〔19〕中华人民共和国专利局

〔51〕Int.Cl.⁴
F16C 17/00

〔12〕发明专利申请公开说明书

〔11〕CN 86 1 00018 A

CN 86 1 00018 A

〔43〕公开日 1986年10日29日

〔21〕申请号 86 1 00018
〔22〕申请日 86.1.4
〔30〕优先权
〔32〕85.1.5 〔33〕英国 〔31〕8500282
〔71〕申请人 AE公司
地址 英国英格兰沃里克郡拉格比·考斯顿·考斯顿大厅
共同申请人 德雷塞工业公司
〔72〕发明人 约翰夫·弗朗西斯·沃里纳
沃伦·E·斯奈德

〔74〕专利代理机构 中国专利代理有限公司
代理人 吴鸿亮

〔54〕发明名称 有关轴承的改进

〔57〕摘要

一种能承受重载的轴承的生产方法，该轴承具有充满软质涂层合金的凹槽。凹槽由喷丸或模压而产生。喷丸最好用直径为0.25毫米至0.5毫米的圆形陶瓷丸进行。凹槽深度最好在0.01毫米至0.05毫米之间。实施例描述了一种具有合金的轴承，该合金包括在钢的背上的轴承合金和软的涂层，并且在轴承合金与涂层之间还有一层厚度为3至5微米的镍夹层。可以制造这样的轴承表面，即具有一种连续涂层表面，或包含轴承合金和涂层的不规则区形成的复合表面。

12/8604241/16

权　利　要　求　书

1.一种生产轴承的方法，用该方法生产的轴承具有较硬的轴承材料及较软的涂层合金，并且上述轴承适合于重载使用的条件，本方法的特征在于包括以下步骤：在较硬轴承材料的表面上制作凹槽，在有凹槽的较硬的轴承材料表面镀上一层涂层合金以及把轴承表面机械加工到所需的尺寸。

2.根据权利要求1 所述的方法，其进一步特征在于：在较硬的轴承材料和涂层合金之间也镀了一层夹层。

3.根据权利要求1 或2 所述的方法，其进一步特征在于：凹槽在通过喷丸或模压做出的。

4.根据权利要求3 所述的方法，其进一步特征在于：通过圆形陶瓷弹丸喷丸处理，在该较硬轴承材料表面上形成凹槽。

5.根据权利要求4 所述的方法，其进一步特征在于：陶瓷弹丸包含以二氧化硅为基的氧化锆。

6.根据权利要求4 或5 所述的方法，其进一步特征在于：陶瓷弹丸直径从0.15毫米到0.1 毫米。

7.根据以上所述任意一项权利要求所述的方法，其进一步特征在于：凹槽深度从0.01毫米到0.05毫米。

8.根据权利要求2 所述的方法，其进一步特征在于：夹层包括镍或镍合金、铜或铜合金或者银或银合金。

9.根据以上所述任意一项权利要求所述的方法，其进一步特征在于：较硬的轴承合金包括铝或铝合金、铜或铜合金。

10.根据以上所述任意一项权利要求所述的方法，其进一步特征在于：较软的涂层合金进行机械加工后，在轴承表面上保留有光滑、连续的涂层相。

11.根据权利要求1 至9 中任意一项权利要求所述的方法，其特征在

于：镀涂层处理后，对较软的涂层相进行机械加工，让轴承表面包含有涂层区域和轴承合金区域。

12.根据以上所述任意一项权利要求所述的方法，其特征在于：轴承表面只进行一次喷丸并且不在已喷丸的表面上再进行喷丸。

13.根据权利要求1 所述的方法，其进一步特征在于：对轴承合金的表面进行喷丸，形成1 微米至10微米深的凹槽，并且再镀上一层牺牲的涂层。

14.根据权利要求3 所述的方法，其进一步特征在于：采用转动式连枷喷丸装置的喷丸处理来制造凹槽。

15.根据以上所述任意一项权利要求所述的轴承制造方法，其进一步特征在于：轴承是由平板带材料或坯料制造的，在制造轴承前，首先通过喷丸或模压技术将平板带材或坯料制出凹槽。

说　　明　　书

有关轴承的改进

本发明涉及一种滑动轴承，特别涉及一种具有涂覆层的滑动轴承。

具有钢或其它硬质金属基体的轴承和在轴承材料上含有铜或铝基合金涂覆层的轴承，通常也有形成轴配合面的软金属合金涂覆层。其中，这种软金属涂覆层为轴承提供良好的顺应性、嵌埋性和抗咬合性。

然而，软金属涂层也有其自身的缺点。因为软，涂层耐疲劳性和耐磨性就低。近年来就中速柴油机而论，涂覆层的磨损及其腐蚀问题愈加严重。重质燃料油的应用已导致采用润滑油添加剂以减少所不希望的燃烧产物对润滑油影响。这样不仅增加了对轴承的腐蚀破坏而且还增加了由于磨粒而产生的对轴承的磨损。在工作温度下，涂层合金的组份有从涂层材料扩散出而渗入到轴承材料中的倾向。为了耐腐蚀，总是希望涂层具有高的合金含量例如，高的含锡量。而例如在铜基轴承材料上应用铅一锡合金涂层的情况下，锡就倾向于从涂层合金中扩散出而渗透到铜基合金中，这样使降低了涂层的抗腐蚀性。为解决该特殊问题，在轴承材料和涂层之间采用夹层，以防止扩散，例如，防止从涂层中扩散出锡。

在采用铝基轴承合金的情况下，通常采用一层镍基或铜基材料的夹层，以利于用电解法来涂覆涂层。虽然这解决了一个问题，但却也提出了另外的问题。在涂层被磨损或腐蚀掉以至暴露出大面积连续的镍基材料的中间层的情况下，旁证表明，轴承容易咬合，结果是既损坏轴承又损坏轴颈。

