起部形成为满足下列条件 (a) 和 (b) 中的至少一个:

(a) 所述突起部的高度为 0.5 至 1.5 mm;

(b) 所述突起部在所述外圆表面上的数量为每平方厘米 5 至 60 个。

13. 根据权利要求 12 所述的制造方法, 其中, 形成所述金属覆层包括在所述气缸套本体的所述外圆表面上形成由具有高导热性的金属材料制成的金属覆层。

14. 根据权利要求 13 所述的制造方法, 其中, 形成所述金属覆层包括在所述气缸套本体的所述外圆表面上形成由铝、铝合金、铜和铜合金中的任一种金属材料制成的金属覆层。

15. 根据权利要求 12 所述的制造方法, 其中, 形成所述金属覆层包括在所述气缸套本体的所述外圆表面上形成由熔点比所述气缸体材料的熔点低的金属材料制成的金属覆层。

16. 根据权利要求 15 所述的制造方法, 其中, 形成所述金属覆层包括在所述气缸套本体的所述外圆表面上形成由锌、锌合金、锡、锡合金、铅、铅合金、铋和铋合金中的任一种金属材料制成的金属覆层。

用于镶铸的部件、气缸套、气缸体和用于制造气缸套的方法

技术领域

本发明涉及一种用于镶铸（嵌铸，包心铸造，insert casting）的部件，该部件通过镶铸而被包围在铸造金属内，本发明还涉及一种具有这种镶铸部件作为气缸套的气缸体。

背景技术

用于镶铸的部件例如包括气缸套，所述气缸套通过镶铸与气缸体结合而形成气缸孔。为了保持气缸孔的高水平的圆度，这种部件的与用在镶铸中的铸造材料接触的外圆表面需要具有与气缸体的高接合强度。

为了产生这种高接合强度，调整气缸套外圆表面的状态是很重要的。因此，已提出一种用喷涂层覆盖气缸套外圆表面以形成表面层的技术（例如，日本早期公开的实用新型 53-163405 号公报）。日本早期公开的实用新型 53-163405 号公报公开了一种位于气缸套外圆表面上的表面层，在所述气缸套外圆表面上喷涂粒状金属，使得粒状金属无规律地聚集在所述表面上并形成表面凹凸不平。在铸造过程中，被熔化的金属流入表面凹凸不平的凹部而产生锚固效果，并产生高接合强度。

此外，提出这样一种技术，其中通过喷丸处理或等离子喷涂将低熔点材料的膜以冶金工艺接合到气缸套外圆表面上，从而在所述表面上没有氧化膜形成（例如，日本专利特开 2003-53508 号公报）。这增大了气缸套与气缸体之间的附着性。

还提出另一种技术，其中由铝合金制成的活化层作为表面层形成在气缸套外圆表面的上死点区域和下死点区域，使得活化层建立与曲轴箱的金属结合（例如，日本专利特开 2003-120414 号公报）。

随着近来减轻内燃机重量的趋势，已采用气缸孔之间距离较短的发动机设计。此外，还出现了增大发动机动力的趋势。因此，在通过气缸套的镶铸而生产的气缸体中，需要提高气缸套与气缸体之间的附着性，从而提高冷却性能。

但是，在日本早期公开的实用新型 53-163405 号公报和日本专利特开 2003-120414 号公报中，气缸套外圆表面上的喷涂层通过使在高温下熔融的金属颗粒撞击气缸套而形成。因此，在喷涂层的表面上形成氧化膜，并且在喷涂层内存在氧化物。结果，在喷涂工艺之后金属的导热性变得小于相同金属在喷涂工艺之前的导热性。这种构型无法将冷却性能提高到令人满意的水平。

根据日本专利特开 2003-53508 号公报，在气缸套外圆表面上形成低熔点材料的膜。当该膜在铸造过程中与被熔化的金属接触时，热效应导致融合，从而产生有利的金属结合。但是，如在日本早期公开的实用新型 53-163405 号公报和日本专利特开 2003-120414 号公报中一样，所述膜在例如为喷涂的高温熔融状态下形成。这样，在表面上形成氧化膜和在膜内形成氧化层不可避免。因此，这种构型无法保证冷却性能达到令人满意的水平。在日本专利特开 2003-53508 号公报中采用喷丸处理。但是，喷丸处理是表面处理方法，并不能形成完全的膜。

发明内容

因此，本发明的目的是，在用于镶铸的部件、例如其外圆表面被铸造金属包围的气缸套中，在包围金属和当铸造完成时形成在外圆表面上的金属层之间产生高的导热性。

根据本发明的第一方面，提供了一种用于镶铸的部件，所述部件具有通过镶铸而被包围在铸造金属内的外圆表面。在外圆表面上通过冷喷涂方法形成有金属覆层。

根据本发明的第二方面，提供了一种接合到内燃机的气缸体上的气缸套。该气缸套包括气缸套本体和金属覆层。气缸套本体具有通过镶铸而被

包围在用于形成气缸体的铸造金属内的外圆表面。金属覆层通过冷喷涂方法形成在外圆表面上。

根据本发明的第三方面，提供了一种内燃机的气缸体。该气缸体通过对金属进行铸造而形成。在所述金属内通过镶铸而包围有气缸套，从而所述气缸套接合到气缸体上。气缸套的接合到气缸体上的外圆表面具有通过冷喷涂方法形成的金属覆层。

根据本发明的第四方面，提供了一种用于制造气缸套的方法，所述气缸套通过镶铸而被包围在形成内燃机的气缸体的气缸体材料/成块材料（block material）内。所述方法包括：制备圆筒状的气缸套本体；和通过冷喷涂方法在气缸套本体的外圆表面上形成金属覆层。

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

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：

图 1A 是示出根据第一实施例的气缸套的示意图；

图 1B 是示出根据第一实施例的气缸套的示意图；

图 2A 是示出根据第一实施例的气缸体的示意图；

图 2B 是示出根据第一实施例的气缸体的示意图；

图 3 是示出根据第一实施例的气缸体在铸造期间的示意图；

图 4 是示出根据第二实施例的气缸套的示意图；

图 5 是示出用于制造根据第二实施例的气缸套的工序的图示；

图 6 是示出用于生产根据第二实施例的气缸套的步骤的过程图；

图 7 是示出根据第二实施例的用于在铸模中形成具有收缩形状的内凹的步骤的过程图；

图 8 是示出根据第二实施例的气缸体在铸造期间的示意图；

图 9 是示出根据第三实施例的气缸套的示意图；

图 10 是示出根据第三实施例的气缸体在铸造期间的示意图；

图 11A 是示出根据第二实施例或第四实施例的形成在气缸套外圆表面上的突起部的形状的图示；

图 11B 是示出根据第二实施例或第四实施例的形成在气缸套外圆表面上的突起部的形状的图示；

图 12A 是用等高线示出根据第二实施例或第四实施例的形成在气缸套外圆表面上的突起部的形状的图示；

图 12B 是用等高线示出根据第二实施例或第四实施例的形成在气缸套外圆表面上的突起部的形状的图示。

具体实施方式

[第一实施例]

在图 1A、1B、2A 和 2B 中示出第一实施例。图 1A 是根据本发明的气缸套 2 的透视图。图 1B 是气缸套 2 的局部放大剖视图。图 2A 是气缸套 2 通过镶铸被包围在其中的气缸体 4 的局部透视图。图 2B 是气缸体 4 的局部放大剖视图。在被包围在气缸体 4 中的气缸套 2 周围形成有水套 4a。

〈气缸套 2 的结构〉

在图 1A 和 1B 中示出的气缸套 2 的本身 2a 是由铸铁制成的圆筒体。气缸套 2 通过在气缸套本身 2a 的外圆表面 6 (下文中称作外圆表面) 上形成金属覆层 8 而形成。在铸造过程中金属覆层 8 使气缸套 2 与气缸体 4 冶金接合。

考虑到耐磨性、抗咬合性和可成形性, 铸铁的成分优选地被设定如下。

T.C: 以质量计 2.9% 至 3.7%

Si: 以质量计 1.6% 至 2.8%

Mn: 以质量计 0.5% 至 1.0%

P: 以质量计 0.05% 至 0.4%

可按要求加入下列物质。

Cr: 以质量计 0.05% 至 0.4%

B: 以质量计 0.03%至 0.08%

Cu: 以质量计 0.3%至 0.5%

〈金属覆层 8 的成分〉

使用高导热性的金属材料作为用于形成金属覆层 8 的金属材料。例如，可使用铝、铝合金、铜或铜合金。

〈金属覆层 8 的形成〉

当在外圆表面 6 上形成金属覆层 8 时，通过粗糙化装置（在该实施例中为喷抛装置（blasting device）或喷水装置）预先使外圆表面 6 粗糙化。

在外圆表面 6 被粗糙化之后，使用冷喷涂设备使固相的和雾化粉碎的高导热性金属材料以带有惰性气体的超音速流撞击表面 6。因此，高导热性金属材料的颗粒在外圆表面 6 上塑性变形并形成金属覆层 8。

