[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
F16J 15/10 (2006.01)

[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200610141383.X

[45] 授权公告日 2009 年 10 月 7 日

[11] 授权公告号 CN 100547269C

[22] 申请日 2000.8.11

[21] 申请号 200610141383.X

分案原申请号 00811628.8

[30] 优先权

[32] 1999.8.11 [33] US [31] 09/372,122

[73] 专利权人 戈尔企业控股股份有限公司

地址 美国特拉华州

共同专利权人 W·L·戈尔有限公司

日本戈尔-得克斯股份有限公司

[72] 发明人 R·B·迈纳 R·G·小埃格雷斯

K·达夫 D·J·米尔斯

久野博一 A·里德

[56] 参考文献

EP0860207A1 1998.8.26

CN2084535U 1991.9.11

US5492336A 1996.2.20

US5551706A 1996.9.3

US5494301A 1996.2.27

US5160773A 1992.11.3

审查员 赵永辉

[74] 专利代理机构 上海专利商标事务所有限公司

代理人 张兰英

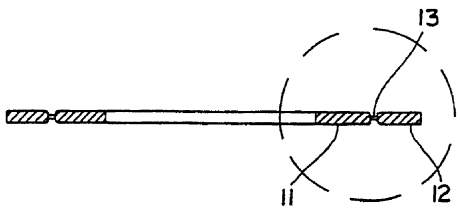
权利要求书 2 页 说明书 37 页 附图 11 页

[54] 发明名称

低应力的密封垫圈

[57] 摘要

一种多层、一体的垫圈，它包括：至少一可膨胀 PTFE 的内层(15)，该内层位于一第一基本不透气的外层(14)与一第二基本不透气的外层(14)之间；以及一基本不透气的区域(13)，该区域桥接第一和第二不透气的层(14)。 在以低应力对本发明的垫圈加压时，该垫圈形成一基本不透气的密封。



1. 一种具有一内周边、一外周边、一顶面和一底面的环形垫圈，它包括：

靠近所述内周边的一可膨胀 PTFE 的第一腔室，所述第一腔室具有所述顶面上的一第一不透气的顶层，以及所述底面上的一第一不透气的底层；

靠近所述外周边的一可膨胀 PTFE 的第二腔室，所述第二腔室具有所述顶面上的一第二不透气的顶层，以及所述底面上的一第二不透气的底层；

位于所述第一与第二腔室之间的一不透气的区域。

2. 如权利要求 1 所述的一环形垫圈，其特征在于，所述不透气的区域的厚度小于所述第一和第二腔室的厚度。

3. 如权利要求 1 所述的一环形垫圈，其特征在于，所述环形垫圈在一玻璃衬里的钢制凸缘中使用。

4. 如权利要求 1 所述的一环形垫圈，其特征在于，所述环形垫圈在一玻璃凸缘中使用。

5. 如权利要求 1 所述的一环形垫圈，其特征在于，所述环形垫圈在一玻璃纤维增强塑料的凸缘中使用。

6. 一种具有一内周边、一外周边、一顶面和一底面的环形垫圈，它包括：

靠近所述内周边的一可膨胀 PTFE 的第一腔室，所述第一腔室具有位于所述顶面上的一第一顶部，以及位于所述底面上的一第一底部，其中，所述第一顶部和所述第一底部的透气性小于所述第一腔室的所述可膨胀 PTFE；

靠近所述外周边的一可膨胀 PTFE 的第二腔室，所述第二腔室具有位于所述顶面上的一第二顶部，以及位于所述底面上的一第二底部，其中，所述第二顶部和所述第二底部的透气性小于所述第二腔室的所述可膨胀 PTFE；以及

位于所述第一与第二腔室之间的一区域，所述区域的透气性小于所述第一和第二腔室的可膨胀 PTFE。

7. 一种具有一内周边、一外周边、一顶面和一底面的环形垫圈，它包括：

靠近所述内周边的一可膨胀 PTFE 的第一腔室，所述第一腔室具有所述顶面上的一第一顶部屏障，以及所述底面上的一第一底部屏障；

靠近所述外周边的一可膨胀 PTFE 的第二腔室，所述第二腔室具有所述顶面上

的一第二顶部屏障，以及所述底面上的一第二底部屏障；

位于所述第一与第二腔室之间的并连接所述第一与第二腔室的一屏障。

8. 一种具有一内周边、一外周边、一顶面和一底面的环形垫圈，它包括：

一可膨胀 PTFE 的腔室，所述腔室具有所述顶面上的一顶部，以及所述底面上的一底部，其中，所述顶部和所述底部的透气性小于所述腔室的所述可膨胀 PTFE；

沿所述内周边位于所述顶部与所述底部之间的一区域，所述区域与所述可膨胀 PTFE 的腔室紧密接触，所述区域的透气性小于所述腔室的可膨胀 PTFE。

9. 一种具有一内周边、一外周边、一顶面和一底面的环形垫圈，它包括：

一可膨胀 PTFE 的腔室，所述腔室具有所述顶面上的一顶部，以及所述底面上的一底部，其中，所述顶部和所述底部的透气性小于所述腔室的所述可膨胀 PTFE；

沿所述外周边位于所述顶部与所述底部之间的一区域，所述区域与所述可膨胀 PTFE 的腔室紧密接触，所述区域的透气性小于所述腔室的可膨胀 PTFE。

10. 一种具有一内周边、一外周边、一顶面和一底面的环形垫圈，它包括：

一可膨胀 PTFE 的第一腔室，所述第一腔室具有顶面上的一第一顶部，以及底面上的一第一底部，其中，所述第一顶部和所述第一底部的透气性小于所述第一腔室的所述可膨胀 PTFE；

一可膨胀 PTFE 的第二腔室，所述第二腔室具有顶面上的一第二顶部，以及底面上的一第二底部，其中，所述第二顶部和所述第二底部的透气性小于所述第二腔室的所述可膨胀 PTFE；以及

位于所述第一与第二腔室之间的一区域，所述区域的透气性小于所述第一和第二腔室的可膨胀 PTFE。

低应力的密封垫圈

本发明专利申请是国际申请号为 PCT/US 00/21921、国际申请日为 2000 年 8 月 11 日、进入中国国家阶段的申请号为 00811628.8、题为“低应力的密封垫圈”的发明专利申请的分案申请。

技术领域

本发明涉及垫圈，更具体地说，本发明涉及在低于现有垫圈所需应力下形成密封的垫圈。

背景技术

众所周知，可使用多种垫圈来进行密封。如今广泛地将可膨胀的聚四氟乙烯（PTFE）用作一垫圈材料。如授予 Gore 的美国专利 No. 3，953，566 中揭示的那样，该材料具有许多高度适合垫圈的特性。这些特性包括：易压缩性和一致性、耐化学性、相对较高的强度以及比不可膨胀的充分密集的 PTFE 小得多的蠕变倾向和密封压力损失。

在许多密封应用中，使用垫圈来密封凸缘之间的连接，例如管道之间的连接。在上述应用中，由于将可膨胀的 PTFE 垫圈放置在凸缘之间，然后施加作用力（例如螺栓的紧固力）将两凸缘加压在一起，因此可膨胀的 PTFE 是垫圈的理想材料。该作用力对可膨胀的 PTFE 加压。在对可膨胀的 PTFE 加压时，其初始孔隙体积减少，从而使可膨胀的 PTFE 致密。尤其是金属对金属的凸缘，它可以向凸缘施加足够的力（或“应力”），以使可膨胀的 PTFE 充分密集。因而，在至少一部分可膨胀的 PTFE 垫圈中，孔隙体积基本降低至零，以使致密的、无孔隙的、用来密封凸缘的 PTFE 垫圈可防止容纳在管道中的流体从凸缘之间渗出。

在许多应用中，尤其是在使用易破坏金属的强腐蚀（harsh）化学制品或者会污染正在运输或封装的化学制品的金属时，通常使用玻璃衬里的钢、玻璃或玻璃纤维增强塑料（“FRP”）的管道和容器。由于该装备通常用于强烈腐蚀的化学制品，

而且 PTFE 具有众所周知的优良的耐化学性，因此很需要使用 PTFE 垫圈来密封该装备的连接凸缘。不幸的是，不可膨胀的、充分密集的 PTFE 垫圈通常不能充分适合于有效地密封该类装备。在玻璃衬里的钢制凸缘的情况下，尽管光洁度相对较高，但经常会有与凸缘相关的较大的不平整度或缺少平直度。这种不平整度或缺少平直度需要垫圈与周长周围以及凸缘的内外径之间的较大变化相一致，以便形成一有效的密封。因而，一不可膨胀的、充分密集的 PTFE 垫圈不能充分地适合于密封许多这些应用场合。

由于可膨胀的 PTFE 具有较好的一致性，因此最好使用可膨胀的 PTFE 来密封这些通常不平整的凸缘。不幸的是，这些应用中有许多场合不能充分地向凸缘施加足够的作用力，形成足够的垫圈应力，使可膨胀的 PTFE 垫圈充分致密以形成一有效的密封。例如，玻璃衬里的钢管凸缘、玻璃凸缘或 FPR 管凸缘在施加数量较大的应力时会变形、折断或破裂。因而，在这些应用中，一可膨胀的 PTFE 垫圈的密度不能完全达到无孔隙的状态，由于可以施加在凸缘上，而且不会使它们碎裂的最大应力不足以使垫圈致密，因此无法起到防漏的作用。

