[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl[7]
F16C 7/02
F16C 33/14 C23C 4/00

[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 98807648.9

[43] 授权公告日 2003 年 7 月 23 日

[11] 授权公告号 CN 1115497C

[22] 申请日 1998.7.20 [21] 申请号 98807648.9

[30] 优先权

[32] 1997. 7.28 [33] DE [31] 19732401.0

[32] 1997. 8. 1 [33] DE [31] 19733197.1

[32] 1997. 8. 6 [33] DE [31] 19733930.1

[86] 国际申请 PCT/EP98/04496 1998.7.20

[87] 国际公布 WO99/06722 德 1999.2.11

[85] 进入国家阶段日期 2000.1.27

[71] 专利权人 大众汽车有限公司

地址 德国沃尔夫斯堡

[72] 发明人 U·施勒格尔 R·福格尔桑

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

代理人 赵 辛

[56] 参考文献

US5458984 1995.10.17 B22F7/00

WO96/04485 1996.02.15 F16C7/02

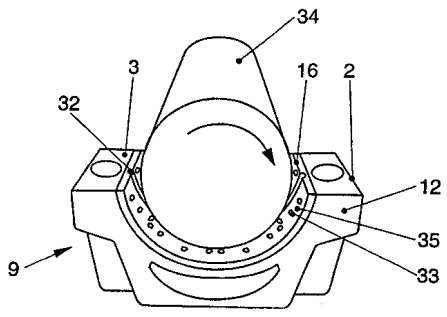
审查员 冯 涛

权利要求书 2 页 说明书 15 页 附图 3 页

[54] 发明名称 具有一个连杆孔的连杆的制造方法

[57] 摘要

在内燃机的连杆中，轴瓦嵌入连杆孔内。 嵌入轴瓦导致一道可能是误差来源的生产工序，用本发明方法加工的连杆轴承可减少安装费用并与轴承金属牢固连接。 根据本发明，大的连杆孔(3)用铝青铜进行等离子喷涂微孔层。 在等离子喷涂开始时，等离子涂层用高温沉积，这样可达到等离子涂层与连杆孔的材料牢固粘结和等离子涂层的低孔隙率。为了防止连杆孔的材料完全退火，在以后要加工去除的等离子涂层的范围内降低等离子涂层的沉积温度。 在等离子喷涂后，连杆孔通过取下轴承盖(9)打开，于是等离子涂层(16)破裂。 紧接着用螺丝重新拧紧轴承盖(9)并通过精磨完成真正的滑动层。 为了提高储油容积，等离子涂层(16)设有一个环形槽(32)。 通过用不断上升的颗粒多次喷砂处理待涂覆的表面实现了铝青铜与连杆材料的特别牢固的连接。 本发明适用于内燃机。



ISSN1008-4274

1. 一种具有一个连杆孔的连杆的制造方法，在该连杆孔中涂敷了一层轴承涂层，该轴承涂层通过一种轴承材料的热喷涂用第一温度和较低的第二温度涂敷到该连杆孔上，其特征为，

热喷涂温度通过改变喷枪上的电流或电压、改变燃烧气体量、改变冷却气体量和/或改变待沉积的轴承材料的供给量而加以改变。

2. 按照权利要求 1 的方法，其特征为，热喷涂的轴承材料经机械精加工。

3. 按照权利要求 1 的方法，其特征为，在低温时沉积的轴承材料至少被部分去除。

4. 按照权利要求 1 的方法，其特征为，轴承材料在连杆孔上沉积的温度选择得这么高，即用这一温度在沉积全部轴承涂层时连杆孔的材料被完全退火。

5. 按照权利要求 1 的方法，其特征为，连杆孔在热喷涂轴承涂层之前用一种颗粒射流打毛。

6. 按照权利要求 5 的方法，其特征为，打毛连杆孔到平均粗糙深度 R_A 为 4~30 微米。

7. 按照权利要求 6 的方法，其特征为，打毛连杆孔到平均粗糙深度 R_A 为 6~12 微米。

8. 按照前述任一项权利要求的方法，其特征为，轴承材料用等离子喷涂涂敷。

9. 按照权利要求 1 的方法，其特征为，涂敷一种金属作为轴承材料。

10. 按照权利要求 9 的方法，其特征为，涂敷一种金属合金作为轴承材料。

11. 按照权利要求 1 的方法，其特征为，多个连杆用其待涂敷轴承材料的连杆孔同心重叠地加以处理。

12. 按照权利要求 1 的方法，其特征为，轴承材料的厚度被制成 150-800 微米。

13. 按照权利要求 12 的方法，其特征为，轴承材料的厚度被制成 200~500 微米。

14. 按照权利要求 12 的方法，其特征为，轴承材料的厚度在精加工后被制成 150~800 微米。

15. 按照权利要求 14 的方法，其特征为，轴承材料的厚度在精加工后被制成 200~500 微米。

具有一个连杆孔的连杆的制造方法

技术领域

本发明涉及一种具有一个连杆孔的连杆的制造方法，在该连杆孔中涂敷了一层轴承涂层，

背景技术

目前所用的连杆，特别是内燃机用的连杆都做成所谓切开连杆或破开连杆。这里是指环抱曲轴的大的连杆孔进行切开或破开。小的连杆孔一般不用打开，因为它通过一根直的螺栓与活塞连接。

连杆孔根据轴承负荷配备不同的轴瓦（滑动轴承）。作为轴瓦可用支承轴瓦材料，按德国工业标准 DIN 17210 或按美国汽车工程师学会标准 SAE1010，轴瓦一般用 C10 号钢制作。根据结构和使用不同，轴瓦可冷作硬化。在这种支承轴瓦材料上可涂覆一层滑动轴承实际的摩擦层，例如白合金、铅青铜、轻金属、喷涂层等，视轴承负荷而定。轴瓦可作成三元合金轴瓦、二元合金轴瓦或整体轴瓦或别的形式。为了轴瓦在安装后达到良好的配合，轴瓦应以一定的预应力进行安装。

轴瓦不只是一个材料的价格因素，它还包括生产费用和误差来源。所以例如在安装时忘掉嵌入轴瓦或半边轴瓦，就可造成发动机的严重损坏。

发明内容

本发明的目的在于，制造一种具有高强度滑动层的连杆轴承。

这个目的的技术解决方案在于，一种具有一个连杆孔的连杆的制造方法，在该连杆孔中涂敷了一层轴承涂层，该轴承涂层通过一种轴承材料的热喷涂用第一温度和较低的第二温度涂敷到该连杆孔上，其特征为，

