

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

B22D 19/00 (2006.01)

F02F 1/10 (2006.01)



# [12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200580001973.6

[45] 授权公告日 2008 年 7 月 30 日

[11] 授权公告号 CN 100406158C

[22] 申请日 2005.1.7

[21] 申请号 200580001973.6

[30] 优先权

[32] 2004.1.9 [33] JP [31] 004600/2004

[86] 国际申请 PCT/JP2005/000441 2005.1.7

[87] 国际公布 WO2005/065867 英 2005.7.21

[85] 进入国家阶段日期 2006.7.5

[73] 专利权人 丰田自动车株式会社

地址 日本爱知县

共同专利权人 帝国活塞环株式会社

帝伯工业股份公司

[72] 发明人 道冈博文 高见俊裕 竹中一成

仓内孝 富冈宪彦 加藤功 村木宽

服部俊也 斋藤仪一郎 大泉清春

[56] 参考文献

JP2003-326353A 2003.11.18

JP8-290255A 1996.11.5

JP2003-326346A 2003.11.18

CN2767682Y 2006.3.29

审查员 李春华

[74] 专利代理机构 北京市中咨律师事务所

代理人 马江立 吴 鹏

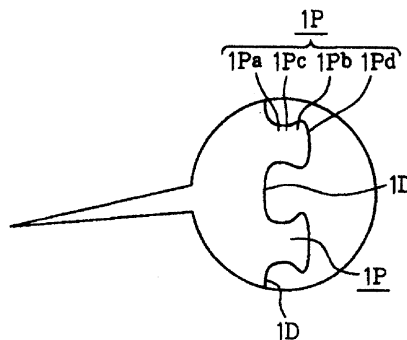
权利要求书 1 页 说明书 26 页 附图 16 页

[54] 发明名称

用于包心铸造的气缸套

[57] 摘要

一种用于包心铸造的气缸套和制造该气缸套的方法。该气缸套和制造方法应用于气缸体并有利地提高与气缸体材料的附着力和接合强度。该气缸套满足以下要求：(i) 突出部的高度在 0.5mm 至 1.0mm 之间并包括 0.5mm 和 1.0mm；(ii) 在外周面上突出部的数目在 5 个/cm<sup>2</sup> 至 60 个/cm<sup>2</sup> 之间并包括 5 个/cm<sup>2</sup> 和 60 个/cm<sup>2</sup>；(iii) 由高度为 0.4mm 的等高线包围的各区域的面积比在 10% 至 50% 之间 - 包括 10% 和 50%；(iv) 由高度为 0.2mm 的等高线包围的各区域的面积比在 20% 至 55% 之间 - 包括 20% 和 55%；(v) 由高度为 0.4mm 的等高线包围的各区域相互独立；并且 (v) 由高度为 0.4mm 的等高线包围的各区域的面积在 0.2mm<sup>2</sup> 和 3.0mm<sup>2</sup> 之间 - 包括 0.2mm<sup>2</sup> 和 3.0mm<sup>2</sup>。



1. 一种用于包心铸造的气缸套，它在外周面上具有多个突出部，每个所述突出部均具有收缩部分，该气缸套的特征在于，满足以下要求 (i) - (iv)：

(i) 所述突出部的高度在 0.5mm 至 1.0mm 之间，包括 0.5mm 和 1.0mm；

(ii) 在该外周面上，所述突出部的数目在 5 个/cm<sup>2</sup> 至 60 个/cm<sup>2</sup> 之间，包括 5 个/cm<sup>2</sup> 和 60 个/cm<sup>2</sup>；

(iii) 在所述突出部的一等高线图中，由高度为 0.4mm 的等高线包围的区域的面积比 S1 大于等于 10%，该等高线图是通过用三维激光测量装置沿所述突出部的高度方向测量该外周面而获得的；以及

(iv) 在所述突出部的一等高线图中，由高度为 0.2mm 的等高线包围的区域的面积比 S2 小于等于 55%，该等高线图是通过用三维激光测量装置沿所述突出部的高度方向测量该外周面而获得的。

2. 根据权利要求 1 所述的用于包心铸造的气缸套，其特征在于，面积比 S1 在 10% 至 50% 之间，包括 10% 和 50%，并且面积比 S2 在 20% 至 55% 之间，包括 20% 和 55%。

3. 根据权利要求 1 或 2 所述的用于包心铸造的气缸套，其特征在于：由高度为 0.4mm 的等高线包围的各区域在该等高线图中相互独立，并且由高度为 0.4mm 的等高线包围的各区域的面积在 0.2mm<sup>2</sup> 至 3.0mm<sup>2</sup> 之间，包括 0.2mm<sup>2</sup> 和 3.0mm<sup>2</sup>。

## 用于包心铸造的气缸套

### 技术领域

本发明涉及一种用于包心铸造/镶嵌铸造 (insert casting) 的气缸套, 其中, 一气缸套是通过包心铸造而位于另一铸造材料内的铸件, 并形成一气缸结构的内气缸壁。

### 背景技术

通常, 当制造一用在一车用发动机中的气缸体时, 在顶着一活塞滑动的各部分需要具有改善的耐磨性的情况下, 在每个气缸的内周侧上都设置有一气缸套。该气缸套通常应用于由铝合金制成的气缸体。

用于制造这类具有气缸套的气缸体的已知方法包括一种在将一铸造材料浇注到一用于气缸体的模具中之前将一气缸套放置在该模具中的方法。

现有技术的用于包心铸造的气缸套包括在专利文献 1、专利文献 2 和专利文献 3 中所公开的气缸套。

[专利文献 1] 日本已审专利公开文献 No. 43-4842

[专利文献 2] 日本专利 No. 3253605

[专利文献 3] 日本未审专利公开文献 No. 2003-326353

(a) 专利文献 1 提出一种在外周面上具有无数小突出部的气缸套。

(b) 专利文献 2 提出一种其外周面形成为具有一预定粗糙度的气缸套。

(c) 专利文献 3 提出一种在外周面上具有多个突出部的气缸套, 其中每个突出部都具有一向外扩张的基本呈锥形的底切部和一平坦的远端。

如果一形成一气缸体的材料 (缸体材料) 与用于该气缸体的气缸套具有不充分的接触或者不充分的附着力, 气缸体的热传导性将降低。这使发

动机的冷却性能变差。

另一方面，当缸体材料和气缸套之间的接合强度/粘结强度不够时，难以减少气缸体中孔的变形。这可能增加磨擦。

因此，希望获得具有改善的附着力和接合强度的气缸套。

然而，上述专利文献的气缸套具有下列缺陷。

(a) 在专利文献 1 的气缸套中，可以在外周面上形成其间空间很窄的突出部。在这种情况下，用于缸体材料的熔融金属不能以令人满意的方式填充突出部之间的空间，这降低了缸体材料和气缸套之间的附着力。

(b) 在专利文献 2 的气缸套中，由于形成在外周面上的突出部的高度较低，所以不能充分地提高气缸套和缸体材料之间的接合强度。

(c) 专利文献 3 的气缸套中，除了高度之外未考虑突出部的形状。也就是说，突出部的形状并非最适宜的。因此，不能充分地提高附着力和接合强度。

## 发明内容

因此，本发明的一个目的是提供一种用于包心铸造的气缸套以及一种用于制造该气缸套的方法，以便应用于气缸体并以一种有利的方式改善与一缸体材料的附着力和接合强度。

现在将说明用于实现上述目的的装置及其优点。

本发明的第一方面提供一种用于包心铸造的气缸套，其中该气缸套在外周面上具有多个带一收缩部分的突出部/突起并满足下列要求(i)-(iv)。

(i) 突出部的高度在 0.5mm 和 1.0mm 之间 - 包括 0.5mm 和 1.0mm。

(ii) 在该外周面上，突出部的数目为 5 个/cm<sup>2</sup> 至 60 个/cm<sup>2</sup>。

(iii) 在通过用一三维激光测量装置沿突出部的高度方向测量外周面而得到的等高线图中，由一高度为 0.4mm 的等高线所包围的一区域的面积比 S1 大于等于 10%。

(iv) 在通过用一三维激光测量装置沿突出部的高度方向测量外周面而得到的等高线图中，由一高度为 0.2mm 的等高线所包围的一区域的面积

比  $S2$  小于等于 55%。

在一具有一在其外周面上具有多个带一收缩部分的突出部的气缸套的气缸体中，形成在该突出部上的收缩部分防止气缸套脱离缸体材料（形成气缸体的材料）。因此，增大了缸体材料和气缸套之间的接合强度。

突出部的高度指相对于气缸套的外周面从该外周面到突出部远端的距离。

高度为 0.4mm 或 0.2mm 的等高线指沿突出部的高度方向（气缸套的径向向外方向）与气缸套外周面间隔 0.4mm 或 0.2mm 的等高线。

根据本发明的第一方面，面积比  $S1$  和面积比  $S2$  满足不等式  $S1 < S2$ 。

由高度为 0.4mm 的等高线包围的区域指包含在与外周面间隔 0.4mm 的一平面中的一个突出部的横截面。由高度为 0.2mm 的等高线包围的区域指包含在与外周面间隔 0.2mm 的一平面中的一个突出部的横截面。

下面，将在突出部高度、突出部数目、突出部面积比  $S1$  及突出部面积比  $S2$  等方面讨论没有满足本发明第一方面的要求的一气缸套的缺陷。

#### [1] 关于各突出部的高度

在一气缸套形成有高度小于 0.5mm 的突出部的情况下，突出部的可形成性降低。这样，在所生产的气缸套上的突出部的数目不够。因此，通过包心铸造而在其中设置该气缸套的一气缸体在缸体材料和气缸套之间将没有足够的接合强度。

在突出部的高度在大于 1.0mm 时，所形成的突出部容易断裂。这导致突出部的高度不均，并使外径的精度降低。另外，因为具有收缩部分的突出部容易断裂，削弱了防止气缸套脱离缸体材料的优点。

#### [2] 关于突出部数目

一每平方厘米 ( $\text{cm}^2$ ) 具有少于 5 个的突出部的气缸套由于突出部数目不够而在缸体材料和气缸套之间将没有足够的接合强度。

在一气缸套的每平方厘米 ( $\text{cm}^2$ ) 具有多于 60 个的突出部的情况下，因为突出部之间的空间较窄，用于缸体材料的熔融金属不能充分地提供给突出部之间的空间。这在缸体材料和气缸套之间产生间隙，从而降低了附

着力。

### [3] 关于面积比 S1

在一气缸体具有一其面积比 S1 小于 10%的气缸套的情况下,与具有一其面积比 S1 大于 10%的气缸套的气缸体相比,缸体材料和缸套之间的接合强度显著变低。

### [4] 关于面积比 S2

在一气缸体具有一其面积比 S2 大于 55%的气缸套的情况下,与具有一其面积比 S2 小于等于 55%的气缸套的气缸体相比,缸体材料和缸套之间的接合强度显著变低。

一种根据所述第一方面的气缸套消除了上述缺陷[1]-[4]。因此,以一种有利的方式改善了气缸套和缸体材料的附着力和接合强度。

根据第二方面,本发明提供一种用于包心铸造的气缸套,该气缸套在外周面上具有多个带一收缩部分的突出部并满足下列要求(i)-(iv)。

(i) 突出部的高度在 0.5mm 和 1.0mm 之间 - 包括 0.5mm 和 1.0mm。

(ii) 在该外周面上,突出部的数目为 5 个/cm<sup>2</sup> 至 60 个/cm<sup>2</sup>。

(iii) 在通过用一三维激光测量装置沿突出部的高度方向测量外周面而得到的等高线图中,由一高度为 0.4mm 的等高线所包围的一区域的面积比 S1 在 10%和 50%之间 - 包括 10%和 50%。