只要用于铸造气缸体 4 的铸造材料或气缸体材料是铝或铝合金，则与气缸体材料相同的材料就可被雾化粉碎并用于冷喷涂。

〈气缸体 4 的结构和铸造〉

如图 2A 和 2B 所示，气缸体 4 通过利用镶铸包围气缸套 2 而形成。具体地，在其上形成有金属覆层 8 的气缸套 2 的外圆表面 2c 被气缸体材料包围。使用轻合金作为用作气缸体材料的铸造材料。考虑到降低重量和成本，使用铝或铝合金作为气缸体材料。作为铝合金，例如，可使用在日本工业标准（JIS）ADC10（相关的美国标准，ASTM A380.0）中指定的合金或在 JIS ADC12（相关的美国标准，ASTM A383.0）中指定的合金。

将图 1A 中示出的气缸套 2 置于铸模中。然后，将被熔化的铝或铝合金浇入铸模中。气缸体 4 被生产出来，其中金属覆层 8 的整个外周被包围在铝或铝合金中。

如图 3 所示，在铸造过程中，被熔化的金属 10 接触并加热外圆表面 6 上的金属覆层 8。由于金属覆层 8 通过如上所述的冷喷涂形成，因此在金属覆层 8 的表面上即在气缸套 2 的外圆表面 2c 上存在很少的氧化层，并且被熔化的金属 10 在充分附着到金属覆层 8 上时凝固。这样就完成了气缸体 4 的铸造。

上述的第一实施例具有下列优点。

(i) 金属覆层 8 通过冷喷涂形成。在铸造气缸体 4 时, 被熔化的金属 10 接触金属覆层 8 并凝固。在冷喷涂中, 金属覆层 8 在上述的非熔融和无氧的状态下在气缸套本体 2a 上形成。这样, 在所形成的金属覆层 8 的表面上或内部形成有很少的氧化膜或氧化层。

因此, 当气缸套 2 通过镶铸而被包围在气缸体材料中时, 气缸体 4 成为在作为金属覆层 8 的表面的外圆表面 2c 与气缸体材料之间具有高附着性。因此, 从金属覆层 8 的边界向气缸体 4 的导热性增大。此外, 由于在金属覆层 8 内存在很少的氧化层, 因此金属覆层 8 本身具有高的导热性。

因此, 从金属覆层 8 向气缸体 4 的导热性足够高。

因此, 从气缸套 2 向气缸体 4 的导热性充分增大, 从而可通过水套 4a 令人满意地进行气缸孔 2b 的冷却。

(ii) 如上所述, 用于金属覆层 8 的材料是高导热性的金属材料。如上所述, 金属覆层 8 在其内包含很少的氧化层, 并且发挥出作为所述(高导热性)材料的充分的导热性。这样优点(i)更加显著。

[第二实施例]

〈气缸套 12 的结构〉

图 4 是根据第二实施例的气缸套的局部剖视图。尽管气缸套 12 的本体 12a 由与第一实施例具有相同成分的铸铁制成, 但在外圆表面 16 上成一体地形成有多个突起部 17, 每个突起部具有收缩的形状。每个突起部 17 以下述方式形成。

(1) 每个突起部 17 在近端 17a 和远端 17b 之间的中部具有最窄的部段(收缩部 17c)。

(2) 每个突起部 17 从收缩部 17c 朝向近端 17a 以及朝向远端 17b 扩张开。

(3) 每个突起部 17 在远端 17b 具有基本上平坦的顶表面 17d。顶表面 17d 是在气缸套本体 12a 的径向方向上最靠外的表面。

(4) 在突起部 17 之间形成有基本上平坦的表面(基底表面 17e)。

在外圆表面 16 被粗糙化之后, 在外圆表面 16 上形成金属覆层 18。金属覆层 18 与气缸体材料冶金接合。金属覆层 18 与第一实施例的金属覆层相同。也就是说, 使用高导热性的金属材料作为用于形成金属覆层 18 的金属材料。例如, 可使用铝、铝合金、铜或铜合金。

〈气缸套 12 的生产过程〉

气缸套 12 的生产根据图 5 所示的[步骤 A]至[步骤 H]的工序进行。

参照图 6 的过程图对各个步骤进行说明。

[步骤 A]

通过以预定比率混合耐火材料 C1、粘结剂 C2 和水 C3 而制备悬浊液 C4。

在该实施例中, 耐火材料 C1、粘结剂 C2 和水 C3 的装载量的可能范围以及耐火材料 C1 的平均粒度的可能范围设定如下。

耐火材料 C1 的装载量: 以质量计 8% 至 30%

粘结剂 C2 的装载量: 以质量计 2% 至 10%

水 C3 的装载量: 以质量计 60% 至 90%

耐火材料 C1 的平均粒度: 0.02 至 0.1 mm

[步骤 B]

将预定量的表面活性剂 C5 加入到悬浊液 C4 中以获得铸模涂料 C6。

在该实施例中, 表面活性剂 C5 的装载量的可能范围设定如下。

表面活性剂 C5 的装载量: 以质量计 $0.005\% < X \leq$ 以质量计 0.1% (X 表示装载量)。

[步骤 C]

通过喷涂将铸模涂料 C6 涂布在铸模 P 的内圆周表面 Pi 上, 铸模 P 已被加热到指定温度并且被旋转。此时, 铸模涂料 C6 被涂布成使得在整个内圆周表面 Pi 上形成铸模涂料 C6 的厚度均一的层(铸模涂料层 C7)。

在该实施例中, 铸模涂料层 C7 的厚度的可能范围设定如下。

铸模涂料层 C7 的厚度: 0.5 至 1.5 mm

图 7 示出用于在铸模涂料层 C7 内形成具有收缩部的孔的步骤顺序的

一个示例。

如图 7 所示，表面活性剂 C5 对铸模涂料层 C7 内的气泡 D1 起作用，使得凹部 D2 形成为朝向铸模涂料层 C7 的内周延伸。凹部 D2 到达铸模 P 的内圆周表面 Pi，从而在铸模涂料层 C7 内形成具有收缩形状的孔 D3。

[步骤 D]

在铸模涂料层 C7 干燥后，将由铸铁形成的被熔化的金属 CI 浇入旋转的铸模 P 中。因此，气缸套本体 12a 被铸造出来。此时，各自具有与铸模涂料层 C7 的孔 D3 的形状相对应的形状的突起部转移到气缸套本体 12a 上，从而在外圆表面 16 上形成各自具有收缩部的突起部 17（见图 4）。

[步骤 E]

在被熔化的金属 CI 硬化且形成气缸套本体 12a 后，将气缸套本体 12a 和铸模涂料层 C7 一起从铸模 P 中取出。

[步骤 F]

使用喷抛装置 Ma 从外圆表面 16 移除铸模涂料层 C7。

[步骤 G]

使用粗糙化装置（喷抛装置，例如喷抛装置 Ma 或喷水装置）使外圆表面 16 粗糙化。

[步骤 H]

使用冷喷涂装置 Mb，以与第一实施例中一样的高导热性金属材料的粉末涂覆外圆表面 16。这在外圆表面 16 上形成金属覆层 18 以覆盖突起部 17。

由此完成图 4 所示的气缸套 12。

〈突起部 17 的面积比率〉

在该实施例中，气缸套本体 12a 上的突起部 17 的第一面积比率 S1 和第二面积比率 S2 的可能范围设定如下。

第一面积比率 S1：不小于 10%

第二面积比率 S2：不大于 50%

或者，可应用下列设置。

第一面积比率 S1: 10%至 50%

第二面积比率 S2: 20%至 55%

第一面积比率 S1 相当于在距离基底表面 17e 的高度为 0.4 mm (在高度方向上相对于基底表面 17e 的距离) 的平面内每单位面积上的突起部 17 的截面积。

第二面积比率 S2 相当于在距离基底表面 17e 的高度为 0.2 mm (在高度方向上相对于基底表面 17e 的距离) 的平面内每单位面积上的突起部 17 的截面积。