热喷涂温度通过改变喷枪上的电流或电压、改变燃烧气体量、改变冷却气体量和/或改变待沉积的轴承材料的供给量而加以改变。

根据本发明，在一个连杆孔中，这里特别是指在大的连杆孔中，必要时也指在两个连杆孔中，最好不再是嵌入一个轴瓦，而是通过热喷涂直接将轴承涂层喷涂到连杆孔上。作为热喷涂，最好用等离子喷涂。连杆是内燃机的特别的部件。为了增加轴承涂层的附着抗拉强度，可将连杆孔的被涂敷的材料表面打毛，最好用具有不同筛分曲线

的砂子进行喷砂打毛。为了增加轴承涂层上的剩余油量，轴承涂层可具有一个槽和/或微孔。

按照本发明，轴承材料在热喷涂、特别是等离子喷涂的过程中用不同的温度沉积在基体上。不同的温度可用不同的参数变化来实现，其中可改变一个或多个参数。要改变的参数对温度升高、喷枪的电流或电压的升高、冷却气体或载气的供给减小、燃烧气体（例如氢气）

的增加、供给的轴承材料质量流的减小、轴承材料粒度的减小或轴承材料成分的变化特别重要。为了降低沉积温度，可用一个或多个参数进行相互对照处理。

在热喷涂过程中降低轴承材料的温度是特别有利的。原则上，在一个稍后的时间点可重新升高喷涂温度，但喷涂温度最好保持下降。在去除热喷涂的轴承涂层的表面时，在低温即在第二温度下喷涂轴承涂层的待去除的部分是特别有利的,其中去除量根据要求可一直到在高温即第一温度时进行喷涂的轴承涂层的范围。在这种方法中，温度下降到这样的程度时是特别有利的，即轴承涂层的待去除的范围包括一个相当劣质的涂层部分，这部分在轴承的涂层进行精加工后除去。

根据本发明的方法，轴承材料涂到连杆材料上所用的起始温度可这样提高，使喷涂温度高到一个可导致连杆材料完全退火的温度，如果整个需要的轴承涂层用这个温度进行喷涂的话。从而可使轴承涂层在连杆孔的基体上达到特别高的附着强度并在需要时在轴承涂层中达到一个较低的孔隙率。

根据本发明，最好用不同的筛分曲线，也叫筛孔等级，其中，本发明特别适用 16 目～230 目（16、18、20、25、30、35、40、45、50、60、70、80、100、120、140、170、200 和 230）筛孔等级，目数给定所用筛子的每平方英寸(6.45 平方厘米）的筛孔数。每种筛分曲线，包括误差和筛子金属丝直径例如可查阅《化学和物理手册》第64 版，1983/84CRC 出版公司，佛罗里达州，S·F－114。

在连杆孔热喷涂时业已证明，例如由铝青铜制成的可用的轴承涂层具有很高的涂层内应力，特别是喷涂一种只具有较低孔隙率的材料这种内应力明显增加。这表明有必要采取提高轴承涂层附着强度的措施。根据本发明，除了高的起始喷涂温度外，最好通过用至少一个细的和至少一个较粗的筛分曲线的砂子对连杆孔进行喷砂来解决这个问题。

连杆轴承的可靠运行要求轴承具有抗磨损的设计和结构，以便轴承力可靠地和在仍容许的温度下进行传递。如果滑动面被一层有承载能力的润滑膜（油膜）相互隔开，则总是可达到抗磨可靠性．这种润滑膜在滑动轴承时通过一个小偏心的轴承来产生。这样，不断旋转的轴起泵的作用，这种泵作用把润滑材料（发动机油）送入（偏心的）

轴承间隙，并在收敛的轴承间隙上建立油压力。就是说，润滑剂被压入这个最窄的横断面中。这时如果轴的旋转运动开始或轴的旋转运动很慢时，则会产生“边界润滑”（在轴颈上的轴承材料的界面摩擦）的状态。旋转运动的增加引起油膜参与轴颈的支承，虽然还没有建立附着的油膜。这是一种“混合摩擦状态”，亦即同时的界面摩擦和浮动摩擦。这种状态主要出现在发动机启动和停止时。进一步增加旋转速度则会引起具有一半轴承间隙厚度的液力承载的润滑膜层的形成。这种状态是“浮动摩擦”。该轴承间隙一般为 15～60 微米。

根据本发明，（大的）连杆孔用一种适当的轴承材料进行等离子喷涂，特别是结合在滑动轴承涂层内产生微孔和/或一个槽而可在连杆轴承内达到高的储油容积，从而减少相互运动的零部件的摩擦和磨损，特别是在界面润滑和混合摩擦的情况下。通过在连杆轴承内引入至少一个槽明显提高储油容积。其中，这个槽（或这些槽）作成径向槽是特别有利的。为了进一步提高储油能力，这些槽保留（至少在很大程度上）不加工，亦即用制造引起的粗糙表面结构即可。

滑动轴承面最好切削加工的多孔的、但压力稳定的表面结构和具有很粗糙的表面结构的未加工的槽引起在任何轴承状态中在轴承内存储一定的油量，而与旋转运动和油压无关。这样就可在很小曲轴转数时通过界面摩擦和混合摩擦的状态，从而较快地达到（几乎）无磨损的液力的润滑状态。就是说，明显改善发动机启动和停止状态时的防摩擦性能，从而在相同轴承尺寸情况下达到较高的轴承负荷。

本发明具有如下的优点：不需要在连杆情况下构成滑动轴承面的一般的轴瓦，因为根据本发明，轴承涂层可喷涂到连杆材料上（不是专用的元素）。从而可同时取消轴瓦的安装。由于取消了轴瓦和/或由于取消了本发明滑动轴承涂层的切削精加工而可减少各种误差。在一般的连杆轴承中存在着三个误差：第一个误差是曲轴的误差，第二个误差由连杆中（轴瓦的）滑动涂层来决定，第三个误差由轴瓦嵌入的连杆孔来决定。通过本发明的涂层和轴承涂层的精加工消除了第三个误差。此外，根据本发明，在螺丝范围内具有较大的材料厚度，因为按本发明喷涂的轴承涂层具有一个小于轴瓦的厚度；从而在相同的连杆外形尺寸的情况下具有较高的荷载。第三个误差（连杆孔的误差）在本发明时可确定很粗略，因为这个误差通过随后的涂层被抵