(iv) 在通过用一三维激光测量装置沿突出部的高度方向测量外周面而得到的等高线图中,由一高度为 0.2mm 的等高线所包围的一区域的面积比 S2 在 20%和 55%之间 - 包括 20%和 55%。

这种构形除了具有本发明的第一方面的优点之外,还具有下列优点。因为面积比 S1 的上限设定为 50%,所以防止面积比 S2 大于 55%。因为面积比 S2 的下限设定为 20%,所以防止面积比 S1 小于 10%。

在一种根据所述第一方面和第二方面的气缸套中,优选的是满足下列要求(vi)和(vii)。(vi)在等高线图中,由高度为 0.4mm 的等高线包围的每个区域相互分开。(vii)由高度为 0.4mm 的等高线包围的每个区域的面积在 0.2mm<sup>2</sup> 和 3.0mm<sup>2</sup> 之间 - 包括 0.2mm<sup>2</sup> 和 3.0mm<sup>2</sup>。

由高度为 0.4mm 的等高线包围的一区域的面积对应于包含在与外周面间隔 0.4mm 的一平面中的每个突出部的截面积。

下面,将在突出部的形状和每个突出部的面积方面讨论没有满足要求 (vi) 和 (vii) 的气缸套的缺陷。

#### [5] 关于突出部的形状

如果由高度为 0.4mm 的等高线包围的各区域相互干涉,也就是说,如果各突出部在距离外周面 0.4mm 的高度处相互连接,则当将用于缸体材料的熔融金属浇注到模具中时,该熔融金属不能充分地提供给突出部之间的空间。这在缸体材料和气缸套之间产生间隙,因而降低了附着力。

#### [6] 关于每个突出部的面积

如果每个突出部的面积都小于  $0.2\text{mm}^2$ ,则突出部的强度降低。因此,当生产具有这种突出部的气缸套时,所述突出部被损坏。

如果由一高度为 0.4mm 的等高线包围的各区域的面积大于  $3.0\text{mm}^2$ ,则当将用于缸体材料的熔融金属浇注到模具中时,该熔融金属不能充分地提供给突出部之间的空间。这在缸体材料和气缸套之间产生间隙,从而降低了附着力。

因为满足要求 (vi) 和 (vii) 的气缸套消除了上述缺陷,所以气缸套和缸体材料的附着力和接合强度进一步得到改善。

根据第三方面,本发明提供了一种制造用于包心铸造的气缸套的方法,其中该方法使用离心铸造。根据该制造方法,制备一悬浮体,该悬浮体含有以质量计 8-30% 的耐火材料、以质量计 2-10% 的粘结剂和以质量计 60-90% 的水。将添加量为以质量计大于 0.005% 并且小于等于 0.1% 的表面活性剂添加到该悬浮体中以形成铸型涂料。将该铸型涂料施加到已经加热并且正在旋转的铸型的内周面上,由此形成铸型涂料层。通过表面活性剂在铸型涂料层中的每个气泡上的作用而形成凹陷部。每个凹陷部的底部到达铸型的内周面,从而在铸型涂料层中形成一具有一收缩部分的凹陷部。此后,将铸铁的熔融金属浇注到其中铸型涂料已经干燥的铸型中。这样就制成了具有突起部的气缸套,所述突起部形成在外周面上并且均具有一收

缩部分。

下面将说明铸型涂料、耐火材料、粘结剂、水和表面活性剂在气缸套制造方法中的作用。

铸型涂料用作通常防止熔融金属咬合或熔合到铸型上的耐火材料或者铸型隔离剂（脱模剂），以及用作控制熔融金属的冷却速度以获得合适的材料的隔热材料。

耐火材料是铸型涂料的基础材料。

粘结剂与基础材料相结合以提高铸型涂料的强度。

水调节悬浮体（其中混合了耐火材料、粘结剂和水的液体）的粘性，并使得铸型涂料能被均匀地施加到铸型的内周面。

表面活性剂作用在铸型涂料层（施加在铸型内周面的铸型涂料层）中的气泡上，以在铸型涂料层中形成均具有收缩部分的凹陷部。

下面，将在耐火材料的添加量、粘结剂的添加量、水的添加量和表面活性剂的添加量方面讨论没有满足本发明第三方面的要求的气缸套制造方法的缺陷。

#### [A] 耐火材料的添加量

在其中耐火材料的添加量以质量计小于 8% 的制造方法中，剥离和隔热效果都降低了。这使得熔融金属熔合到铸模上并使气缸套的材料变差。

在其中耐火材料的添加量以质量计大于 30% 的制造方法中，铸型涂料的流动性降低。从而难以将铸型涂料均匀施加到铸型的内周面。因此，气缸套上的突出部的高度变得不均匀。这降低了气缸套的外径精度。

#### [B] 粘结剂的添加量

在其中粘结剂的添加量以质量计小于 2% 的制造方法中，铸型涂料的强度不足。这降低了突出部的可成形性。

在其中粘结剂的添加量以质量计大于 10% 的制造方法中，铸型涂料的流动性降低。从而难以将铸型涂料均匀施加到铸型的内周面。因此，气缸套上的突出部的高度变得不均匀。这降低了气缸套的外径精度。

#### [C] 水的添加量



在其中水的添加量以质量计小于 60%的制造方法中,铸型涂料的流动性降低。从而难以将铸型涂料均匀施加到铸型的内周面。因此,气缸套上的突出部的高度变得不均匀。这降低了气缸套的外径精度。

在其中水的添加量以质量计大于 90%的制造方法中,铸型涂料难以干燥。这降低了突出部的可成形性。

#### [D] 表面活性剂的添加量

在其中表面活性剂的添加量以质量计不大于 0.005%的制造方法中,表面活性剂的作用很小。从而难以在铸型的外周面上形成突出部。

在其中表面活性剂的添加量以质量计大于 0.1%的制造方法中,表面活性剂的作用过度。从而难以在铸型的外周面上形成带有收缩部分的突出部。

根据本发明第三方面的用于制造气缸套的方法消除了缺陷[A]-[D]。因此,可制造出与缸体材料的附着力和接合强度提高的气缸套。

在第四方面,本发明提供了一种制造用于包心铸造的气缸套的方法,其中该方法使用离心铸造。在该制造方法中,通过下列步骤(a)-(d)制造用于包心铸造的气缸套:

(a) 制备悬浮体的步骤,该悬浮体含有以质量计 8-30%的耐火材料、以质量计 2-10%的粘结剂和以质量计 60-90%的水。

(b) 通过向悬浮体添加表面活性剂来形成铸型涂料的步骤,该表面活性剂的添加量以质量计大于 0.005%并且等于或小于 0.1%。

(c) 将铸型涂料施加到已经加热至预定温度并且正在旋转的铸型的内周面上,由此形成铸型涂料层的步骤。

(d) 当铸型涂料已经干燥之后并且当铸型正在旋转时,将铸铁的熔融金属浇注到铸型内的步骤,由此制出在外周面上具有多个均带有收缩部分突起部的气缸套。

如同本发明第三方面的制造方法,根据本发明第四方面的制造气缸套的方法也可制出与缸体材料的附着力和接合强度提高的气缸套。

在第五方面,本发明提供了一种制造用于包心铸造的气缸套的方法,其中该方法使用离心铸造。在该制造方法中,通过下列步骤(a)-(e)制

造用于包心铸造的气缸套:

(a) 制备悬浮体的步骤, 该悬浮体含有以质量计 8-30% 的耐火材料、以质量计 2-10% 的粘结剂和以质量计 60-90% 的水。

(b) 通过向悬浮体添加表面活性剂来形成铸型涂料的步骤, 该表面活性剂的添加量以质量计大于 0.005% 并且等于小于 0.1%。

(c) 将铸型涂料施加到已经加热至预定温度并且正在旋转的铸型的内周面上, 由此形成铸型涂料层的步骤。

(d) 通过表面活性剂在铸型涂料层中的气泡上的作用而形成凹陷部的步骤, 每个凹陷部的底部到达铸型的内周面, 从而在铸型涂料层中形成一具有收缩部分的凹陷部。

(e) 在铸型涂料已经干燥之后并且当铸型正在旋转时, 将铸铁的熔融金属浇注到铸型内的步骤, 由此制出在外周面上具有多个均带有收缩部分突起部的气缸套。

如同本发明第四方面的制造方法, 根据本发明第五方面的制造气缸套的方法也可制出与缸体材料的附着力和接合强度提高的气缸套。

在根据本发明第三至五方面中任何一个的制造用于包心铸造的气缸体的方法中, 耐火材料的平均粒度优选在 0.02mm 至 0.1mm 之间—包括 0.02mm 和 0.1mm。

在其中耐火材料的平均粒度小于 0.02mm 的制造方法中, 耐火材料难溶于水, 这降低了加工效率。

在其中耐火材料的平均粒度大于 0.1mm 的制造方法中, 在将铸型涂料施加到铸型的内周面上后, 铸型涂料层的内周面变得粗糙。从而难以使气缸套的外周面平滑。这降低了熔融金属在气缸套的突出部之间的充填率。因此, 减少了缸体材料和气缸套之间的附着力。

然而, 在其中耐火材料的平均粒度设定在上述优选范围内的气缸套制造方法中, 可消除上述缺陷。也就是说, 可在气缸套上的突出部之间形成平滑的外周面, 同时提高了制造气缸套的加工效率。

此外, 在上述制造方法中, 铸型涂料层的厚度优选在 0.5mm 至 1.1mm

之间—包括 0.5mm 和 1.1mm.

这样, 可将突出部的高度可靠地设定在 0.5mm 至 1.0mm 之间—包括 0.5mm 和 1.0mm.

#### 附图说明

图 1(a) 是示出一种根据本发明的一实施例的用于包心铸造的气缸套的结构透视图;

图 1(b) 是示出该气缸套的一部分的放大剖视图;

图 1(c) 是示出其中使用图 1(a) 的实施例中的气缸套的一气缸体的透视图;

图 2 是示出用于制造一气缸套的流程图;

图 3 是示出用于制造一气缸套的步骤图;

图 4 是一组剖视图, 这组剖视图示出在用于一气缸套的一制造步骤中通过其形成一铸型涂料层的步骤;

图 5(a) 和 5(b) 是示出测量一突出部的等高线的图;

图 6(a) 和 6(b) 是示出一突出部的等高线的图;

图 7(a) 和 7(b) 是示出一突出部的等高线的图;

图 8 是示出测量接合强度的图;

图 9 是示出对进行压铸的要求的图表;

图 10 是示出测量空隙率的图;

图 11 是示出在一铝材和一气缸套之间的边界的剖视图的照片的图;

图 12 是示出一具有一伸缩部分的突出部的图;

图 13 是示出第一突出部面积比与接合强度之间的关系的曲线图;

图 14 是示出第二突出部面积比与空隙率之间的关系的曲线图;

图 15 是示出第二示例的等高线的图; 及

图 16 是示出第四对比示例的等高线的图。

#### 具体实施方式

现在将参照图 1(a)-4 说明本发明的一实施例。图 1(a) 和 1(b) 示出一种根据本发明的用于包心铸造的气缸套 1。图 1(c) 示出其中使用该气缸套 1 的一气缸体 2 的一部分。

考虑到降低重量和成本, 可以将一铝材(铝或铝合金)用作用于该气缸体 2 的材料。至于铝合金, 可以使用一种例如在日本工业标准(JIS) ADC10(相关的美国标准 ASTM A380.0)中所规定的合金或者在 JIS ADC 12(相关的美国标准 ASTM A383.0)中所规定的合金。