在许多情况下，垫圈不仅必须在封装或运输时可以密封实际的流体，而且还需要提供一可通过工业中通常称为“气泡试验”的气密密封。在允许系统在生产中用于运送实际流体之前，通常要进行这种用来检查管道系统中的渗漏的预先考核试验。在该测试中，用空气对垫圈管道系统加压，然后喷洒肥皂水。用视觉来检查管道和凸缘组件，肥皂水中出现气泡表明有漏气。必须消除所有的漏气部位，以通过气泡试验。

因而，多年来需要的是一易于使用的、具有高度耐化学性的垫圈，该垫圈可以有效地与装备一致，并为该装备提供一气密密封，而且可形成密封的负荷或应力较低。

为了提供一种可有效地密封所述困难的应用场合的垫圈，已经进行了许多尝试。大多数尝试涉及一个两片式垫圈。这些垫圈通常称为包络垫圈（envelope gasket）。在大多数包络垫圈中，形成一 PTFE 的外包层，然后分别填入一更易压缩的填充材料，例如可压缩的石棉或其它毡制的垫圈填充物、一弹性体或一塑料材料、或一有波纹的金属环（通常是不锈钢）。基本概念是用于包络垫圈的 PTFE 护套（jacket）可提供耐化学性，同时填充材料提供一致性。

不幸的是，如同授予 Pitolaj 的美国专利 No. 4，900，629 中解释的那样，

包络垫圈具有许多缺点。在安装垫圈的过程中，包络护套经常会在自身上折叠，从而在垫圈中形成引起泄漏的折痕。同样，包层本身可能具有渗漏的小孔，会使腐蚀物质侵蚀包络填充物，导致填充物的降解。在填充物降解时，密封应力将减少，并发生渗漏。可导致的另一问题是降解的填充材料会污染容纳在管或容器内的流体。在某些情况下，PTFE 的包络护套与顺从的填充材料分离，仅仅在填充物上方拉伸包层会产生波纹或折叠，并再次发生渗漏。同样，如果不平整的凸缘发生扭转，护套将承受过度的应力并破裂，再次使腐蚀材料侵蚀填充物，导致填充物的降解和密封的失效。另一问题是这些包络垫圈还易受到冷流或蠕变，这需要定期对螺栓重新加转矩。

在授予 Nicholson 的美国专利 No. 5，195，759 中，采用了一种具有 PTFE 外壳的包络垫圈，该外壳内有一精巧的金属填料，该金属填料由开孔的薄金属条的卷绕或嵌套的若干圈构成，以便沿它们的宽度方向提供回弹力。可不同程度地移动或折叠单圈，藉此适合缺乏平整度的待密封表面。不透流体材料圈可分布在开孔条带圈之间。尽管该垫圈具有一些优点，但是它仍然具有许多与上述包络垫圈有关的缺点，例如在某些条件下化学制品会侵蚀金属填料。

在授予 Nicholson 的美国专利 No. 5，558，347 中，揭示的一垫圈包括抗化学性的一 PTFE 包层和包层中的一金属填料圈，该填料圈的形状形成小室。小室中可充满加压惰性气体，以便缓冲垫圈上的增大的负荷。尽管该垫圈也具有一些优点，但它仍然具有许多与上述包络垫圈有关的相同缺点。

在授予 Udea 等人的日本公开专利申请号 4-331876 中，提出了另一种包络（护套）垫圈，该垫圈核心的外缘由低密度的多孔隙 PTFE 构成，该 PTFE 已经纤维化（可膨胀），其密度为 1.8 克/立方厘米或更小，并用高密度的烧结 PTFE 构成的护层覆盖。尽管该垫圈具有 100%PTFE 的优点，并因此不会具有外包层中的小孔渗漏产生的化学侵蚀问题，但该垫圈在其安装过程中仍然具有上述外包层或护套折叠在自身上方，从而在垫圈中形成可产生渗漏的折痕的问题。垫圈还具有上述 PTFE 的包络护套与顺从的填充材料分离，形成导致渗漏的波纹或折叠的问题。该垫圈具有的另一问题是在包络护套与内部的多孔隙 PTFE 核心之间没有沿垫圈内径的紧密的配合接触，因而在该区域中留下了没有背衬的包络护套，因此该垫圈在安装过程和使用的同时更易损坏。

如同授予 Pitolaj 的美国专利 No. 4，900，629 中提到的那样，在纠正与包

络垫圈相关的一些问题的尝试中，研制了一种均匀同质的、充满微型气泡（例如玻璃微气泡）的 PTFE 垫圈材料。如纽约州的 Palmyra 的 Garlock 股份有限公司制造的 Garlock 3504 型垫圈所示，该材料使用玻璃微气泡来使一 PTFE 粘合剂具有可压缩性（25％至 35％），藉此提供一更易变形的垫圈，而且不具备多构件垫圈的缺点。由于结合了微气泡，因此该均匀同质的 PTFE/微气泡垫圈材料呈现出增大的可压缩性和密封性能，同时保持了 PTFE 提供的抗化学性和提高的温度特性。然而，向 PTFE 添加微气泡使纯净的 PTFE 垫圈提供的抗拉强度性能降低。此外，该垫圈无法享受可膨胀 PTFE 超过不可膨胀 PTFE 的上述若干优点中的一些优点。

在授予 Pitolaj 的美国专利 No. 4,900,629 中，试图通过在垫圈表层中加入更多微气泡，同时留下一未充填 PTFE 的中心部分，来克服均匀同质 PTFE/微气泡垫圈的固有弱点。各形成的微气泡填充层处于合成的垫圈材料的总厚度的 20％-25％的范围内，中心 PTFE 部分处于垫圈总厚度的 50-60％的范围内。如同该专利所解释的那样，这些比率是相当重要的，其原因是如果各形成的外表层在垫圈总厚度的 20％以下，完成的复合片材将失去可压缩性，如果形成的外表层在 25％以上，将牺牲所完成的产品中的抗蠕变性和抗拉强度。尽管该垫圈对均匀同质地装载微气泡的垫圈进行了改进，并且可避免与包络垫圈相关的问题，但它仍然不足以解决许多应用问题。它仍然试图对可压缩性与抗蠕变性和抗拉强度进行折衷。该垫圈也不能享受可膨胀 PTFE 相对于不可膨胀 PTFE 的上述若干优点中的一些优点。

在另一纠正与包络垫圈相关的两片式特性问题的尝试中，授予 Waterland 的美国专利 No. 5，112，664 提供了一种用于腐蚀环境的一体防护垫圈构件，该垫圈具有一作为核心的合成橡胶垫圈，以及可膨胀的高密度 PTFE 的防护材料，该防护材料的至少一表面上具有一粘合剂，它至少可以部分地封装核心垫圈的表面。该垫圈不具有两片式包络垫圈可能产生的皱纹和折叠；然而，它仍然具有外护套中的小孔渗漏产生的化学侵蚀问题的固有问题。

在又一纠正与包络垫圈相关的问题的尝试中，欧洲专利申请 No. EP 0 736 710 A1 提出了一种由用于卫生管道的多孔隙 PTFE 构成的环形垫圈，该垫圈内部的表层与密封流体直接接触，形成一无孔熔合固化层。尽管垫圈是由多孔隙的材料构成，但据说垫圈内部形成的无孔熔合固化层可防止垫圈内部的渗漏。此外，据说由于熔合固化层只形成在垫圈内部的表层上，因此不会损坏多孔隙的 PTFE 的固有特性，例如柔性和亲和性。该垫圈可享受与纯净的 PTFE 垫圈相关的优点；然而，很难获

得在应力下足以防止渗透的一坚固的无孔熔合固化层。此外，由于玻璃衬里的钢制凸缘的圆形凸部的特性，因此在许多情况下在垫圈内部中形成的无孔熔合固化层和凸缘与垫圈接触处之间具有一现成的渗漏通道。图 20 中示出了该渗漏通道。该图示出了两个传统玻璃衬里的钢制凸缘 96 的垫圈凸缘组件 90 的截面图，所述凸缘具有圆形的凸出配合边缘 95，该配合边缘与垫圈 91 的部分顶面和底面 94 相接触。可以看到，如果只有垫圈 91 的内径 93 的表层可以防止容纳流体的渗透，则形成一条穿过可渗透的垫圈 91 的暴露部分的现成的渗漏通道 92。

最好提供一种一体的、顺从的、抗蠕变的、高强度的、抗化学性的垫圈，该垫圈可以在施加一相对较低的应力时密封开口，尤其是玻璃衬里的钢制凸缘。因此，本发明的目的在于提供一种一体的可膨胀 PTFE 垫圈，只要施加一低应力，该垫圈就可提供一基本不透气的密封。

发明内容

本发明提供了一种多层、一体的垫圈，它包括至少一个可膨胀 PTFE 的内层，该内层位于一第一基本不透气的外层与一第二基本不透气的外层之间，以及一基本不透气的区域，该区域桥接第一和第二基本不透气的层。