消，该涂层可按第二个误差尺寸例如通过精磨去除。

根据本发明，这种轴承涂层最好这样喷涂，使轴承涂层在必要时去除涂层后至少在表面具有一定的孔隙率。该孔隙率通过制作带有微孔的轴承涂层来达到的，这些微孔也可通过氧化物夹杂来形成，这种氧化物夹杂在精加工涂层表面时在无微孔形成的情况下清作掉。孔隙率在滑动面范围内最好为 0.2%～6%，特别是 0.5%～4%。此外，微孔最好不要相互连接，这样微孔的孔隙容积主要由封闭的孔组成。这些微孔构成一个液力的微型压力室润滑系统，其中，微孔例如通过表面加工的切削过程（例如精磨）露出。滑动轴承面内的孔起储油室的作用，所以在发动机起动或发动机停止的一瞬间和曲轴开始转动或减速转动时，即使滑动轴承中的油压已经下降或刚才建立，大概通过来自微孔的发动机油与曲轴的附着仍能提供足够的油容积来形成滑动膜（浮动摩擦），通过本发明存在的微压力室系统可显著缩短混合摩擦的范围，从而也显著提高了轴承的抗摩擦性能，而不用引进附加的滑动轴承材料如铅合金、锌合金或镍合金等。孔的尺寸和孔容积最好根据滑动表面的轴承负荷在热喷涂时进行调整。孔的容积的绝大部分尺寸一般为 0.2～2.5 微米，特别是 1～50 微米。

根据本发明，轴承涂层制作时的一般过程为：首先要喷涂的基体表面（例如大的连杆孔）进行清洁，特别是除油。这个工作例如用过热蒸汽进行。接着例如用三氧化二铝（Al_2O_3）二氧化硅（SiO_2）或碳化硅（SiC）进行基体表面喷砂处理。喷砂压力最好为 3～8 巴，特别是 4～6 巴，其中可用不同的粒度进行喷砂。最好用不断增大的粒度（逐渐变粗的筛分曲线），就是说，首先用较细的颗粒，然后用较粗的颗粒进行喷砂。最少用三种不同的粒度（逐渐变粗的筛分曲线）是特别有利的。粒度都在一般的筛孔范围，其中微粒最好用 80 目和更细一些，特别是 100～230 目。中间粒度最好用 100 目或更大，特别是到 40 目，最好 80 目～45 目。在粗颗粒时，最好用 45 目或更大和最好 30 目或更大的颗粒，最好到 16 目（标准筛孔尺寸 600 微米～1.18 毫米）。

在喷砂时用不同的粒度也可在开槽的范围内例如一个破口槽或槽的范围内达到良好的表面粗糙度，其中在光滑的范围内表面结构的平均粗糙深度 RA 约为 5～10 微米，特别是 6.5～8 微米，在 RZ 时，

约为 35～60 微米时特别是 42～54 微米。用这种喷砂粗糙度在连杆上可达到热喷涂层的特别好的附着抗拉强度。

接着例如用一种铝－铜－铁合金（铝青铜）进行等离子喷涂。最好热喷涂的轴承涂层具有不断上升的孔隙率（另一种或附加的办法是，也可在热喷涂的过程中采取别的不断降温的措施），其中首先喷涂一层孔隙率小的（≤2%，特别是≤1%）涂层。为此，宜用一种例如 38 微米（400 目）的粉末粒度。这个底涂层喷成约 100～300 微米、特别是 200～150 微米的层厚。然后产生一层孔隙率为 2%－6%、特别是 2.5%～4% 的涂层，其中粉末的粒度例如用大约 63 微米（230 目）。粉末粒度是这样选择的，即粉末的至少 40%、特别是至少 50% 重量百分比小于或等于标准筛孔尺寸，最好至少 70% 重量百分比、特别是至少 80% 重量百分比在下一个等级内，此外，最好至少 90% 重量百分比在双直径内（半目尺寸）。

涂层的厚度同样可在底涂层给定的范围内选择。如果只喷涂一层，则这层最好为 100～600 微米厚，特别是 200～400 微米厚。

本发明发现，涂层内应力随不断减少的孔隙率而增加，从而存在该涂层从连杆孔剥落的危险。本发明特别采用特殊的喷砂步骤，用这些喷砂步骤可达到连杆孔上的涂层的特别高的附着强度。另一方面，本发明是通过提高涂层的喷涂温度来避免由于太高的涂层内应力引起的涂层剥落。例如通过增加等离子喷枪上的电压或电流来实现的。由此而可使涂层更好地分布在基体（连杆孔）上，并达到较好的附着。最好只通过喷涂层上仍然具有的、在上面已述及的一定的小孔隙率来实现这个目的。另一方面，喷涂温度的增加也可引起基体完全退火的危险，就是说，基体可能过热。这特别在铁材料时是成问题的。根据本发明，通过只有底涂层用高的喷涂温度喷涂来解决这个问题。然后用较低的喷涂温度、特别是用较高的孔隙率形成其他的涂层。如果这种较高的孔隙率对要求的滑动轴承不适合，则按本发明，当这个较高孔隙率的涂层在紧接着的加工中被去除时，这个问题就解决了。在这种情况中，较高孔隙率的涂层或较低温度喷涂的涂层只造成对基体进行一次机械精加工。

轴承涂层的喷涂最好在一道工序内进行，就是说，喷涂过程不中断。为此，最好进行自动的粉末匹配和/或参数匹配来达到不同的孔

隙率。

轴承底涂层最好盖住不圆度，这种不圆度例如由于轴瓦分开时连杆的破开引起的（典型的不圆度为30～150微米），而该底涂层则可用简单的工艺方法继续喷涂到连杆的轴承材料上的特别是多孔的其他涂层盖住，这些其他的涂层为以后精加工达到足够的厚度。这个底层重新去除到实际的滑动轴承涂层（孔隙少的涂层）问题不大。通过这种工艺方法可达到涂层内应力的平衡、连杆不完全退火或只是轻微的完全退火和滑动轴承涂层的高的附着抗拉强度，该抗拉强度一般≥20牛顿/毫米^2，特别是≥25牛顿/毫米^2，也可高于28牛顿/毫米^2。用铝青铜例如可达到涂层硬度约为185$HV_{0.3}$和更高（维氏硬度）。

