

[12] 发 明 专 利 说 明 书

[21] ZL 专利号 97117670.1

[45]授权公告日 2002 年 5 月 1 日

[11]授权公告号 CN 1083741C

[22]申请日 1997.8.26 [24]颁证日 2002.5.1

[21]申请号 97117670.1

[30]优先权

[32]1996.8.27 [33]DE [31]19634504.9

[73]专利权人 戴姆勒-奔驰公司

地址 联邦德国斯图加特

[72]发明人 弗朗茨·吕克特 彼得·施托克尔

[56]参考文献

GB8812258 1961.11.1 B22D19/00

审查员 杨开宁

[74]专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利商标事
务所

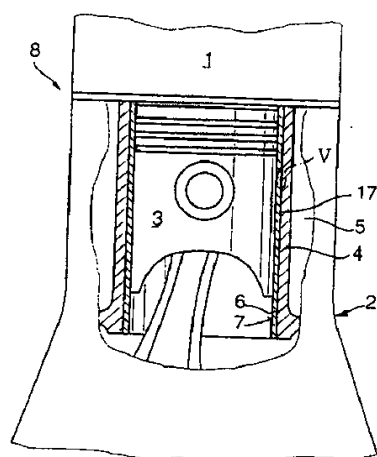
代理人 范 莉

权利要求书 2 页 说明书 11 页 附图页数 7 页

[54]发明名称 被铸入另一轻金属铸件中的轻金属零件
毛坯以及生产方法

[57]摘要

本发明涉及一种优先由过共晶铝/硅合金形成并被铸入曲轴箱的汽缸套毛坯,以及一种生产上述毛坯的方法。采用一种特殊的表面处理,毛坯在其外侧有 30 ~ 60 μm 的粗糙度,其形状为棱锥形或矛形的凸起 材料结疤或材料堆积。这是通过喷丸达到的,由脆的硬材料最好是高级 金刚砂组成的颗粒被破碎以具有锐利的边缘,它有约 70 μm 的平均尺寸。所形成的细的成份被不断地分离,平均粒子尺寸通过添加新的颗粒 而得到保持。



权 利 要 求 书

1. 一种由过共晶铝/硅合金构成的汽缸套毛坯(9),该毛坯要被铸入一个往复式活塞发动机(8)的由轻金属构成的模铸的曲轴箱(2)中,其特征在于,为了与模铸曲轴箱(2)进行紧密的金属连接,毛坯(9)在其外表面(10)上具有大于 $20\mu\text{m}$ 的粗糙度并将被轻金属铸件(2)的材料(16)包围,此表面的形貌由带坡度的、大体为棱锥形或矛形的凸起材料结疤或材料堆积(11)形成,它们在其基部直接进入汽缸套毛坯的基体组织中,所述凸起材料结疤或材料堆积(11)构成多个小的开始部位,以用于初期熔化过程,从而致密地覆盖住汽缸套毛坯(9)的外表面(10)。

2. 根据权利要求1所述的毛坯,其特征在于,形状与尺寸都随机的棱锥形或矛形凸起材料结疤或材料堆积(11)在其表面(10)上按统计平均而大体均匀地分布。

3. 根据权利要求1所述的毛坯,其特征在于,毛坯(9)在其外表面(10)上的峰与谷之间的高度约为 $30\text{-}60\mu\text{m}$ 。

4. 用于制造由过共晶铝/硅合金构成的汽缸套毛坯的方法,该毛坯要被铸入一个往复式活塞发动机的轻金属曲轴箱中,在此方法中,首先生产一管状毛坯并将其机加工成所要求的形状与所要求的尺寸,以特别用于生产如权利要求1所述的汽缸套,其特征在于,用颗粒(13)对表面将被轻金属曲轴箱(2)的材料(16)包围的毛坯(9)的外表面(10)进行喷丸,使该颗粒破碎以使其具有锐利的边缘并由脆而硬的材料构成,且由被引导的气流(12)携带,而且,当它们冲击毛坯(9)时,其表面(10)被打毛,并形成棱锥形或矛形凸起材料结疤或材料堆积(11)。

5. 根据权利要求4所述的方法,其特征在于,所述的硬材料为金刚砂,以使用颗粒对外表面(10)进行喷丸。

6. 根据权利要求5所述的方法,其特征在于,所述的硬材料为高级的金刚砂。

7. 根据权利要求4所述的方法,其特征在于,所采用的硬材料颗粒

(13) 具有约 $70\mu\text{m}$ 的平均粒子尺寸 (d)。

8. 根据权利要求 4 所述的方法, 其特征在于, 将由空气携带的颗粒流以约 $90\pm 45^\circ$ 的角度 (α) 导至毛坯 (9) 的表面 (10) 的处理部位。

9. 根据权利要求 4 所述的方法, 其特征在于, 使在喷丸过程中由于所用的硬材料颗粒 (13) 破碎而形成的细的部分 (14) 连续地从颗粒 (13) 中分离, 并通过加入大体上质量相同并具有规定的平均粒子尺寸 (d) 的新粒子 (13), 从而至少大体上保持运行中的喷丸材料的平均粒子尺寸 (d')。

说 明 书

被铸入另一轻金属铸件中的轻金属零件毛坯以及生产方法

如同例如从 DE 4438550A1 知道的铸入曲轴箱的汽缸套的例子那样, 本发明涉及一种由过共晶铝/硅合金构成的汽缸套毛坯, 该毛坯要被铸入一个往复式活塞发动机的由轻金属构成的模铸的曲轴箱中; 本发明还涉及一种用于制造由过共晶铝/硅合金构成的汽缸套毛坯的方法, 该毛坯要被铸入一个往复式活塞发动机的轻金属曲轴箱中, 在此方法中, 首先生产一管状毛坯并将其机加工成所要求的形状与所要求的尺寸, 以特别用于生产上述汽缸套。