近年来，为提供轴承表面具有交替暴露的软合金面和硬质轴承材料面，提出了各种各样的轴承材料和涂层的构造，这样，在与轴颈相接触

的摩擦面上有一层抗咬合软合金薄膜转移到轴与硬质轴承材料之间。其构造包括充满软合金或自润滑材料的轴向和周向沟槽、螺旋槽和许多类型的孔或槽。

最近，艾伦绰特(Ehrentraut)在美国专利4400099 号中描述的一种重载轴承包括：在轴瓦上有轴承材料的轴瓦外壳层，并且轴承材料上形成轴向间隔沟槽。沟槽对着与轴向最大成15°的锐角，并且该沟槽中充满软质轴承合金。对于机加工沟槽的几何形状及其沟槽彼此间相应的空间距，采取了各种尺寸和数学上的约束。轴承表面机加工成连续的螺旋线形沟槽，并且在或有或无夹层的沟槽中填满软质轴承合金。这种轴承效果很好，但是，制造困难，费用昂贵，并且由于沟槽基本是连续和处于周向的，因此仍然有使软涂层腐蚀的倾向。这种类型轴承的一个更大的缺点是，在硬质铁屑被压入到软质涂层的规整的槽中时，轴颈的相应区域将首先受到磨损，因而凹凸不平。其结果将是，若轴不经重磨，就把新轴承装上，在发动机运转时，新轴承实际马上就会被严重地损坏。另外由于螺旋槽非常狭窄，使得轴承难以容纳大的灰尘粒子。

本发明的一个目的是提供一种轴承，该轴承在涂层和轴承材料之间的夹层裸露的情况下，能够降低咬合的敏感性。

本发明进一步的目的是提供一种轴承，该轴承由于其制造成本低，方法容易被控制，因此它克服了制造困难和费用昂贵的问题。

本发明再进一步的目的是提供一种轴承，在该轴承中，以不连续的方式把涂层加入轴承表面来降低软质涂层腐蚀的敏感性。

本发明的一个方面是下述轴承的生产方法，该轴承包括较硬的轴承材料和在其上的较软的涂层合金，并且适用于持续重载，其工艺包括在镀涂层之前，在较硬的轴承材料的表面制出凹槽，再把较软的涂层合金填入槽内，最后对轴承表面进行机加工，得到所需的尺寸。

在一个生产方法的实施例中，一个夹层被置于较硬轴承材料和较软

的涂层之间。

例如，用众所周知的喷丸或滚压技术可在较硬的轴承合金表面上制造凹槽。滚压工具可以是圆周表面隆起的滚子，表面的隆　起具有任何所需要的形状和几何尺寸。不同的滚子可有不同的表面隆起密度，以便控制较硬轴承合金相对于涂层合金的表面面积比。

制造表面凹槽的喷丸技术可以是喷丸技术领域内已知的任何适当的技术。喷丸技术中用于喷射的丸球包括玻璃球、陶瓷球、钢球或其它金属球。也可使用包括连枷式喷丸工具在内的其它技术。

在利用喷丸工艺制造凹槽时，可以选用直径大约0.15至1.00毫米的陶瓷球，但最好选用喷射瓷球的直径是0.25至0.5 毫米。这种喷丸丸球包括二氧化硅为基的氧化锆，人们发现，利用这种丸球喷丸对于制造所需的表面形状非常有利。

用冷硬铸铁丸和石英砂粒进行的实验表明，这些材料在冲击时容易破碎，其结果使得棱角尖锐的铁屑嵌入轴承合金表面。这是轴承表面所不希望有的。类似地发现，玻璃球比陶瓷球更易于破碎，结果导致峰利的玻璃屑嵌入。人们发现为了最佳地控制所需的表面形状和把嵌入的杂质减少到最低限度保持喷丸介质的圆形颗粒是非常重要的。

人们发现，为了使轴承表面具有最佳形状和性能，轴承表面一次喷丸应覆盖其表面100 % 。对经喷丸处理过的轴承合金进行第二次喷丸势必会使轴承表面产生不很理想的表面形状。

另一种喷丸方法是应用这样一种装置，即，该装置的丸球连接在一些柔性绳股的端部，该绳股各自连接到旋转轴上。当轴旋转时使丸球撞击轴承表面。福莱克斯一霍恩(Flex Hone)(商标) 是这种连枷式喷丸装置的一个例子。

在方法的一个实施例中，可对涂层合金进行机械加工，这是为了显露出涂层的断续区和相对硬的轴承合金。

本发明的第二方面是一种用于承受重载荷的轴承，它包括一种具有凹槽的相对硬的轴承材料，在该相对硬的轴承材料的凹槽中充满了较软的涂层合金。

在轴承的另一个实施例中，较硬的轴承材料和较软涂层之间有一层夹层。例如，该夹层可以包括镍或者镍合金、铜或者铜合金、银或者银合金。

较硬的轴承材料可以是铝基或铜基的，而涂层是本领域中任何所熟知的涂层，并用任何已知的技术进行涂覆，例如，电镀、浇注化学蒸气沉积和各种形式的物理蒸气沉积。

在一种实施例中，用喷丸技术制造了凹槽，并对涂层进行了机械加工，来暴露硬、软合金的交替区，由于喷丸方法的特性，因此这些区具有任意的形状和尺寸。

在轴承的又一个可供选择的实施例中，可以仅对涂层进行扩孔，仅仅为了足以形成一个光滑而又均匀的轴承涂层表面，并不显露出任何在涂层下面的夹层或较硬轴承材料。这个实施例的优点是在需要连续的涂层表面的地方，那儿涂层在使用中的磨损最终并不显露出大面积的连续夹层，因此可使任何潜在的咬合危险性降到最小。

用具有连枷式喷丸工具制造的表面凹槽可以是较规则的试样。在某些实施例中，根据对最终轴承表面所需的较硬的轴承材料与较软的涂层的比例，各个凹槽可以不连成一片并且这样凹槽可以是部分重合。

在某种情况下，在沉积任何夹层和涂层之前需要给予较硬的轴承材料的喷丸表面以少量的机械切削，以此增强对相应的表面面积比例的控制。例如，通过夹层或涂层沉积前的机械加工可以除去围绕喷丸凹槽而产生的凸出部分。