面积比率 S1、S2 基于突起部 17 的通过使用三维激光测量装置获得的等高线图 (图 11 和 12, 下面讨论) 而获得。

突起部 17 的高度和分布密度由在步骤 C 中形成的铸模涂料层 C7 的孔 D3 的深度和分布密度确定。具体地, 铸模涂料层 C7 形成为使得突起部 17 的高度为 0.5 至 1.5 mm, 而突起部 17 的分布密度或每 cm^2 的外圆表面上的突起部 17 的数量为 5 至 60 个。

〈气缸体的生产〉

通过将图 4 中示出的气缸套 12 置于铸模中并将气缸体材料的被熔化的金属 20 浇入到铸模中以使外圆表面 16 被包围在被熔化的金属 20 中而生产气缸体。气缸体材料与在第一实施例 1 中所述的相同, 并且使用相同的轻合金。

在这样的工序中生产出来的根据第二实施例的气缸体中, 通过在第一实施例中所所述的机理, 被熔化的金属 20 在充分附着到金属覆层 18 上时凝固。

第二实施例具有下列优点。

(i) 除了第一实施例的优点以外, 金属覆层 18 和气缸套本体 12a 不仅通过冷喷涂还通过各自具有收缩形状的突起部 17 相互接合。因此, 气缸套本体 12a 和金属覆层 18 之间的接合强度以及气缸套本体 12a 和带有金属覆层 18 的气缸体之间的接合强度进一步增加。因此, 气缸孔 12b 可保持高水平的圆度。

此外,具有收缩形状的突起部 17 进一步增大了从气缸套本体 12a 向气缸体的导热性,这提高了气缸孔 12b 的冷却性能。

[第三实施例]

在第三实施例中,使用与第一实施例的气缸套本体相同的气缸套本体 22a。使用冷喷涂设备用低熔点金属粉末材料在气缸套本体 22a 上形成金属覆层 28,由此生产气缸套 22。

低熔点金属材料可以是锌、锌合金、锡、锡合金、铅、铅合金、铈或铈合金。

与第一实施例的金属覆层一样,通过冷喷涂形成的金属覆层 28 在表面上和内部包含很少的氧化膜和氧化层。

如图 10 所示,气缸套 22 被包围在与第一实施例中相同的气缸体材料的被熔化金属 30 内,由此来铸造气缸体。在铸造过程中,由于金属覆层 28 的熔点低于形成被熔化金属 30 的气缸体材料(铝或铝合金)的熔点,所以被熔化的金属 30 使金属覆层 28 的表面熔化并与该表面融合,从而形成如图所示的融合金属层 28a。当被熔化的金属 30 和熔融金属层 28a 凝固时,便完成了气缸体的铸造。此时,熔融金属层 28a 强固地接合并附着到气缸体和金属覆层 28 上。

第三实施例具有下列优点。

(i) 由于将低熔点金属材料用于金属覆层 28,所以金属覆层 28 的在其上形成有很少氧化膜的表面在与被熔化金属 30 接触时熔化并与被熔化金属 30 融合。这增大了在金属覆层 28 铸造之后金属覆层 28 和气缸体之间的导热性,由此第一实施例的优点 (i) 更加显著。

(ii) 由于冷喷涂不会使金属熔化,所以使用低熔点金属材料不会由于过度熔化而导致冷喷涂设备的堵塞。这样,成膜的可工作性不会降低。此外,根据金属的类型,可防止升华。这样,成膜的效率得以提高。

[第四实施例]

根据第四实施例的气缸套具有与根据第二实施例的气缸套本体相同的、在外圆表面 16 上形成有突起部 17 的气缸套本体 12a。与第三实施例

的金属覆层 28 一样，根据第四实施例的金属覆层由低熔点的金属材料形成。

通过将第二实施例的气缸套本体 12a 和第三实施例的金属覆层 28 结合而形成的气缸套通过镶铸被包围在气缸体材料（铝或铝合金）内。由此完成气缸体的铸造。

上述的第四实施例具有下列优点。

(i) 可获得与第二和第三实施例相同的优点。

[对突起部的等高线的说明]

现在对第二实施例的突起部 17 的使用三维激光测量装置获得的等高线图进行说明。

〈突起部 17 的等高线图〉

现在参照图 11A 和 11B 说明对图 4 所示的第二实施例的突起部 17 的等高线的测量。在绘制等高线图时，将用于测量等高线的试件放置在试验台上，使得基底表面 17e 面向非接触式的三维激光测量装置。通过用激光束以基本上垂直于基底表面 17e 的角度照射基底表面 17e 而进行测量。测量结果被发送到图像处理装置以获得如图 11A 所示的突起部 17 的等高线图。

图 11B 示出基底表面 17e 和等高线 h (h_0 至 h_{10}) 之间的关系。如图所示，等高线 h 从基底表面 17e 沿突起部 17 的高度（箭头 Y 的方向）以预定间隔被显示。在下文中，沿箭头 Y 以基底表面 17e 为基准的距离将被称作测量高度。

尽管图 11A 和 11B 示出其中等高线 h 以 0.2 mm 的间隔被示出的图示，但是等高线 h 之间的距离可按需要改变。

[a]突起部 17 的第一面积比率 S_1

图 12A 是测量高度小于 0.4 mm 的等高线 h 未显示的等高线图（第一等高线图）。所示的等高线图的面积 ($W_1 \times W_2$) 是用于测量第一面积比率 S_1 的单位面积。

在第一等高线图中，由等高线 h_4 所包围的区域 R_4 的面积（图中的斜

线阴影部分的面积 $SR4$) 相当于位于测量高度为 0.4 mm 的平面内的突起部的截面积 (突起部 17 的第一截面积)。在第一等高线图中区域 $R4$ 的数量 (区域数量 $N4$) 相当于第一等高线图中的突起部 17 的数量。

第一面积比率 $S1$ 被计算为区域 $R4$ 的总面积 ($SR4 \times N4$) 与等高线图的面积 ($W1 \times W2$) 之比。也就是说, 第一面积比率 $S1$ 相当于在测量高度为 0.4 mm 的平面内单位面积中的第一截面积的总面积。在突起部的等高线图中, 即在气缸套本体的外圆表面的等高线图中, 第一面积比率 $S1$ 等于第一截面积的总面积与整个等高线图的面积之比。

第一面积比率 $S1$ 通过下述方程计算。

$$S1 = (SR4 \times N4) / (W1 \times W2) \times 100[\%]$$

[b]突起部 17 的第二面积比率 $S2$

图 12B 是测量高度小于 0.2 mm 的等高线 h 未显示的等高线图 (第二等高线图)。等高线图的面积 ($W1 \times W2$) 是用于测量第二面积比率 $S2$ 的单位面积。

在第二等高线图中, 由等高线 $h2$ 所包围的区域 $R2$ 的面积 (图中的斜线阴影部分的面积 $SR2$) 相当于位于测量高度为 0.2 mm 的平面内的突起部的截面积 (突起部 17 的第二截面积)。在第二等高线图中区域 $R2$ 的数量 (区域数量 $N2$) 相当于第二等高线图中的突起部 17 的数量。由于第二等高线图的面积等于第一等高线图的面积, 所以突起部 17 的数量等于突起部数量 $N1$ 。

第二面积比率 $S2$ 被计算为区域 $R2$ 的总面积 ($SR2 \times N2$) 与等高线图的面积 ($W1 \times W2$) 之比。也就是说, 第二面积比率 $S2$ 相当于在测量高度为 0.2 mm 的平面内单位面积中的第二截面积的总面积。在突起部的等高线图中, 即在气缸套本体的外圆表面的等高线图中, 第二面积比率 $S2$ 等于第二截面积的总面积与整个等高线图的面积之比。

第二面积比率 $S2$ 通过下述方程计算。

$$S2 = (SR2 \times N2) / (W1 \times W2) \times 100[\%]$$

[c]第一和第二突起部截面积

突起部 17 的第一截面积基于等高线图被计算为位于测量高度为 0.4mm 的平面内的一个突起部的截面积。突起部 17 的第二截面积基于等高线图被计算为位于测量高度为 0.2 mm 的平面内的一个突起部的截面积。例如,通过对等高线图的图像处理,通过计算第一等高线图[图 12A]中区域 R4 的面积而获得突起部 17 的第一截面积。同样,通过对等高线图的图像处理,通过计算第二等高线图[图 12B]中区域 R2 的面积而获得突起部 17 的第二截面积。

[d]突起部数量

突起部数量 N1 基于等高线图被计算为在气缸套的外圆表面 16 上的每单位面积 (1cm^2) 中形成的突起部 17 的数量。例如,通过对等高线图的图像处理,通过计算第一等高线图[图 12A]中区域 R4 的数量而获得突起部数量 N1。