在一气缸套 1 的外周面上, 亦即一缸套的外周面 11 上形成有均具有一收缩形状的突出部 1P。

每个突出部 1P 都形成为具有下列性质。

每个突出部 1P 在一热传导性部分 1Pa 和一远侧部分 1Pb 之间的中间部位处具有一最窄部分或者收缩部分 1Pc。

每个突出部 1P 都从该收缩部分 1Pc 朝向所述热传导性部分 1Pa 和远侧部分 1Pb 扩张。

每个突出部 1P 都在远侧部分 1Pb 处具有一基本平坦的顶部表面 1Pd。该顶部表面 1Pd 相对于气缸套 1 的径向方向位于最外侧位置。

在各突出部 1P 之间形成有一基本平坦的表面(基底表面 1D)。该基底表面 1D 基本对应于缸套的外周面 11。

气缸体 2 具有位于一气缸 21 的内周上的气缸套 1。

形成气缸体 2 的材料(在该实施例中是铝材)和气缸套 1 通过该缸套的外周面 11 和每个突出部 1P 的外周面相互结合。

气缸套 1 的内周面(衬里内周面 12)形成气缸体 2 中气缸 21 的内壁。

<用于气缸套的制造方法>

图 2 示意性示出用于气缸套 1 的制造方法。

通过如图 2 所示的步骤 A-步骤 F 制造气缸套 1。

将参照图 3 说明每个步骤。

[步骤 A]

通过将耐火材料 C1、粘结剂 C2 和水 C3 按预定的比例混合而制备悬

浮体 C4。

在该实施例中，耐火材料 C1、粘结剂 C2 和水 C3 的添加量的可能范围和耐火材料 C1 的平均粒度的可能范围设定如下。

耐火材料 C1 的添加量：以质量计 8-30%

粘结剂 C2 的添加量：以质量计 2-10%

水 C3 的添加量：以质量计 60-90%，

耐火材料 C1 的平均粒度：0.02-0.1mm

[步骤 B]

将预定量的表面活性剂 C5 加到悬浮体 C4 中，以便得到铸型涂料 C6。

在该实施例中，表面活性剂 C5 的添加量的可能范围设定如下。

表面活性剂 C5 的添加量：以质量计 0.005%  $<X \leq$  以质量计 0.1% (X 代表添加量)

[步骤 C]

通过喷洒将该铸型涂料 C6 施加到一已加热到一定温度并且正在旋转的模具 31 的一内周面 31F 上。这时，施加铸型涂料 C6 以便在整个内周面 31F 上形成一层厚度均匀的铸型涂料 C6 (铸型涂料层 C7)。

在该实施例中，铸型涂料层 C7 厚度的可能范围设定如下。

铸型涂料层 C7 的厚度：0.5mm-1.0mm。

图 4 示出用于在铸型涂料层 C7 中形成一具有一收缩部分的孔的步骤的顺序。

如图 4 中所示，表面活性剂 C5 作用于铸型涂料层 C7 中的一气泡 D1，因此在铸型涂料层 C7 的内周中形成一凹陷部 D2。然后，凹陷部 D2 的底部到达模具 31 的内周面 31F，因此在铸型涂料层 C7 中形成一具有一收缩部分的凹陷部 (或一孔) D3。该凹陷部 D3 延伸穿过该铸型涂料层 C7。

[步骤 D]

在使铸型涂料层 C7 干燥之后，将铸铁的熔融金属 C1 浇注到正在旋转的模具 31 中。这时，将其形状与铸型涂料层 C7 的凹陷部 D3 的形状相对应的各突出部复制到气缸套 1 上，以便在气缸套 1 的外周面上形成具有一

收缩部分的各突出部 1P。

[步骤 E]

在熔融金属 CI 硬化和气缸套 1 形成之后, 将气缸套 1 和铸型涂料层 C7 一起从模具 31 中取出。

[步骤 F]

利用一鼓风装置 32 从气缸套 1 的外周面去除铸型涂料 C6。

<突出部的面积比>

在该实施例中, 气缸衬 1 的第一突出部面积比 S1 和第二突出部面积比 S2 的可能范围设定如下:

第一突出部面积比 S1: 大于等于 10%

第一突出部面积比 S2: 小于等于 55%

或者, 可以适用下列范围。

第一突出部面积比 S1: 10%-50%

第一突出部面积比 S2: 20%-55%

第一突出部面积比 S1 对应于其高度与基底表面 1D 间隔 0.4mm (沿高度方向相对于基底表面 1D 的距离) 的一平面中每单位面积的突出部 1P 截面积。

第二突出部面积比 S2 对应于其高度与基底表面 1D 间隔 0.2mm (沿高度方向相对于基底表面 1D 的距离) 的一平面中每单位面积的突出部 1P 截面积。

<铸铁的成分>

考虑到耐磨性、抗咬合性和可成形性, 用于气缸套 1 的材料的铸铁的成分优选地设定如下。

T.C: 以质量计 2.9-3.7%

Si: 以质量计 1.6-2.8%

Mn: 以质量计 0.5-1.0%

P: 以质量计 0.05-0.4%

T.C 指材料中所包含的总碳量。

必要时可以增加下列物质。

Cr: 以质量计 0.05-0.4%

B: 以质量计 0.03-0.08%

Cu: 以质量计 0.3-0.5%

其余成分 - 亦即从以质量计 100%中减去上列物质的总和所得到的值 - 是铁。

#### [示例]

下面, 将基于在示例和对比示例之间进行对比而说明本发明。

在所述示例和对比示例中, 用一种与 FC230 (灰铸铁, 抗拉强度为 230MPa) 等效的材料通过离心浇铸生产气缸套。每个完成的气缸套的厚度设定为 2.3mm。下面所列的每组条件对于各示例和对比示例的其中一个是有特异的。其它条件对所有示例和对比示例都是共同的。

在所述示例和对比示例中, 气缸套一般根据该实施例的制造方法生产。然而, 用于在[步骤 C]中形成凹陷部和在[步骤 D]中形成突出部的形状的步骤的顺序在各示例和对比示例之间变化。

#### [示例 1-4]

将硅藻土用作耐火材料, 并将膨润土用作粘结剂。

将硅藻土、膨润土、水和表面活性剂按表 1 所示的比例混合, 以便得到铸型涂料。

表 1

|      | 硅藻土<br>[以质量计 %] | 膨润土<br>[以质量计 %] | 表面活性剂<br>[以质量计 %] | 水<br>[以质量计 %] |
|------|-----------------|-----------------|-------------------|---------------|
| 示例 1 | 24              | 6               | 0.008             | 余量            |
| 示例 2 | 20              | 6               | 0.01              | 余量            |
| 示例 3 | 20              | 5.5             | 0.011             | 余量            |
| 示例 4 | 16              | 4               | 0.013             | 余量            |

\* 余量: 100- (耐火材料+粘结剂+表面活性剂) [以质量计 %]

将该铸型涂料喷洒到一已加热到 200℃-400℃的模具的内周面上,以便在该内周面上形成一铸型涂料层。

[对比示例 1, 2]

将硅藻土用作耐火材料, 并将膨润土用作粘结剂。

将硅藻土、膨润土、水和表面活性剂按表 2 所示的比例混合, 以便得到铸型涂料。

将该铸型涂料喷洒到一已加热到 200℃-400℃的模具的内周面上, 以便在该内周面上形成一铸型涂料层。



表 2

|        | 硅藻土<br>[以质量计%] | 石英砂<br>[以质量计%] | 石英粉<br>[以质量计%] | 膨润土<br>[以质量计%] | 表面活性剂<br>[以质量计%] | 水<br>[以质量计%] |
|--------|----------------|----------------|----------------|----------------|------------------|--------------|
| 对比示例 1 | 25             | -              | -              | 8              | 0.003            | 余量           |
| 对比示例 2 | 20             | -              | -              | 5.5            | 0.15             | 余量           |
| 对比示例 3 | -              | 34             | 17             | 4              | -                | 余量           |
| 对比示例 4 | -              | 34             | 17             | 4              | 0.02             | 余量           |

\* 余量: 100-(耐火材料+粘结剂+表面活性剂) [以质量计%]

**[对比示例 3]**

将硅藻土和石英粉用作耐火材料，并将膨润土用作粘结剂。

将石英砂、石英粉、膨润土、水和表面活性剂按表 2 所示的比例混合，以便得到铸型涂料。

将该铸型涂料喷洒到一已加热到接近 300℃的模具的内周面上，以便在该内周面上形成一铸型涂料层。

**[对比示例 4]**

将硅藻土和石英粉用作耐火材料，并将膨润土用作粘结剂。

将石英砂、石英粉、膨润土、水和表面活性剂按表 2 所示的比例混合，以便得到铸型涂料。

将该铸型涂料喷洒到一已加热到接近 300℃的模具的内周面上，以便在该内周面上形成一铸型涂料层。

对示例 1-4 和对比示例 1-4 进行下列测量[a]-[h]。

[a]第一突出部面积比 S1

[b]第二突出部面积比 S2

[c]第一突出部截面积 SD1

[d]突出部数目 N1

[e]接合强度 P

[f]空隙率 G

[g]收缩度 PR

[h]突出部高度 H

现在将说明通过对气缸套外周面进行测量而得到的等高线。

<突出部的等高线>

参见图 5 (a) 和 5 (b)，将说明对突出部的等高线的测量。

[1] 将用于等高线测量的一测试件 TP1 放置在一测试台 42 上，以使气缸套的外周面 11 (突出部 1P) 面向一非接触式三维激光测量装置 41。

[2] 使来自该三维激光测量装置 41 的激光照射到该测试件 TP1 上。此时，使激光进行照射以便使该激光基本垂直于气缸套的外周面 11 (沿图中

箭头 V)。

[3] 将该三维激光测量装置 41 的测量结果输入一图像处理装置 43 中, 以便示出突出部 1P 的等高线图。

图 6 (a) 示出一等高线图的一示例。

图 6 (b) 示出等高线 L 和气缸套 1 的基底表面 1D (该缸套的外周面 11) 之间的关系。

如图 6 (b) 中所示, 等高线 L 在等高线图上沿突出部 1P 的高度方向 (沿着一箭头 Y) 以距基底表面 1D (气缸套的外周面 11) 一预定间隔而示出。下文中将把沿箭头 Y 相对于基底表面 1D 的距离称为测量高度。

尽管图 6 中的等高线 L 以 0.2mm 的间隔示出, 但必要时等高线 L 之间的间距可以改变。

#### [a] 第一突出部面积比

图 7 (a) 是一等高线图 (第一等高线图 F1), 其中未示出小于 0.4mm 测量高度的等高线。如 (W1 × W2) 所示的等高线图面积是一用于测量第一突出部面积比 S1 的单位面积。

在第一等高线图 F1 中, 由等高线 L4 包围的一区域 R4 的面积 (图中剖面线部分的面积 SR4) 对应于位于高度为 0.4mm 的平面中的一突出部截面积 (第一突出部截面积 SD1)。第一等高线图 F1 中区域 R4 的数目 (区域数目 N4) 对应于第一等高线图 F1 中突出部 1P 的数目。

第一突出部面积比 S1 计算为区域 R4 的总面积 (SR4 × N4) 与等高线图面积 (W1 × W2) 的比值。也就是说, 第一突出部面积比 S1 对应于测量高度为 0.4mm 的平面中单位面积里第一突出部截面积 SD1 的总面积。

第一突出部面积比 S1 通过下列等式计算。

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

#### [b] 第二突出部面积比

图 7 (b) 是一等高线图 (第二等高线图 F2), 其中未示出小于 0.2mm 测量高度的等高线。等高线图的面积 (W1 × W2) 是一用于测量第二突出部面积比 S2 的单位面积。

在第二等高线图 F2 中, 由等高线 L2 包围的一区域 R2 的面积 (图中剖面线部分的面积 SR2) 对应于位于高度为 0.2mm 的平面中一突出部的截面积 (第二突出部截面积 SD2)。第二等高线图 F2 中区域 R2 的数目 (区域数目 N2) 对应于第二等高线图 F2 中突出部 1P 的数目。

