

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl<sup>7</sup>

F02F 1/00

F02F 1/20

F16J 10/04 C23C 4/00

C23C 4/06

# [12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 95191432.4

[45] 授权公告日 2001 年 7 月 11 日

[11] 授权公告号 CN 1068411C

[22] 申请日 1995.1.11 [24] 颁证日 2001.3.29

[21] 申请号 95191432.4

[30] 优先权

[32] 1994.2.8 [33] DK [31] 164/1994

[86] 国际申请 PCT/DK95/00021 1995.1.11

[87] 国际公布 WO95/21994 英 1995.8.17

[85] 进入国家阶段日期 1996.7.31

[73] 专利权人 曼·B 及 W 柴油机公司

地址 丹麦哥本哈根

[72] 发明人 T·S·克努森

[56] 参考文献

JPA58-93947 1983.6.3

US3896009 1975.7.22

US4495907 1985.1.29

审查员 23 50

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

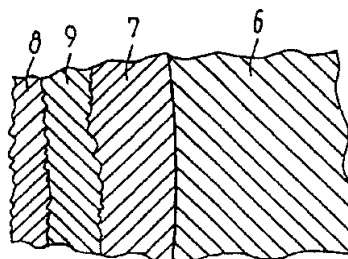
代理人 周备麟 林长安

权利要求书 2 页 说明书 5 页 附图页数 1 页

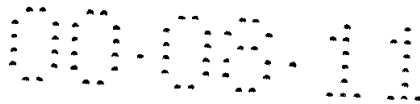
[54] 发明名称 制造气缸衬套的方法及此种衬套

[57] 摘要

将硬耐磨层(7)喷镀到内燃机气缸衬套圆柱形的内表面上,在喷镀并可能对此耐磨层进行修整后,耐磨层的内表面上镀一层磨合层(8),而不需对硬耐磨层进行加工,降低其粗糙度。在此两镀层间,也可喷镀一层或多层中间镀层(9),中间镀层的硬度低于耐磨层的平均硬度,但高于磨合层的硬度。在与活塞环接触前,已喷镀上的耐磨层(7)本身具有至少 N9 级的粗糙度,最好,其粗糙度介于 N11 级和 N12 级之间。磨合层(8)可以是镀有如钼、铝、银或镍金属的石墨球,以改善缸套磨合时的润滑条件。

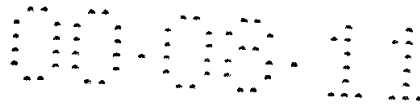


ISSN 1008-4274



## 权 利 要 求 书

1. 一种制造内燃机特别是大型二冲程十字型头发动机气缸衬套（1）的方法，其中，采用如：等离子弧喷射镀或火焰喷镀的热喷镀方法，在缸套毛坯（6）圆柱形内表面上，喷镀至少一层硬耐磨层（7），  
5 此耐磨层在裸露状态时，可形成活塞在缸套内滑动的跑合面，其中，磨合层（8）的硬度低于耐磨层，镀于气缸衬套的内表面上，其特征是，由于磨合层（8）镀在耐磨层表面上，除可能的修整外，对耐磨层表面不需任何进一步减少粗糙度的机械加工，保留由喷镀所产生的硬耐磨层（7）的表面粗糙度。
- 10 2. 根据权利要求1的方法，其特征是：磨合层（8）喷镀在缸套的内表面上，喷镀产生的磨合层（8）的粗糙度，只是在缸套投入使用时才被消除。
3. 根据权利要求1的方法，其特征是：在磨合层（8）应用前，缸套（1）被喷镀一层中间层（9），中间层的硬度低于耐磨层（7）的平均  
15 硬度，但高于磨合层的硬度。
4. 根据权利要求1~3中任何一种要求的方法，其特征是：耐磨层（7，9）和磨合层（8）两者均应用热喷镀方法被喷镀到气缸衬套（1）的内表面上。除可能的修整外，喷镀的镀层（7，8，9），在制造期间，基本不需任何其他的加工。
- 20 5. 根据权利要求4的方法，其特征是：所用的粉末成分，在喷射期间，可加以调整，以使镀层（7，8，9）能相互均匀融合。
6. 一种内燃机特别是大型二冲程十字型头发动机的气缸衬套（1），包括一缸套毛坯（6），其圆柱形内表面上具有至少一层硬耐磨层（7），它是利用如等离子弧喷镀，或火焰喷镀的热喷射方法喷镀的，当耐磨层  
25 裸露，直接与活塞环接触，可形成活塞环在缸套内滑动的跑合面。它在非使用状态时，耐磨层上有一层较软的磨合层（8），其特征是：若整个喷镀硬耐磨层（7），当耐磨层表面镀有磨合层时，表面粗糙度保留在至少  $3.2\mu\text{m} < \text{Ra} \leq 6.3\mu\text{m}$ （N9级），更可取的是保留在  $12.5\mu\text{m} < \text{Ra} \leq 50\mu\text{m}$ （从N11级到N12级）的区间内，除可能的修整外，不需任何减少粗  
30 糙度的机械精加工。
7. 根据权利要求6的气缸衬套，其特征是：磨合层（8）包括或由镀有钼、铝、银或镍，可能的是银等金属的石墨球组成。