将单独制造的汽缸套铸入轻金属曲轴箱中, 使之有可能优化往复运动的活塞在汽缸套中的运行性能, 而不管曲轴箱的材料如何。有可能, 甚至已经在这方面获得了很大的成功。但是, 在汽缸套铸入轻金属曲轴箱中时, 可能由于这样的事实而产生问题, 即缸套的外侧与曲轴箱的结合不充分。当发动机运行时, 材料上的结合不完善可能造成从往复运动的活塞式发动机中废热的排出受阻, 而且在特别不利的情况下, 甚至会导致汽缸套在曲轴箱中松动。至于其它被铸入的零件例如铸造的活塞中的锻造的活塞凹座, 如果仅仅由于强度的理由, 良好的结合是不可缺少的。

DE4328619C2 深入研究了关于轻金属零件在铸入时, 特别是在汽缸套被铸入的情况下的良好的材料结合问题, 旨在通过汽缸套的有控制的预热, 在缸套的外面与曲轴箱材料之间得到无气孔的材料结合。预热至规定的温度例如 450 °C 并送入铸模中的汽缸套毛坯通过流入的曲轴箱材料熔液使其表面被熔化 (初期地), 并由此与曲轴箱材料紧密结合。平行地引向接触表面的高熔液流可进一步促进这一作用, 这不仅仅是由于有较好的热交换而导致增加的初期熔化, 而且也由于从缸套的接触侧洗去总是存在的氧化物皮。熔液的这种强烈的相对流动可以用各种措施来保证。上述公开资料在这方面提到一种巧妙的选择和浇铸口的分布或熔

液的搅动或者甚至诱导在熔液中产生液体流动的涡流电。这一方法的缺点为，预热至导致确实的初期熔化的温度的汽缸套毛坯难于操作，尤其在铸造多缸曲轴箱时。在将各个预热的汽缸套依次逐步放入铸模中时，必然由于冷却而不得不允许在铸造作业中有不同的汽缸套温度或是在铸模中设置加热元件，以保持已经放入的汽缸套毛坯为热的，这样，就使铸模复杂化并对热从正在凝固的铸件中的散发起着不利的作用。在任何情况下，必然安装一个预热炉，它导致更多的投资费用，而最重要的则是导致更多的运行能源费用。此外，高的预热温度可能导致汽缸套材料中的非所希望的组织变化，这种变化会对汽缸套的运行性能起着不良的影响。在任何情况下，如果汽缸套毛坯在铸入时熔化至靠近运行表面的区域，就可以得到与摩擦学有关的组织变化。此处必须考虑到，在汽缸套毛坯的内侧必须备有至少 1mm 左右的机械加工余量。因此，为了防止汽缸套毛坯在各处真正完全熔化，必须提供一个相应的厚壁毛坯。但是，由于汽缸的间距是越小越好，因此希望有尽可能薄的壁的汽缸套。另一方面，如果汽缸套由于某种理由也就是说，出于谨慎或由于不小心而不能充分预热，则至少在模铸时只有非常短的时间可用于充满模子和到凝固开始，以致所说的这种初期熔化措施在此可用的短时间内无法实现或是只能实现得很不完全。

本发明的目的为改善被铸入的轻金属结构零件的这一类毛坯和相应的制造方法，使其达到这样一个效果，即毛坯在铸入时，即使不预热，也能在宽广的面积上与铸件周围的铸造材料形成紧密的材料结合。

为了实现上述目的，本发明提供了一种由过共晶铝/硅合金构成的汽缸套毛坯，该毛坯要被铸入一个往复式活塞发动机的由轻金属构成的模铸的曲轴箱中，其中，为了与模铸曲轴箱进行紧密的金属连接，毛坯在其外表面上具有大于 $20\mu\text{m}$ 的粗糙度并将被轻金属铸件的材料包围，此表面的形貌由带坡度的、大体为棱锥形或矛形的凸起材料结疤或材料堆积形成，它们在其基部直接进入汽缸套毛坯的基体组织中，所述凸起材料结疤或材料堆积构成多个小的开始部位，以用于初期熔化过程，从而致密地覆盖住汽缸套毛坯的外表面。

本发明还提供了一种用于制造由过共晶铝/硅合金构成的汽缸套毛坯的

方法，该毛坯要被铸入一个往复式活塞发动机的轻金属曲轴箱中，在此方法中，首先生产一管状毛坯并将其机加工成所要求的形状与所要求的尺寸，以特别用于生产所述的汽缸套，其中，用颗粒对表面将被轻金属曲轴箱的材料包围的毛坯的外表面进行喷丸，使该颗粒破碎以使其具有锐利的边缘并由脆而硬的材料构成，且由被引导的气流携带，而且，当它们冲击毛坯时，其表面被打毛，并形成棱锥形或矛形凸起材料结疤或材料堆积。

重要的是，毛坯的外接触表面具有很多带坡度的材料隆起例如棱锥形或矛形隆起的形貌，这些隆起的基部不受干扰地在宽广的区域中进入毛坯的基体材料中。虽然存在有氧化物皮，但是毛坯接触侧的这许多小的棱锥形或矛形突起材料结疤或材料堆积的顶峰在其与周围铸件的熔液接触时就在其顶峰区立即开始熔化，这是因为，在此小接触区中，因与熔液接触而供应的热能足够高，而热散入材料的深度在开始时仍然小，因此在局部有足够的能量密度用于克服局部的氧化物皮壁垒。已经开始的初期熔化在毛坯接触侧的近表面层中非常迅速地蔓延。棱锥形或矛形突起材料结疤或材料堆积由此构成用于初期熔化过程的开始部位。由于已经一度开始的初期熔化过程的迅速发展以及由于接触侧已经被这种开始部位稠密地覆盖，那

些初期熔化开始的部位非常快地结合成连续的近表面初期熔化区。因此，初期熔化迅速蔓延至表面区，但是在毛坯壁厚中渗透的深度比较浅，以致在毛坯壁的反面侧例如在活塞运行的这一侧，组织仍然保持不受影响。

采用本发明，可以得到下列许多非常不同的优点：

- 取消铸入零件特别是被铸入的汽缸套毛坯的预热，同时去掉与之有关的投资费用与运行费用和操作问题。

- 通过将铸入零件的外表面或接触表面打毛，可以同时达到任何情况下都需要的清洁的作用，因而不需要单独的清洁，用于打毛的投资费用和运行费用与用于清洁的费用大致差不多，因此，粗糙化实际上不需要额外的费用；