对于主要是柴油发动机用的连杆、特别是大连杆孔中的较高负荷的滑动轴承涂层来说，最好增加滑动轴承涂层内的剩余油量。根据本发明，通过在滑动轴承涂层中引入一个或多个润滑槽使发动机停止时或发动机转速低于空转速度时的储油容积增大来实现这个目的。这样，在发动机启动或发动机停止时就能以较短的时间通过混合摩擦的范围。这个较短的时间是滑动油膜较长保持或较快形成的结果，而这个滑动油膜是由于微孔中的和设置的一个或多个槽中的发动机油与曲轴附着引起的。通过轴承涂层设置至少一个槽、特别是具有一定孔隙的表面，即使泵的油压已经下降或刚刚建立，也能达到这个润滑膜保持较长的时间。当这些槽主要径向延伸即沿圆周方向延伸时，槽的效果特别好。这些槽本身是闭合的即为连续槽特别是环形的连续槽最为有利。槽最好作成V形或梯形，槽的两侧夹成的角度最好为30°～80°，特别是45°～60°。槽的深度宜为0.2～1毫米、特别是0.4～0.6毫米的范围。槽的数目最好根据滑动轴承宽度、滑动轴承的承重比率和所需的附加的储油容积来确定。给定的槽的形状和深度最好以热喷涂之前的状态为准。作为热喷涂则用等离子喷涂特别有利。

在设置一个或多个槽后，基体表面最好涂敷滑动层，特别是涂敷具有上述不同孔隙率的复合轴承涂层。在紧接着进行轴承面精加工时，这些槽最好不再加工或只进行很少的加工，这样，粗糙的等离子涂层结构产生特别好的储油作用。

在喷涂轴承涂层时，最好进行一种金属喷涂，而且最好采用金属合金。此外，也可采用不同金属（特别是金属合金）的混合物。这种

混合物例如可以是铝和锡的混合物，其中，这种混合物由粉末状的单个成分混合而成是特别有利的。金属粉末的等级取决于各种喷涂参数并可由业内人士通过一系列试验轻易确定。作为轴承材料最好用青铜，特别是铝青铜（铝锡合金），但也可用铜青铜，还可用金属－软材料层和/或金属－固体润滑剂层。作为软材料例如可用铅之类的软金属，这类软金属分布在一种较硬的金属中，例如合金的铝中（铝/铜/镁/铬）。但作为软材料也可用别的材料，例如氟聚合物（例如聚四氟乙烯）。作为固体润滑剂可用硫化钼、氮化硼或石墨之类的化合物。

喷涂过量的轴承材料是特别有利的，过量部分接着用机械精加工去掉。精加工例如可用珩磨，这里特别适用精磨。在珩磨时，最好将轴承材料磨去 20～300 微米，特别是 50～200 微米；在精磨时，余量最好为 50～1000 微米，特别是 100～500 微米。

最后的轴承涂层（去掉加工余量后）最好为 150～800 微米、特别是 200～500 微米。这样的涂层比厚达 2.5 毫米的一般轴瓦薄得多。这就是说，或者在连杆上可继续存在较多的材料（可承受较高的荷载），或者可将连直作成较轻的重量。

根据本发明，用轴承材料进行热喷涂的连杆孔最好在轴承材料喷涂以后才打开。这种工艺方法尤其适用于连杆孔进行破开（裂开）的场合。在这种方法中，连杆孔（里面）在要求破裂的部位分别设置一个切槽。这些切槽用一种激光器来加工是特别有利的，例如一种 FK（遥控）激光器以大约 45°开进连杆孔中。激光器的功率可用 5～10 千瓦。开槽最好宽 0.3～0.8 毫米，深 0.2～0.7 毫米。破裂部位一般大致在连杆孔的中心。另一种办法是，也可用腐蚀法或拉削刀具例如插削进行开槽。

在连杆孔开槽和破开时，最好按这样的工序进行：首先在连杆孔内开槽（例如用一种刀具、激光器或通过腐蚀），然后用热喷涂方法进行轴承材料的喷涂，接着进行破开。通过这种工艺方法取消了一般在破裂部位或在单个轴瓦之间存在的缝隙（或者减小到最低限度）。这样的一个缝隙在大的发动机负荷时会引起油膜分离。由于开槽在轴承材料喷涂之前进行，所以可达到较好的润滑性能。在一定情况下，也可在轴承材料喷涂之前进行破开，这时轴承材料接着要再次（最好

不开槽）破开。

如果连杆孔通过切开打开，则最好在用热喷涂进行轴承材料的喷涂之前按这种工艺方法切开连杆孔，并将剩余的连杆和连杆盖的分离面单独磨光。然后这些件重新进行装配、用孔、螺纹和螺栓连接在一起。最好在这个重新用螺栓拧在一起的连杆孔中也在该处（在分离部位）开一个槽，特别是在用轴承材料喷涂之前进行。然后为了分开轴承涂层。最好重新破开连杆孔。如果这时破开进行得太不均匀，则轴承涂层本身必须开槽。

最好在连杆孔打开后才进行轴承涂层的上述加工（珩磨或研磨），这样在轴承涂层破开时可能在破开边上产生的毛刺就可随去除加工余量同时去除。

在按本发明制造的连杆中，也可在连杆孔内设置油路。这个油路最好在轴承涂层喷涂后、特别是在轴承涂层精加工后才在连杆孔中钻削。这样，这个油路也可穿过连杆钻削到对面的连杆孔。

根据本发明，连杆的平面（大的侧面）也最好在轴承涂层喷涂后才精加工。这种精加工在这里最好用平面磨削。

根据本发明的方法，连杆孔最好在喷涂之前进行一道打毛工序。特别是最好通过喷砂进行打毛，但也可用一种高压液体进行喷射。连杆孔的材料特别是为C70号钢时最好打毛到平均粗糙深度Ra为4～30微米，特别是8～12微米。在这样的平均粗糙深度时可达到轴承材料特别好的附着在连杆孔的材料上。