在另一方面，本发明提供了一种多层、一体的垫圈，该垫圈包括：一环形圈，该环形圈具有一顶面、一底面、一内缘、一外缘和一轴线；一第一基本不透气的层，该层位于所述顶面上；一第二基本不透气的层，该层位于所述底面上；至少一层可膨胀的 PTFE，该可膨胀的 PTFE 位于第一与第二基本不透气的层之间；以及一基本不透气的区域，该区域桥接第一和第二基本不透气的层；其中，所有诸层的方向基本上与所述轴线垂直。

在另一方面，本发明提供了一种具有一内周边、一外周边、一顶面和一底面的环形垫圈，它包括：靠近内周边的一可膨胀 PTFE 的第一腔室，该第一腔室具有位于顶面上的一第一不透气的顶层，以及位于底面上的一第一不透气的底层；靠近所述外周边的一可膨胀 PTFE 的第二腔室，该第二腔室具有位于顶面上的一第二不透气的顶层，以及位于底面上的一第二不透气的底层；以及位于第一与第二腔室之间的一基本不透气的区域。

在又一方面中，本发明提供了一种具有一内周边、一外周边、一顶面和一底面的环形垫圈，它包括：靠近内周边的一可膨胀 PTFE 的第一腔室，该第一腔室具

有顶面上的一第一顶部，以及底面上的一第一底部，其中第一顶部和第一底部的透气性小于第一腔室的可膨胀 PTFE；靠近外周边的一可膨胀 PTFE 的第二腔室，该第二腔室具有顶面上的一第二顶部，以及底面上的一第二底部，其中第二顶部和第二底部的透气性小于第二腔室的可膨胀 PTFE；以及位于第一与第二腔室之间的一区域，该区域的透气性小于第一和第二腔室的可膨胀 PTFE。在可替代的实施例中，该区域可位于内周边上或外周边上。

附图说明

本文结合附图对本发明进行叙述，其中：

图 1 是本发明的一示范性实施例的垫圈的俯视图；

图 2 是图 1 的垫圈的截面图；

图 3 是图 2 的一部分垫圈的放大截面图；

图 4 是本发明的又一示范性实施例的垫圈的俯视图；

图 5 是图 4 的垫圈的截面图；

图 6 是图 5 一部分的垫圈的放大截面图；

图 7 是本发明的又一示范性实施例的垫圈的俯视图；

图 8 是图 7 的垫圈的截面图；

图 9 是图 8 的一部分垫圈的放大截面图；

图 10 从 GORE-TEX GR®的 R 型垫圈片中切出的一垫圈的截面图；

图 11 是本发明的又一示范性实施例的垫圈的截面图；

图 12 是本发明的又一示范性实施例的垫圈的截面图；

图 13 是本发明的又一示范性实施例的垫圈的截面图；

图 14 是在本发明的示范性实施例的性能试验结果的图形显示；

图 15 是在本发明的示范性实施例的性能试验结果的图形显示；

图 16 是用来确定本发明的示范性实施例的密封性的试验夹具的截面图；

图 17 是用来测量本发明的示范性实施例的透气性的试验装置的截面图；

图 18 是在本发明的示范性实施例的性能试验结果的图形显示；

图 19 是一传统已有技术的包络垫圈的截面图；

图 20 是两个传统玻璃衬里的钢制凸缘的截面图，所述凸缘之间具有一已有技术的垫圈；以及

图 21 是用来测量本发明的示范性实施例的渗液性的试验装置的截面图。

具体实施方式

本发明提供了一改进的可膨胀 PTFE 垫圈，当一相对较低的负荷施加在与垫圈结合或由垫圈密封的构件上时，该垫圈可提供一基本不透气的密封，藉此向垫圈施加相对较低的应力。本文使用的“不透气”是指防止通过材料运送空气。可使用任何已知的技术来测量透气性。本文使用“低应力”是指在充分密集一多孔隙的可膨胀 PTFE 垫圈所需应力（小于约 20，700 千帕（3000 磅/平方英寸））之下的应力。通常采用至少约 20,700 千帕(3000 磅/平方英寸)的应力使一多孔隙的可膨胀 PTFE 垫圈充分密集。大多数低应力的应用可以通常施加了小于约 10340 千帕（1500 磅/平方英寸）的垫圈应力，而一些低应力的应用可以施加小于约 2070 千帕（300 磅/平方英寸）的垫圈应力。

图 1 示出了本发明的一示范性实施例。尽管可使用任何形状的垫圈，但该图所示的垫圈 10 呈一环圈状。垫圈 10 具有一第一腔室 11 和一第二腔室 12。在第一腔室 11 与第二腔室 12 之间是一基本不透气的区域 13。

如图 2 所示，在与第一腔室 11 和第二腔室 12 的厚度相比时，基本不透气的区域 13 具有一减少的厚度。基本不透气的区域 13 用来将第一腔室 11 与第二腔室 12 隔开，并且同时使第一腔室 11 与第二腔室 12 相连。

如图 3 所示，该图是图 2 的圆形部分的放大示意图，第一腔室 11 和第二腔室 12 都由可膨胀的 PTFE 的内层 15 构成，该内层夹在可膨胀的 PTFE 层 15 的顶面和底面上的基本不透气的层 14 之间。基本不透气的层 14 最好是由致密的可膨胀 PTFE 构成。致密的可膨胀 PTFE 是最好的，PTFE 具有最高程度的耐化学性，可膨胀特性可提供高等级的强度和抗蠕变性。事实上，基本不透气的层 14 可包括许多这样的致密的可膨胀 PTFE 层。也可使用其它基本不透气的层，包括四氟乙烯/六氟丙烯共聚物（FEP）、四氟乙烯/（全氟烃基）乙烯醚共聚物（PFA）和切成薄片的 PTFE。或者，不透气层 14 由可膨胀的 PTFE 制成，该 PTFE 被注入一填充物，例如一弹性体、一氟化橡胶、一全氟橡胶或一全氟聚醚硅酮橡胶。

通常最好使用相同的材料和相同的材料厚度来形成一单独垫圈的两不透气层 14，然而，也可有某些场合最好用两种不同材料和/或材料厚度来形成垫圈的两不透气层 14。

可膨胀的PTFE层15也包括许多可膨胀PTFE的单层。尽管基本不透气的区域13可包括任何基本不透气的材料，例如一FEP、PFA和切成薄片的PTFE，但该区域最好是致密的可膨胀PTFE。或者，基本不透气的区域13由可膨胀的PTFE制成，该PTFE被注入一填充物，例如一弹性体、一氟化橡胶、一全氟橡胶或一全氟聚醚硅酮橡胶。总的来说，使用的弹性体类型或使用的不渗透涂层或填充物的其它类型的耐化学性越强，可提供一有效密封方案的垫圈的应用越广。

在使用时，垫圈的任何一侧上的配合凸缘（图中未示出）使应力基本上沿垫圈的轴线（如图1所示，沿垂直于纸面的方向）施加于垫圈10。在施加该应力时，可膨胀的PTFE层15略微地压缩，藉此降低可膨胀的PTFE层15的孔隙度。基本不透气的层14最好较薄，以使基本不透气的层14所覆盖的垫圈10的表面与该不透气层配合的凸缘表面中的任何不规则性相一致。可以利用厚度等于或小于1毫米的基本不透气的层14，然而，厚度等于或小于0.5毫米通常更为有用，厚度等于或小于0.15毫米通常最好。在一些需要一致性程度很高的应用中，厚度等于或小于0.1毫米、0.05毫米甚至0.025毫米将是较佳的。总的来说，基本不透气的层14越厚，这些层越不透气。基本不透气的层14越薄，垫圈的一致性所受的影响越少。这种一致性是垫圈使用的可膨胀的PTFE层15的特性。另外，基本不透气的层14可用于形成一不透气的屏障，该屏障可防止流体从管道内部向流体可能在垫圈10的周围渗漏的凸缘表面传送。由于本发明的垫圈可用于可利用的应力为较低的场合，因此可膨胀的PTFE层15通常不是充分密集的。因此，可膨胀的PTFE层15中通常会留下一些孔隙。容纳在密封管道中的流体因而可以沿图3所示的箭头方向渗透通过可膨胀的PTFE层15。

然而，基本不透气的区域13可防止这流体逸出外界环境。尤其是，流体可渗透第一腔室11中的可膨胀的PTFE层15，但基本不透气的区域13可阻止其透入第二腔室12。按照该方式，提供了一防漏的密封。

应当认识的是，基本不透气的层14和基本不透气的区域13通常是基本不渗透流体的，包括液体，甚至是表面张力极低的液体，例如许多溶剂。

本发明的一理想优点是在流体移入第一腔室11的可膨胀PTFE层15时，以及随后基本不透气的区域13阻止流体进一步渗透时，“陷在”第一腔室11中的流体对基本不透气的层14施加一向外的作用力。该现象有助于进一步地使基本不透气的层14与凸缘表面相一致，并将该层密封于凸缘表面，藉此通过垫圈10来改进密

封。不被理论所限制，可以相信第二腔室 12 有助于在基本不透气的区域 13 的后面提供一合力，该合力有助于防止基本不透气的区域 13 断裂。

最好在一心轴上卷绕一或多层致密的 ePTFE 形成一第一不透气的层 14；在不透气层 14 的周围卷绕一或多（最好是相当多）层可膨胀的 PTFE，以形成可膨胀的 PTFE 层 15；在可膨胀的 PTFE 层 15 的周围卷绕一或多层基本不透气的层，以形成第二（外部）基本不透气的层 14 来制成垫圈 10。在加热卷绕管/心轴组件，以使不同的诸层熔为一体本体之后，使卷绕管冷却，然后对其进行纵向切削，并使其平放呈片材的形状。然后将片材冲压成若干所需尺寸的环圈。然后使每一环受到诸如两金属管之间的压缩处理，从而对环圈的一部分加压，以形成基本不透气的区域 13。