- 在铸入的汽缸套毛坯的情况下，可以以高度的工艺可靠性避免汽缸套毛坯的运行侧的与摩擦学有关的组织变化；

- 有可能用于具有较小的壁厚的铸入零件；至少可以采用比铸件预热的铸入工序更高的工艺可靠性控制较小的壁厚；

- 较小的汽缸壁厚度允许有较小的汽缸间隔，因此，当活塞容量保持不变时，有较短的、较轻的和低成本的发动机，这种发动机允许在汽车中有较小的发动机空间，同时，由于与质量有关，可使被其驱动的汽车燃料消耗较低；

- 与未经打毛的铸入零件的铸入相比，可以在铸入零件与铸件周围部分之间在接触表面的范围内得到一具有广泛的、均匀的、高品质的冶金结合；

- 在汽缸套的情况下，如测量结果所示，可以得到较高的制造精度，特别是与制造有关的汽缸翘曲，这是因为，与曲轴箱有良好的材料结合的汽缸套比基本上只被形状配合地包围的汽缸套有较大的刚度；

- 由于汽缸套与曲轴箱材料的较好的冶金结合，因此有可能得到较大的刚度，得到周向与轴向都均匀即均质的汽缸壁，而且在装配汽缸头并在其间设有密封垫时，得到较小的与装配有关的汽缸翘曲；

- 由于汽缸套在曲轴箱中的高强度材料结合，在汽缸套的端面上不需要有固定肩环，因而汽缸套可以单纯地从制造技术方面设计，并可由

此以合适的成本生产;

· 在汽缸套的情况下, 由于汽缸套与曲轴箱材料的较好的冶金结合, 因此, 当发动机在运行时, 有较好的、在表面区更均匀的热传递, 可以得到汽缸套在周向和轴向的较均匀的温度分布曲线和较少的与热有关的汽缸翘曲;

· 此外, 很好地结合的汽缸套的温度水平总体上低于未曾打毛就铸入的汽缸套的温度水平, 这在发动机运行时对油的挥发率有有利的作用, 因而对油的消耗和废气中的由润滑油产生的碳氢化合物含量有有利的作用;

· 较高的与制造有关的尺寸精度、较小的与装配有关的汽缸翘曲和汽缸套的较小的与运行有关的热翘曲本身又使之有可能得到较小的活塞间隙, 它对废气中的由燃料产生的碳氢化合物的含量有有利的作用;

· 还有, 运行表面的高尺寸精度使活塞的振动程度较小, 从而使发动机有较平稳的运行;

· 运行表面的高尺寸精度还造成活塞环的较好的密封作用, 因而有较小的漏气损失和较少的油耗, 也即有较高的效率、较低的燃烧损耗和较小的特别是由油产生的碳氢化合物的散发。

本发明的合适的实施例可以从从属权利要求中得到; 还有, 本发明在下面还参考附图中所示的实施例作了说明, 这些图是:

图 1 示出了其中铸入有汽缸套的往复式活塞发动机的局部剖视图;

图 2 示出了用于按照图 1 的往复式活塞发动机的汽缸套毛坯的细节;

图 3 示出了按照图 2 的毛坯的壁在近表面区的金相剖面(图 2 的 III 的细部), 它说明外表面的粗糙度;

图 4 示出了按照图 2 的毛坯的外表面的细部(图 2 的 IV 的细部)的扫描电子显微镜照片, 它说明了表面的形貌;

图 5 示出了按照图 1 的曲轴箱汽缸壁在铸入的汽缸套与曲轴箱基体材料之间的边界区中, 在汽缸套与曲轴箱基体材料之间有良好的材料结合处的金相剖面(图 1 的 V 的细部);

图 6 示出了与图 5 相似的金相剖面, 但具有比图 5 大不到 10 倍的放

大系数；其位置为在汽缸套与曲轴箱基体材料间有多孔结合之处；

图 7 示出了与图 6 相似的并具有与图 6 相似的放大的金相剖面，但其位置为在汽缸套与曲轴箱基体材料间没有任何结合之处；

图 8a 至 8f 为按照本发明的其外面已经打毛的六缸曲轴箱的铸入汽缸套的运行表面在铸入前的多个超声波反射照片，它示出了在汽缸套的展开的创成表面上汽缸套与曲轴箱基体材料间的结合分布，其中，表示材料结合良好的交叉线区在比例上占据了大的表面积；

图 9a 至 9h 作为比较而示出了设计基本相同但是有八个缸的曲轴箱的类似的多个超声波反射照片，其中，汽缸套毛坯在其外侧是按传统的方式用车床切削加工的，其具有良好结合的交叉线区占据了小部分的表面积；

图 10 示出了一种工艺方法布置，它用于用颗粒对汽缸套毛坯外表面进行喷丸；

图 11 示出了几个硬材料颗粒的放大的细部，该材料经过破碎，以致具有锐利的边缘并用于按照本发明的表面喷丸；

图 12 示出了喷丸颗粒在使用后和喷丸材料经过处理后处于新的状态时尺寸的不同频率分布曲线。

在图 1 中局部示出的往复活塞式发动机包括一压铸的曲轴箱 2，其中设置有在顶部自由直立（所谓敞顶设计）的汽缸 4，每个用于容纳一汽缸套 6，活塞 3 在汽缸套中被导向，以便能上下移动。在曲轴箱 2 的顶上装有具有用于气体交换和气体点火的装置的汽缸头 1，其间设有汽缸头密封垫。在曲轴箱内，在汽缸罩 4 的周围设有用于形成冷却汽缸用的水套的空间。

汽缸套 6 用最好是过共晶铝/硅合金制成并作为单独的零件用一种在此处无更多兴趣的方法预先制造，然后作为毛坯铸入曲轴箱 2 中并与曲轴箱一起进行最终的机加工。

在汽缸套铸入曲轴箱中时，重要的是，在缸套材料与曲轴箱材料之间，在尽可能大的面积部分中建立一良好的、不受干扰的材料结合。为达到此目的，被轻金属曲轴箱 2 的材料 16 包围的毛坯 9 的外表面 10 上具有规定的最小粗糙度 $20\ \mu\text{m}$ ，最好为 $30\sim 60\ \mu\text{m}$ ，此表面的形貌