第二突出部面积比 S2 计算为区域 R2 的总面积 (SR2 × N2) 与等高线图面积 (W1 × W2) 的比值。也就是说, 第二突出部面积比 S2 对应于测量高度为 0.2mm 的平面中单位面积里第二突出部截面积 SD2 的总面积。

第二突出部面积比 S2 通过下列等式计算。

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

#### [c] 第一突出部截面积

第一突出部截面积 SD1 计算为位于测量高度为 0.4mm 的平面中的突出部之一的截面积。例如, 通过对等高线图进行图像处理, 通过计算第一等高线图 F1 (图 7(a)) 中区域 R4 的面积, 或是剖面线部分的截面积 SR4 得到第一突出部面积 SD1。

#### [d] 突出部数目

突出部数目 N1 计算为等高线图中气缸套 1 外周面 11 上每单位面积 (1cm<sup>2</sup>) 所形成的突出部 1P 的数目。例如, 通过等高线图的图像处理, 突出部数目 N1 通过计算第一等高线图 (图 7(a)) 中区域 R4 的总数得到。

#### [e] 接合强度

图 8 示出接合强度 P 的测量。

[1] 通过压铸生产用于评价的单缸式气缸体 61。将示例 1-4 和对比示例 1-4 应用于用于气缸体 61 的气缸套 51。在图 9 所示的条件下进行压铸。

[2] 用每个单缸式气缸体 61 的气缸 62 生产一具有一缸套壁 52 和一气缸壁 63 的测试件 TP2。将用于一拉伸试验的臂 44 分别粘合到该测试件 TP2 的缸套内周面 53 和气缸外周面 64 上。

[3] 在一拉伸试验装置中, 通过一夹具 45 保持其中一臂 44, 通过另一臂 44 将一拉伸负载施加到测试件 TP2 上, 以便沿一垂直于该缸套内周面

53 (气缸外周面 64) 的方向或者沿一箭头 Z 的方向剥离该缸套壁 52 和气缸壁 63。通过该拉伸试验, 将缸套壁 52 和气缸壁 63 被剥离时获得的强度作为接合强度 P。

#### [f] 空隙率

图 10 示出空隙率 G 的测量。

[1] 通过压铸生产用于评价的单缸式气缸体 61。将示例 1-4 和对比示例 1-4 应用于用于气缸体 61 的气缸套 51。在图 9 所示的条件下进行压铸。

[2] 将单缸式气缸体 61 的气缸 62 切成一 15mm 厚的环, 以便形成一具有一缸套部分 54 和一气缸部分 65 的测试件 TP3。

[3] 用一显微镜 46 观察该缸套部分 54 和气缸部分 65 之间的边界。然后, 通过对该边界的横截面照片进行图像处理而计算空隙率 G。

图 11 示出在一单缸式气缸体的一测试件中缸套部分和气缸部分之间的边界的照片的一示例, 其中, 一示例的气缸套施加到该气缸体上。

空隙率 G 计算为在边界截面照片中缸套部分和气缸部分 (铝材) 之间的边界中形成的空隙 GP (空隙面积 GA) 与单位面积 SA 的比值。

该空隙率用下列等式表示。

$$G=GA/SA$$

气缸套和铝材之间的附着力与所述空隙率 G 相关。当空隙率 G 减小时, 附着力增加。

#### [g] 收缩度

图 12 示出一具有一收缩部分的突出部的模型。

收缩度 PR 计算为突出部 1P 的远侧部分最大直径 PR1 与中间部分最小直径 PR2 之间的差值, 上述最大直径 PR1 和最小直径 PR2 是在测试件 TP3 的边界横截面照片 (图 11) 上测量的。

收缩度 PR 用下列等式表示。

$$PR=PR1-PR2 \text{ [mm]}$$

#### [h] 突出部高度

用一深度千分尺测量突出部高度 H (从突出部 1P 的基底表面 1D 到其

顶部表面 1Pd 的距离)。在该实施例中,对于每个突出部 1P 在四个不同的位置进行测量,并将测得值的平均值作为突出部高度 H。

上述参数的测量结果示于表 3 中。

表 3

|           | 第一突出部<br>面积比<br>[%] | 第二突出部<br>面积比<br>[%] | 突出部数目<br>[ 个 /cm <sup>2</sup> ] | 第一突出部<br>截面积<br>[mm <sup>2</sup> / 个 ] | 接合强度<br>[MPa] | 空隙率<br>[-] | 收缩度<br>[mm] | 突出部<br>高度<br>[mm] |
|-----------|---------------------|---------------------|---------------------------------|----------------------------------------|---------------|------------|-------------|-------------------|
| 示例1       | 10                  | 20                  | 20                              | 0.5                                    | 16            | 0          | 0.15        | 0.6               |
| 示例2       | 20                  | 35                  | 25                              | 0.6                                    | 25            | 0.2        | 0.32        | 0.7               |
| 示例3       | 30                  | 45                  | 50                              | 0.6                                    | 34            | 0.3        | 0.37        | 0.9               |
| 示例4       | 50                  | 55                  | 60                              | 0.83                                   | 52            | 0.4        | 0.42        | 1.0               |
| 对比<br>示例1 | 2                   | 10                  | 3                               | 0.3                                    | 2.5           | 0          | 0           | 0.3               |
| 对比<br>示例2 | 25                  | 72                  | 30                              | 0.83                                   | 3             | 1.4        | 0           | 0.8               |
| 对比<br>示例3 | 0                   | 1                   | 0                               | 0                                      | 2             | 0          | 0           | 0.2               |
| 对比<br>示例4 | 42                  | 70                  | *                               | *                                      | 40            | 1.3        | 0.15        | 1.2               |

\* 指由于突出部组合在一起而不能测量相应的值。

图 13 示出第一突出部面积比  $S1$  与接合强度  $P$  之间的关系, 上述第一突出部面积比  $S1$  和接合强度  $P$  都是通过测量得到的。

如图 13 中所示, 当第一突出部面积比  $S1$  小于 10% 时, 接合强度  $P$  显著降低。尽管对比示例 2 的第一突出部面积比  $S1$  大于等于 10%, 但因为具有收缩部分的突出部的数目为零, 所以接合强度低于各示例的接合强度。

将一其中第一突出部面积比  $S1$  大于等于 10% 的气缸套和一其中第一突出部面积比  $S1$  小于 10% 的气缸套施加到气缸体上, 并比较这些气缸体的变形量。结果证实后者的变形量是前者的变形量的 3 倍以上。

图 14 示出通过测量得到的第二突出部面积比  $S2$  与空隙率  $G$  之间的关系。

如图 14 所示, 当第二突出部面积比  $S2$  大于 55% 时, 空隙率  $G$  显著增加。

从这些结果可以证明, 将其中第一突出部面积比  $S1$  大于等于 10% 和第二突出部面积比  $S2$  小于等于 55% 的气缸套应用于气缸体有利地改善了该气缸体材料和该气缸套之间的接合强度和附着力。

通过将第一突出部面积比  $S1$  的上限设定为 50%, 可将第二突出部面积比  $S2$  设定为小于等于 55%。通过将第二突出部面积比  $S2$  的下限设定到 20%, 可将第一突出部面积比  $S1$  设定为大于等于 10%。

图 15 是示例 2 的一气缸套中的一等高线图, 其中测量高度小于 0.4mm 的等高线  $L$  未示出。

图 16 是对比示例 4 的一气缸套中的一等高线图, 其中测量高度小于 0.4mm 的等高线  $L$  未示出。

图 15 和 16 表明, 对比示例 4 中的突出部连接在一起, 而示例 2 中的突出部相互独立。

#### <实施例 (示例) 的优点>

如上所述, 根据实施例 (示例) 的用于包心铸造的气缸套具有下列优点。

(1) 根据该实施例的气缸套 1 的突出部高度  $H$  设定在 0.5mm 和



1.0mm 之间 - 包括 0.5mm 和 1.0mm。这种构型消除了下列缺陷。

如果生产一突出部高度  $H$  设定为小于 0.5mm 的气缸套, 则通过包心铸造而在其中设置一气缸套的气缸体在气缸体材料和气缸套之间将没有足够的接合强度。

在突出部高度  $H$  大于 1.0mm 的情况下, 所形成的突出部容易断裂。这导致突出部之间的高度不均, 并降低外径的精度。而且, 因为外周面上的突出部容易断裂, 削弱了防止气缸套与缸体材料脱离的优点。

(2) 在根据该实施例的气缸套 1 的缸套外周面 11 上, 每  $\text{cm}^2$  的突出部 1P 的数目设定在 5 个和 60 个之间 - 包括 5 个和 60 个。这种构型消除了下列缺陷。

一每平方厘米 ( $\text{cm}^2$ ) 具有少于 5 个的突出部的气缸套由于突出部数目不够而在缸体材料和气缸套之间不能有足够的接合强度。

在一气缸套的每平方厘米 ( $\text{cm}^2$ ) 具有多于 60 个的突出部的情况下, 因为突出部之间的空间较窄, 降低了用于缸体材料的熔融金属的充填率。结果, 降低了缸体材料和气缸套之间的附着力。

(3) 将根据该实施例的气缸套 1 的第一突出部面积比  $S1$  设定为大于等于 10%。这种构型有利地增加了缸体材料和气缸套之间的接合强度。

(4) 将根据该实施例的气缸套 1 的第二突出部面积比  $S2$  设定为小于等于 55%。这种构型有利地增加了缸体材料和气缸套之间的附着力。

(5) 将根据该实施例的气缸套 1 的第一突出部面积比  $S1$  的上限设定为 50%。这防止第二突出部面积比  $S2$  超过 55%。

(6) 将根据该实施例的气缸套 1 的第二突出部面积比  $S2$  的下限设定为 20%。这防止第一突出部面积比  $S1$  降低低于 10%。

(7) 根据该实施例的气缸套 1 的突出部 1P 这样形成, 即使等高线图上由等高线  $L4$  包围的每个区域  $R4$  相互分开。也就是说, 这样生产气缸套 1, 即使各突出部 1P 在测量高度为 0.4mm 的一平面中相互独立。这种构型有利地增加了缸体材料和气缸套之间的附着力。在其中由一等高线  $L4$  包围的一区域  $R4$  与另一区域干涉的一气缸套中, 缸体材料的充填率降低,

并在缸体材料和气缸套之间产生空间。这降低了附着力。

(8) 在测量高度为 0.4mm 的平面中, 根据该实施例的气缸套 1 的每个突出部的面积都设定在  $0.2\text{mm}^2$  和  $3.0\text{mm}^2$  之间—包括  $0.2\text{mm}^2$  和  $3.0\text{mm}^2$ 。这种构型消除了下列缺陷。

如果每个突出部的面积都小于  $0.2\text{mm}^2$ , 则该突出部的强度降低。因此, 当生产一种具有这种突出部的气缸套时, 这些突出部将被损坏。

如果每个突出部的面积都大于  $3.0\text{mm}^2$ , 则缸体材料和气缸套之间的附着力降低。

如上所述, 根据该实施例(示例)的制造用于包心铸造的气缸套的方法具有下列优点。

(9) 在根据该实施例的气缸套制造方法中, 耐火材料 C1 的添加量设定为以质量计 8-30%—包括 8% 和 30%。这种构型消除了下列缺陷。

在其中耐火材料 C1 的添加量以质量计小于 8% 的制造方法中, 剥离和隔热效果都降低了。这使得熔融金属 CI 熔合到铸型上并使气缸套的材料变差。

在其中耐火材料 C1 的添加量以质量计大于 30% 的制造方法中, 铸型涂料 C6 的流动性降低, 并且难以将铸型涂料 C6 均匀地施加到模具 31 的内周面 31F。这降低了气缸套的外径精度。