8. 根据权利要求6的气缸衬套，其特征是：在硬耐磨层（7）与磨合层（8）之间，缸套（1）具有一导电和氧化钨混合物的中间层（9）。

9. 根据权利要求6至8中任一要求的气缸衬套，其特征是，缸套毛坯（6）由钢制成。磨合层（8）的硬度处于70至130维氏硬度的区间内。选用的中间层（9）的硬度处于250至750维氏硬度的区间内。耐磨层（7）的微观硬度可达2000维氏硬度。

10. 根据权利要求6的气缸衬套，其特征是，耐磨层（7）由含有铬、镍和/或钼的软基体组成，软基体中夹有如二碳化三铬（ $\text{Cr}_3\text{C}_2$ ），碳化三镍（ $\text{Ni}_3\text{C}$ ），碳化钼（ $\text{MoC}$ ），三氧化二铬（ $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ）和/或 $\beta$ -氮化硼（BN）的硬颗粒。

# 说明书

## 制造气缸衬套的方法及此种衬套

5 本发明是有关内燃机特别是有关大型二冲程十字头型发动机气缸衬套的一种制造方法。它的方法是：采用热喷镀，如等离子弧喷镀或火焰喷镀方法，在缸套毛坯圆柱形内表面上至少喷镀一层硬耐磨层。此镀层在裸露状态时，可形成活塞在缸套内滑动时的跑合面。硬度较耐磨层低的磨合层则镀在气缸衬套的内表面上。

10 这样的一种方法，已从出版的日本专利 No.51 - 151414 中获悉。该专利中说明，将由高含量硅的铝合金或高含量铬的铁合金组成的耐磨层喷镀到铝气缸衬套的内表面上。随后，喷镀的镀层即在磨床上珩磨，并浸入几个化学槽中。其中最后一个化学槽是用于在耐磨层外表面上镀锡的，锡层厚为 5 - 10 $\mu\text{m}$ 。据说，磨合层应减少在硬的，已经珩磨的耐磨层中的气孔的尺寸和数目。除锡外，磨合层也可包括一层经磷化锰处理的薄膜，或一层聚四氟乙烯薄膜。

15 参见已出版的日本专利 No.56 - 156751，56 - 156752，60 - 125362，59 - 150080 和 61 - 157875 以及美国专利 No.4,233,072，也已知，其他气缸衬套已镀有硬耐磨层，但无一层合适的磨合层。另外，已知商业上已制造的几种气缸衬套镀有硬耐磨层，但无一种合适的耐磨层。这些气缸衬套的共同特点是：硬耐磨层是经珩磨的，否则要经加工以获得从 N5 级到 N7 级的粗糙度。