喷丸凹槽的深度可以≤大约0.15毫米，但最好是0.01毫米到0.05毫米深。

为了使本发明能够被较充分地理解，现参照附图说明本发明的实施例：

图1 表示了一张本发明第一个具有夹层和涂层的轴承的金相切片的金相照片；

图2 表示了一张本发明的另一个具有夹层和涂层的轴承的金相切片的金相照片；

图3 表示了一张图2 所示轴承的轴承表面的金相照片；

图4 表示一张工作容量为363 立方英寸的六缸柴油机中1 、2 和3 缸的大端部轴承（ 轴承盖和搭杆）的照片；

图5 表示一张与图4 所示相同的发动机的4 、5 和6 缸的轴承的照片；

图6 表示一张本发明的轴承表面的放大50倍的扫描电子显微镜（ SEM）照片，该轴承已经在气缸工作容积为363 立方英寸的柴油机上运行了756 小时；

图7 表示一张图6 所示的轴承表面放大了1000倍的扫描电子显微镜照片，该照片显示了夹嵌在涂层相中的杂质粒子；

图8 表示了旋转式连枷喷丸装置的剖面图示意图；

图9 表示图8 所示装置的连枷零件的侧视剖面图；

图10表示图8 所示另一个连枷零件的端部正视图；

图11示意地表示了由图8 和图9 所示装置加工的轴承的部分表面形状；

图12表示一张图11所示的具有充满涂层凹槽的轴承部分的剖面示意图；

图13表示图12所示的轴承第一个另一种实施例，该轴承在较硬轴承合金和充满于凹槽中的涂层合金之间具有夹层；

图14表示图12所示轴承第二个另一种实施例，该轴承表面具有连续

涂层合金并且具有夹层；

现在参照附图进行说明，图中相同的部分用相同编号表示。

图1 和图2 表示一个具有钢基10的轴承材料，另一个含有以重量百分比表示的Al - Sn20- Cu I的轴承合金11，而它们的夹层和涂层材料相同即镍夹层12和含有 Pb - Sn10 的涂层13的两种轴承。

在轴承合金11表面上电镀夹层12和涂层13之前，先用陶瓷丸对经过机加工并成形的轴承合金11表面进行喷丸使其表面产生凹坑面14。从凹坑的表面到底面的高度尺寸在0.025 毫米到0.05毫米之间变化。陶瓷丸的组成是在透明的二氧化硅的基础上有将近60～70% 氧化锆，陶瓷丸直径为0.28毫米。

净化凹坑表面14，为涂层作准备尔后用已知的方法电镀夹层12和涂层13。涂层13的厚度最初标称值为0.05毫米，随后对涂层13进行机械加工，使其标称值达到0.025 毫米，以得到所需要的内径尺寸。如图1 中可见，镍夹层12和涂层13两者都是连续的。

图2 表示一种由与图1 相同的方法制造的轴承，但其涂层13被扩孔除去标称值为0.05毫米的涂层。现在可以从图3 上看到其表面上具有不连续的涂层13，镍夹层12和轴承合金11。图3 表示表面的组织图（表面已被腐蚀）。颜色较浅的部分是涂层13，而颜色较深的部分是轴承合金11，它们之间由镍夹层12分界。

用众所周知的“蓝宝石（ Sapphire）”疲劳和咬合试验来进行如图2 和图3 所示的轴承的试验。当压力达到240 兆帕和260 兆帕时，两个试验轴承就发生咬合。这些产生咬合的数据与根据艾伦绰特（ Ehrentraut ）在美国专利U S4400099 号中公布的轴承所获得的最好结果比较是相当的。然而，耐磨试验和疲劳试验表示，本发明轴承只有细小、孤立的涂层点蚀；而在艾伦绰特型轴承的试验条件下指出，有显著的涂层腐蚀，这可能是由于周向油流和连续周向的涂层充满凹槽的原因。对用

上述相同技术说明而制造的轴承进行的一些“蓝宝石”疲劳试验给出了111 兆帕的平均额定值。

更进一步讲，这种如图2 和图3 所示的大型端部轴承是为工作容量为363 立方英寸的“福特德瓦(Ford Dovez)”涡轮增压柴油机试制的。生产这种轴承的条件包括用由二氧化硅为基的氧化锆组成的直径为0.28毫米的陶瓷丸对100 % 轴承表面进行喷丸。轴承材料是附在钢基上的A I- Sn20 - Cu I。轴承总直径接近79毫米。喷丸强度是以能在轴承表面形成<0.025 毫米凹槽。在形成凹槽的表面上随后镀上一层3至5 微米厚的镍夹层，然后再涂覆一层厚度为0.075 毫米的标准涂层。随后对已镀涂层的轴承进行扩孔，使其恢复到预喷丸之前的内径尺寸，并保留了由涂层、镍和轴承合金组成的复合表面。发动机也包括标准的对比轴承，标准对比轴承由无涂层具有光滑内孔的钢基的A I- Sn20 - Cu I所组成。发动机的试验条件是150 马力满负荷并以2400转/ 分全速运行55分钟；是用充分的水冷却降温空转5 分钟，随后再重新满负荷、全速运行55分钟，等等。发动机试验持续了1000小时，在接近250 小时和750 小时时关闭发动机，检查一下轴承的工作状态。本发明的轴承经过250 小时和750 小时运行后来显示出破坏或磨损的杯志而标准对比轴承出现了明显的周向尘斑划痕。经过250 小时和750 小时后拆除这些轴承，换上新轴承。图4 和图5 的照片显示出经过1000小时从发动机上拆下的整套轴承的情况。从这些照片上可以看出，经过250 小时，750 小时，1000小时运行之后，这些轴承的状态实际无法辨别。

图6 表示从运行了750 小时后的发动机上拆下的轴承中的一个轴承的轴承表面的照片。该表面由涂层13，镍夹层12和轴承合金11组成。在涂层区域13内可以看到暗色斑点15。这些斑点在图7 中被看得更清楚，表示出在发动机运行过程中嵌入的杂质粒子的聚和情况。