(10) 在根据该实施例的气缸套制造方法中, 粘结剂 C2 的添加量设定为以质量计 2-10%—包括 2% 和 10%。这种构型消除了下列缺陷。

在其中粘结剂 C2 的添加量以质量计小于 2% 的制造方法中, 铸型涂料 C6 的强度不足。这降低了突出部 1P 的可成形性。

在其中粘结剂 C2 的添加量以质量计大于 10% 的制造方法中, 铸型涂料 C6 的流动性降低, 并且难以将铸型涂料 C6 均匀地施加到模具 31 的内周面 31F。这降低了气缸套的外径精度。

(11) 在根据该实施例的气缸套制造方法中, 水 C3 的添加量设定为以质量计 60-90%—包括 60% 和 90%。这种构型消除了下列缺陷。

在其中水 C3 的添加量以质量计小于 60% 的制造方法中, 铸型涂料 C6

的流动性降低,并且难以将铸型涂料 C6 均匀地施加到模具 31 的内周面 13F。这降低了气缸套的外径精度。

在其中水 C3 的添加量以质量计大于 90%的制造方法中,铸型涂料层 C7 难以干燥。这降低了缸套外周面 11 上的突出部的可成形性。

(12) 在根据该实施例的气缸套制造方法中,表面活性剂 C5 的添加量设定为以质量计 0.005-0.1%—包括 0.005%和 0.1%。这种构型消除了下列缺陷。

在其中表面活性剂 C5 的添加量以质量计小于等于 0.005%的制造方法中,表面活性剂 C5 的作用很小。从而难以在缸套的外周面上形成突出部。

在其中表面活性剂 C5 的添加量以质量计大于 0.1%的制造方法中,表面活性剂 C5 的作用过度。从而难以在缸套的外周面上形成带有收缩部分的突出部。

(13) 在根据该实施例的气缸套制造方法中,耐火材料 C1 的平均粒度设定在 0.02mm 至 0.1mm 之间—包括 0.02mm 和 0.1mm。这种构型消除了下列缺陷。

在其中耐火材料 C1 的平均粒度小于 0.02mm 的制造方法中,耐火材料 C1 难溶于水,这降低了加工效率。

在其中耐火材料 C1 的平均粒度大于 0.1mm 的制造方法中,在铸型涂料层的内周面粗糙,并且难以使缸套外周面上的突出部之间的部分平滑。这降低了缸体材料的充填率。

也就是说,将平均粒度设定在 0.02mm 至 0.1mm 之间提高了气缸套制造方法的加工效率。而且,使得基底表面 1D 在气缸套外周面上的突出部之间平滑。

(14) 在根据该实施例的气缸套制造方法中,铸型涂料层 C7 的厚度设定在 0.5mm 至 1.1mm 之间—包括 0.5mm 和 1.1mm。因此,可将突出部 1P (的高度)可靠地形成在 0.5mm 至 1.0mm 之间。

<修改>

可以对上述实施例进行如下修改。

在所示实施例中，第一突出部面积比  $S1$  大于等于 10%，并且第二突出部面积比  $S2$  小于等于 55%。这些面积比  $S1$ 、 $S2$  的范围可以进行如下修改。

第一突出部面积比  $S1$ : 10%-30%

第二突出部面积比  $S2$ : 20%-45%

这些构型进一步改善了缸体材料和气缸套之间的附着力和接合强度。

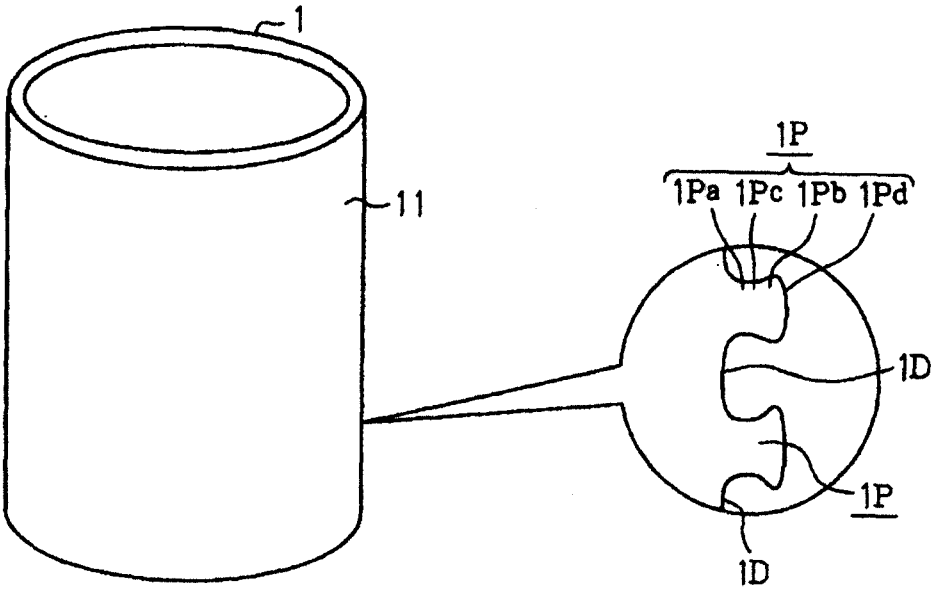


图 1 (a)

图 1 (b)

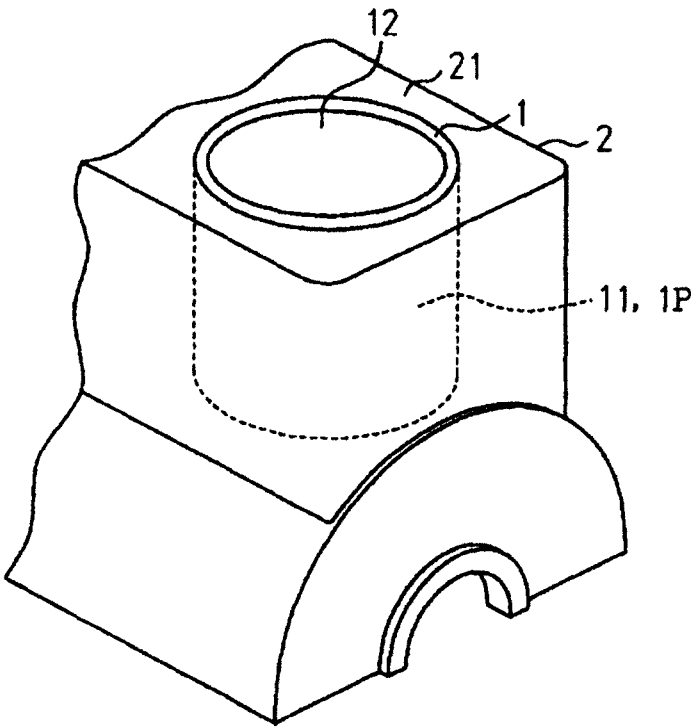


图 1 (c)