通常最好使用未烧结的、致密的可膨胀 PTFE 层，而不是烧结的、致密的可膨胀 PTFE 层卷绕在心轴上，以形成不透气的层 14，使其与可膨胀的 PTFE 层 15 更好地结合起来。

图 4-6 示出了本发明的一可替代实施例。在该实施例中，垫圈 20 包括一单独腔室 21，基本不透气的区域 13 设置在垫圈 20 的内缘上。与结合第一实施例讨论的腔室 11 和 12 的结构类似，腔室 21 由可膨胀的 PTFE 的内层 15 构成，该内层被基本不透气的层 14 夹住。该实施例在那些不允许任何流体进入垫圈的应用类型中通常是最佳的，例如许多制药应用。

图 7-9 中示出了本发明的又一可替代实施例。在该实施例中，垫圈 30 包括一单独腔室 31，基本不透气的区域 13 设置在垫圈 30 的外缘上。与先前的实施例一样，腔室 31 较好地是由可膨胀的 PTFE 的层 15 构成的，该层被两层基本不透气的层 14 夹住。

还应当认识的是，在特定的应用中具有不止一个基本不透气的区域 13，以便形成多个腔室是较有益处的。这些另外的不渗透区域 13 可由上面提到的图 1-9 的实施例，或由内径与外径之间包含的一个以上的不透气区域 13 结合而成。它们甚至可包括内径和/或外径上的一不渗透区域 13，以及内径与外径之间的一个以上的不渗透区域 13。因此，根据不透气区域 13 的数量和位置，垫圈中的腔室可多于两个。多个腔室的好处之一是垫圈的封闭部分可提供一空气缓冲作用，以缓冲垫圈上的增大的负荷。具有一个以上的不透气区域 13 的另一益处是必须横越更多的不透气区域 13 以形成一通过垫圈的渗漏通道。

还应予理解的是，本发明超过传统的包络垫圈的另一明显优点是相对基本不渗漏的层 14 的内层 15 与基本不透气的区域 13 之间产生紧密接触。在内层 15 与基本不渗透的区域 13 之间具有该紧密接触是尤其重要的。该紧密接触可防止与包络垫圈有关的在护套中产生可引起渗漏的皱纹、褶皱和折痕的上述问题。紧密接触还可为基本不透气的区域 13 提供背衬，以使垫圈在安装和使用的过程中不易损坏。在图 19 中，画出了代表一典型包络垫圈的垫圈，更具体地说，该垫圈代表了先前提到的 Ueda 等人在日本公开专利申请 No. 4-331876 中揭示的护套垫圈 80。该垫圈 80 在套管或护套 82 与核心 83 之间具有自由空间 81。该自由空间（缺少紧密接触）会由于上述原因而有害于垫圈的应用。

示例

现在将结合下面的示例来叙述本发明，这些示例可图示本发明，但不局限于此。在示例中，使用了以下试验方法。

示例 1

以下述方式制造本发明的一环形垫圈。如同授予 Gore 的美国专利 No. 4，187，390 中指出的那样，通过成浆技术获得由细粉末 PTFE 树脂制成的一连续的可膨胀 PTFE 片材，并且沿相互成 90 度的方向（纵向和横向）膨胀该片材，以形成一多微孔的可膨胀 PTFE 片材。片材的厚度约为 0.015 毫米，然后在两辊之间以一固定间隙滚轧该片材，使多微孔的可膨胀 PTFE 片材被压成一充分密集的、无孔隙的可膨胀 PTFE 片材。该无孔隙的片材的最终厚度约为 0.005 毫米，最终宽度约为 1270 毫米。将五层所述充分密集的片材卷绕在直径为 584 毫米的一心轴上。

如同授予 Gore 的美国专利 No. 4，187，390 中指出的那样，通过成浆技术获得由细粉末 PTFE 树脂制造的一第二连续的可膨胀 PTFE 片材，并且沿相互成 90 度的方向（纵向和横向）膨胀该片材，以形成一多微孔的可膨胀 PTFE 片材。所述第二多微孔的可膨胀 PTFE 片材的尺寸约为 1600 毫米宽、0.038 毫米厚，然后将 100 层所述片材卷绕在心轴上，覆盖先前卷绕的充分密集的可膨胀 PTFE 片材。

然后将五层第一多微孔的可膨胀 PTFE 片材再次卷绕在心轴上，覆盖多微孔的可膨胀 PTFE 片材。然后将多微孔的可膨胀 PTFE 层固定在心轴的端部，以抵御材料在升高的温度下其自身皱缩的趋势。然后在所有诸层固定于心轴的同时，使它们在

370℃的炉中烧结约 45 分钟，以使诸层粘结在一起。在冷却之后，从心轴纵向地切割 PTFE 材料以呈片材状。

然后从该片材中切出一内径为 89 毫米、外径为 135 毫米的环圈，并且有选择地加压，以便在充分密集的、基本不透气的 PTFE 层 14 之间形成基本不透气的区域 13。对内径为 104.8 毫米、外径为 108.0 毫米的环形模具之间的垫圈进行加压，以便在该示例的环形垫圈中形成基本不透气的区域 13。将模具加热至 200℃，并加载 51.7 兆帕（7500 磅/平方英寸）左右的负荷。将该负荷保持约 15 秒。

该示例的基本不透气的两层 14 的厚度均为 0.025 毫米（0.001 英寸）。该垫圈是内径为 89 毫米、外径为 135 毫米、总厚度为 3.0 毫米的一环形垫圈。受到压缩的不透气区域 13 的内径为 104.8 毫米、外径为 108.0 毫米。这是图 1-3 所示的本发明垫圈的一种类型。

对照示例 2

在授予 Dolan 等人的美国专利 No. 5，879，789 中揭示了一厚为 0.125 英寸（3.2 毫米）的 GORE-TEX GR®的 R 型垫圈片，该片材可从特拉华州的 Newark 的 W. L. Gore & Associates 股份有限公司购得。从该片材中切出一环形垫圈。图 10 示出了该环形垫圈 40 的截面图，该垫圈包括：顺从的、多微孔的可膨胀 PTFE 材料的外层 41；充分密集的可膨胀 PTFE 材料的刚性内层 43，所述刚性内层附连于每一外层 41；以及顺从的、多微孔的可膨胀 PTFE 材料的一中心层 42，该中心层附连在每一刚性内层 43 之间。

环形垫圈的内径为 89 毫米、外径为 135 毫米，其厚度为 3.2 毫米。

示例 3

根据图 1-3 所示的本发明的结构来生产又一环圈。首先，获得一可购得的、如对照示例 2 所述的一厚为 0.125 英寸（3.2 毫米）的 GORE-TEX GR®的 R 型垫圈片。将顺从的、多微孔的可膨胀 PTFE 的外层 41 从片材上手工剥离，使暴露的 PTFE 刚性内层 43 成为新的外层。GORE-TEX GR®的 R 型垫圈片的刚性内层 43 由致密的可膨胀 PTFE 材料构成，该材料的密度等于或接近完全密度，即 2.2 克/立方厘米，其厚度为 0.15 毫米（0.006 英寸）。

然后从已剥离的片材中切出一内径为 89 毫米、外径为 135 毫米的环圈，并且

有选择地加压，以便在充分密集的、基本不透气的 PTFE 层 14 之间形成基本不透气的区域 13。对内径为 104.8 毫米、外径为 108.0 毫米的环形模具之间的垫圈进行加压，以便在该示例的环形垫圈中形成基本不透气的区域 13。将模具加热至 200℃，并加压 51.7 兆帕（7500 磅/平方英寸）左右的负荷。将该负荷保持约 15 秒。

环形垫圈的内径为 89 毫米、外径为 135 毫米、厚度为 3.0 毫米。受到加压的不透气区域 13 的内径为 104.8 毫米、外径为 108.0 毫米。

示例 4

用类似于示例 1 的方式来生产本发明的一垫圈。与示例 1 生产的片材相同的充分密集的、无微孔的可膨胀 PTFE 片材可用来形成基本不透气的层 14，与示例 1 生产的片材相同的多微孔的可膨胀 PTFE 片材可用来形成顺从的、多微孔的内层 15。

首先，将两层无微孔的可膨胀 PTFE 片材卷绕在直径为 584 毫米的心轴上。然后将 100 层多微孔的可膨胀 PTFE 片材卷绕在心轴周围。在此之后，将两层无微孔的可膨胀 PTFE 片材卷绕在心轴周围。将诸多微孔层固定在心轴的端部，并使用与示例 1 相同的加热过程将诸层粘合在一起。在冷却之后，从心轴中纵向地切割 PTFE 材料以呈片材状。

然后从片材中切出一内径为 89 毫米、外径为 135 毫米的环圈，并且有选择地加压，以便在充分密集的、基本不透气的 PTFE 层 14 之间形成基本不透气的区域 13。对内径为 104.8 毫米、外径为 108.0 毫米的环形模具之间的垫圈进行加压，形成基本不透气的区域 13。将模具加热至 200℃，并加压 51.7 兆帕（7500 磅/平方英寸）左右的负荷。将该负荷保持约 15 秒。