将第一面积比率 S1 不小于 10% 的气缸套和第一面积比率 S1 小于 10% 的气缸套应用于气缸体,并且比较这些气缸孔的变形量。经证实后者的变形量是前者变形量的三倍以上。

当第二面积比率 S2 大于 55% 时,空隙率显著增大。空隙率是指在气缸套和气缸体之间的边界内形成的空隙的面积与边界截面的面积之比。

从这些结果可证实,将第一面积比率 S1 不小于 10% 和第二面积比率不大于 55% 的气缸套应用于气缸体有利地提高了气缸体材料和气缸套之间的接合强度及附着性。

通过将第一面积比率 S1 的上限设定为 50%,第二面积比率 S2 被设定为不大于 55%。通过将第二面积比率 S2 的下限设定为 20%,第一面积比率 S1 被设定为不小于 10%。

[其它实施例]

(1) 在第二和第四实施例中,外圆表面被粗糙化。但是,由于具有收缩形状的突起部给予了与金属覆层和气缸体的充分的接合强度,所以外圆表面不必一定要粗糙化。

(2) 第二和第四实施例的突起部满足下列所有条件 (a) 至 (d):

(a) 突起部的高度为 0.5 至 1.5 mm;

(b) 突起部在外圆表面上的数量为每平方厘米 5 至 60 个;

(c) 在突起部的等高线图中, 由高度为 0.4 mm 的等高线所包围的区域的第一面积比率 $S1$ 不小于 10%, 所述等高线图通过用三维激光测量装置沿突起部的高度(方向)对外圆表面进行测量而获得; 和

(d) 在突起部的等高线图中, 由高度为 0.2 mm 的等高线所包围的区域第二面积比率 $S2$ 不大于 55%, 所述等高线图通过用三维激光测量装置沿突起部的高度对外圆表面进行测量而获得。

或者, 第二和第四实施例的突起部可满足下列所有条件(a)至(d'):

(a) 突起部的高度为 0.5 至 1.5 mm;

(b) 突起部在外圆表面上的数量为每平方厘米 5 至 60 个;

(c') 在突起部的等高线图中, 由高度为 0.4 mm 的等高线所包围的区域的面积的比率 $S1$ 为 10%至 50%, 所述等高线图通过用三维激光测量装置沿突起部的高度对外圆表面进行测量而获得; 和

(d') 在突起部的等高线图中, 由高度为 0.2 mm 的等高线所包围的区域的面积的比率 $S2$ 为 20%至 55%, 所述等高线图通过用三维激光测量装置沿突起部的高度对外圆表面进行测量而获得。

此外, 第二和第四实施例的突起部可满足下列条件(a)和(b)中的至少一个:

(a) 突起部的高度为 0.5 至 1.5 mm;

(b) 突起部在外圆表面上的数量为每平方厘米 5 至 60 个;

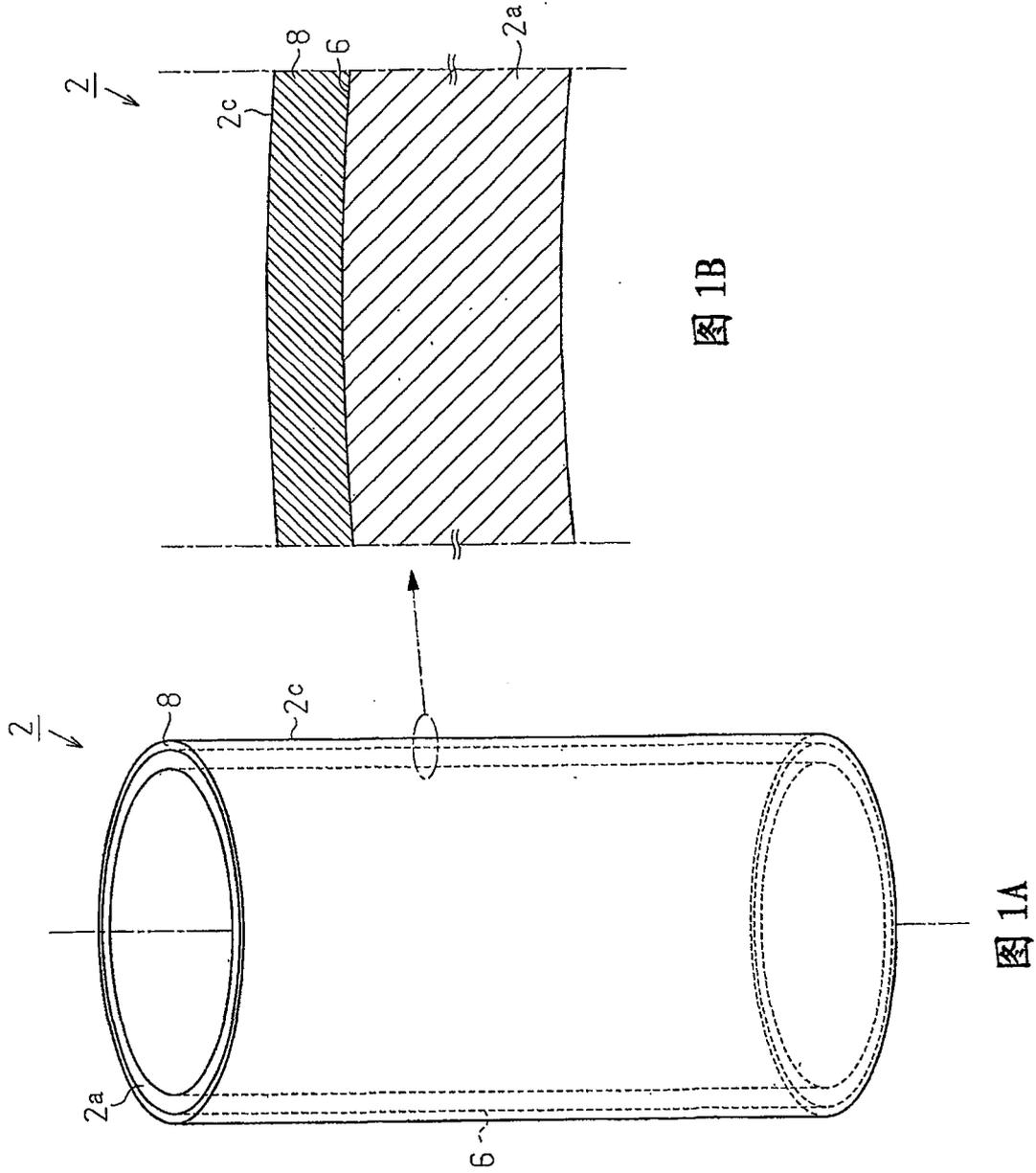
在这种情况下, 在气缸套和气缸体之间产生充分的接合强度, 并且附着性得以提高。

可采用满足条件(c)和(d)、以及条件(a)和(b)中的至少一个或者满足条件(c')和(d')、以及条件(a)和(b)中的至少一个的突起部。

在这种情况下, 在气缸套和气缸体之间产生充分的接合强度, 并且附着性得以提高。

(3) 突起部 17 可形成为使得在图 11 和 12 所示的等高线图中由等高线 h4 所包围的各个区域 R4 相互独立 (即, 在测量高度为 0.4 mm 的位置处突起部 17 可相互独立)。这种构型进一步增大了气缸体和气缸套之间的接合强度。

此外, 如果在 0.4 mm 的测量高度处将各个突起部 17 的面积设定为 0.2mm^2 至 3.0mm^2 , 则在生产过程中可抑制突起部 17 的破损和接合强度下降。