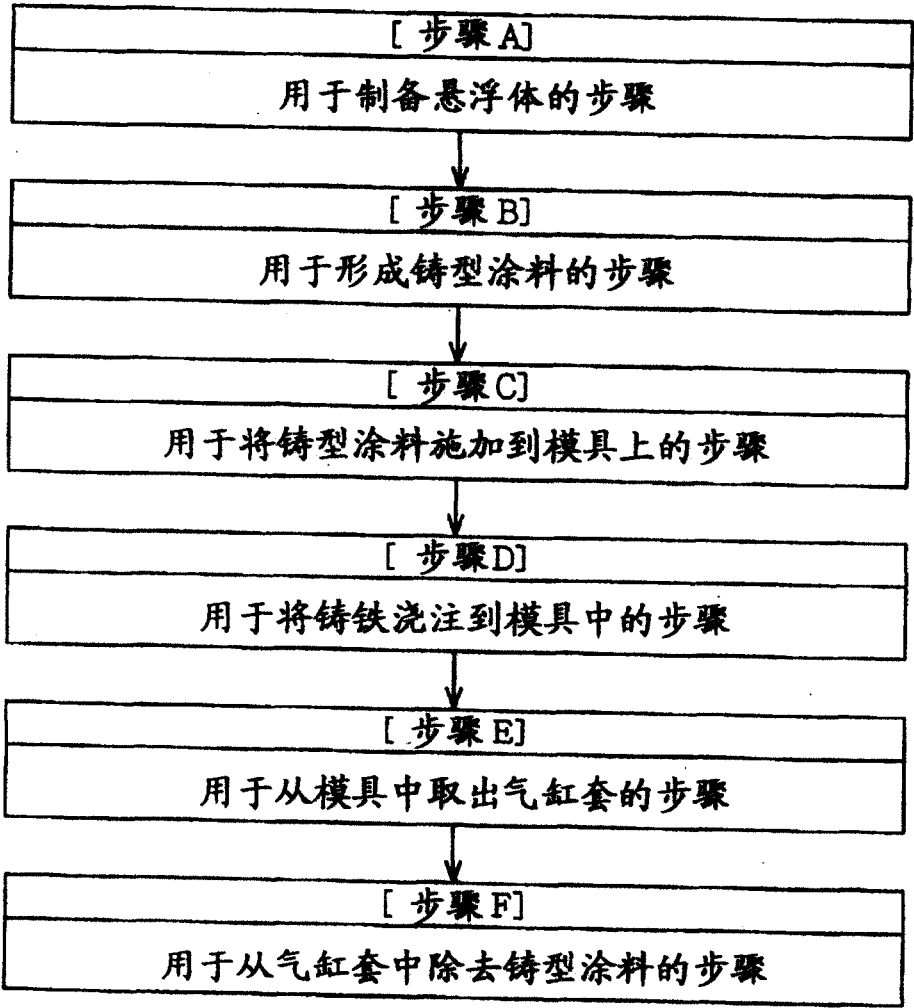


图 2

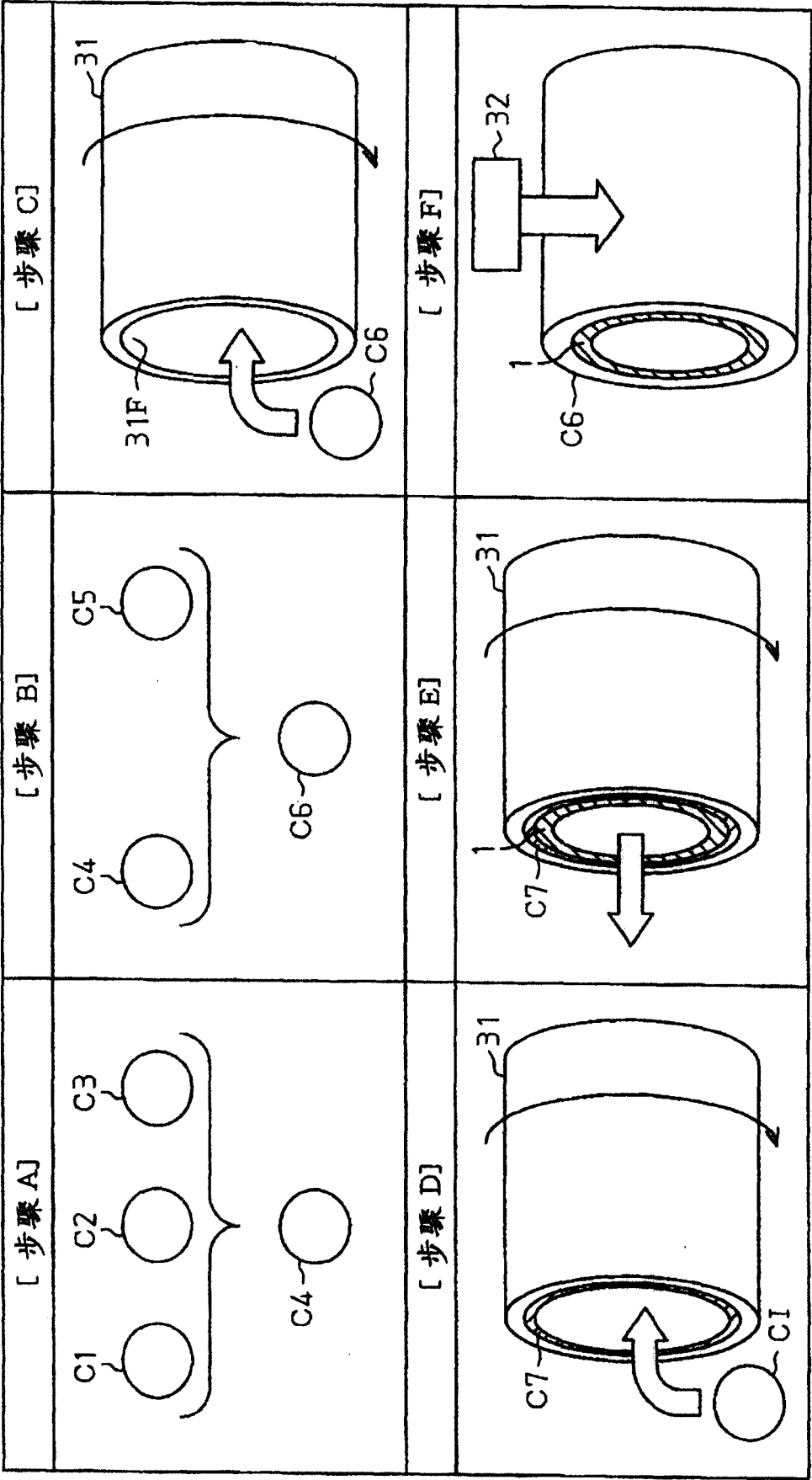


图 3

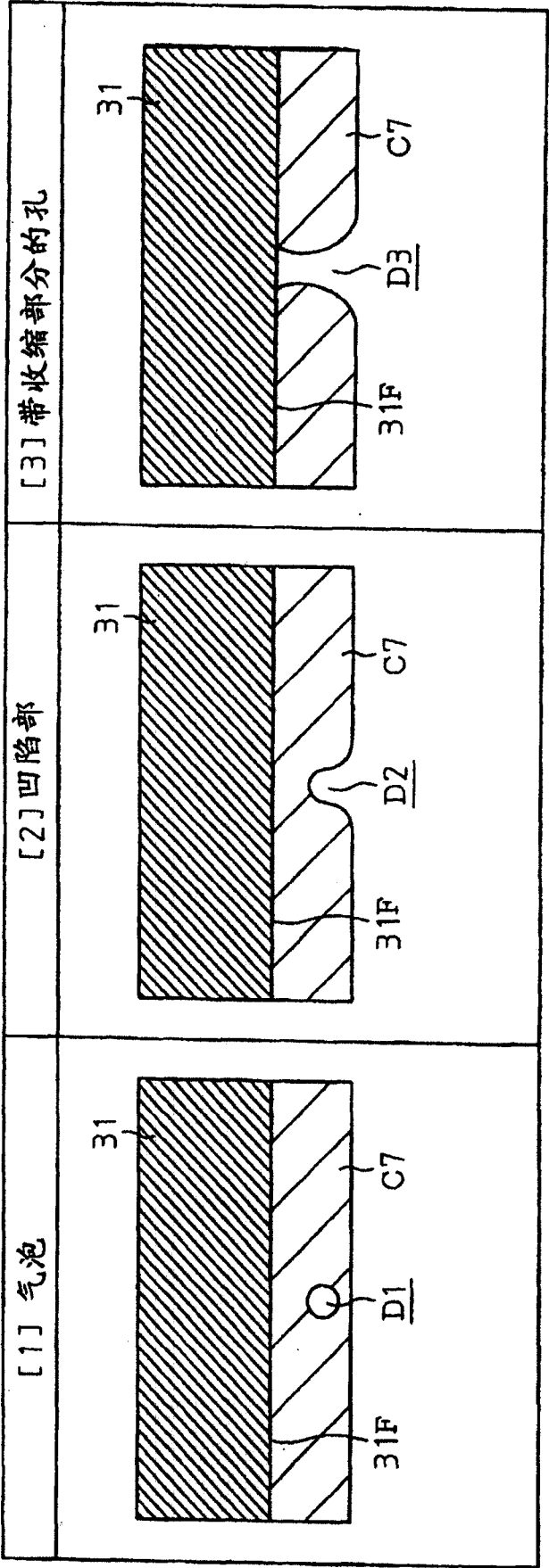


图 4



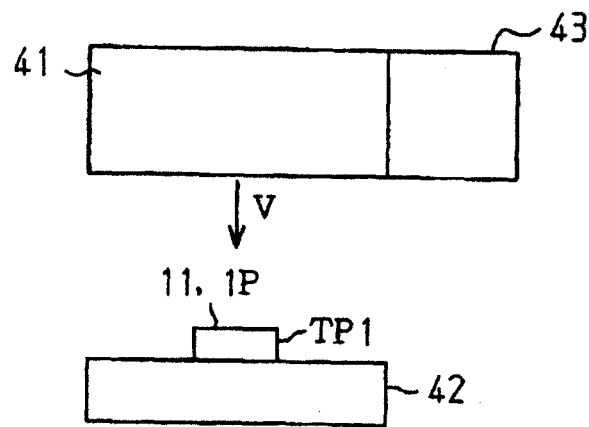


图 5 ( a )

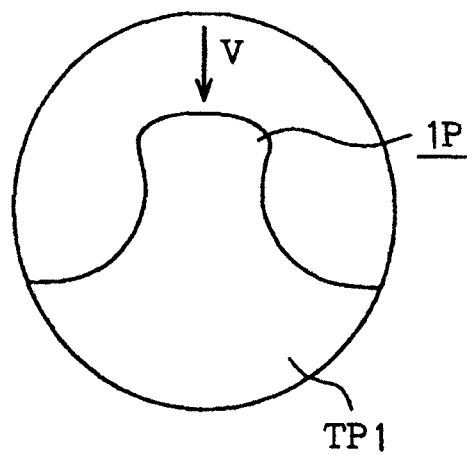


图 5 ( b )

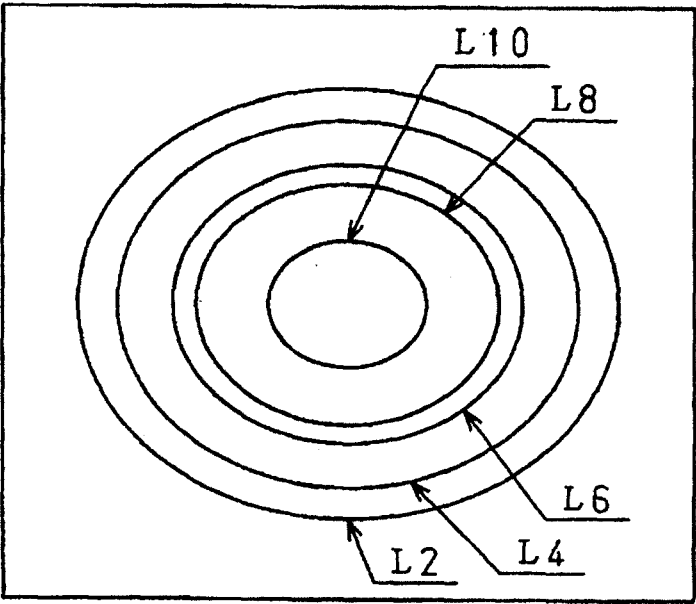


图 6 (a)

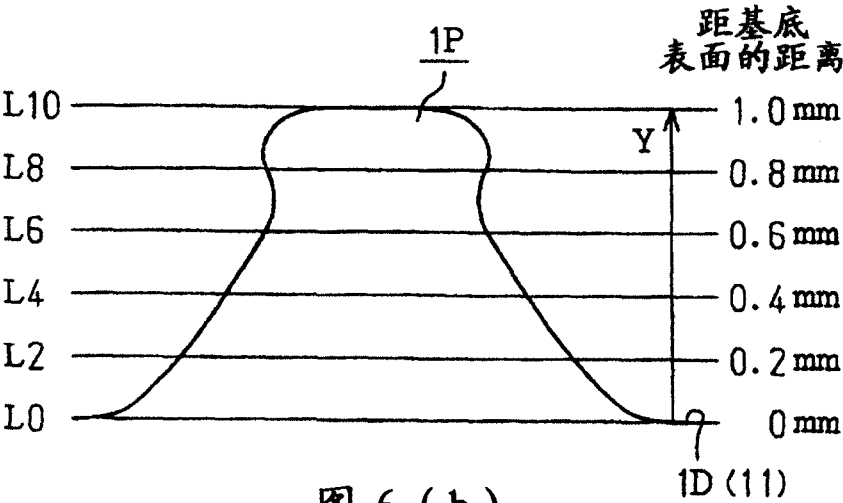


图 6 (b)

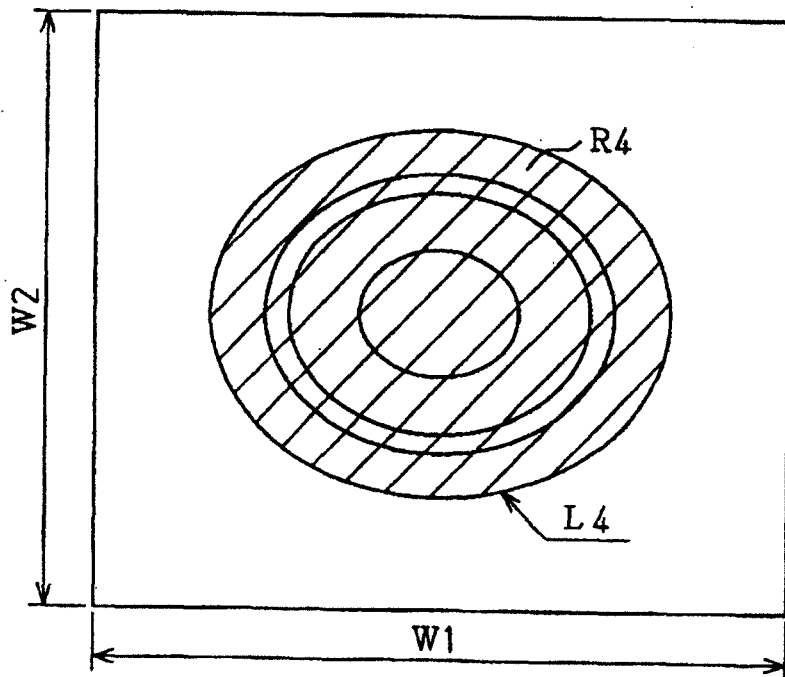


图 7 ( a )

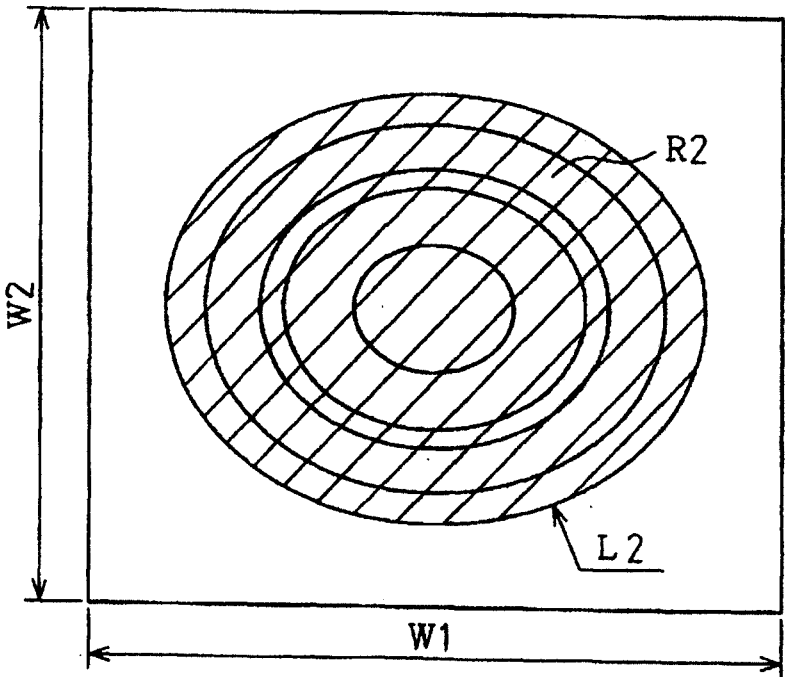


图 7 ( b )