由带坡度的棱锥形或矛形的凸起材料结疤或材料堆积 11 形成。形状与尺寸都随机并在其表面 10 上大体均匀分布的向外带坡度的材料隆起在其基部不受干扰地在宽广的区域中进入汽缸套的基体材料中。虽然有氧化物皮，但是当曲轴箱材料遇上汽缸套的外表面 10 时，这许多小的材料隆起的顶峰立即开始熔化，这是因为，在这些小接触区中，由与熔液接触而供应的热能足够高，而热散入材料的深度在开始时仍然较小，因此在局部有足够的能量密度用于克服局部的氧化物皮壁垒。已经开始的初期熔化在汽缸套毛坯的接触侧的近表面层中非常迅速地蔓延。由于已经一度开始的初期熔化过程的迅速发展以及由于接触侧已经被这种开始部位稠密地覆盖，那些初期熔化已经非常快地开始的部位结合在连续的近表面的初期熔化区中。因此，初期熔化迅速地蔓延至表面区，但是在汽缸套壁中渗透的深度比较浅，以致汽缸套的靠近活塞运行侧的组织仍然保持不受影响，这时仍然要考虑至少 1mm 的机加工余量。在铸入作业中，尽管放入铸模中的汽缸套的温度较低，但在汽缸套与曲轴箱之间仍在广大的区域中形成良好的材料结合。由于低的温度例如室温，汽缸套可以不困难地进行处理和储存。甚至当送入铸模的汽缸套间接地通过铸模旁边的、汽缸套在其上滑入规定的位置的对中芯棒冷却时，在铸入时仍然有良好的结合。由于这种冷却，例如由于水经过对中芯棒流动，不仅可以减少铸造的冷却时间，由此提高生产率，而且还有可能防止汽缸套的组织在远低于熔化温度时的加热，而这种加热有时会造成组织变化。

下面将参考图 5 至 9 更详细地说明可以达到的良好的材料结合的品质。系列图 5、6 和 7 示出了从铸入的汽缸套与曲轴箱基体材料之间的接触区（按照图 1 的 V 的细部）得到的金相剖面的三个根本不同的结合品质。

图 5 以用延伸的比例指出的很高的放大示出汽缸套与曲轴箱基体材料之间的良好结合，上述结合在图 8a 至 8f 和 9a 至 9h 的图示中用交叉线表示，图 5 的图示中清楚地显示出汽缸套的材料 15 在前接触区 17 不受干扰地进入曲轴箱的材料 16。

图 6 示出了在汽缸套与曲轴箱基体材料之间的多孔结合处的与图 5 相似的金相剖面，但是可以从所代表的比例尺看出，它以小于 10 的因子



放大，其结合范围用图 8a 至 8f 和 9a 至 9h 中的小点表示。此处，有良好结合的小的部位与不同材料之间的较广大的波面对照区（region of front-like contrast）交替，在该区域中，还夹入空气夹杂物。

在以与图 6 相同的放大率示出的按照图 7 的金相剖面中，可以看到汽缸套与曲轴箱基体材料之间没有任何结合的部位；在图 8a 至 8f 和 9a 至 9h 的图示中，这些区是空白的，在接触区 17 可以看到一个具有至少 $1\ \mu\text{m}$ 的宽度的间隙和许多空气夹杂物。

图 8a 至 8f 和图 9a 至 9h 分别示出了 6 缸曲轴箱和 8 缸曲轴箱的铸入汽缸套的运行表面的超声波反射照片（它们的更详细的情况将在下面说明），上述汽缸套在铸入前在其外侧经过不同的处理，图 9a 和 9a 指定为曲轴箱的第一缸，8b 和 9b 为第二缸，等等，而图 8f 则指定为第六缸，图 9h 则为第八缸。两个例子都涉及具有 V 形汽缸排布置的发动机，这就是为什么各个汽缸的反射照相按两排布置的原因。矩形的两个长边分别对应于汽缸运行表面的上端和下端。矩形的两个短边对应于朝向内燃机的前侧或控制室侧的运行表面的创成线；矩形创成面的垂直中心线朝向发动机的后方（在该处放置传动箱）。照片的垂直的四分之一分割线和四分之三分割线必须想象为位于汽缸列的侧面。具体一些，反射照片的朝向图 8 与 9 的中间的上述分割线对应于朝向 V 形发动机的中间的创成线，也就是说对应于在入口侧的创成线，而朝向图的边缘的分割线对应于外创成线，即在出口侧的创成线。

这种超声反射照片是在水下拍摄的，水用作超声波源或超声波接收器和被检测的对象之间的传播与接触介质。水与壁的材料在一定程度上构成多少是均质的用于超声波的传播介质，上述传播介质受到金属中的缺陷例如横过传播方向的间隙或没有材料结合的接触部位的干扰。只有小部分超声波可以跨过这类缺陷，而主声能的大部分则在这些缺陷处被反射。在被测试的汽缸套的中部，在规定的高度处，并且以规定的取向，安装一个同时也是一个超声波接收器的超声波发射器。超声波发射器以高的方向性发出非常短的超声波信号，而超声波接收器则接收从汽缸壁上反射回来的回声，记录回声的强度而不是传播时间，由于这类超声波的结果，被检测对象内部的非金属夹杂物通过被反射的声音的强度的增

加而被检测到，这与尘粒、烟雾或其类似物可以通过明亮的光线的光束而在气体中可见相类似。在铸入的汽缸套与曲轴箱之间没有缺陷且材料结合良好的地方 - 按照图 5 - 发射的超声波脉冲在穿过无缺陷的壁时实际上没有任何回声；回声的强度在此处非常低。在被空气夹杂物和小间隙干扰的地方（图 6），被反射的超声波的强度要高得多，而在间隙沿一宽广的区域延伸的情况下（图 7），发射的超声波的非常大的一部分被反射。借助于这种试验布置，可以以高的局部分辨率逐行扫描整个汽缸套的表面，从而可如图 8a 至 8f 和 9a 至 9h 所示在汽缸套的展开的刨成表面上形成超声波反射照片。