20 对汽车气缸衬套来说，缸套的内径很小，以致减小耐磨层粗糙度的加工，可在通常即可获得的车床上完成。当然，这种加工会涉及费用问题，并使缸套的制造更为困难。

25 大型二冲程十字头型发动机气缸衬套的内径约为 0.25 - 0.9m。对这些缸套珩磨加工，耗时特多。而对直径最大的缸套来说，由于它对珩磨机的尺寸有严格要求，因而世界上只有少数几个地方能对其加工。因此，对大型发动机来说，镀有耐磨层的缸套在商业上的应用，已被认为是不现实的。

本发明的目的是：用一层耐磨层和一层磨合层的方法，来简化气缸衬套的制造方法。

30 根据这种目的，按照本发明上述的方法，其特征是：由于磨合层镀在耐磨层表面上，除可能的修整外，对耐磨层表面不需任何其他进一步减少粗糙度的机械加工，因而保留由喷镀所产生的硬耐磨层的表面粗糙度。

完全出乎意料的是，已经证明，可能不需对喷镀上的耐磨层进行减少粗糙度的加工。未经珩磨的耐磨层，其粗糙度超过  $Ra \leq 6.3\mu\text{m}$  (N9 级)，一般位于  $12.5\mu\text{m} < Ra \leq 50\mu\text{m}$  (N11 级与 N12 级间) 范围内。也即，它的最大的粗糙度大于前已知的经加工的耐磨层的粗糙度 4 到 35 倍。

35 磨合层镀在耐磨层上最大粗糙度处，这样，耐磨层的最高点不会紧压到活塞

环对着缸套一面的接触表面，而这种紧压会刮伤活塞环。在新缸套投入使用不久，耐磨层最高点处磨合层将被磨耗。这样，这些最高点即被活塞环磨掉。从耐磨层上突出点处磨掉的硬颗粒，即嵌入耐磨层有凹陷处的磨合层的部位中。这些凹陷处自然是大于已知缸套中的那些凹陷处，因为耐磨层尚未加工到小的粗糙度。因而，这些凹陷处更适于容纳松散的硬颗粒，这将减少活塞环上不希望有的磨损危险。

5 在一个特别简单的实施例中，磨合层是喷镀到缸套的内表面上。由喷镀形成的磨合层的粗糙度，只是在缸套投入使用时才能消除。在喷镀耐磨层和磨合层上进行喷镀，完全可不使用已知的化学镀液，而缸套的加工也只采用一种类型的机械即可完成。另外，喷镀磨合层还有优点，使两个镀层具有相当的粗糙度。当缸套投入使用时，磨合层碰到许多突出点，而软颗粒即从这些突出点处被磨损脱落，并沉积在缸套表面的凹陷处。这意味，缸套内表面的粗糙度将由其身自下降到一适当低的水平。同时，耐磨层中的凹陷处，也将有效地被软材料所填满。

10 最好的是，在镀磨合层前，缸套先喷镀一层中间层。中间层的硬度低于耐磨层的平均硬度，但高于磨合层的硬度。中间层也可作为一层耐磨层，但它为从磨合层到最硬的耐磨层间提供了平顺的过渡。这对缸套的磨合层有好处，因为有了中间层，结果是首先镀的硬耐磨层将很缓慢地裸露出，只是在缸套长期使用后才会裸露。

15 可以通过优选的方法获得一种特别简单的缸套制造方法。在这种方法中，耐磨层和磨合层均是使用热喷镀法喷镀到气缸衬套的内表面上。这些喷镀上去的镀层，除可能的修整外，在制造中，不需任何其他的加工。若这些镀层的喷镀在厚度上无大的局部变化，则镀层的修整即可省掉。在此情况时，只要将所需的数层镀层直接依次喷镀到缸套的内表面上，缸套元坯即可完工。可以镀二层或多层的耐磨层，其硬度朝跑合面方向交互下降。