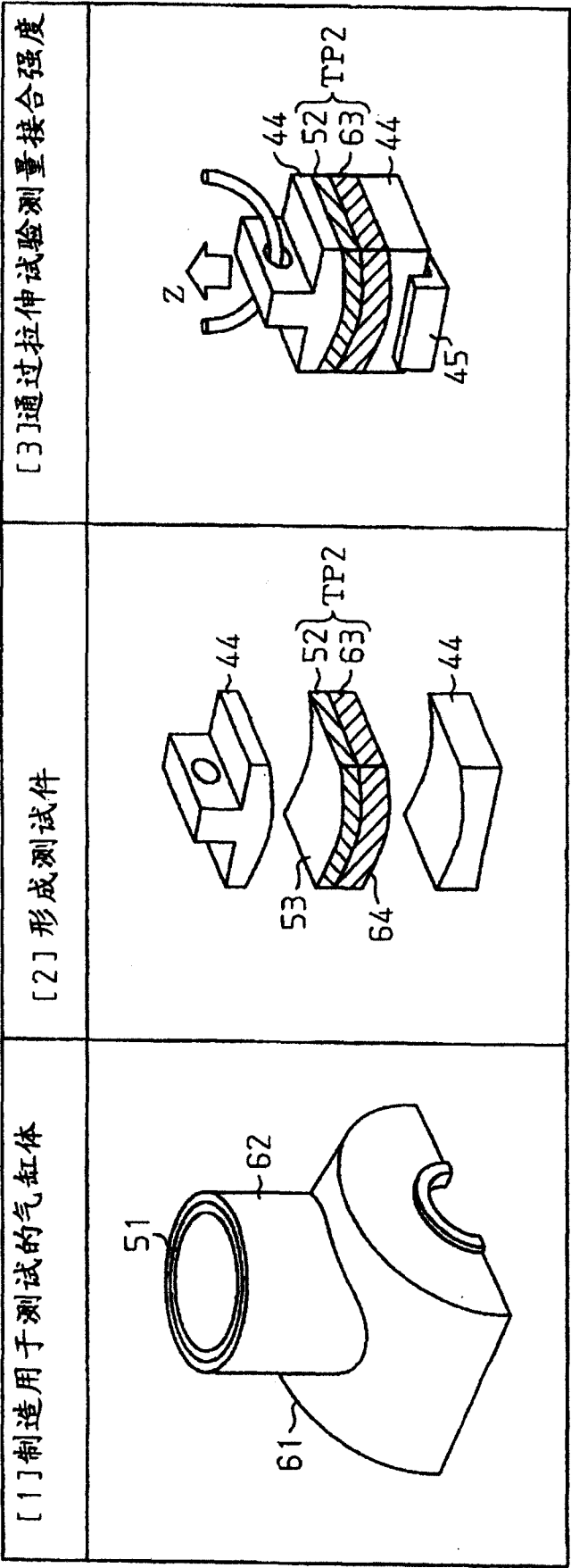


图 8

| 压铸用条件        |       |       |
|--------------|-------|-------|
| 铝材           | ADC12 |       |
| 铸造压力         | 55    | [MPa] |
| 铸造速度         | 1.7   | [m/s] |
| 熔融金属温度       | 670   | [℃]   |
| 气缸厚度<br>(铝材) | 4.0   | [mm]  |