以上试验可清楚地表明，本发明的方法可提供一种具有有益的涂层

的轴承，该轴承由于涂层磨损和腐蚀而导致大片连续的镍夹层暴露时，不会发生咬合，同时本发明轴承与已知的涂层轴承比较，显著地降低了磨损和腐蚀。

图8 表示转动式连枷喷丸装置的剖面，该连枷装置具有一个用于连接车床型机械（未表示出）的轴20，轴20由分别位于机体部件21上和轴20上凸缘22和23轴向连接到机体21上。再进一步使位于机体部件21上头的凸缘24同凸缘22和23轴线对齐，以便轴销25能穿过，该轴销25由螺母26固定就位。在轴销25上有连枷零件27和定位架28，连枷零件上具有孔29以便把连枷零件固定在轴销25上并且在轴销上可自由地摆动。

在操作中，该连枷装置固定在车床卡盘上（未表示出），轴承（未表示出）固定在可旋转的车床卡具上，使得轴承可处在在这种位置，即在装置旋转时能使连枷零件27的头部撞击轴承表面，凹槽的几何形状和试样是可以控制的，例如，改变，装置的旋转速度，连枷零件的数量和位置以及通过轴承表面的次数等等。图11中显示了一种制成的典型试样，它表示部分轴承表面的示意图。由显示于图9 中的连枷零件制成的式样呈椭圆形凹槽32，并基本上沿周向排列。图10中所示的连枷喷丸零件可以加工一种凹槽，该凹槽方向与轴承轴向大约成45°角。当然，凹槽方向可以由任何合适的成形连枷来改变，连枷的头部可以有任何所需要的形状或特征。

图12、13和14表示了具有其它形式涂层轴承的剖面示意图。图12表示一种具有在钢基30上覆有 Cu - Pb26 - Sn1 .5轴承材料31的轴承，轴承表面上的凹槽32是由如图8 所示的旋转式连枷喷丸装置产生的。随后在轴承表面上镀上 Pb - Sn10 涂层，之后进行机加工，保留不连续的凹槽涂层33。在另一一个实施例中，（图13）在已产生凹槽的轴承表面在镀涂层之前，首先镀镍夹层34。对涂层进行机加工后，使轴承表面上具有凹槽，涂层33，而且在每个凹槽32中还具有镍夹层衬34。

图14表示一个除涂层33被机加工后仍呈光滑连续涂层外与图13相似的实施例，在操作中，涂层的磨损最终显露出镍夹层34，但是夹层既不连续，涂层也不统统消耗掉，保留下来的凹槽涂层以提供一种抗咬合的薄膜。

在本发明轴承的又一个实施例中，用福莱克斯一霍恩(Flex - Hone)(商标) 装置把- 对轴承制成凹槽，福莱克斯一霍恩(Flex - Hone)包括许多连接在柔性尼龙硬毛上的粒度为20的氧化铝粒子。福莱克斯一霍恩(Flex - Hone)以每分钟720 转(720 转/ 分) 的速度旋转，而且允许粒子撞击每对轴承表面的时间大约是3 秒，应用石蜡润滑，福莱克斯一霍恩(Flex - Hone)直径尺寸是57毫米，轴承内孔直径是54毫米。轴承材料是A I- Sn20 - Cu I。轴承喷丸后电镀镍夹层，镍夹层厚度达3 微米，随后用 Pb - Sn10 镀涂层，厚度达0.075 毫米。再后对涂层进行扩孔，除去0.050 毫米厚的涂层，以便露出由轴承合金、镍夹层及涂层组成的复合表面。轴承疲劳试验在上述的"蓝宝石(Sapphire)"疲劳试验机下进行，经试验的两个轴承在117 兆帕时并没有显示出疲劳破坏。无电镀的A I- Sn20 - Cu I轴承材料的平均疲劳额定值是85兆帕，而具有 Pb - Sn10 涂层和镍夹层但表面无凹槽的普通A I- Sn20 - Cu I轴承材料的平均疲劳额定值在100 至105 兆帕之间。

可以设想，本发明的方法可以生产一种轴承，该轴承具有使新发动机在初始跑合阶段有高的咬合能力和抗磨损能力。例如，可设想，在含有合金的轴承中通常不需要软质涂层，以在其表面轻微地产生深度为1至10微米，最好是2 至6 微米的凹槽，并镀上一层纯锡层，比如，以牺牲涂层的结果维护轴承在初始运转阶段的跑合。适用于这种工艺的合金的例子已在英国专利2144149 中描述了。