连杆孔的平均中的至少一个平面用一个样板盖住对连杆孔内轴承涂层的加工特别有利，这块样板在连杆孔的范围内有一个孔。该孔大致与连杆孔一样大，这样，一方面喷涂过程不受样板干扰，另一方面在很大程度上避免了连杆孔范围内的平面喷涂。如果只有一个平面用样板盖柱，则其它的平面最好位于一个托盘内，该托盘象样板那样，在连杆孔的范围内同样具有一个孔。

根据本发明，各个连杆的连杆孔最好在一道工序内进行喷涂。为此，多个连杆，最好2～10个、特别是4～8个连杆这样摞在一起，使待喷涂的连杆孔形成一个圆柱体。为此，可在一个专用托盘上设置连杆的定中心装置，连杆放入该装置中。在用这个方法时，最好把实际上同时喷涂的连杆作为一组保存，以便接着共同装入一台内燃机

中．一台内燃机的全部（同类的）连杆最好通过重叠放置共同进行喷涂．如果由于气缸数目（例如 12 缸）而不可能重叠放置，则至少一个气缸系列（在 V12 型发动机时为 6 缸）的连杆重叠放置进行喷涂．用这种工艺方法可达到把相同质量的连杆装在一台内燃机中．

在热喷涂的过程中，特别是在多根连杆重叠放置进行喷涂时，有气流通过连杆孔是特别有利的．作为气流最好用处理过和净化过的空气，特别是这种气流实际上应当无油和无湿度并尽可能保持一温度范围（大约 20℃）．这种气最好具有 3～15 米/秒、特别是 5～8 米/秒的流速（空气下降速度）．用这种气流吹掉喷涂时产生的过度喷涂．

轴承材料的喷涂最好用一个旋转喷嘴进行，这种喷嘴特别是还在连杆孔上方就已经不断旋转进入连杆孔（或多个连杆孔）中．用这种喷嘴可达到连杆孔的特别均匀的喷涂．在根据本发明喷涂连杆孔时，这种喷嘴进入连杆孔并穿过连杆孔的进给速度最好为 0.5～20 毫米/秒、特别是 2～8 毫米/秒。

在喷涂时，把多层轴承材料喷涂到连杆孔上是特别有利的，其中最好在连杆孔内形成 4～30 层．这些层最好用不同的方向进行喷涂，这有助于提高涂层质量．在喷涂连杆孔时，是这样实现这个目的的，即在喷嘴进入的过程中和拉出的过程中进行连杆孔的喷涂，同时不断旋转的喷嘴最好保持它的旋转方向。

成批生产的连杆按本发明用轴承材料进行喷涂．此时，最好至少一批的各根连杆要进行测量．特别是对平均粗糙深度 Ra 和/或轴承材料本身（例如在用混合物时轴承材料的分布均匀性）进行测量．无损伤地进行连杆的测量是特别有利的。

上述和下述特征及措施同样适用于本发明方法制造连杆。

下面结合附图和实施例来详细说明本发明。

附图说明

图 1　一根连杆的正面图；

图 2　该连杆的侧视图；

图 3　大连杆孔的涂层结构；

图 4　带有一个曲轴轴颈和微孔轴承涂层的一个连杆盖；

图 5　带有一个径向润滑槽的图 4 连杆盖；

图 6　带有多个径向润滑槽的连杆盖。

具体实施方式的描述

所列出的各道工序只有一部分是必须紧密配合的。原则上，各个单独的工序都可去除、补充、交替进行和/或与别的工序交换。

破开连杆的工艺流程

普通的连杆 1（图 1 和图 2）放在一条生产线上，这种连杆例如 C70 号钢制成，迄今为止例如配有轴瓦。紧接着进行侧面 2 的粗磨，然后，大的和小的连杆孔 3、4 按尺寸进行加工。此外，进行侧面 2 的连杆盖 9 的螺丝孔加工，即加工孔 5 和螺纹 6。

一个 FK 激光器 7 以 45°角度伸入大连杆孔 3 中，以准备破开。用这个激光器 7 在大连杆孔 3 的两侧和中间分别开一个宽约 0.5 毫米和约 0.3～0.5 毫米的槽 8。也可通过拉削刀具开槽。

在槽 8 开好后，大连杆孔 3 按下面尚待述及的方法进行等离子喷涂。在等离子层喷涂后，大连杆孔 3 和该等离子层一起通过一个破碎力约为 100 千牛顿的破碎装置破开。破开部位进行清洁（用压缩空气吹），并用螺丝 10 按规定的扭矩安装破开的连杆轴承盖 9。小的连杆孔也通过压入轴瓦 11 进行安装。然后精磨平面 12。

大的连杆孔 3 和必要时小的连杆孔 4 加工到尺寸 16（图 3），这可通过精钻或精磨来实现。然后对连杆进行彻底清洁、测量和分类。

切开的连杆的工艺流程

切开连杆的工艺流程基本上与上述流程相同，但在侧面、顶面和螺丝支座拉削之后就已经通过切开打开了连杆孔。在切开后，连杆和连杆盖上的分离面要单独进行拉削。接着是一道清洗工序，清洗后，小连杆孔进行粗加工和精加工。现在将连杆盖螺丝通过螺孔和螺纹装入侧面中。精磨连杆和连杆盖上的分离面、再次进行清洗并将连杆盖安装到连杆上。切开面也是用一个 FK 激光器开槽，然后，大连杆孔喷涂轴承涂层，接着重新破开该轴承涂层。

各个单独的工序，例如将轴瓦 11 压入小连杆孔 4 中可在整个工艺流程的不同部位进行，例如也可在等离子喷涂之前进行。

大连杆孔的等离子喷涂工艺流程

在等离子喷涂时，连杆要进行清洗，大连杆孔用过热蒸汽除油，然后进行干燥到几乎没有剩余湿度。这样预处理的连杆上下堆垛成 4～8 个一堆，这样大的连杆孔就同心地位于一个专用托盘的相应孔上。其中连杆最好通过粗加工的小连杆孔和连杆或侧面对准并进行固