20 在对缸套的磨合最优化，但制造更困难的方法中，所用的粉末成分在喷镀中要加以调整，这样，镀层能均匀地互相融合。因而，可防止镀层间出现明显的边界，在缸套使用寿命期间，跑合面的特性将从由纯磨合材料组成的附着表面，缓慢地改变到由硬耐磨材料组成的附着表面。

25 本发明也关系到内燃机特别是大型二冲程十字型头发动机的气缸衬套。它包括一个缸套毛坯，缸套毛坯圆柱形内表面上至少有一层硬耐磨层。它由热喷镀法如：等离子弧法或火焰喷射法喷镀上去的。当耐磨层裸露，直接与活塞环接触，该硬耐磨层可形成活塞环在缸套中滑动的跑合面，而在未动用状态时，耐磨层上有一层较软的磨合层。

30 按照本发明，缸套的特征是，若整个喷镀硬耐磨层，其表面粗糙度可保留在  $3.2\mu\text{m} < \text{Ra} \leq 6.3\mu\text{m}$  (N9级)，更可取的是保留在  $12.5\mu\text{m} < \text{Ra} \leq 50\mu\text{m}$  (从N11级到N12级)的区间内。因为磨合层镀在耐磨层表面上，除可能的修整外，不需任何减少粗糙度的机械精加工。从上述本发明说明中可看出，具有耐磨层的优点是，保留了由喷镀所形成的粗糙度。

在优选的实施例中，磨合层包括或由镀有诸如钼、铝、银或镍等金属的可能的  
5 的是镀银的石墨球组成。镀有金属的石墨球有极佳的干式润滑性能。它允许相当大  
数量的颗粒在磨合初期，从磨合层中分离出来。分离出来的颗粒有助于活塞环外表  
面与缸套内表面间的润滑。由磨合层最高点磨损脱落的颗粒，大多数将沉积在镀层  
的最深凹陷处，它将减少缸套内表面的粗糙度。当磨合层磨损掉，即露出耐磨层，  
但与露出耐磨层同时，磨合层最高点被磨损掉，这样，活塞环本身和磨合层同时被  
磨损掉，将减少耐磨层本身的粗糙度。因而，耐磨层裸露的部位，其粗糙度将大大  
低于制造时耐磨层的粗糙度。

10 若磨合层中镀有金属的石墨球与银混合，便具有较大的强度。同时，改善了  
干式润滑性能。

磨合层与耐磨层硬度及强度间的差别，可由向缸套的这两镀层提供钼和氧化  
钼混合物组成的中间层来加以减少。本质上，这种差别以已知的方式减少了活塞  
环与缸套间卡住的危险。钼和氧化钼混合物还可进一步提供比磨合层硬度更高的一  
层耐磨层，这样，活塞环只是逐渐地靠着硬度较高的表面运行的。

15 大型发动机的气缸衬套通常由铸铁制成，它限制了缸套可承受的机械负荷和  
温度负荷。因而，希望用其他材料制造缸套，如采用钢制造缸套。但，众所周知，  
钢的滑动性能极差。因而不能作为活塞环的跑合面使用。

在优选的实施例中，缸套毛坯由钢制成。因而，直至目前为止，它比商业上  
可获得的大型发动机缸套能承受更大的负荷。磨合层的硬度位于 70 至 130 维氏硬  
20 度区间内。选用的中间层的硬度位于 250 至 750 维氏硬度区间。耐磨表面的微观硬  
度高达 2000 维氏硬度。最贴近钢缸套毛坯的硬度很高的耐磨层，可保证活塞环不  
磨损。而低硬度的磨合层，在缸套最初的磨合期间，可防止活塞环损坏。

25 耐磨层最好由铬、镍和钼等组成的软基体组成。在软基体中夹有诸如二碳化  
三铬 ( $\text{Cr}_3\text{C}_2$ )，碳化三镍 ( $\text{Ni}_3\text{C}$ )，碳化钼 ( $\text{MoC}$ )，三氧化二铬 ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ )，  
和  $\beta$ -氮化硼 (BN) 等的硬颗粒。这样一种镀层耐磨性极高。因为软基体为硬度极  
高的颗粒提供了良好的存储处，防止了镀层的磨损。按本发明，在软的韧性基体中  
分布的硬颗粒，对耐磨层特别有利。因为，牢牢抓住硬颗粒中的软基体材料，可减  
少最粗糙镀层的最突出部位的磨损。