图 9

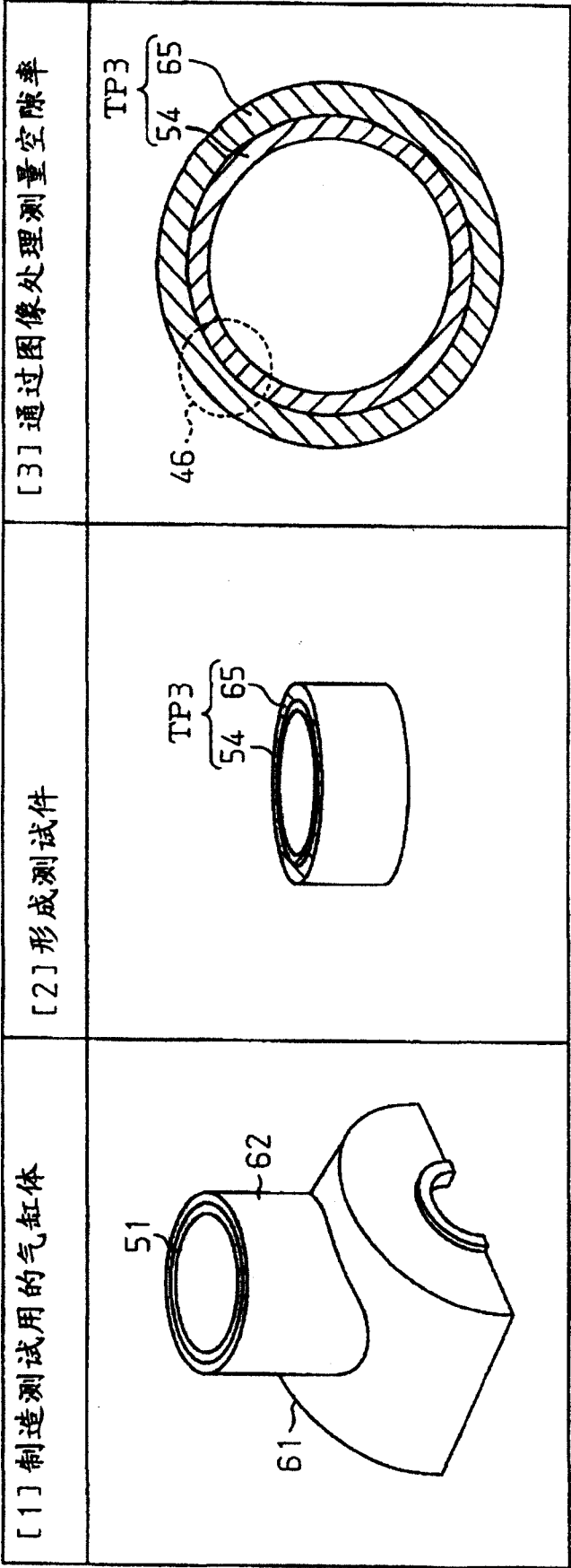


图 10

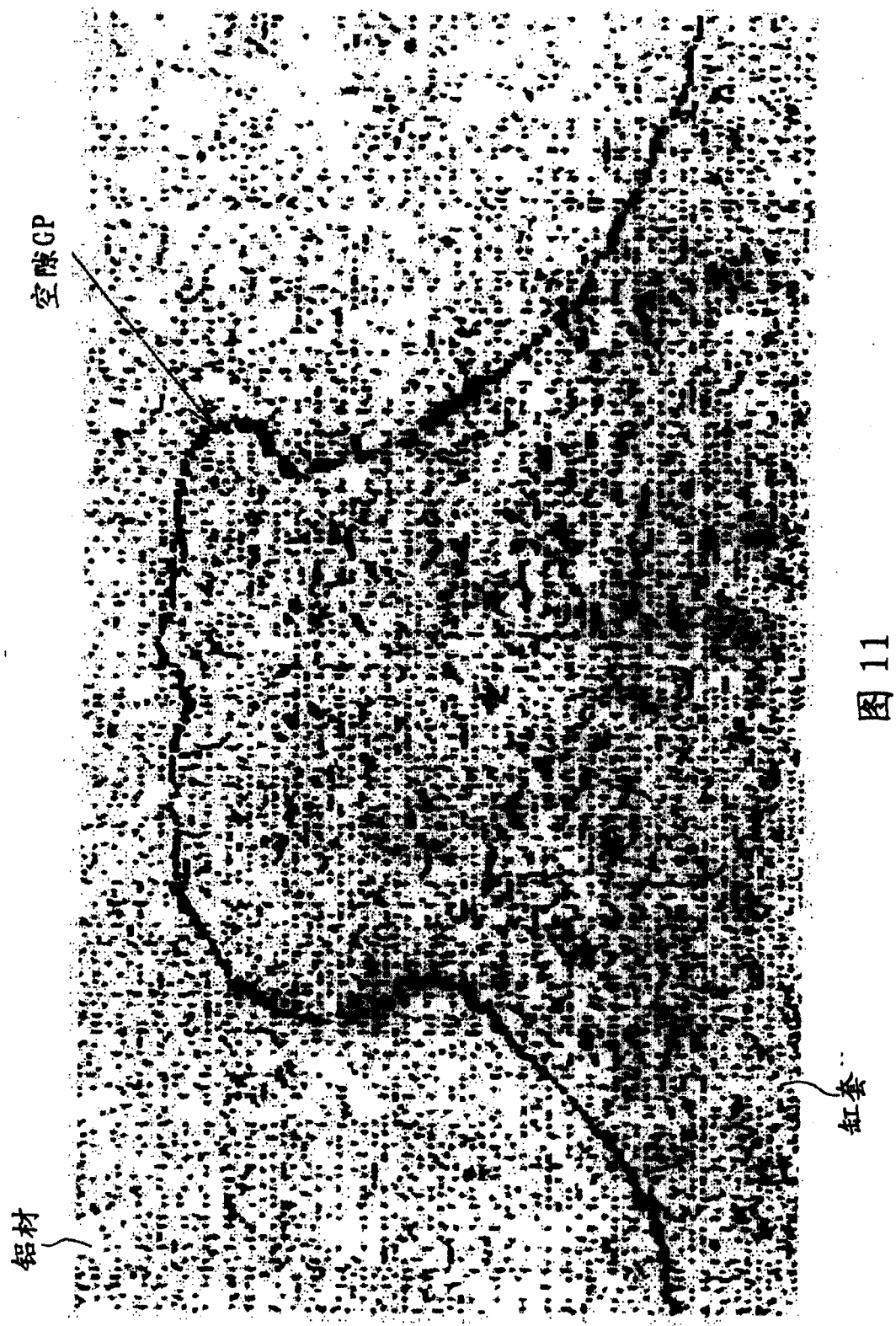


图 11

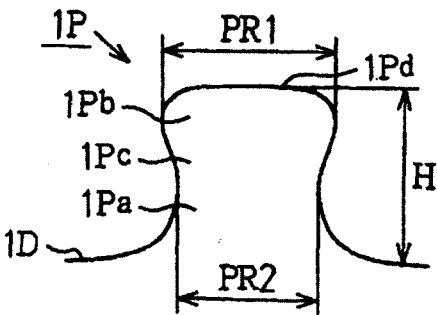


图 12



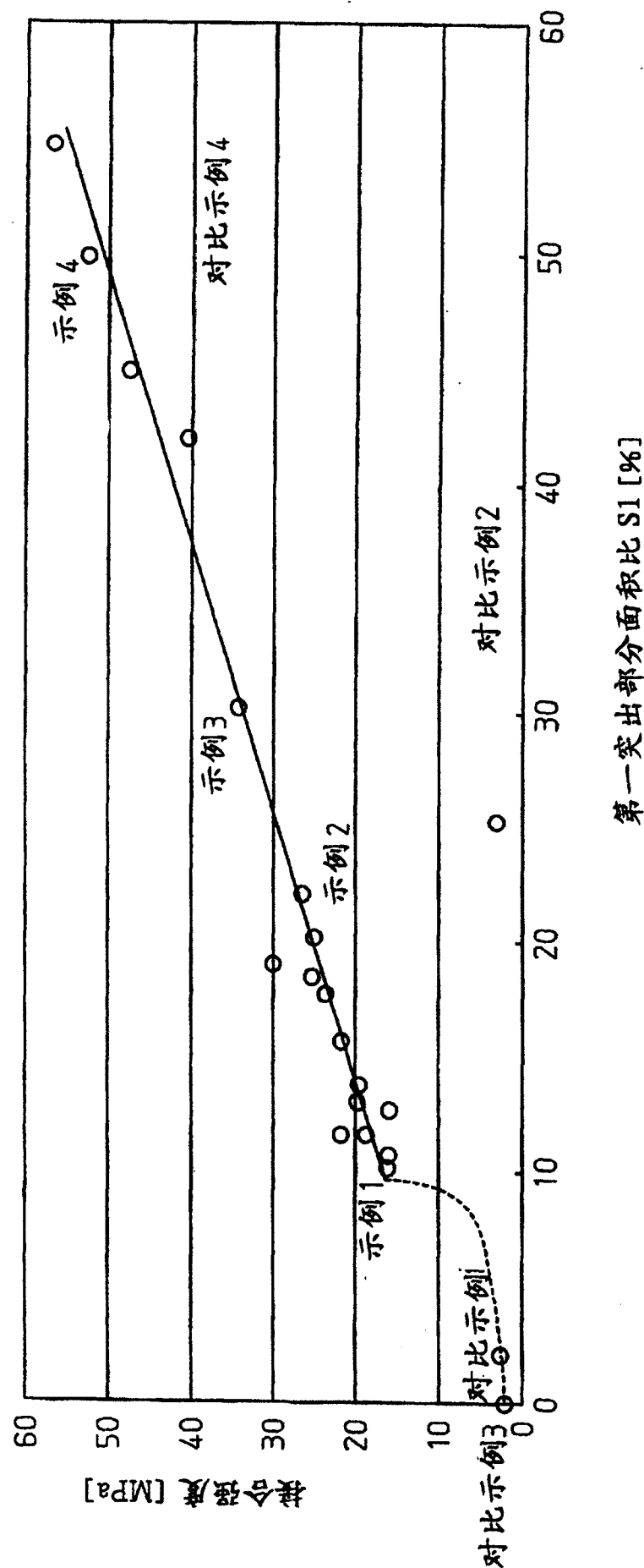
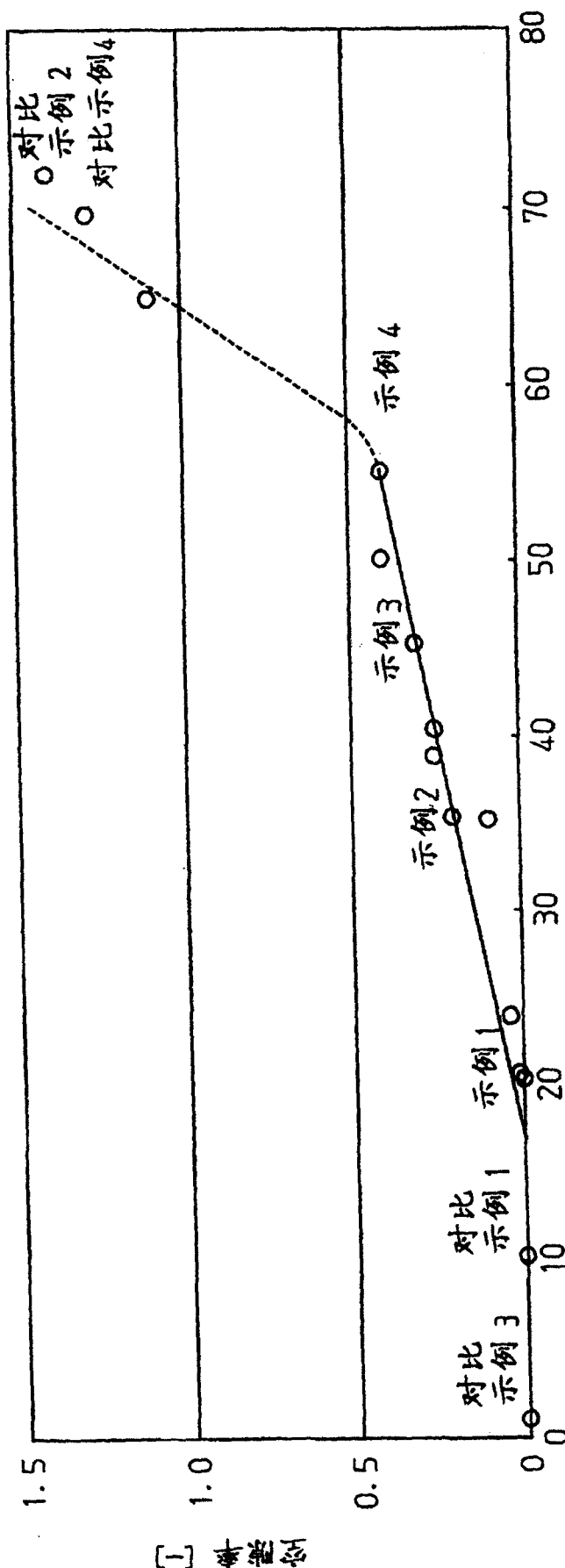


图 13



第二突出部分面积比 S2 [%]

图 14

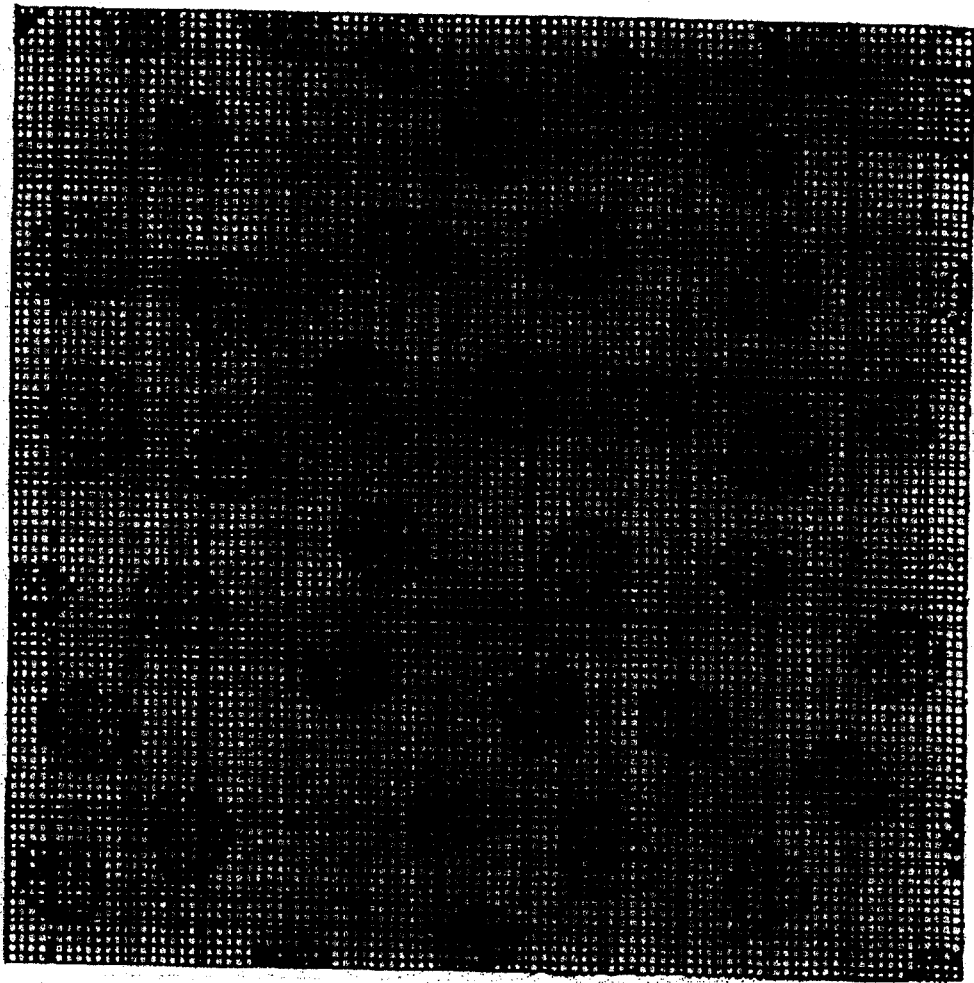


图 15

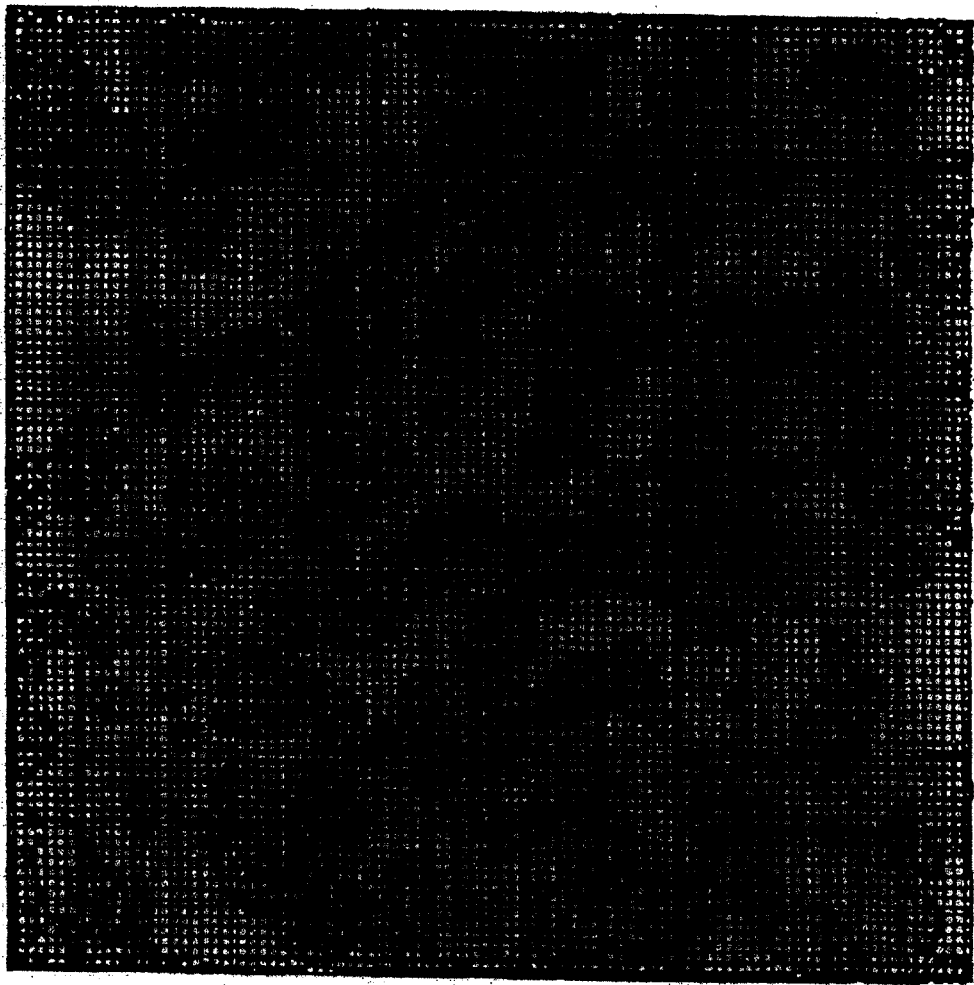


图 16