已经发现，本发明的轴承经喷丸或模压工艺过程后，使轴承合金表

面硬化，因此其疲劳强度超过了标准轴承合金的疲劳强度。只对轴承合金表面进行机械加工，使之产生凹槽等等措施，并不会具有这种工艺内在的优点。

可以进一步设想，在某些情况下，使轴承合金表面产生凹槽的操作可以在平板胚料或带材阶段进行，在镀夹层和涂层之前，就把轴瓦弯成半圆形并进行机械加工。

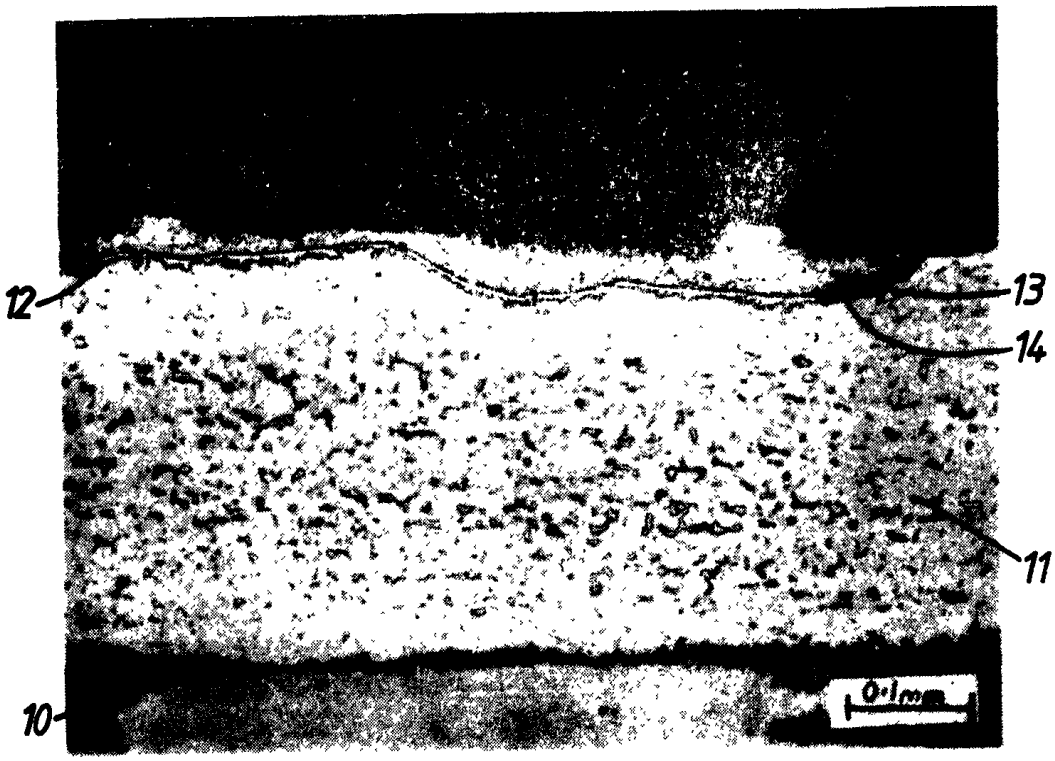


图　1

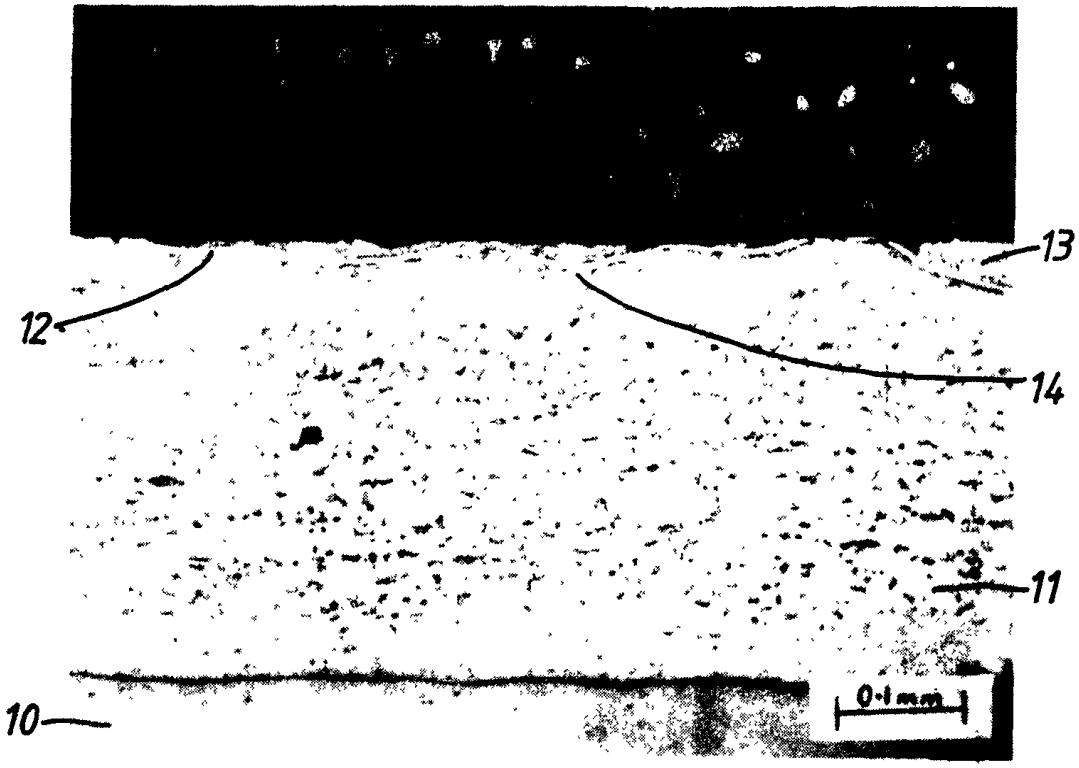


图 2

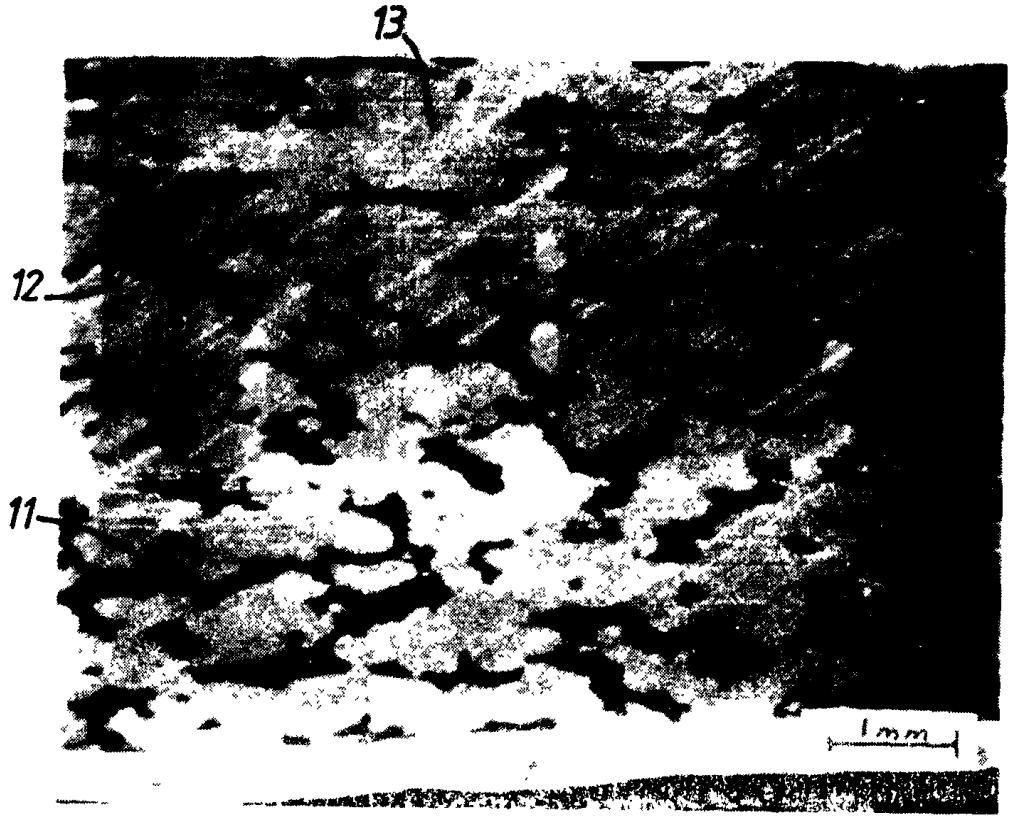


图 3

图

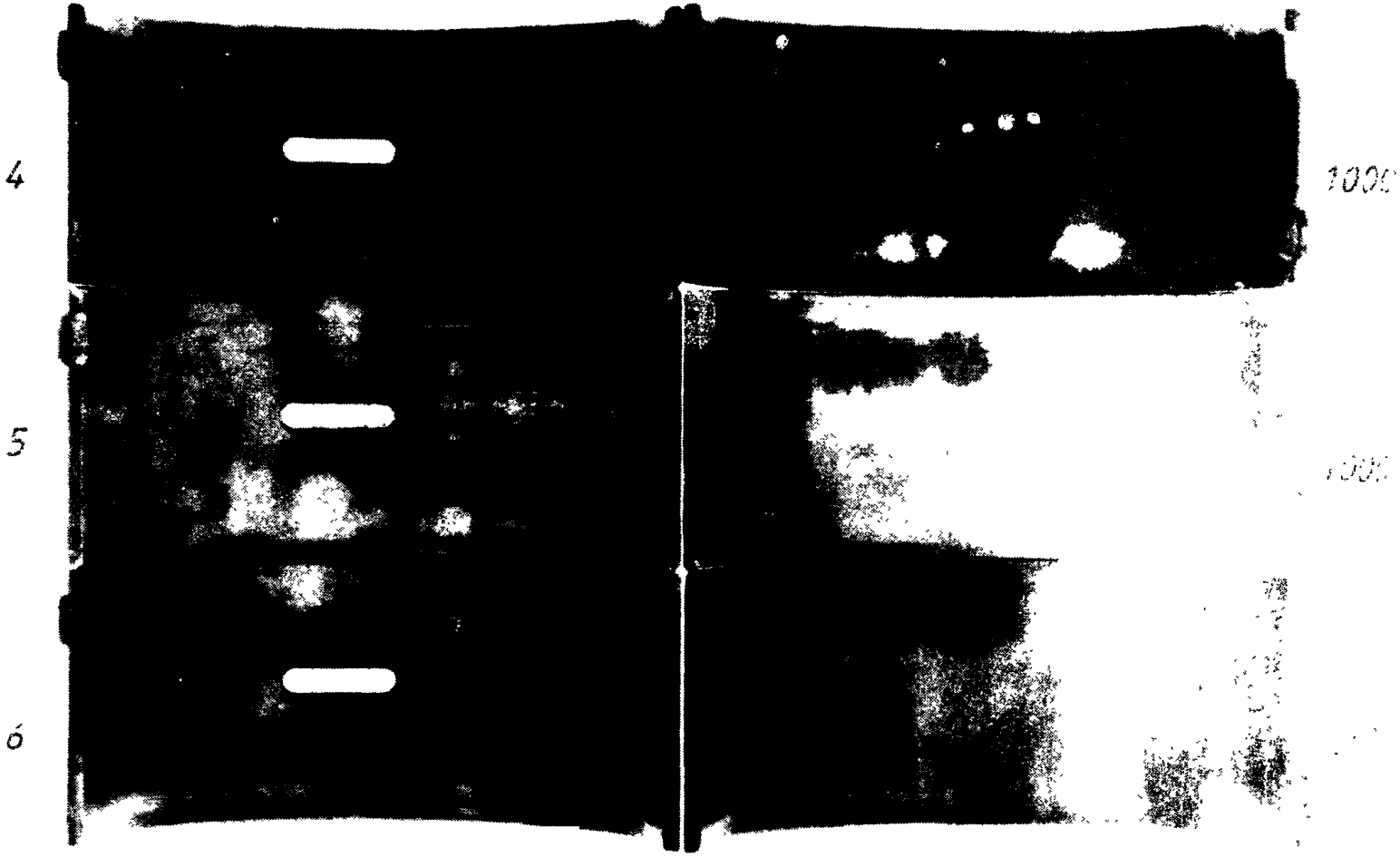


图　　5