以下参照简图进一步详细说明本发明实施例的例子。

30 图 1 为一透视图，表示本发明的气缸衬套的一部分。

图 2 为按比例放大的视图，缸套靠近活塞环跑合面部分的材料。

以总的标注缸径为 80 厘米的大型二冲程柴油机的气缸衬套，由钢制上部 2 和  
铸铁或钢制下部 3 组成。当缸套装入发动机内时，接触表面 4 朝下紧靠曲轴箱或发  
35 动机气缸部位的上侧。气缸盖向下压紧面朝上的接触表面 5。这样，两接触表面间  
的缸套部分即被夹紧，而固定住缸套。缸套下部 3 则向下伸入发动机中。由缸盖、  
缸套 1 和活塞限定的从燃烧室传递来的热负荷和压力影响，在缸套的上部 2 为最

大。因而，缸套上部 2 最需要的是由钢制成。它需要采用喷射的耐磨层，因为活塞环不能直接在钢表面上滑动。当然，也有可能缸套整体完全由钢制成。

如图 2 所示，缸套的钢制毛坯 6 已有一硬耐磨层 7，磨合层 8 和一中间层 9 依次镀到圆柱形内表面上。如上所述，有可能省略中间层 9，正象，中间层也可分为多于图中所示一层的耐磨层。然而，磨合层 8 是必需的，正如耐磨层 6 一样，它是用于防护活塞环，使其不与钢接触。

耐磨层的已知方法喷射到缸套基体或缸套毛坯 6 上。例如，利用供有粉末状起始材料的等离子喷灯热喷镀上去的。喷镀也可由高速火焰喷射完成。喷射的方法是公知的，并且在专利 No. EP-B-0341672 和 EP - A - 0 203556 中已有描述。缸套毛坯 6 安放在一旋转台上，其纵向轴处于垂直位置。喷射装置可沿着与气缸纵向轴平行的垂直轴安放。气缸毛坯与喷灯安放在与缸套毛坯 6 内表面相关的一合适位置上。旋转台转速为每分钟 25 转。例如，喷灯点燃时，同时开始喷射耐磨层。喷灯可以每秒 6 毫米的速度平移。喷射材料的供给量，以旋转中缸套内表面镀上的镀层厚约为 0.02 毫米为准。每次喷射，喷灯正好对着缸套的内表面转动一次。硬耐磨层 7 镀的厚度为 1 毫米，但也可镀成其他的厚度，如 0.5 毫米或 2 毫米。

应用耐磨层 7 后，喷射装置中装满粉末状起始材料。起始材料是用来使中间层 9 具有所需的成分。例如，中间层也可镀成与耐磨层 7 相同的厚度。但常常是，中间层厚度只是上述厚度的一半，即足以使缸套跑合面具有所需的提高的硬度。

磨合层 8 可做成比硬耐磨层 6 更薄，特别是也用一层中间层 9 时。例如，磨合层也可镀成厚度相等的，其厚度可在 0.1 毫米至 1.5 毫米范围内选用。

除镀以二或三层镀层均匀成分的材料外，粉末状起始材料可有所不同。这样，粉末成分可由耐磨层型逐步改变为磨合层型，正象与几种耐磨层有关的成分一样可有所不同。当然，有可能使粉末成分连续变动。但最好是，在粉末成分改变前，喷灯已在缸套整个内表面上喷射 5 或 10 次。因为，每次只喷镀 0.02 毫米厚，这将使从最硬的喷镀层以细微的贯进过渡到最软的喷镀层。