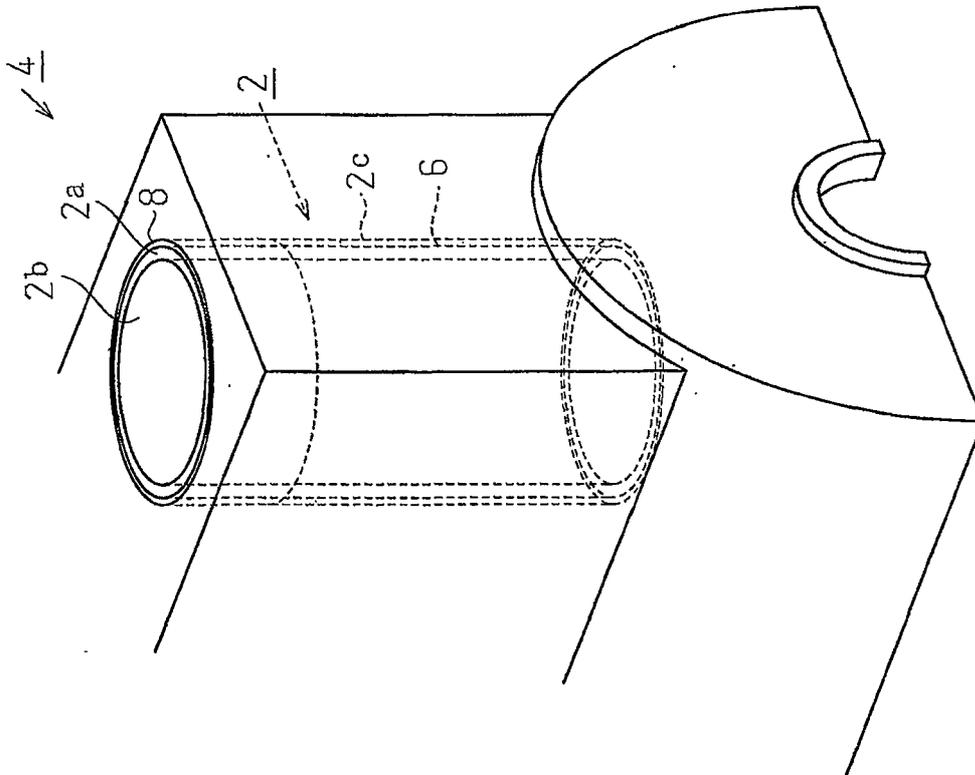


图 2A

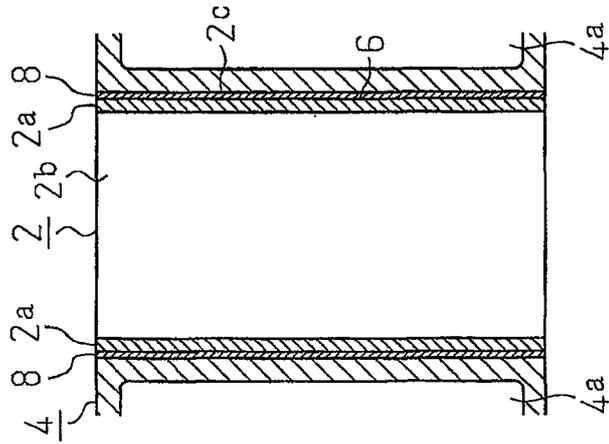


图 2B

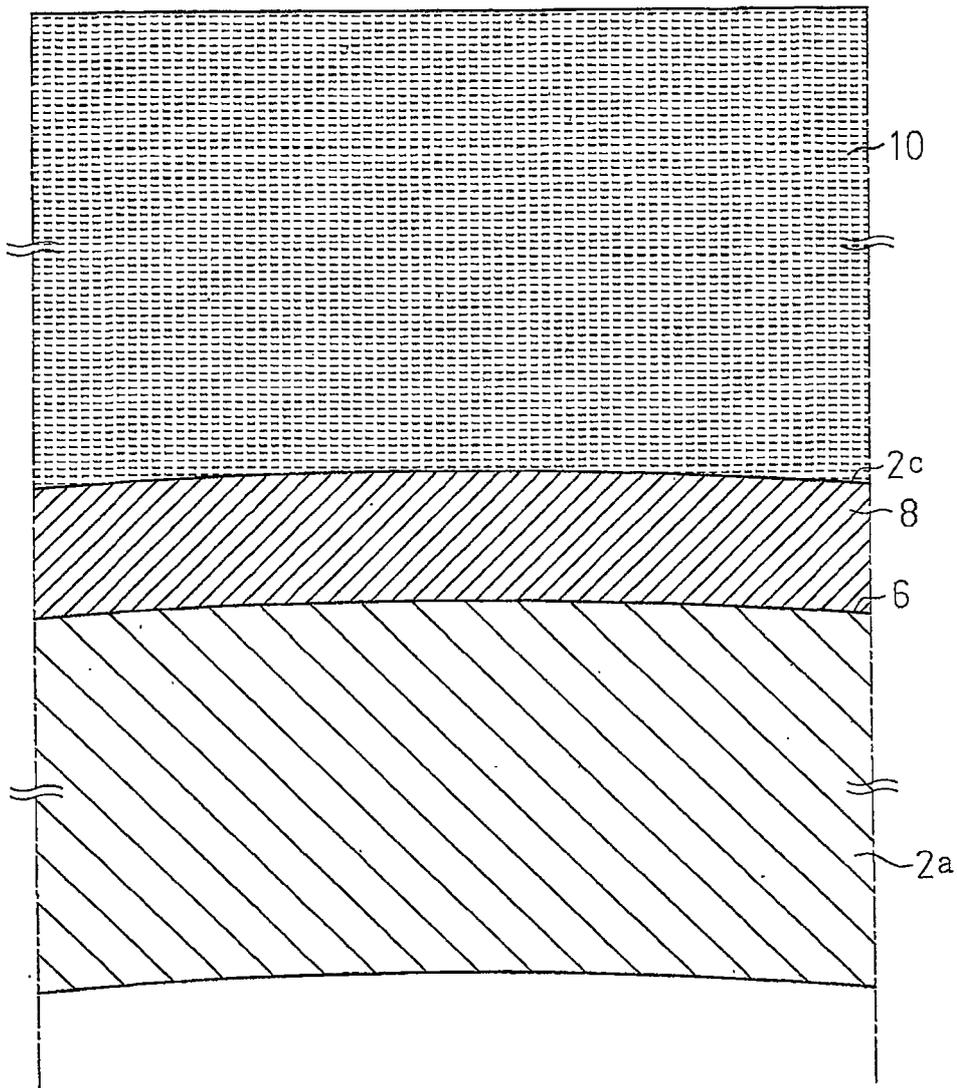


图 3

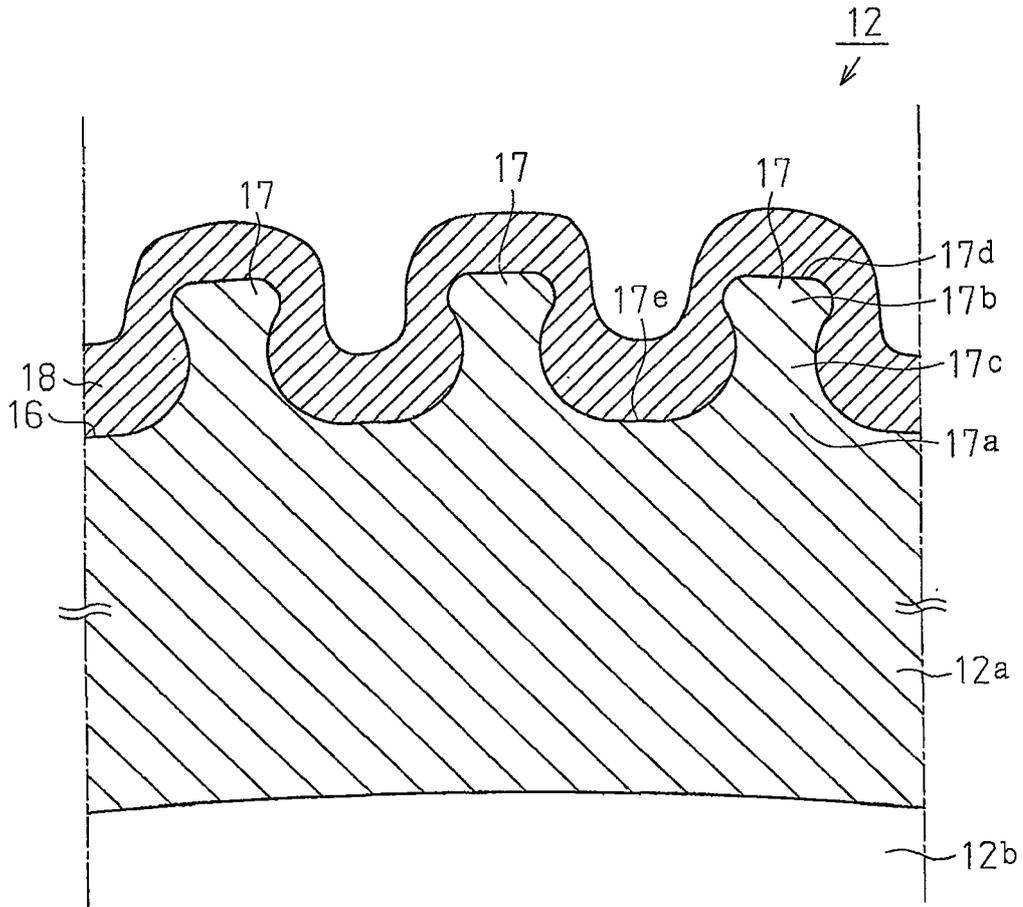