定。运载托盘通过一个准备区进入一个喷砂单元，在该处，大连杆孔通过喷砂产生大约 8～12 微米的平均粗糙深度 Ra。接着连杆被运入一个清洁工位并用压缩空气吹喷砂的表面。最后，预处理过的连杆进入等离子喷涂工位，在这里，大连杆孔由一个旋转的等离子喷枪喷涂一层大约 0.5 毫米厚的铝青铜涂层 15（图 3）。喷涂后的连杆然后进入一个冷却区，在该处从专用托盘中取出冷却了的连杆并送去进行上述的继续处理。

按本发明制造的连杆具有这样的优点：这些连杆在大连杆孔中没有轴瓦，所以取消了轴瓦本身的安装以及取消了轴瓦的固定槽或去除毛刺。从而使等离子涂层的喷涂在费用上有竞争能力。此外，等离子喷涂的连杆提高了安装可靠性，因为在安装时不用轴瓦。

根据本发明制造的连杆在轴承盖固定的范围内在大连杆孔上具有较大的腹板宽度，因为等离子涂层在精加工后只大约为 0.3 毫米厚，而轴瓦则有 2.5 毫米。从而可达到较大负荷的发动机时的较高的连杆荷载和/或减少重量。此外，取消了两半边轴瓦之间的缝隙，在这个缝隙上，在较高的负荷时油膜开始分离。所以，按本发明制造的连杆具有较好的润滑性能。

喷涂流程

如在上述工艺流程所述，待喷涂的并设置有径向槽的表面用过热蒸汽进行清洁，这样实际上可达到 100% 的除油。基体表面（铁材料，例如 C70 号钢）的打毛可用三氧化二铝在大约 4～6 巴喷砂压力的情况下进行多次喷砂处理并用不断增加的粒度进行喷砂；破开连杆或切开连杆的腐蚀的破开槽的第一次喷砂处理用粒度为ϕ0.063～0.15 毫米（230～100 目）。基体表面和径向槽的第二次喷砂处理用粒度为ϕ0.18～0.35 毫米（80～45 目），基体表面和径向槽的第三次喷砂处理用粒度为ϕ0.6～1.1 毫米（30～16 目）。作为下一道工序接着用一种铝－铜－铁合金进行等离子喷涂，其中，例如可用一种铝青铜，其成分为 5%～15% 铝、1%～5% 铁、1%－4% 钴和 0.5%～4% 锰，特别是 9%～12% 铝、大约 2% 锰、大约 2%～2.5% 钴和大约 3%～4% 铁。用平均粉末粒度大约 38 微米的喷涂材料进行涂层厚度约为 200～250 微米的第一次等离子喷涂，其中用相应于所用的相应喷枪的喷涂温度调节涂层孔隙率≤1%。用一种较粗的粉末颗粒（ϕ大约 65 微米）

不中断地继续进行喷涂并又形成 200～250 微米的涂层厚度。这时设备参数调节成使孔隙率达到 1.5%～3.5%的范围。

这种喷涂方法也可用于不带径向槽的轴承。

带径向槽的切开连杆的工艺流程

下面说明整个工艺流程，如前所述，各个单独的工序可根据工艺流程图取消、交换、补充或相互代替。

在毛坯连杆送到后，把它们放到生产线上，在该处进行平面 12 的粗磨和拉削。然后进行侧面 2、顶面和螺丝支承面的拉削并分开大连杆孔。接着进行分离面 30 和大连杆孔 3 的拉削，其中连杆和连杆盖 9 单独进行加工。在各部分清洗后，进行小的连杆孔 4 的粗加工和精加工，并加工连杆盖螺丝 10 的孔和螺纹。将轴瓦 11 压入小连杆孔 4 中并挤紧和倒角。连杆和连杆盖 9 的分离面 30 进行精磨并整个地再次进行清洗。

然后，将连杆盖 9 按规定的扭矩拧到连杆上，在用径向槽 32 时在大连杆孔中例如通过铣削或车削加工径向槽。

在稍后打开等离子涂层 15 或 16 时，在大连杆孔中例如通过腐蚀或激光器加工一个断裂槽。接着进行大连杆孔的等离子喷涂。

需要时，可钻削一条油路（从大连杆孔穿通连杆到小连杆孔），视连杆种类而定，在汽油发动机时可进行、而在柴油内燃机时则大都进行这项工作。

通过松开连杆盖的螺丝 10 破开喷涂的等离子涂层 15，这样的破开由于等离子涂层 15 的内应力可多次进行，视等离子喷涂而定。取下连杆盖 9 并对破开部位进行清洁，例如用压缩空气喷吹。接着重新安装连杆盖 9 并按规定的扭矩拧紧连杆盖的螺丝 10。大连杆孔两侧进行倒角或者对径向槽的边进行倒圆，视所用方法而定。

接着精磨平面 12、精钻小连杆孔 4 和精磨大连杆孔 3，以产生实际的滑动面 35 并在轴承涂层 16 上露出微孔 33。再进行一次清洗过程后，对连杆进行测量和分类并优先选用两个误差等级。

这样制成的连杆在装配线上进行拆卸并在装配线上安装到内燃机的曲轴 34 上。

在大连杆孔进行等离子喷涂和必要时进行油路钻削后，也可对大连杆孔两侧进行倒角并进行径向槽边缘倒圆，视所用方法而定。接着

进行平面的精磨、小连杆也精钻和大连杆孔精磨。清洗和测量后，连杆进行分类，特别是直接在装配线上通过松开连杆盖的螺丝破开等离子涂层。取下连杆盖并对破开部位例如通过喷吹进行清洁。然后将连杆安装到内燃机的曲轴上。

在连杆中最好采取连杆盖的防扭措施，例如通过连杆盖螺丝孔的轻微错开，这样在破开时在等离子涂层中产生的锯齿状凹口就可重新相互一致导向。

破开连杆的工艺流程

将毛坯连杆（例如 C70 号钢）放到生产线上并进行粗磨和侧面的平面磨削。按上述过程进行大小连杆孔的粗加工和轴承盖的螺丝孔加工（钻孔和切螺纹）。根据要求在大连杆孔中例如通过铣削或车削加工一个或多个径向槽，视轴承种类而定。接着例如用一个 FK 激光器以 45°伸入大连杆孔中对大连杆孔进行开槽；激光器功率大约 7 千瓦。在大连杆孔中间两侧开一个大约 2 毫米宽和不到 0.5 毫米深的槽。该槽也可通过拉削刀具或通过腐蚀加工而成。连杆孔通过一个具有大致 100 千牛顿破碎力的破碎装置破开。取下连杆轴承盖并例如用压缩空气清洁破开部位。然后重新装上连杆轴承盖并按规定的扭矩拧紧连杆轴承盖的螺丝。接着大连杆孔进行等离子喷涂并在小连杆孔中压入轴瓦。大连杆孔两侧倒角，连杆侧面最终磨削和大小连杆孔进行精钻削或精磨削。然后整个地进行清洁（清洗）并对连杆进行测量和分类。在装配线上拆卸连杆并安装到内燃机的曲轴上。