该示例的基本不透气的两层 14 的厚度均为 0.01 毫米（0.0004 英寸）。该垫圈是内径为 89 毫米、外径为 135 毫米、总厚度为 3.0 毫米的一环形垫圈。受到加压的不透气区域 13 的内径为 104.8 毫米、外径为 108.0 毫米。这是图 1-3 所示的本发明的垫圈的另一种类型。

示例 5

根据图 4-6 所示的本发明的结构，以类似于示例 3 的方式生产一环形垫圈。与示例 3 生产的片材相同的一已剥离片材具有充分密集的可膨胀 PTFE 的外层，以及顺从的、多微孔的可膨胀 PTFE 的内层。然后，从已剥离片材中切出内径为 104.8

毫米、外径为 160 毫米的一环形垫圈。然后对内径（104.8 毫米）与垫圈内径相等、外径为 108.0 毫米的环形模具之间的环形垫圈进行加压，以形成一不透气区域 13。将模具加热至 200℃，并加压 51.7 兆帕（7500 磅/平方英寸）左右的负荷。将该负荷保持约 15 秒。

最终的环形垫圈的内径为 104.8 毫米、外径为 160 毫米、厚度为 3.0 毫米。受到加压的不透气区域的内径为 104.8 毫米、外径为 108.0 毫米。不透气层 14 的厚度为 0.15 毫米（0.006 英寸）。

示例 6

如图 11 所示，该示例示出了本发明的又一实施例，该实施例将顺从的、多微孔的可膨胀 PTFE 材料切成环形垫圈的形状，该环形垫圈涂覆有一基本不透气的涂层。

首先，获得一厚度为 0.125 英寸（3.2 毫米）的 GORE-TEX GR®垫圈片的多微孔的可膨胀 PTFE 片材，该片材可从 W. L. Gore & Associates 股份有限公司购得。从该片材中切出一内径为 86 毫米、外径为 133 毫米的环圈。然后以下列方式在环圈上涂覆一全氟聚醚硅酮橡胶 SIFEL™610，该材料可从 Shin-Etsu 化学有限公司购得。将环圈在弹性体池中浸泡五分钟，以使弹性体渗入 GORE-TEX GR®垫圈片的表面孔隙中。在浸泡五分钟之后，立即去除多余的弹性体，形成环圈的表面。然后将已涂覆的环圈在 175℃的炉中固化四小时，产生最终的环形垫圈 50。

在该示例中，不透气层 14 和不透气区域 13 都是由渗入多微孔的可膨胀 PTFE 的孔隙的弹性体构成。可膨胀 PTFE 的内层 15 是未渗入弹性体的可膨胀 PTFE 的一部分。不透气区域 13 位于垫圈 50 的内径和外径处。不透气层 14 和不透气区域 13 的厚度约为 0.13 毫米。

示例 7

用类似于示例 1 的方式来生产本发明的一环形垫圈。与示例 1 生产的片材相同的充分密集的、无微孔的可膨胀 PTFE 片材可用来形成基本不透气的层 14，与示例 1 生产的片材相同的多微孔的可膨胀 PTFE 片材可用来形成顺从的、多微孔的内层 15。

首先，将 10 层无微孔的可膨胀 PTFE 片材卷绕在直径为 584 毫米的心轴上。

然后将100层多微孔的可膨胀PTFE片材卷绕在心轴周围。在此之后，再将10层无微孔的可膨胀PTFE片材卷绕在心轴周围。将诸多微孔层固定在心轴的端部，并使用与示例 1 相同的加热过程将诸层粘合在一起。在冷却之后，从心轴纵向地切割PTFE材料以呈片材状。

然后从该片材中切出一内径为89毫米、外径为135毫米的环圈，并且有选择地加压，以便在充分密集的、基本不透气的PTFE层14之间形成基本不透气的区域13。对内径为104.8毫米、外径为108.0毫米的环形模具之间的垫圈进行加压，形成基本不透气的区域13。将模具加热至200℃，并加压51.7兆帕（7500磅/平方英寸）左右的负荷。将该负荷保持约15秒。

该示例的基本不透气的两层14的厚度均为0.05毫米（0.002英寸）。该垫圈是内径为89毫米、外径为135毫米、总厚度为3.0毫米的一环形垫圈。受到加压的不透气区域13的内径为104.8毫米、外径为108.0毫米。这是图1-3所示的本发明的垫圈的另一种类型。

示例8

根据图7-9所示的本发明的结构，以类似于示例3的方式生产一环形垫圈。如示例3中所述那样，产生一已剥离片材，它具有充分密集的可膨胀PTFE的外层，以及顺从的、多微孔的可膨胀PTFE的内层。然后，从该已剥离片材中切出内径为60毫米、外径为108毫米的一环圈形。然后对外径（108毫米）与垫圈外径相等、内径为104.8毫米的环形模具之间的环形垫圈进行加压，以形成一不透气区域13。将模具加热至200℃，并加压51.7兆帕（7500磅/平方英寸）左右的负荷。将该负荷保持约15秒。

最终的环形垫圈的内径为60毫米、外径为108毫米、厚度为3.0毫米。受到加压的不透气区域13的内径为104.8毫米、外径为108.0毫米。不透气层14的厚度为0.15毫米（0.006英寸）。

对照示例9

首先，获得一厚度为0.125英寸（3.2毫米）的GORE-TEX GR®垫圈片的多微孔的可膨胀PTFE片材，该片材可从W. L. Gore & Associates股份有限公司购得。从该片材中切出一环形垫圈。环形垫圈的内径为60.8毫米、外径为107毫米、厚

度为 3.2 毫米。

示例 10

根据图 4-6 所示的本发明的结构，以类似于示例 3 的方式来制造一环形垫圈。如示例 3 中所述那样，产生一已剥离片材，它具有充分密集的可膨胀 PTFE 的外层，以及顺从的、多微孔的可膨胀 PTFE 的内层。然后，从该已剥离片材中切出内径为 60.8 毫米、外径为 107 毫米的一环圈形。然后对内径（60.8 毫米）与垫圈内径相等、外径为 64.0 毫米的环形模具之间的环形垫圈进行加压，以便在充分密集的可膨胀 PTFE、基本不透气的层 14 之间形成一不透气区域 13。将模具加热至 200℃，并加压 51.7 兆帕（7500 磅/平方英寸）左右的负荷。将该负荷保持约 15 秒。

环形垫圈的内径为 60.8 毫米、外径为 107 毫米、厚度为 3.0 毫米。受到加压的不透气区域 13 的内径为 60.8 毫米、外径为 64.0 毫米。不透气层 14 的厚度为 0.15 毫米（0.006 英寸）。

示例 11

根据图 1-3 所示的本发明的结构，用类似于示例 3 的方式来制造一环形垫圈。如示例 3 中所述那样，产生一已剥离片材，它具有充分密集的可膨胀 PTFE 的外层，以及顺从的、多微孔的可膨胀 PTFE 的内层。然后，从该已剥离片材中切出内径为 60.8 毫米、外径为 107 毫米的一环形垫圈。然后对内径为 81.5 毫米、外径为 84.7 毫米的环形模具之间的环形垫圈进行加压，以便在充分密集的可膨胀 PTFE、基本不透气的层 14 之间形成一不透气区域 13。将模具加热至 200℃，并加压 51.7 兆帕（7500 磅/平方英寸）左右的负荷。将该负荷保持约 15 秒。

环形垫圈的内径为 60.8 毫米、外径为 107 毫米、厚度为 3.0 毫米。受到加压的不透气区域 13 的内径为 81.5 毫米、外径为 84.7 毫米。不透气层 14 的厚度为 0.15 毫米（0.006 英寸）。

示例 12

根据图 13 所示的本发明的结构，以下列方式来制造一环形垫圈。首先，如示例 3 中所述那样，产生一已剥离片材，它具有充分密集的可膨胀 PTFE 的外层，以及顺从的、多微孔的可膨胀 PTFE 的内层。然后，从已剥离片材中切出一环圈。与

示例 6 一样，然后将环圈在一全氟聚醚硅酮橡胶弹性体 SIFEL™610 的池中浸泡五分钟。在浸泡五分钟之后，立即去除多余的弹性体，形成环圈的表面。然后将已涂覆的环圈在 175℃的炉中固化四小时，产生最终的垫圈 70。

在该示例中，不透气区域 13 由渗入多微孔的可膨胀 PTFE 的内层 15 的孔隙的弹性体构成。不透气区域 13 位于垫圈的内径和外径处。由于充分密集的可膨胀 PTFE 的外层的无孔隙性质，弹性体不能渗入这些外层。因而，不透气层 14 是由充分密集的可膨胀 PTFE 的外层构成的，不透气区域 13 是由固化的弹性体/可膨胀 PTFE 的成分构成的。

示例 13

根据图 12 所示的本发明的结构，以下列方式来制造一环形垫圈。首先，如示例 3 中所述那样，产生一已剥离片材，它具有充分密集的可膨胀 PTFE 的外层，以及顺从的、多微孔的可膨胀 PTFE 的内层。然后，从已剥离片材中切出一环圈。然后，将环圈平放在一光滑表面上，并将全氟聚醚硅酮橡胶 SIFEL™610 注入由环圈内径限定的一空穴，以使环圈的内径暴露于弹性体，同时外径不暴露于弹性体。在五分钟的浸渍之后，去除多余的弹性体，形成环圈的暴露表面。然后将已涂覆的环圈在 175℃的炉中固化四小时，产生最终的垫圈 60。