图 8a 至 8f 的超声波反射照片示出汽缸套与曲轴箱基体材料之间的良好结合。这些汽缸套在被铸入以前在其外侧 10 上按照本发明进行了打毛。代表良好的材料结合的交叉线区在此处按比例占据了约 80 至 95 % 的大表面区。只有在少数汽缸中在传动箱侧或入口侧的区域包含具有不良结合的区域，这些比较小的部位具有可以容忍的大小。在汽缸套的周向位置没有与曲轴箱材料完全没有材料结合的部位。如果材料结合区只在轴向上较短，则只限于在少数汽缸的周向的个别局部小部位的区域中。此外，无论就一个曲轴箱的个别汽缸或是依次铸造的曲轴箱而言，这些图象都是不能复制的。此处，当然可能通过优化措施得到进一步的改善，尤其是关于熔液的引导。

在图 8 的个别反射照片的上缘区中，有一没有任何材料结合的狭条，这在实际中是不足为奇的，这是因为，根据铸造位置和熔液引导，包围铸造作业是从底部向上进行的，上部区域是熔液最后到达的区域。不过，由于此结合不良的区域位于活塞环上方的所谓活塞端环槽脊区，因此，为了使污染物排放少，在此区域完全希望有较高的汽缸壁温度，而且任何与装配有关的汽缸翘曲（Warping）是绝对可以忽略的。

反之，作为对比，按照图 9a 至 9h 的超声波反射照片示出，当汽缸套毛坯在其外侧按传统方法用车床切削时，其结合结果是如何较差的，该照相取自设计基本相同，但是有八个缸的曲轴箱的例子。虽然被铸造在一起的零件的良好结合与不良结合的分布在此处是比较均匀地复制的，但其结果很差。具体一些，在按照图 9 的超声波反射照片中，具有



良好结合的交叉线区域按比例只占据很小的表面积，即约 20 %。有良好结合的部位全部按照熔液的引导位于曲轴箱的出口侧。未结合的或有受干扰的结合的比例很高，同时，在某些情况下，至少是在规定的载荷和/或环境条件下，将削弱运行废热从内燃机至冷却水的正确散发。此外，由于汽缸套在周向与轴向上都有不均匀的温度分布，因而使汽缸套有高度不规则的热变形，因此需要有较大的活塞间隙，而这又会由于在活塞周向与汽缸运行表面之间的较大的间隙量而在废气中产生较高比例的未燃烧的碳氢化合物。还有，对按照图 9a 至 9h 有缺陷地铸入的汽缸套所作的指责为，在大的周向区域中，它们沿轴向未与曲轴箱材料连接，同时，在这些部位，它们可能会在汽缸头密封垫的压力的作用下沿轴向位移，不仅导致汽缸头密封垫的推挤力的不均匀分布，而且还加大汽缸套的不均匀变形。运行表面的不均匀的形状，也就是说，汽缸形状与圆形和与直线的刨成形状的几个 μm 左右的偏差对活塞的平稳运行和对活塞环的良好密封作用均有不良的影响。在汽缸套在铸入时无初期熔化的情况下，已经在汽缸套的端面上在外部做出固定肩环，上述肩环用于保证汽缸套在曲轴箱中的轴向形状相配的连接并防止汽缸套轴向松动。不过，这种肩环通常只能通过附加的机加工作业（在两个肩环之间用车床进行切削加工）并用更多的原料做出。

为了可以在被铸入的汽缸套毛坯上做出按照本发明的表面打毛，首先要生产一管状毛坯并将其机加工成所要求的形状与所要求的尺寸。为了将其表面被轻金属曲轴箱 2 的材料 16 包围的毛坯 9 的外表面 10 打毛，要用颗粒 13 对此表面喷丸，该颗粒要破碎成具有锐利的边缘并由脆而硬的材料最好是高级的金刚砂组成，颗粒由用喷嘴 18 引导的空气流 12 携带。携带有颗粒的气流大体上横向地指向毛坯 9 的表面 10 的处理部位，也就是说成一 $90 \pm 45^\circ$ 的角度 α 。当气流冲击毛坯 9 时，颗粒将其表面 10 打毛并将材料按棱锥体形或矛形往上推，以形成材料堆积 11，或使材料结疤突起，从而形成尖的或锐缘的材料隆起，它们在宽广的区域中在其基部上进入基体材料中，携有颗粒的空气流必须对其主要参数进行优化，特别是关于颗粒的流速或颗粒打击在外表面上的速度和空气流中的颗粒密度，而所要求的打毛的外表面的表面形貌和汽缸套与包围铸



件的材料的最佳冶金结合则是优化的两个主要结果。可是，对于颗粒喷丸领域的一般专业人员来说，这类参数优化都是十分合理的。

所用的硬材料颗粒 13 有一约 $70\ \mu\text{m}$ 的平均粒子尺寸 d 。这一平均尺寸基本上还确定了所得到的粗糙度的大小。平均粒子尺寸应当大于所寻求的粗糙度。采用破碎成具有锐利边缘并且平均粒子尺寸约为 $70\ \mu\text{m}$ 的喷丸材料，则可得到 $30 \sim 60\ \mu\text{m}$ 的粗糙度。对平均粒子尺寸给出的值是一统计平均值，它如图 12 的曲线所示，可以按照钟形频率分布 19 向上或向下超过。显然，颗粒 13 作用在外表面 10 上的冲击也产生作用在颗粒上的力，以致至少一部分颗粒破碎。因此，在采用颗粒喷丸时，所用的硬材料颗粒的粒子尺寸将如图 12 的用点划线代表的频率分布 20 所示，向着较小的平均粒子尺寸 (d') 移动。通过不断地或反复地经常从颗粒流中滤去细的成分（按照图 12 的分布曲线中的左手区 14）并通过输入一定量的、大体质量相等的新颗粒混合物，就有可能得到靠近平均颗粒直径 d' 的频率分布 21，该直径只略小于初始的平均直径 d 。通过按此方式处理颗粒混合物，就可以得到一大体恒定的颗粒尺寸，因而是大体恒定的表面粗糙度。