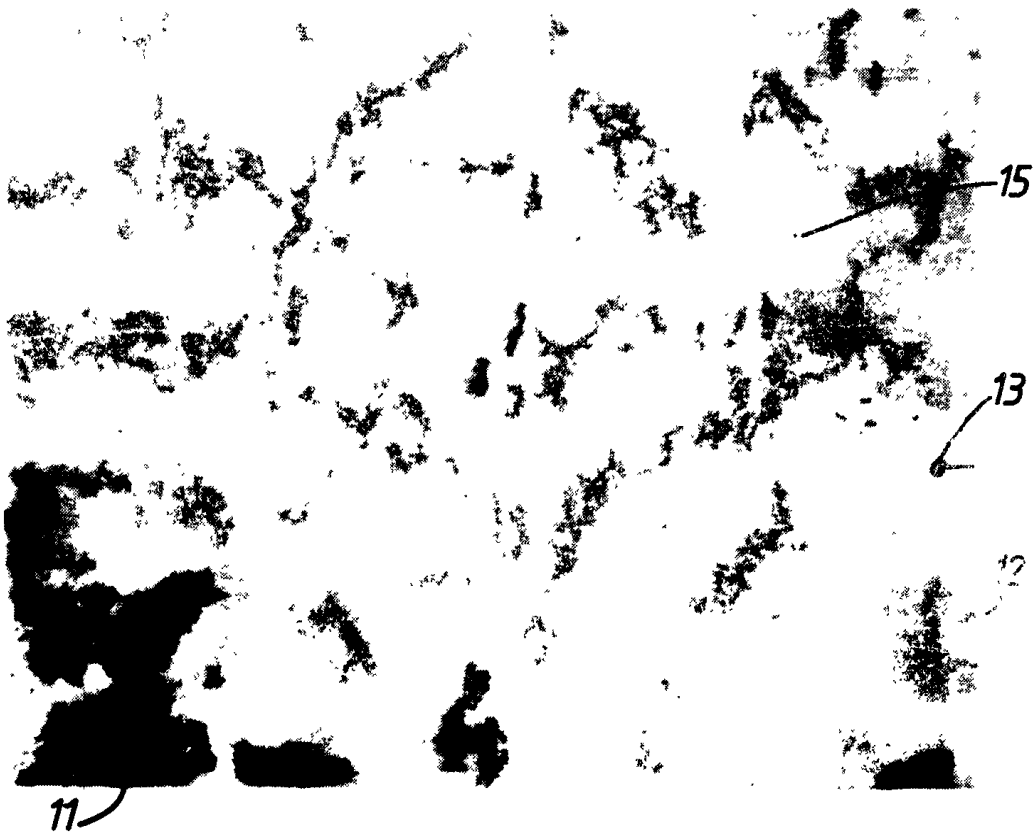


图 6

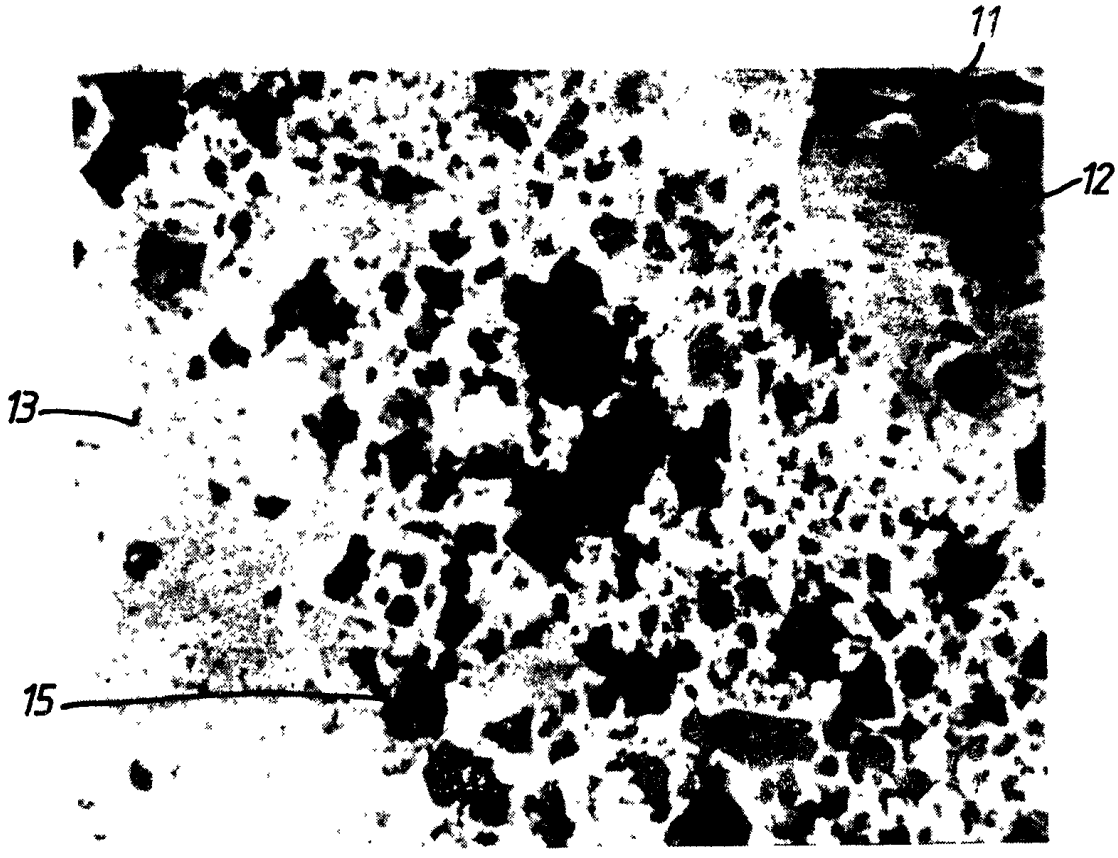


图 7

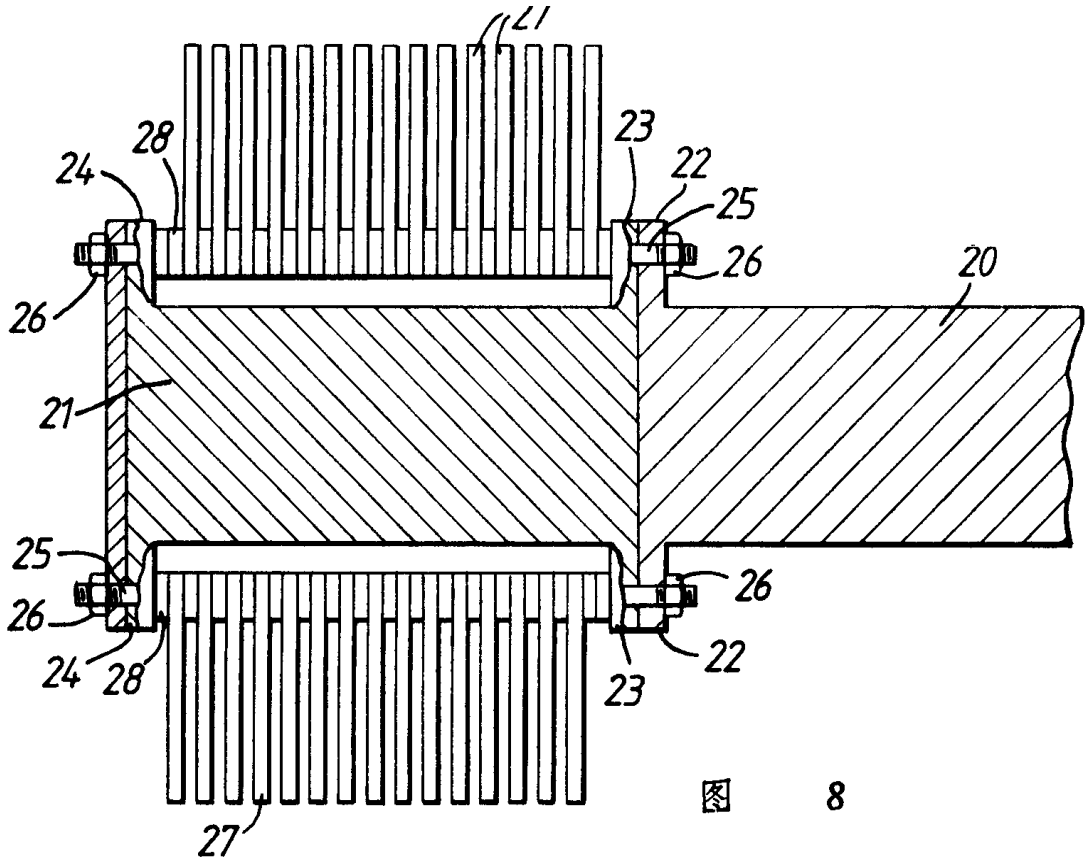


图 8



图 9

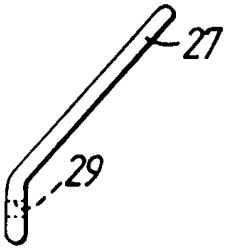


图 10