图 4

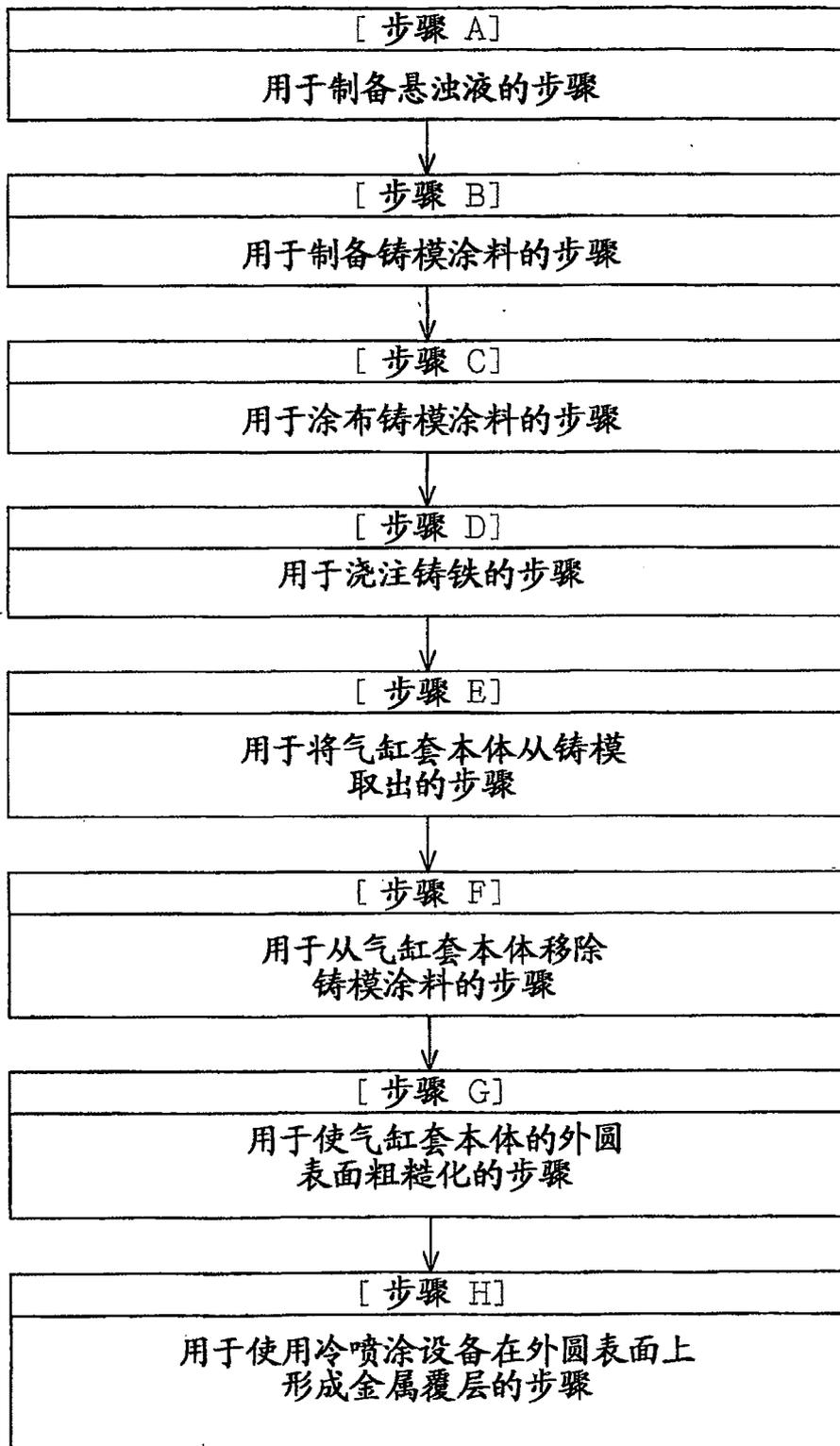


图 5

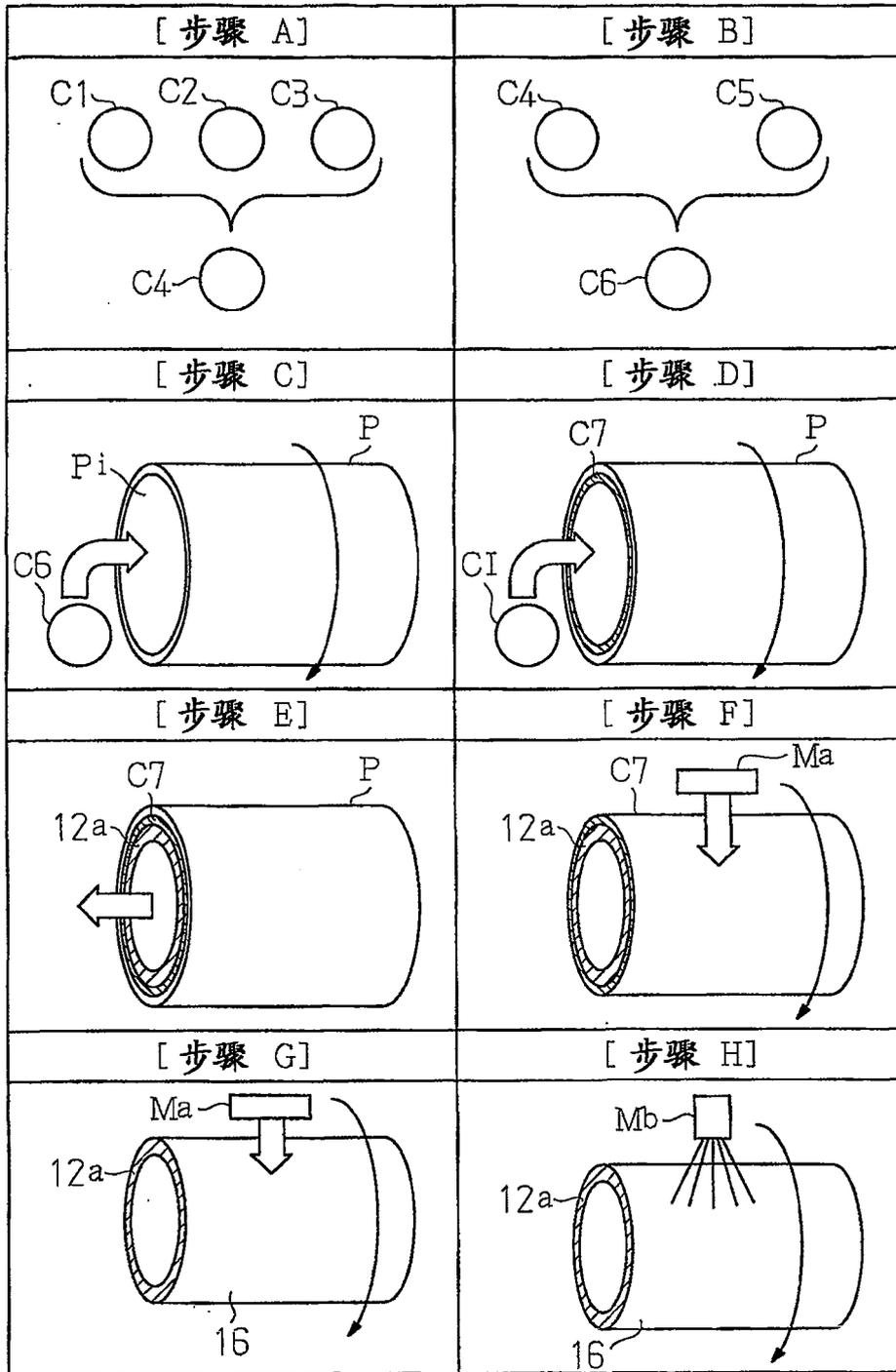


图 6

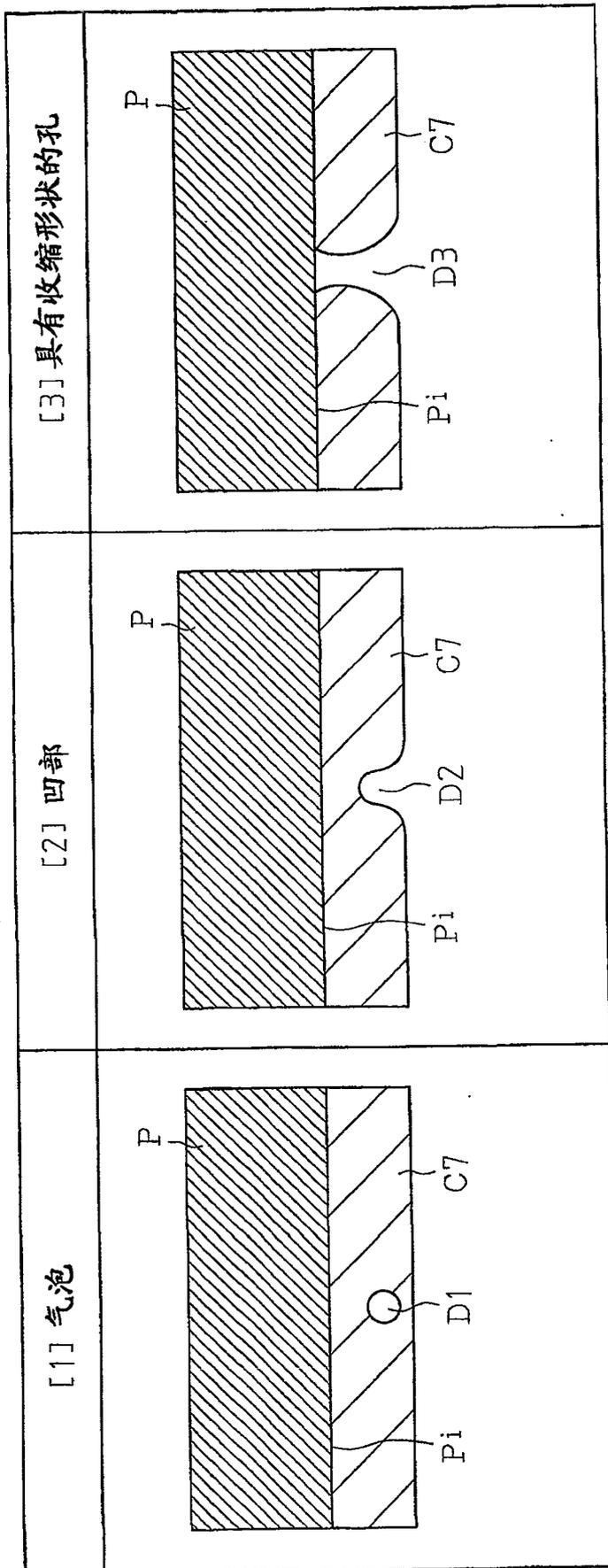


图7