在选择与处理喷丸材料时，重要的是，不仅使颗粒尺寸，而且使颗粒形状为最佳，而且要通过合适的处理措施，使之保持最佳。优选的是具有尖角的碎片状的、矛状的、四面体的、棱锥状的，而在本例子的情况下，立方形甚至球形的颗粒对打毛是不利的。至于通过打击工件而破碎的颗粒，较好的是在某些情况下在用过多次之后将颗粒全部破碎并粉碎成细的成分，以便分离出来，而不是仅仅使它们的角被敲去，成为圆石子形。按这样方式“变圆”的颗粒不能起所要求的打毛的作用，而是从显微镜下可以看出，它反而在喷丸后的表面上留下比较光滑的敲打的组织。首先可在脆性材料中观察到所要求的破碎行为。

说明书附图

图 1

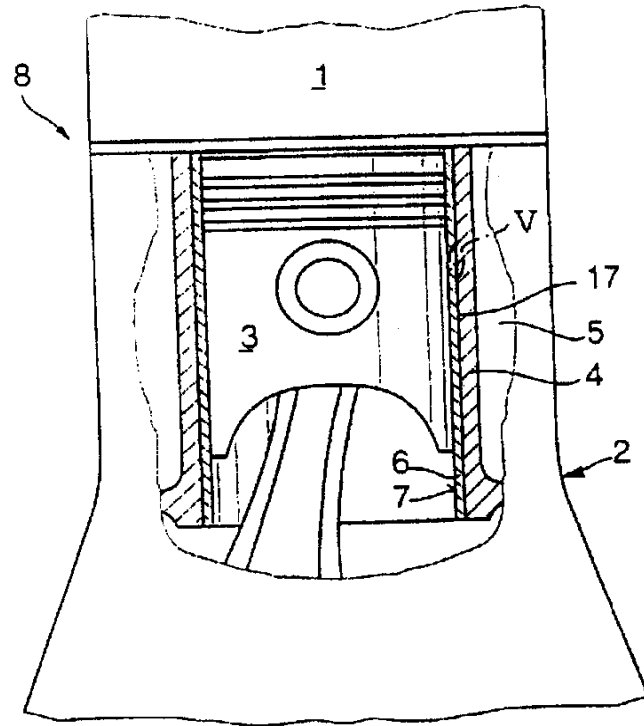


图 2

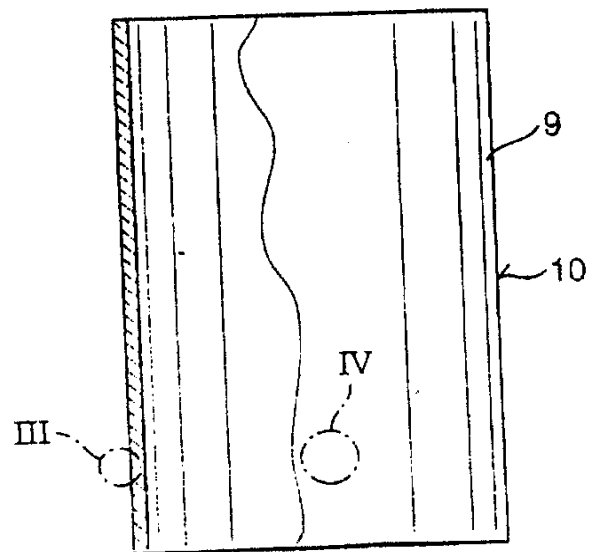


图 3

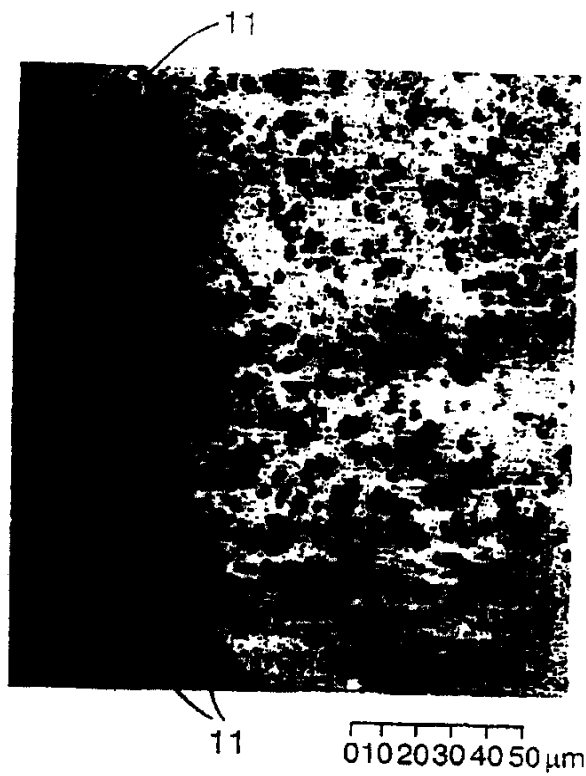


图 4

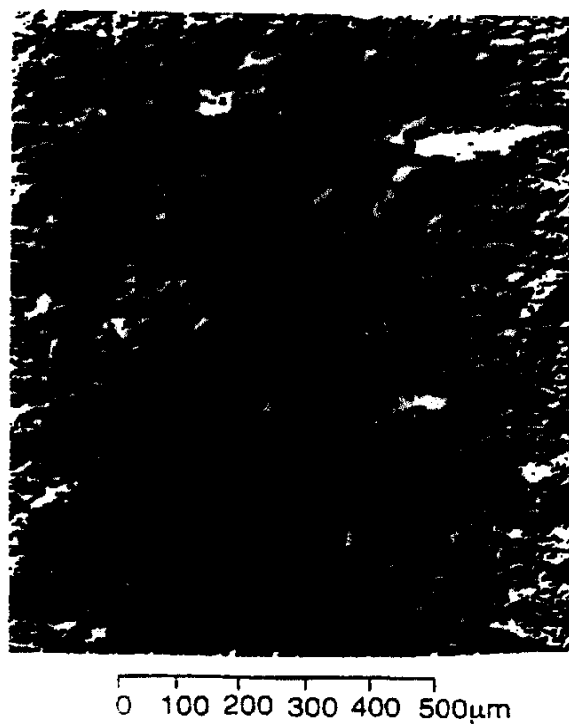


图 5



图 6



图 7



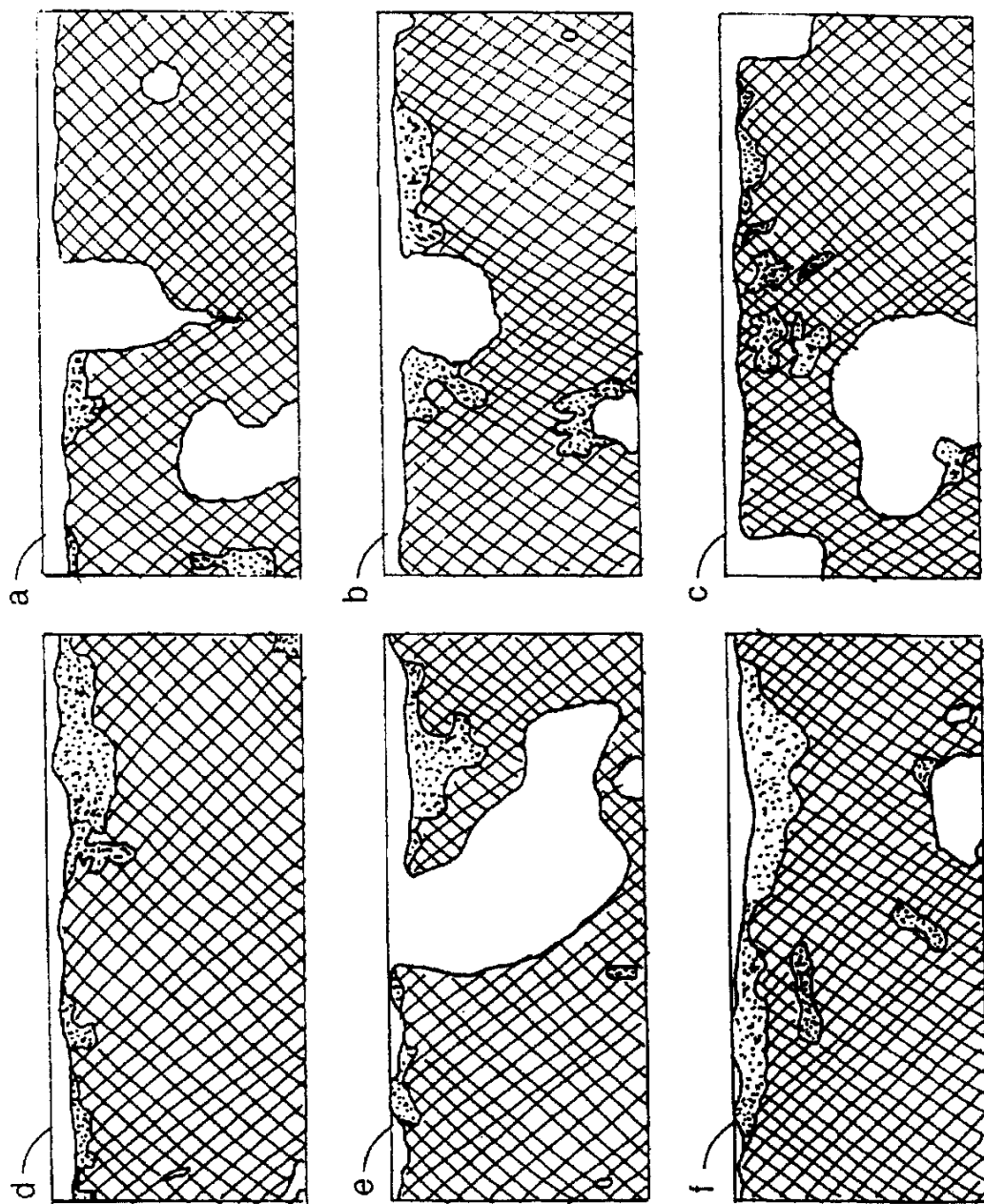
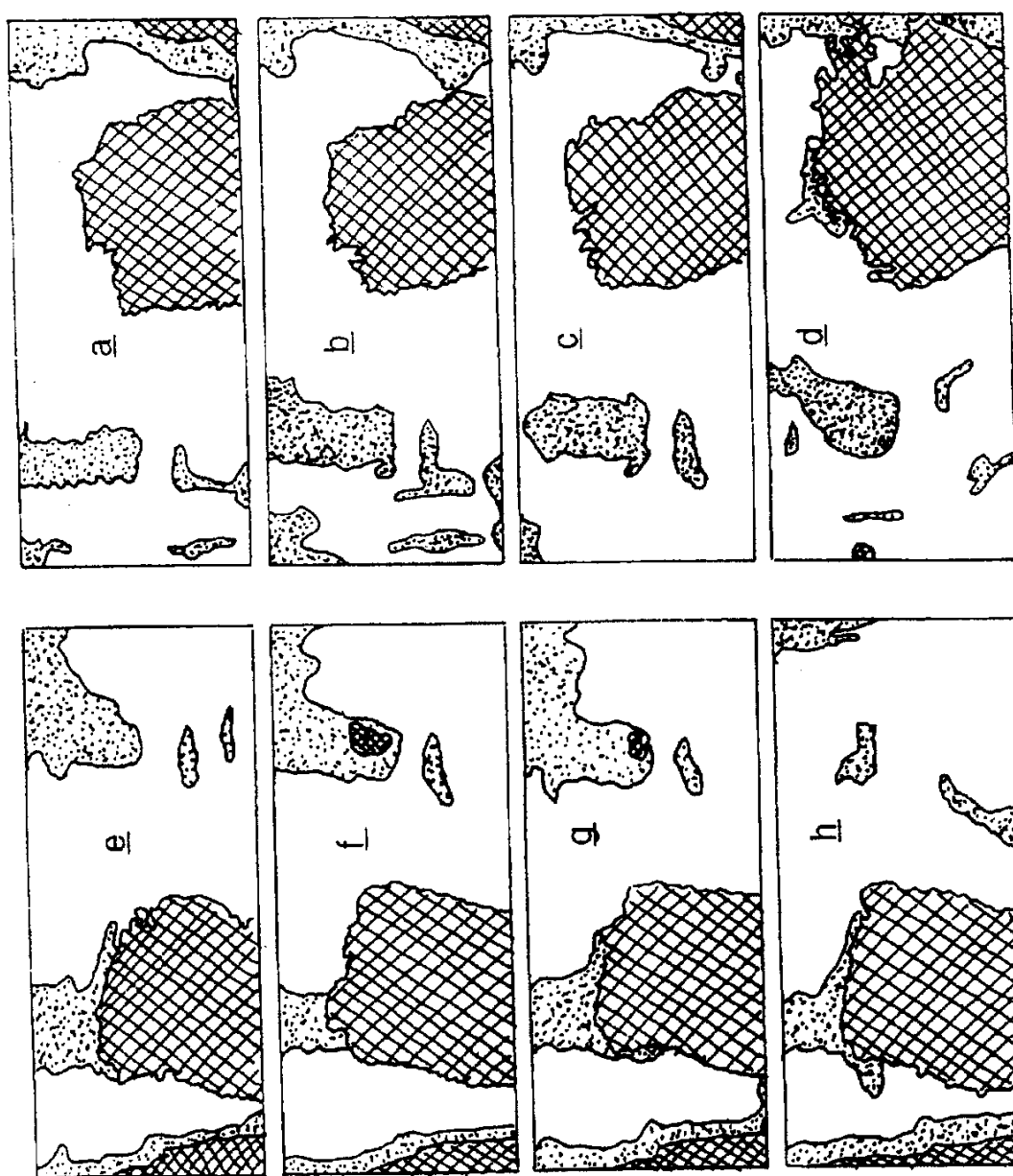