若镀层厚度不希望有大的变动时，利用车削或磨削即可修整已镀上的镀层，这些厚度的变动是由粉末供应不均匀，喷灯起动的或停止，或由于喷灯喷嘴部分阻塞等的故障引起的镀层不均匀造成的。除了采用这样可能的加工方法，保持耐磨层主要尺寸外，不需对耐磨层进行减少粗糙度的机械精加工。

以下叙述各个镀层成分的例子。

耐磨层 7 整个可由硬度极高的材料如：陶瓷或陶瓷与金属的混合物，即称为陶瓷合金的组成。另外，耐磨层也可由软金属基体中或基本结构中的硬度极高的颗粒组成。该基体可由铬、镍和钼组成。夹在基体中的硬颗粒由碳化物或氧化物或氮化物组成。如由二碳化三铬 ( $\text{Cr}_3\text{C}_2$ )，碳化三镍 ( $\text{Ni}_3\text{C}$ )，碳化钼 ( $\text{MoC}$ )，三氧化二铬 ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ) 和  $\beta$ - 氮化硼 ( $\text{BN}$ ) 组成。这些组合镀层的宏观硬度可位于 58 到 71 洛氏硬度 ( $\text{RC}_{625}$ ) 区间内。镀层的微观硬度可从基本结构的 250 维氏硬

度 (HV) 到高达硬颗粒中的 2000 维氏硬度 (HV) 变动。耐磨层的气孔率取决于喷射的工艺条件, 可在 20 $\mu\text{m}$  级 (按 Pratt 和 Whitney 技术规范) 百分之二到百分之五的区间内适当加以控制。这样的气孔率结果能使耐磨层产生良好的滑油附着性。当耐磨层裸露时, 它能使附着的油膜维持在气缸衬套的跑合面上。

5 中间层 9 可以是钼和氧化钼的混合物。在该混合物中, 氧化物主要结合先氧化的钼存在, 也即, 氧化物来源于粉末状起始材料, 一般说, 混合物的颗粒大小约为 6 $\mu\text{m}$ 。按重量计, 一般含有百分之二到百分之五的氧。最好的是, 中间层的气孔率约为百分之五。但中间层也可镀成致密镀层, 或镀成气孔率达百分之十的镀层。中间层的硬度位于 250 到 750 维氏硬度 (HV)。

10 磨合层 8 也可含有镀钼、铝、银或镍等金属的石墨球。石墨球可与银混合。磨合层的硬度位于 70 到 130 维氏硬度间。由于磨合层具有良好的干式润滑性能, 因而磨合层的气孔率对于活塞环与缸套间保持良好的润滑方面不起重要的作用。

有可能将磨合层 8 直接镀到耐磨层 7 上, 但最好至少采用一层中间层 9, 以使活塞环与长寿命的缸套同时达到和缓的磨合。当磨合层 7 硬度极高时, 即可获得  
15 这种和缓的磨合。

当缸套投入使用时, 磨合层出现由喷射产生的表面粗糙度很快由活塞环磨平, 而活塞环则不受磨合层的损坏。磨合层变平滑后, 即开始与活塞环同时磨损掉。磨损的颗粒进入中间层 9 中, 或进入最硬的耐磨层 7 中。与磨合相一致, 跑合面的硬度提高时, 使活塞环进入后自身磨损的特定镀层的粗糙度即行减去。因为镀层的  
20 顶部首先被磨损掉。若使用一层或多层硬度低于耐磨层 7 的中间层, 则进入这些镀层的磨损现象比在耐磨层 7 中会更快发生, 因而以更均匀的方式影响活塞环, 因为在这种情况下, 跑合面的微观硬度更为均匀。

由于活塞环不与缸套毛坯金属接触, 当然, 缸套毛坯可由不是钢的其他材料制成的。本发明的缸套至少其最上部是由钢制成的, 为在商业上的应用提供了可能。  
25 这对大型内燃机来说特别重要, 因为目前研制具有高的气缸功率输出的发动机, 由于铸铁缸套所能承受的负荷受到限制的可能性而受到阻碍。