进行等离子涂层的破开，特别是通过连杆盖螺丝的松开可直接在装配线上或也可在一个先前的时间点进行。在等离子涂层破开后，对连杆盖破开部位进行清洁（喷吹）是值得推荐的。

等离子喷涂的工艺流程

连杆进行清洗并用过热蒸汽至少对大连杆孔进行除油，然后干燥到尽可能低的剩余湿度。将多个连杆朝大连杆孔上下同心地堆垛在一个专用托盘上（一般为 4～8 根连杆）。可通过小连杆孔和连杆或侧面进行固定。运载工件的专用托盘通过一个中立区送入一个喷砂单元并进行定位。大连杆孔用上述砂子等级进行喷砂达到平均粗糙深度大约 6.5～8 微米。接着载有喷过砂的连杆的专用托盘进入一个清洁工位，在那里用压缩空气喷吹喷砂表面。接着该专用托盘开入等离子喷

涂工位，在该处大连杆孔用铝青铜进行等离子喷涂，首先喷涂一层微孔层，接着喷涂一层有些孔隙的层，总的涂层厚度为 0.5 毫米。喷涂后的连杆运入一个冷却区并在冷却后从托盘取下进行继续处理。

本发明的优点是，轴瓦及其安装以及为此所需的固定槽和去毛刺都可取消。从而提高了安装可靠性。通过等离子喷涂在轴承盖固定的范围内达到了一个较大的腹板宽度（较小的连杆孔直径），因为只有不到 0.5 毫米的等离子涂层对应大约 2.5 毫米的轴瓦厚度。由此而可达到较高负荷发动机的较高的连杆荷载或减轻一定的重量。此外，取消了两半边轴瓦之间的缝隙，该缝隙在一定条件下会导致结构引起的油膜分离。用等离子喷涂可达到较好的润滑性能。同时减少了误差，因为通过等离子喷涂取消有了误差等级。所以由于很小的加工误差而可达到较好的发动机运行。由于在等离子涂层中设置了径向槽而可达到较高的轴承荷载并减小混合摩擦时间。微压力室系统改善了摩擦系数，特别是与一个或多个槽配合时尤其如此。这种槽也可用别的滑动轴承材料喷涂，这种滑动轴承材料在涂层切削加工后基本上只存在于槽中。这类轴承材料可以铅、锡或镍为基体。由此也可达到较高的轴承负荷或寿命。