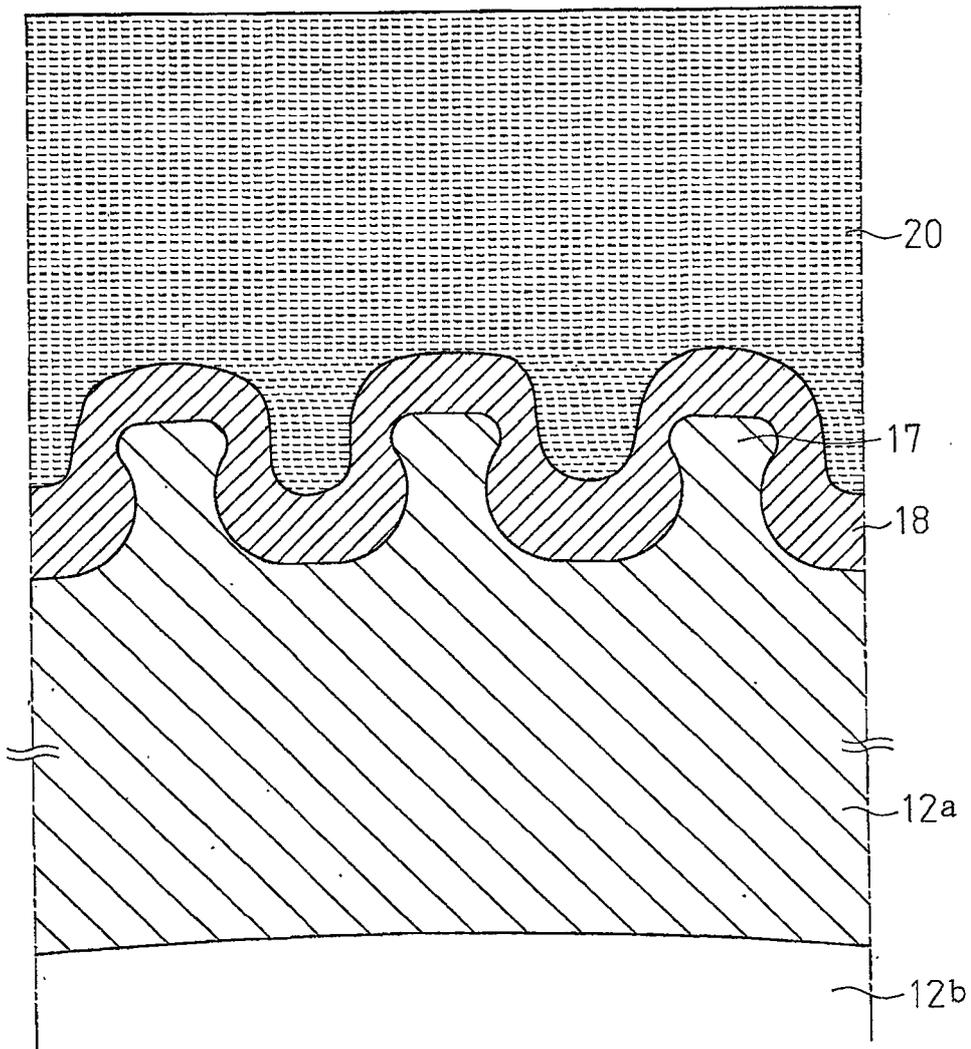


图 8

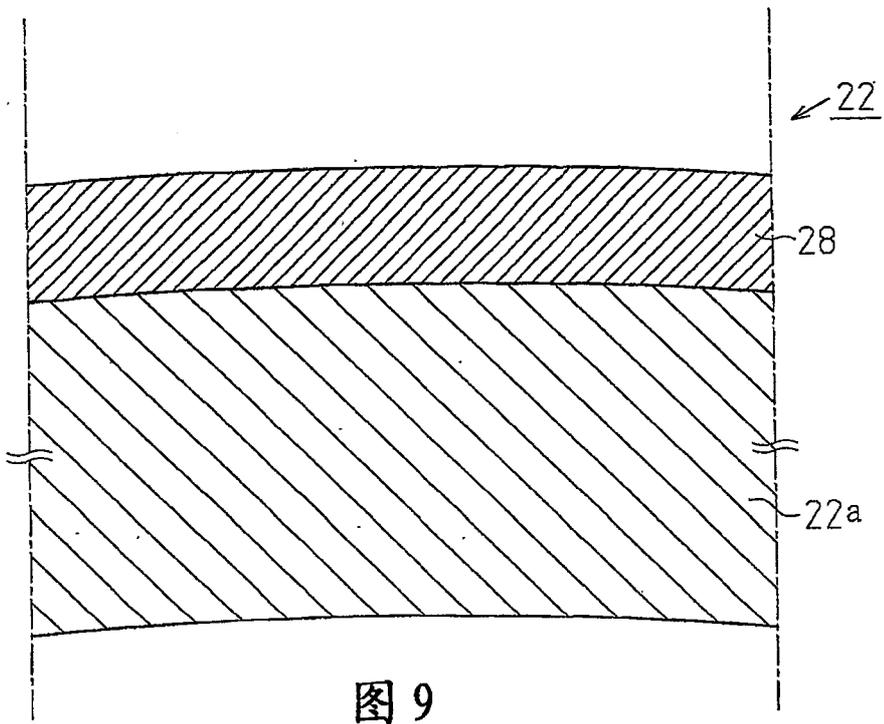


图 9

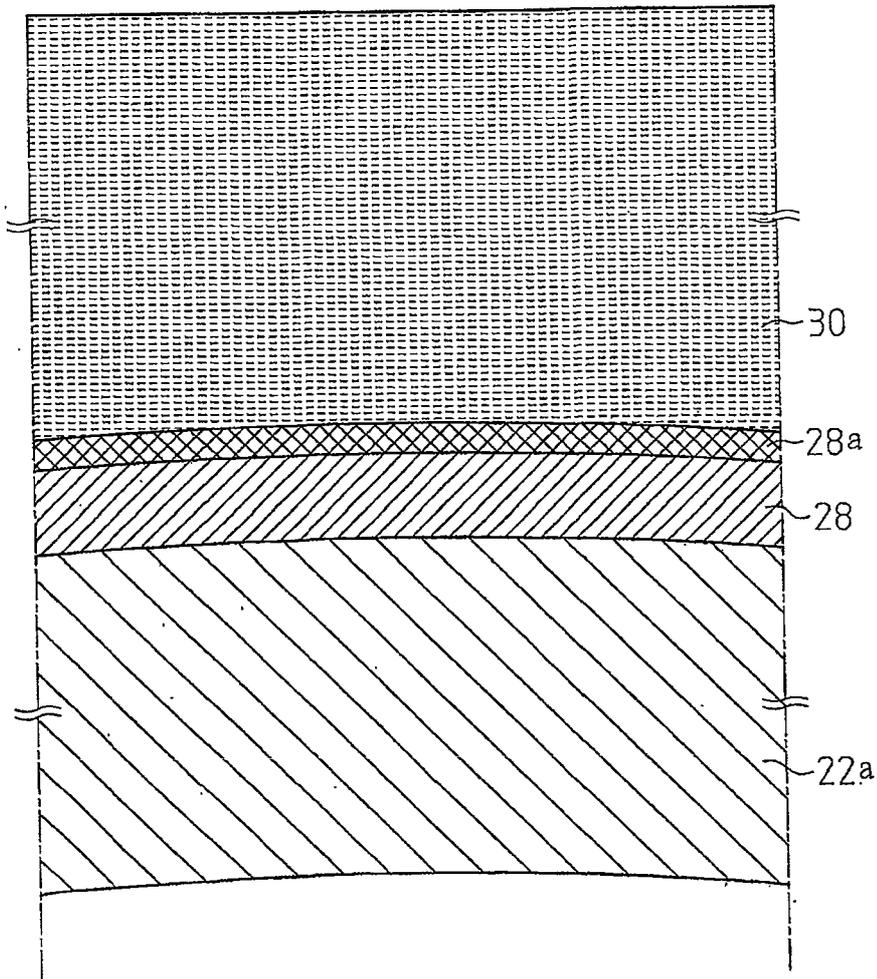


图 10

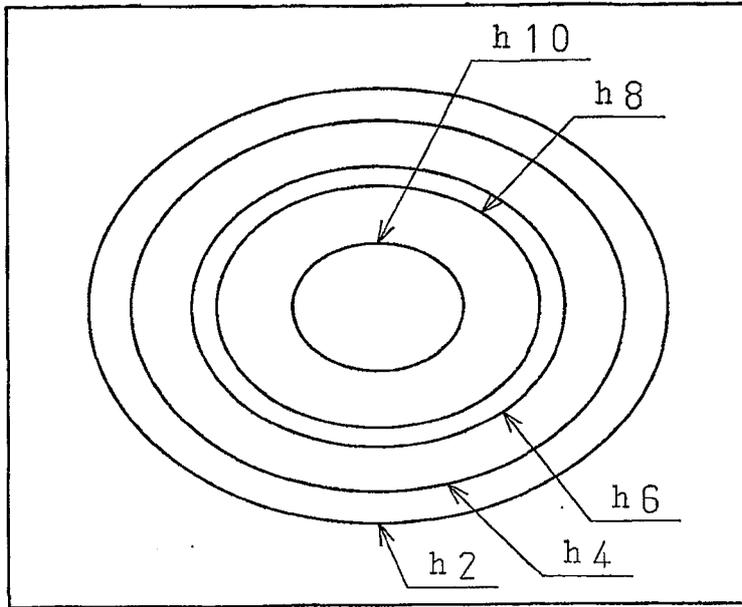