说明书附图

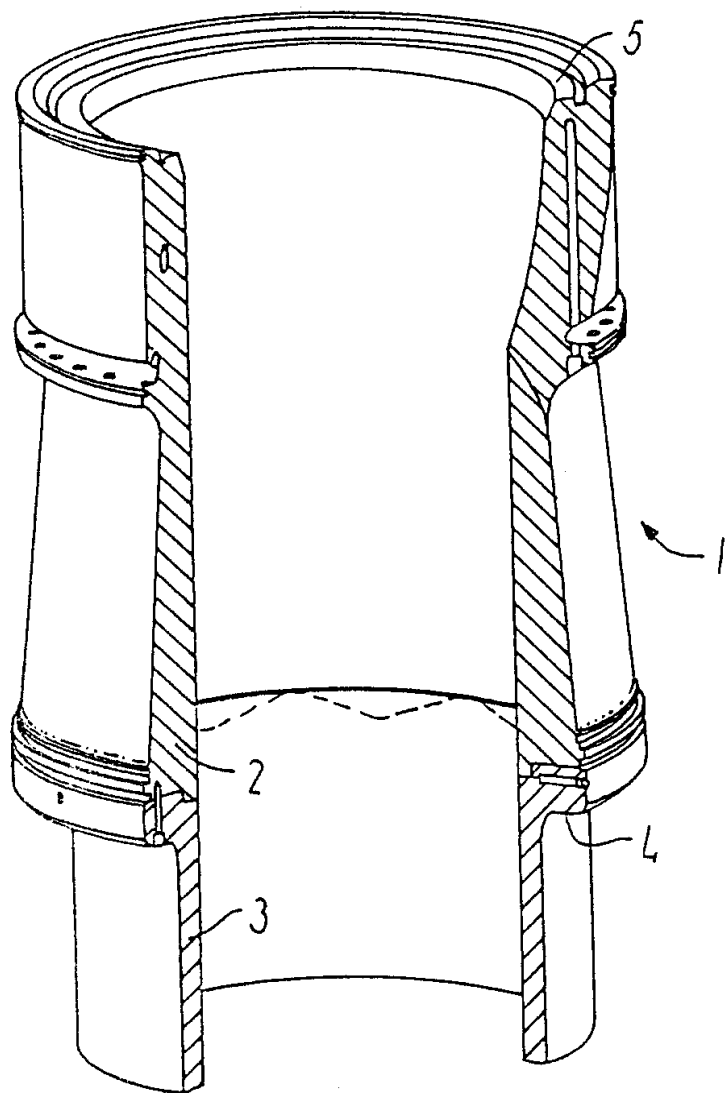
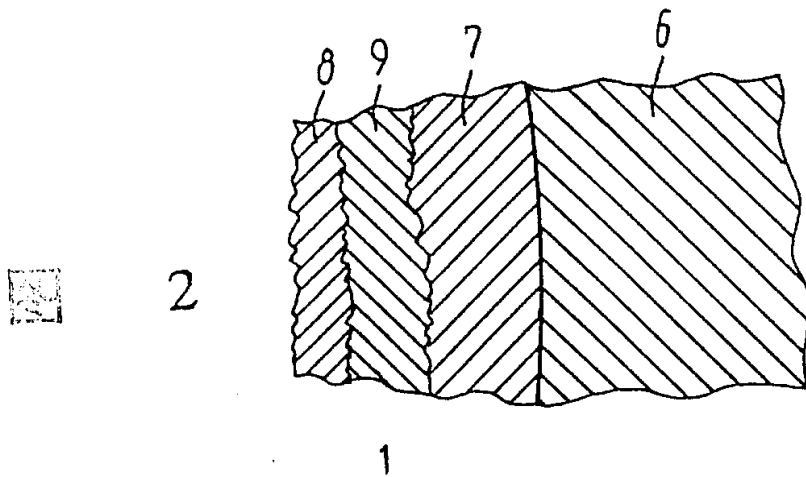


图 1



1