在该示例中，不透气区域 13 由渗入多微孔的可膨胀 PTFE 的内层 15 的孔隙的弹性体构成。由于外径并未暴露于弹性体，因此不透气区域 13 仅位于垫圈的内径。由于充分密集的可膨胀 PTFE 的外层的无孔隙性质，弹性体不能渗入这些外层。因而，不透气层 14 是由充分密集的可膨胀 PTFE 的外层构成的，不透气区域 13 是由固化的弹性体/可膨胀 PTFE 的成分构成的。

对照示例 14

首先，获得一厚度为 0.125 英寸（3.2 毫米）的 GORE-TEX GR®垫圈片的多微孔的可膨胀 PTFE 片材，该片材可从 W. L. Gore & Associates 股份有限公司购得。从该片材中切出一环形垫圈。环形垫圈的内径为 89 毫米、外径为 135 毫米、厚度为 3.2 毫米。

对照示例 15

以下列方式生产一对照垫圈。首先，获得一可购得的、如对照示例 2 所述的一厚为 0.125 英寸（3.2 毫米）的 GORE-TEX GR®的 R 型垫圈片。将顺从的、多微孔的可膨胀 PTFE 的外层 41 从片材上手工剥离，使暴露的 PTFE 刚性内层 43 成为新的外层。GORE-TEX GR®的 R 型垫圈片的刚性内层 43 由致密的可膨胀 PTFE 材料构成，该材料的密度等于或接近完全密度，即 2.2 克/立方厘米，其厚度为 0.15 毫米(0.006 英寸)，该刚性内层基本上是不透气的。

然后从已剥离的片材中切出一内径为 89 毫米、外径为 135 毫米的环形垫圈。

尽管该垫圈具有基本不透气的层 14，但它没有一基本不透气的区域 13。

对照示例 16

首先，获得一厚度为 0.125 英寸（3.2 毫米）的 GORE-TEX GR®垫圈片的多微孔的可膨胀 PTFE 片材，该片材可从 W. L. Gore & Associates 股份有限公司购得。从该片材中切出一环形垫圈，该环形垫圈的内径为 89 毫米、外径为 135 毫米。对内径为 104.8 毫米、外径为 108.0 毫米的环形模具之间的垫圈加压，形成一基本不透气的区域 13。将模具加热至 200℃，并加压 51.7 兆帕（7500 磅/平方英寸）左右的负荷。将该负荷保持约 15 秒。

环形垫圈的内径为 89 毫米、外径为 135 毫米、厚度为 3.2 毫米。受到加压的不透气区域 13 的内径为 104.8 毫米、外径为 108.0 毫米。尽管该垫圈具有一基本不透气的区域 13，但它没有基本不透气的层 14。

示例 17

可从宾夕法尼亚州的费城的氟塑料股份有限公司购得一卷充分密集的、切成薄片的 PTFE（0.051 毫米厚、610 毫米宽）。将单层该片材卷绕在直径为 168 毫米的不锈钢心轴圆周的周围。然后将 100 层示例 1 中生产的、厚度尺寸为 0.038 毫米的第二多微孔的可膨胀 PTFE 片材卷绕在心轴上，以覆盖先前卷绕的切成薄片的 PTFE 层。将一层厚度为 0.051 毫米的、切成薄片的 PTFE 卷绕在诸薄膜层的周围。将 40 层其它的多微孔的可膨胀 PTFE 薄膜卷绕在切成薄片的 PTFE 薄膜层的顶部，以便在加热循环的过程中使诸薄膜保持接触。然后将诸多微孔的可膨胀 PTFE 层固定在心轴的端部，以抵御材料在升高的温度下其自身皱缩的趋势。

将被卷绕的心轴放置在一空气电烘箱中，然后将烘箱加热至 365℃的温度经历

两小时。在加热循环的第一小时期间，烘箱升高至设定的温度。烘箱在设定的温度下经过第二小时。在完成加热循环时，使叠层冷却至室温，对叠层切割去除钢制心轴。另外 40 层多微孔的可膨胀 PTFE 薄膜可用来保持诸薄膜接触，然后从粘合的片材上剥离所述薄膜层，并将它们丢弃。已经论证了切成薄片的 PTFE 薄膜可适度地粘附于可膨胀的 PTFE。

然后从粘合的片材中切出一内径为 89 毫米、外径为 135 毫米的环圈，并且有选择地加压，以便在充分密集的、切成薄片的基本不透气的 PTFE 层 14 之间形成基本不透气的区域 13。对内径为 104.8 毫米、外径为 108.0 毫米的环形模具之间的垫圈进行加压，以便在该示例的环形垫圈中形成基本不透气的区域 13。将模具加热至 200℃，并加压 51.7 兆帕（7500 磅/平方英寸）左右的负荷。将该负荷保持约 15 秒。

该示例的基本不透气的层 14 的厚度均为 0.05 毫米（0.002 英寸）。该垫圈是内径为 89 毫米、外径为 135 毫米、总厚度为 3.0 毫米的一环形垫圈。受到加压的不透气区域 13 的内径为 104.8 毫米、外径为 108.0 毫米。这是图 1-3 所示的本发明的垫圈的另一种类型。

示例 18

将示例 17 的一单层切成薄片的 PTFE（0.051 毫米厚、610 毫米宽）卷绕在直径为 168 毫米的不锈钢心轴圆周的周围。该层可作为从心轴上去除垫圈材料的释放衬里（release liner）。将三层厚度为 0.051 毫米的 PFA 薄膜卷绕在切成薄片的 PTFE 层的周围，所述 PFA 薄膜可以从特拉华州的 Wilmington 的 E. I.杜邦 de Nemours 股份有限公司购得，这种称为 200LP 高性能 PFA 薄膜的宽度为 457 毫米。然后将 100 层示例 1 中生产的、厚度尺寸为 0.038 毫米的第二多微孔的可膨胀 PTFE 片材卷绕在心轴上，以覆盖先前卷绕的 PTFE 薄膜层。然后将三层厚度为 0.051 毫米的 PFA 薄膜卷绕在多微孔的可膨胀 PTFE 薄膜的顶部。然后将一层厚度为 0.051 毫米的切成薄片的 PTFE 卷绕在 PFA 层的周围。将另外 40 层多微孔的可膨胀 PTFE 薄膜卷绕在切成薄片的 PTFE 层的顶部，以便在加热循环的过程中使诸薄膜保持接触。然后将诸多微孔的可膨胀 PTFE 层固定在心轴的端部，以抵御材料在升高的温度下其自身皱缩的趋势。

将被卷绕的心轴放置在一空气电烘箱中，然后将烘箱加热至 365℃的温度经历

两小时。在加热循环的第一小时期间，烘箱升高至设定的温度。烘箱在设定的温度下经过第二小时。在完成加热循环时，使叠层冷却至室温，切割叠层去除钢制心轴。另外 40 层多微孔的可膨胀 PTFE 薄膜可用来保持诸薄膜接触，然后从粘合的片材上剥离切成薄片的 PTFE 层，并将它们丢弃。此时的粘接片材由 PFA 薄膜外层和多微孔可膨胀的 PTFE 内层组成。

然后从粘合的片材中切出一内径为 89 毫米、外径为 135 毫米的环圈，并且有选择地加压，以便在基本不透气的 PFA 层 14 之间形成基本不透气的区域 13。对内径为 104.8 毫米、外径为 108.0 毫米的环形模具之间的垫圈进行加压，以便在该示例的环形垫圈中形成基本不透气的区域 13。将模具加热至 200℃，并加压 51.7 兆帕（7500 磅/平方英寸）左右的负荷。将该负荷保持约 15 秒。

该示例的基本不透气的两层 14 的厚度均为 0.15 毫米（0.006 英寸）。该垫圈是内径为 89 毫米、外径为 135 毫米、总厚度为 3.0 毫米的一环形垫圈。受到加压的不透气区域 13 的内径为 104.8 毫米、外径为 108.0 毫米。这是图 1-3 所示的本发明的垫圈的另一种类型。

对照示例 19

首先，获得一厚度为 0.125 英寸（3.2 毫米）的 GORE-TEX GR®垫圈片的多微孔的可膨胀 PTFE 片材，该片材可从 W. L. Gore & Associates 股份有限公司购得。从该片材中切出一环形垫圈。环形垫圈的内径为 89 毫米、外径为 135 毫米、厚度为 3.2 毫米。

示例 20

根据图 11 所示的本发明的结构，使用与示例 6 的垫圈相同的方式来生产一环形垫圈。仅有的区别是从多微孔的可膨胀 PTFE 片材中切出的环圈的内径为 89 毫米、外径为 132 毫米。

在该示例中，不透气的层 14 和不透气的区域 13 都由渗入多微孔的可膨胀 PTFE 的孔隙的弹性体构成。可膨胀 PTFE 的内层 15 是可膨胀的 PTFE 中未渗入弹性体的部分。不透气区域 13 位于垫圈 50 的内径和外径处。不透气层 14 和不透气区域 13 的厚度约 0.13 毫米。