图 11A

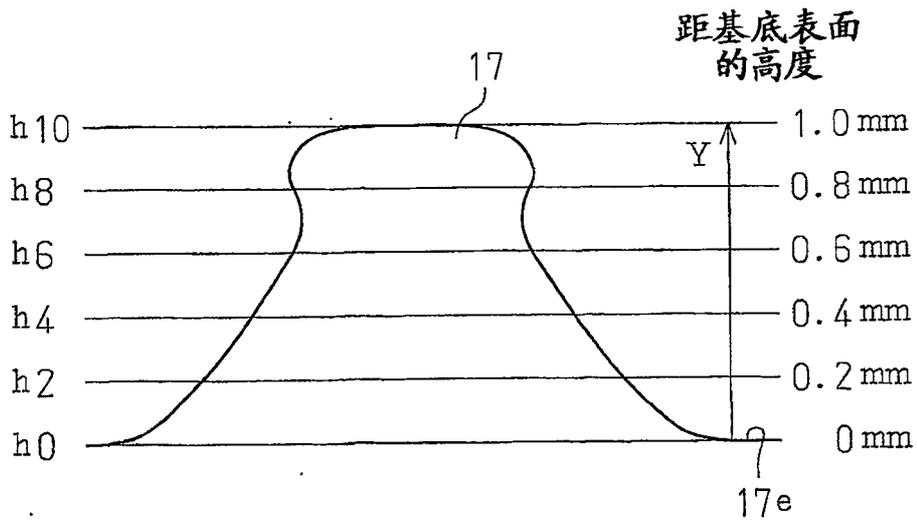


图 11B

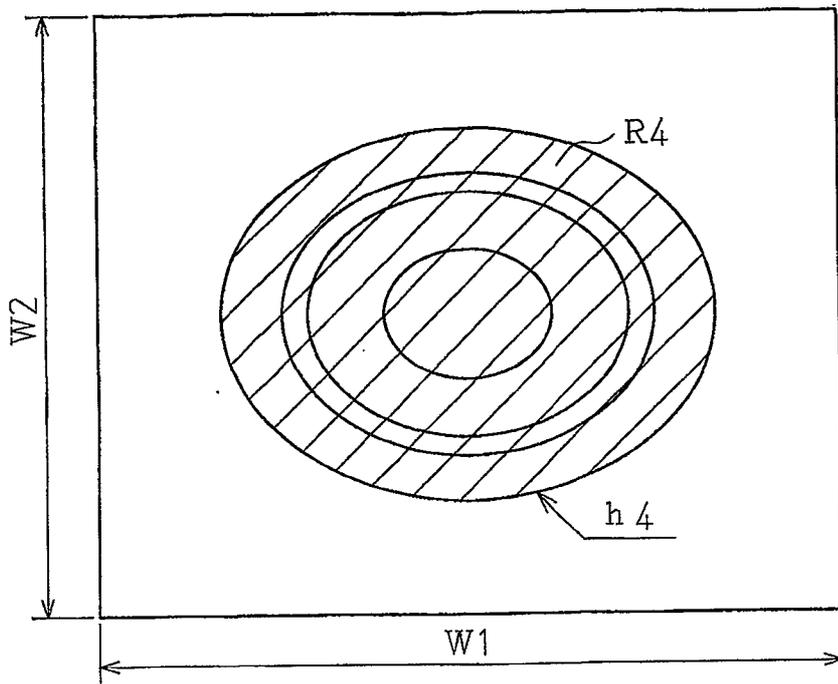


图 12A

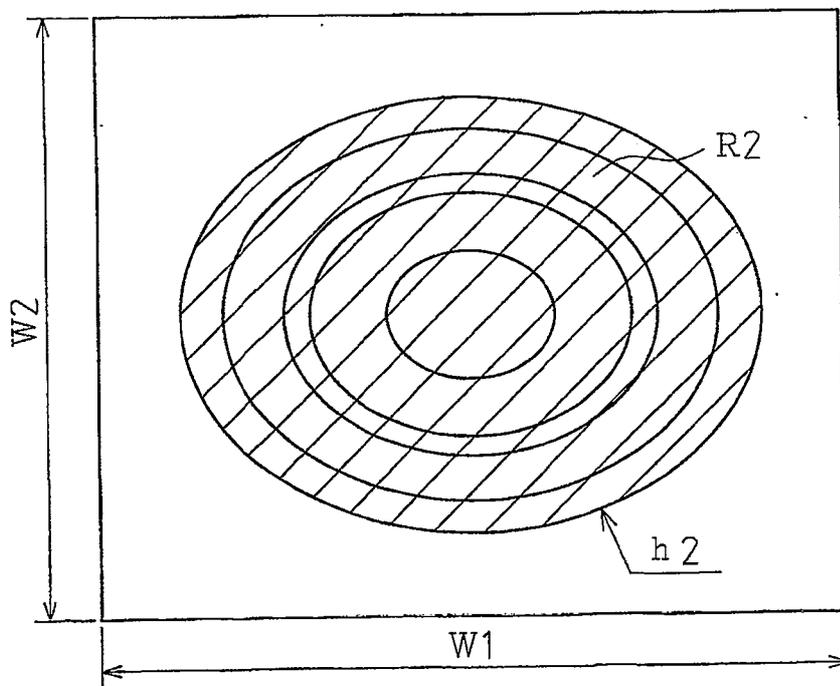


图 12B