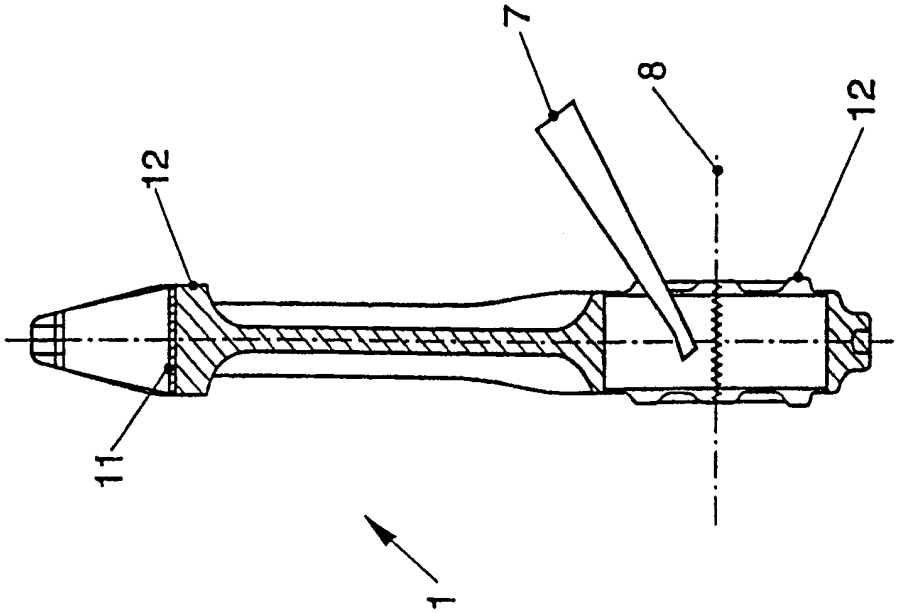


图 2

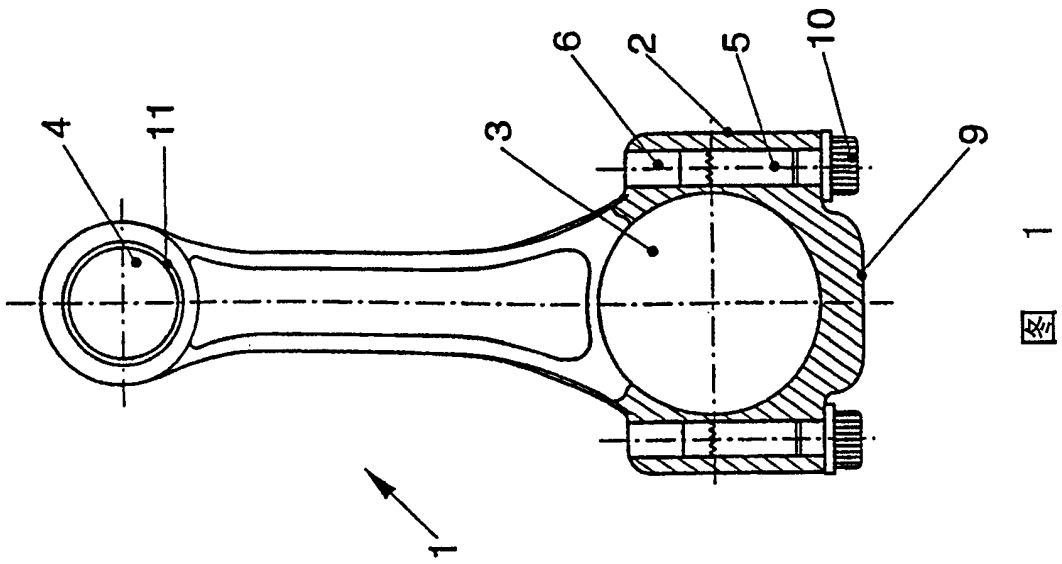


图 1

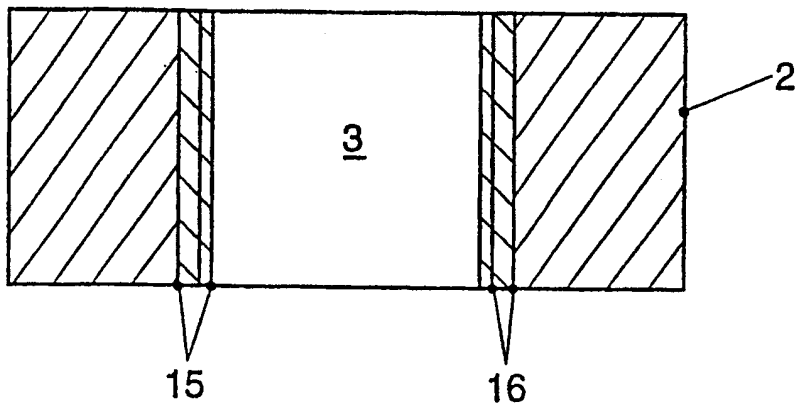


图 3

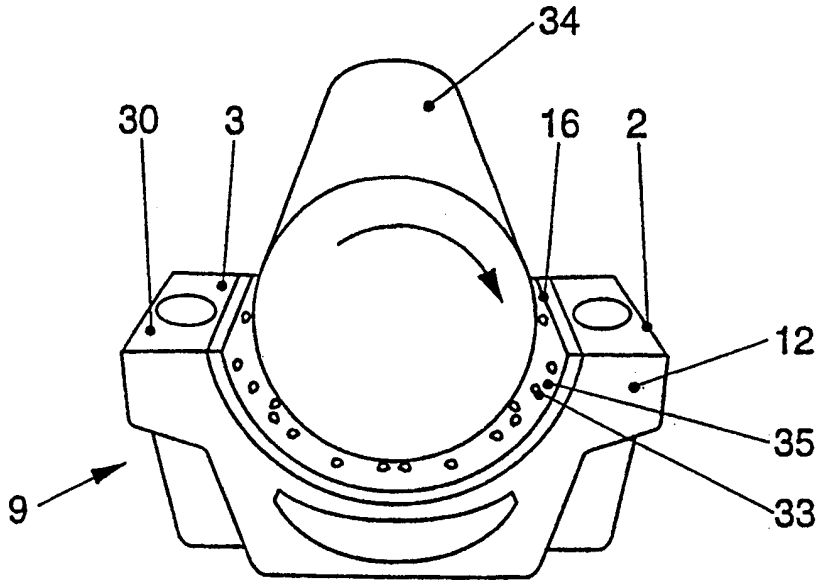


图 4

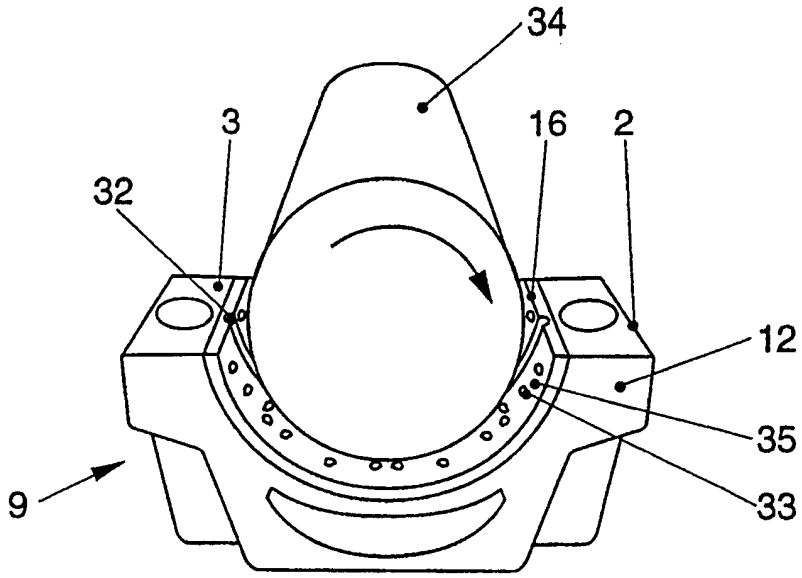


图 5

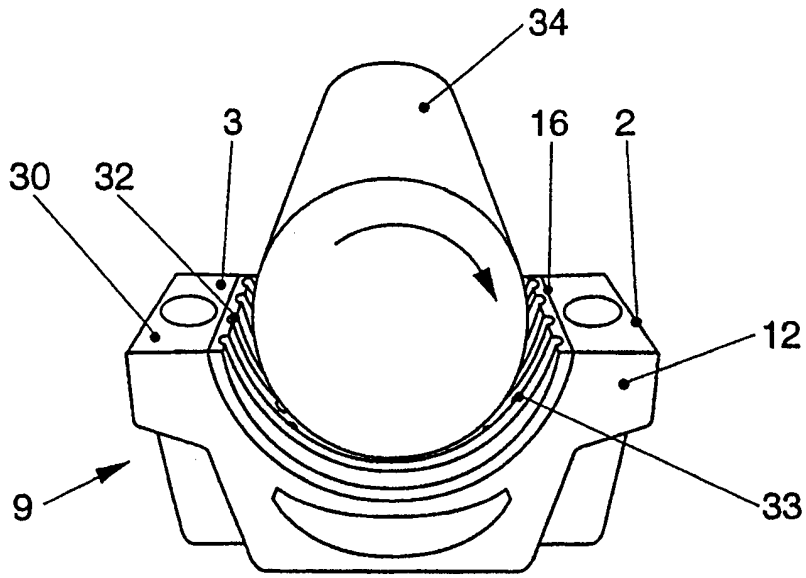


图 6