环形垫圈的内径为 89 毫米、外径为 132 毫米、厚度为 3.2 毫米。

示例 21

用类似于示例 1 的方式来生产本发明的垫圈。与示例 1 生产的片材相同的充分密集的、无微孔的可膨胀 PTFE 片材可用来形成基本不透气的层 14，与示例 1 生产的片材相同的多微孔的可膨胀 PTFE 片材可用来形成顺从的、多微孔的内层 15。

首先，将两层无微孔的可膨胀 PTFE 片材卷绕在直径为 584 毫米的心轴上。然后将 100 层多微孔的可膨胀 PTFE 片材卷绕在心轴周围。在此之后，将两层无微孔的可膨胀 PTFE 片材卷绕在心轴周围。将诸多微孔层固定在心轴的端部，并使用与示例 1 相同的加热过程将诸层粘合在一起。在冷却之后，从心轴纵向地切割 PTFE 材料以呈片材状。

然后从片材中切出一内径为 89 毫米、外径为 132 毫米的环圈，并且有选择地加压，以便在充分密集的、基本不透气的 PTFE 层 14 之间形成基本不透气的区域 13。对内径与环圈内径（89.0 毫米）相等、外径为 93.2 毫米的环形模具之间的垫圈进行加压，形成基本不透气的区域 13。将模具加热至 200℃，并加压 51.7 兆帕（7500 磅/平方英寸）左右的负荷。将该负荷保持约 15 秒。

该示例的基本不透气的两层 14 的厚度均为 0.01 毫米（0.0004 英寸）。该垫圈是内径为 89 毫米、外径为 132 毫米、总厚度为 3.0 毫米的一环形垫圈。受到加压的不透气区域 13 的内径为 89.0 毫米、外径为 93.2 毫米。这是图 1-3 所示的本发明的垫圈的另一种类型。

密封性试验 1

根据 ASTM F37-95 试验方法 B 中概述的过程和装备进行的渗漏率试验可确定密封性，所述试验方法 B 适合精确地测量高达 6 升/小时以及低到 0.3 毫升/小时的渗漏率。将垫圈的应力选择为 10.3 兆帕（1500 磅/平方英寸）。试验流体是 0.62 兆帕（90 磅/平方英寸）下的空气。向两块光滑的钢制压机压板之间的垫圈加载一选定的压缩应力，该压板在室温下保持 RMS 32 的表面光洁度。然后使垫圈受到 0.62 兆帕的内部空气压力，将该内部空气压力引入压在两块压机压板之间的环形垫圈的中心。然后关闭一阀门，使试验装置中的空气压力与外界环境隔绝。渗漏率是由位于垫圈试验夹具的上游的管路中的压力计流体在一段时期内的高度变化确定。压力计中的变化原因是通过垫圈向外界环境的漏气导致了内部空气压力的损失。使用下面的方程式可将压力计读数转化成渗漏率：

$$LR = \frac{MR * 2.54 * A * 60}{T * SG}$$

式中：LR 是渗漏率（毫升/小时）

MR 是压力计读数（英寸）

常数 2.54 可将压力计读数从（英寸）转化成（厘米）

A 是压力计管内部的横截面积（厘米^2）

T 是时间（分）

常数 60 可将时间从（分）转化成（小时）

SG 是压力计流体的比重

压力计的线性刻度必须与使用流体的比重相配合。在该试验中，压力计刻度是对比重是 0.827 的流体标定的。所用的流体是 R827 油（比重为 0.827），该流体可从新墨西哥州的 Albuquerque 的 Dynatech Frontier 公司购得。所用的压力计具有 0.25 英寸（0.635 厘米）的管内径。可以在 5、10 和 15 分钟时读取压力计读数。

下面的表 I 示出了在本发明示例 1、3、4、5、6 和 7 的实施例与对照示例 2、14、15 和 16 上进行的上述密封性试验的结果。图 14 中还用曲线示出了这些结果。图表示出了提供本发明垫圈的不同结构的所有示例，所述本发明垫圈具有比所有对照示例低得多的渗漏率。

对照示例 14 和 2 代表商用的可膨胀 PTFE 垫圈。对照示例 14 是一多微孔的可膨胀 PTFE 垫圈。对照示例 2 是一多微孔的可膨胀 PTFE 垫圈，其内部具有充分密集的可膨胀 PTFE 材料制成的两刚性内层 43。对照示例 15 是一多微孔的可膨胀 PTFE 垫圈，该垫圈具有充分密集的 PTFE 外层，剥离对照示例 2 的多微孔外层可形成该外层。因而，对照示例 15 具有基本不透气的层 14，但没有基本不透气的区域 13。因而，对照示例 15 的渗漏率相对照示例 2 的商用垫圈没有明显地改进。然而，示例 3 和 5 示出了超过对照示例 2 和 15 的巨大改进。示例 3 和 5 具有与对照示例 15 相同的不透气层 14。对照示例 15 与垫圈 3 和 5 的本发明垫圈之间的差异是示例 3 和 5 具有基本不透气的区域 13，以改进基本不透气的层 14。因而，可以看到没有基本不透气的区域 13，对照示例 15 的垫圈无法享有不透气层 14 的潜在的密封优点。

另一方面，对照示例 16 是一多微孔的可膨胀 PTFE 垫圈，该垫圈具有一基本不透气的区域 13，但没有基本不透气的层 14。该垫圈没有显示超过可购得的垫圈的大改进。由于没有基本不透气的层 14 来改进基本不透气的区域 13，尽管具有基

本不透气的区域 13，但还有一供通过多微孔的可膨胀 PTFE 渗漏的自由通道。因而，可以看到没有基本不透气的层 14，垫圈将无法享有不透气区域 13 的潜在的密封优点。

在观察示例 1、3、4 和 7 的本发明垫圈时，可以从图 14 中看到，渗漏率随着充分密集 ePTFE 的基本不透气的层 14 的厚度的增加而降低。将示例 1、3、4 和 7 的本发明垫圈相互比较，它们都具有相同的内径和外径尺寸，而且基本不透气的区域 13 的位置相同。基本不透气的层 14 都是充分密集的可膨胀 PTFE。它们之间的区别是基本不透气的层 14 的厚度，较厚的基本不透气的层 14 的不透气性高于较薄的基本不透气的层 14。

图 15 中进一步地示出了该结论，该图绘制了平均渗漏率与基本不透气的充分密集的可膨胀 PTFE 层 14 的厚度的关系曲线。平均渗漏率是从五分钟、十分钟和十五分钟的计算渗漏率的平均计算值中得到的，该平均渗漏率被包括在表 I 中。图 15 中的图表数据来自示例 1、3、4 和 7。

表 I

示例 1				对照示例 2				示例 3			
读数	时间（分）	压力计读数（英寸）	渗漏率（毫升/小时）	读数	时间（分）	压力计读数（英寸、水柱）	渗漏率（毫升/小时）	读数	时间（分）	压力计读数（英寸）	渗漏率（毫升/小时）
1	5	0.2	2.33	1	5	1.1	12.84	1	5	0	0.00
2	10	0.3	1.75	2	10	2.0	11.67	2	10	0	0.00
3	15	0.45	1.75	3	15	3.0	11.67	3	15	0	0.00
平均渗漏率：1.95				平均渗漏率：12.06				平均渗漏率：0.00			

示例 4				示例 5				示例 6			
读数	时间（分）	压力计读数（英寸）	渗漏率（毫升/小时）	读数	时间（分）	压力计读数（英寸）	渗漏率（毫升/小时）	读数	时间（分）	压力计读数（英寸、水柱）	渗漏率（毫升/小时）
1	5	0.3	3.50	1	5	0	0.00	1	5	0.2	2.33
2	10	0.5	2.92	2	10	0	0.00	2	10	0.31	1.81
3	15	0.7	2.72	3	15	0	0.00	3	15	0.45	1.75
平均渗漏率：3.05				平均渗漏率：0.00				平均渗漏率：1.96			

示例 7				对照示例 16				对照示例 15			
读数	时间（分）	压力计读数（英寸、水柱）	渗漏率（毫升/小时）	读数	时间（分）	压力计读数（英寸）	渗漏率（毫升/小时）	读数	时间（分）	压力计读数（英寸）	渗漏率（毫升/小时）
1	5	0.05	0.58	1	5	0.8	9.34	1	5	1	11.67
2	10	0.075	0.44	2	10	1.5	8.75	2	10	1.9	11.09
3	15	0.1	0.39	3	15	2.15	8.36	3	15	2.7	10.50
平均渗漏率：0.47				平均渗漏率：8.82				平均渗漏率：11.09			

对照示例 14			
读数	时间（分）	压力计读数（英寸、水柱）	渗漏率（毫升/小时）
1	5	1.1	12.84
2	10	2.0	11.67
3	15	2.9	11.28
平均渗漏率：11.93			

密封性试验 2

除了选择 6.9 兆帕（1000 磅/平方英寸）来代替 10.3 兆帕（1500 磅/平方英寸）的垫圈应力以外，该密封性试验的实施完全类似于上面的密封性试验 1。试验流体仍然是 0.62 兆帕（90 磅/平方英寸）下的空气。在该试验中，以多种时间间隔来读取压力计的读数，该时间间隔对于不同的垫圈可达到 60 分钟。