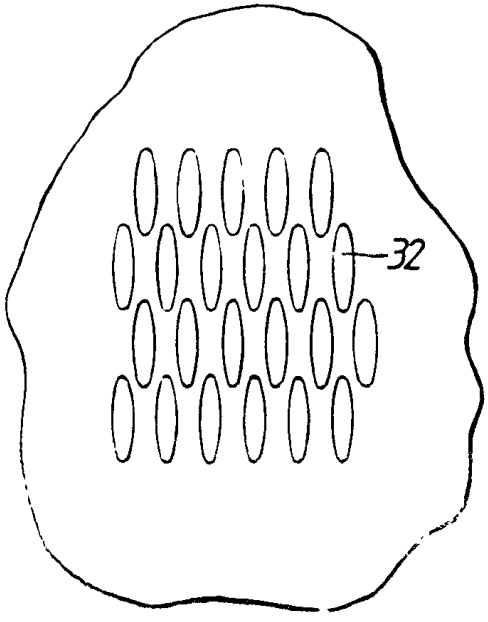


图 11

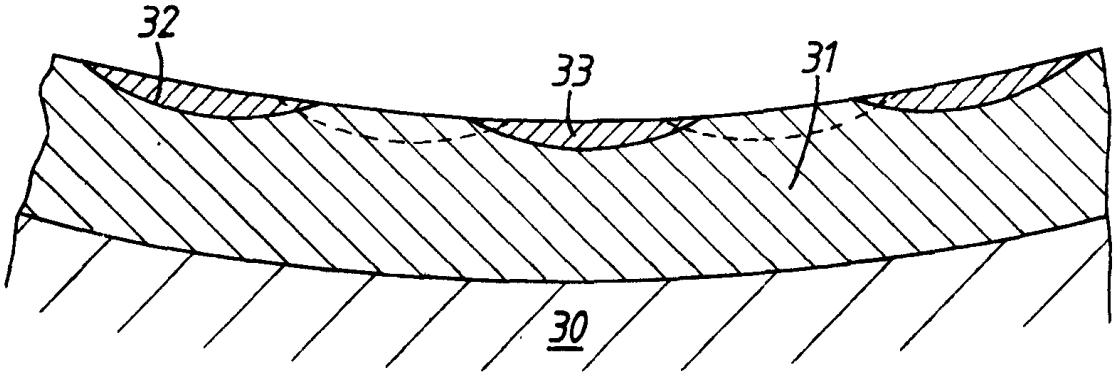


图 1 2

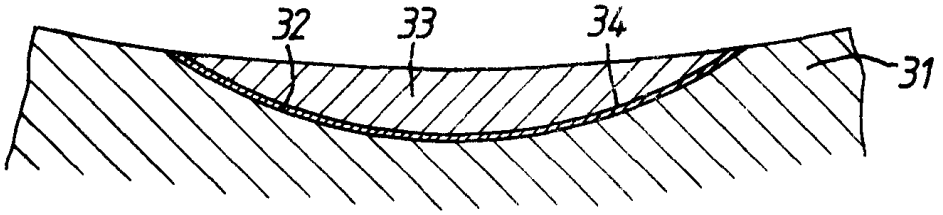


图 1 3

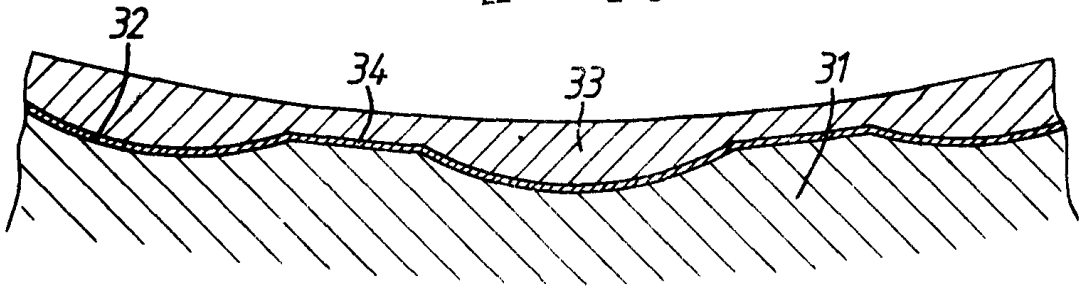


图 1 4