图 8



9
[Symbol]

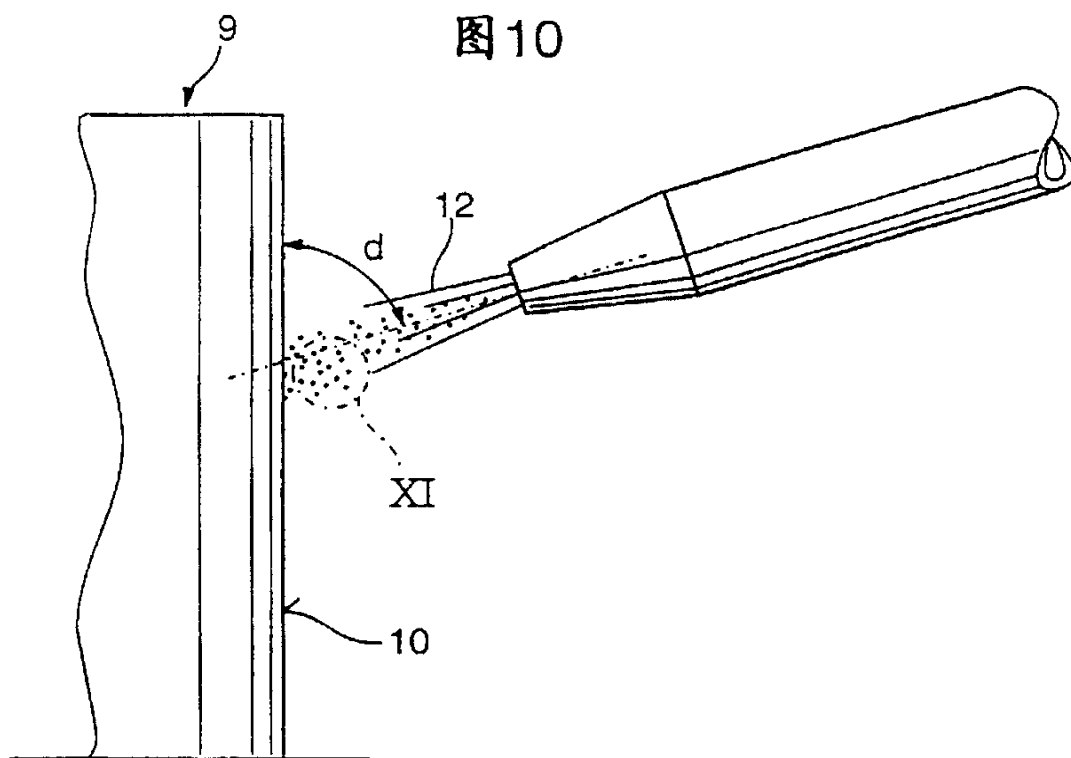




图 11

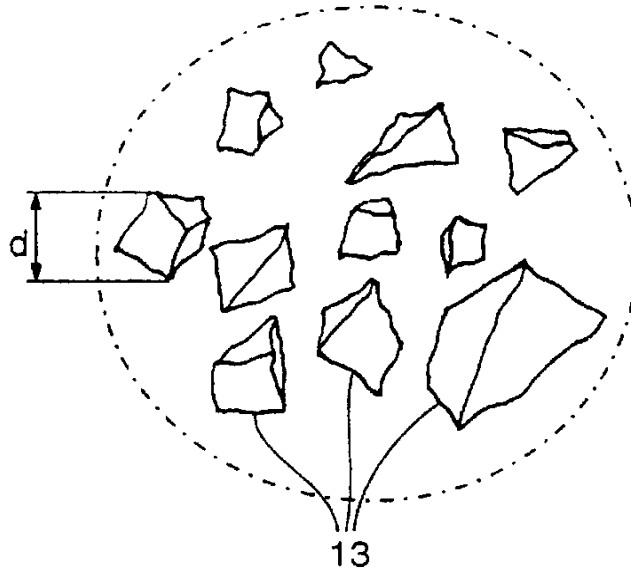


图 12