下面的表 II 示出了采用示例 3、5 和 8 来实施该密封性试验的结果。图 18 中还用曲线示出了这些结果。进行该试验可以比较图 1-9 所示本发明的不同结构，其中垫圈具有相同厚度的诸充分密集 ePTFE 的基本不透气的层 14。待测试垫圈的差异是不透气区域 13 的位置。

从图表中可以看到，示例 3 可获得最低的渗漏率（性能最好），该示例代表图 1-3 所示的本发明实施例。该垫圈的不透气区域位于垫圈的内径与外径之间。可以相信该实施例中的一理想优点是在流体移入第一腔室 11 的可膨胀 PTFE 层 15 时，以及随后基本不透气的区域 13 阻止流体进一步渗透时，“陷在”第一腔室 11 中的流体对基本不透气的层 14 施加一向外的作用力。可以相信该现象有助于进一步地使基本不透气的层 14 与凸缘表面相一致，并将该层密封于凸缘表面，藉此改进垫圈 10 所实现的密封。不被理论所限制，可以相信第二腔室 12 有助于在基本不透气的区域 13 的后面提供一合力，该合力有助于防止基本不透气的区域 13 断裂。

示例 5 可实现第二最低的渗漏率，该示例代表图 4-6 所示的本发明垫圈。该垫圈的不透气区域位于垫圈的内径。示例 8 可实现第三最低的渗漏率，该示例代表图 7-9 所示的本发明垫圈。该垫圈的不透气区域 13 位于垫圈的外径。

表 II

示例 5			
读数	时间（分）	压力计读数（英寸）	渗漏率（毫升/小时）
1	5	0.00	0.00
2	10	0.00	0.00
3	15	0.00	0.00
4	20	0.05	0.15
5	30	0.08	0.15
6	45	0.15	0.19
7	60	0.18	0.17
平均渗漏率：0.09			

示例 3			
读数	时间（分）	压力计读数（英寸）	渗漏率（毫升/小时）
1	5	0.00	0.00
2	10	0.00	0.00
3	15	0.00	0.00
4	20	0.00	0.00
5	30	0.00	0.00
6	60	0.05	0.05
平均渗漏率：0.01			

示例 8			
读数	时间（分）	压力计读数（英寸）	渗漏率（毫升/小时）
1	5	0.30	3.50
2	10	0.30	1.75
3	15		
4	20		
5	30	0.40	0.78
6	60	0.50	0.49
平均渗漏率：1.63			

密封性试验 3（气泡试验）

进行的另一种密封性试验在工业中称为“气泡试验” 的，该试验包括使用肥皂水来检查垫圈的管路凸缘的漏气。图 16 示出了用来完成该试验的气泡试验夹具的截面图。下面的表 III 示出了气泡试验的结果。试验夹具 100 由一套等级为 2 英寸×150 磅、表面光洁度为 RMS 32 的无孔钢制凸缘 101 构成，用四个 5/8 英寸的螺栓 102 将所述凸缘紧固在一起。在凸缘 101 中的一个之中钻一进气孔 103，以使进气连接装置可附连于该进气孔，该进气连接装置从测试垫圈的内径向构件加压。在该试验中，待测试的垫圈 104 位于试验夹具 100 的凸缘 101 之间。经润滑的螺栓 102 在交叉型模式中（例如 12:00－6:00－3:00－9:00）以三个增量平均分开的步骤达到所需的转矩大小。使用下面的方程式可将转矩大小转换成垫圈的应力。

转矩（英尺-磅）$=Fp*K*D/12$

式中：Fp 是每个螺栓施加的力（磅）

K 是螺母系数（假定为 0.2）

D 是螺栓的直径（英寸）

垫圈应力（磅/平方英寸）＝Fp*螺栓数量/垫圈的接触面积（英寸^2）

可以使用下面的方程式将该垫圈应力（磅/平方英寸）进一步转换成（兆帕）的计量单位：

垫圈应力（兆帕）＝垫圈应力（磅/平方英寸）*0.00689476

在达到垫圈应力的第一等级（250 磅/平方英寸）或（1.72 兆帕）十分钟后，以第一理想的恒定空气压力（30 磅/平方英寸）或（0.21 兆帕）向紧固的垫圈/凸缘组件加压。然后将肥皂水溶液喷洒在垫圈/凸缘组件上。然后用视觉沿垫圈 104 的外径检查垫圈/凸缘组件，肥皂水中出现的气泡表明有漏气。如果渗漏存在，肥皂水中将出现气泡，表明经过垫圈 104 的周围和/或穿过该垫圈传送空气。在确定是否存在气泡之后，将内部空气压力增加到下一级（60 磅/平方英寸）或（0.41 兆帕）。在确定该压力等级下是否存在气泡之后，再次将内部空气压力增加到最终等级（90 磅/平方英寸）或（0.62 兆帕），再一次确定是否存在气泡。然后释放内部空气压力。

然后如以上在交叉型模式中所做的那样，将凸缘/垫圈组件紧固至下一等级（500 磅/平方英寸）或（3.45 兆帕）以三个平均分开的增量加压。如上所述，然后为每一内部空气压力等级实施气泡试验，其仅有的差别是在施加第一内部空气压

力等级之前等待十五分钟，以代替等待十分钟。

使用十五分钟的等待时间，为表 III 所示的为每一垫圈压力等级重复该过程。

将该气泡试验实施在对照示例 9 和示例 10、11 的垫圈中。表 III 示出了结果。试验结果证明了示例 10 和 11 的本发明垫圈的密封性超过对照示例 9 的 GORE-TEX GR®垫圈片的传统多微孔的可膨胀 PTFE 垫圈的改进，在任何用于本发明垫圈的试验条件下不存在任何气泡可作为证明。传统多微孔的可膨胀 PTFE 垫圈显示的气泡表明在所有试验条件下有渗漏。在观看试验的边界条件时，传统垫圈在最低要求的试验条件下（垫圈应力为 1500 磅/平方英寸（10.34 兆帕）状态下 30 磅/平方英寸（0.21 兆帕的内部压力）显示有渗漏，本发明的垫圈甚至在最高要求的试验条件下（垫圈应力仅为 250 磅/平方英寸（1.72 兆帕）状态下 90 磅/平方英寸（0.62 兆帕的内部压力）显示没有渗漏。这证明了较低垫圈应力下的密封性超过传统多微孔的可膨胀 PTFE 垫圈的巨大改进。

表 III

对照示例 9				
垫圈应力（磅/平方英寸） （兆帕）	转矩（英尺-磅） （牛-米）	发现气泡（是或否）		
		气压 30 磅/平方英寸（0.21 兆帕）	60 磅/平方英寸（0.41 兆帕）	90 磅/平方英寸（0.62 兆帕）
250 1.72	3 4	是	是	是
500 3.45	6 8	是	是	是
1000 6.89	11 15	是	是	是
1500 10.34	17 23	是	是	是
示例 10				
垫圈应力（磅/平方英寸） （兆帕）	转矩（英尺-磅） （牛-米）	发现气泡（是或否）		
		气压 30 磅/平方英寸（0.21 兆帕）	60 磅/平方英寸（0.41 兆帕）	90 磅/平方英寸（0.62 兆帕）
250 1.72	3 4	否	否	否
500 3.45	6 8	否	否	否
1000 6.89	11 15	否	否	否
1500 10.34	17 23	否	否	否
示例 11				
垫圈应力（磅/平方英寸） （兆帕）	转矩（英尺-磅） （牛-米）	发现气泡（是或否）		
		气压 30 磅/平方英寸（0.21 兆帕）	60 磅/平方英寸（0.41 兆帕）	90 磅/平方英寸（0.62 兆帕）
250 1.72	3 4	否	否	否
500 3.45	6 8	否	否	否
1000 6.89	11 15	否	否	否
1500 10.34	17 23	否	否	否

透气性试验 4

作为测量多种薄膜或片材的透气等级以及随后测量的不透气等级的装置，构造了整个内部空气容积为 50 立方厘米的一试验夹具。图 17 示出了该不透气性试验夹具。用一直径为 1.5 英寸（3.81 厘米）的卫生凸缘套环 121 形成透气性试验夹具 120。将套环 121 的长度切削成 5.2 厘米，并焊接于一不锈钢的基座 122。钻一贯穿基座的孔 123，以使加压空气源与压力测量仪器相连。使用 1/8 英寸的管道和压缩配件来连接试验夹具 120 的所有构件。一数字压力计（可从俄亥俄州的克利夫兰市的 Meriam 仪器购得的 350 型灵敏的压力计）可用来精确地测量压力。一调节气源可用来将试验夹具加压至适当的起动压力。一旦达到理想的内部压力，与压缩配件相连的一截流阀 126 可用来阻塞来往于试验夹具的气流。试验夹具 120 的整个内部空气容积基于夹具 120 的内部空气容积，该容积包括与配件以及在截流阀 126 与凸缘套环 121 的内部之间的管道部分相关的容积。夹具总容积（腔室＋管道和配件中的容积）总计达 50 立方厘米（±0.5 立方厘米）。

为了测试一薄膜或片材样本 127，将样本 127 切削成一直径为 5.1 毫米（2.0 英寸）的圆形。将薄膜 127 放置在卫生凸缘套环 121 的开口上方。将一直径为 1.5 英寸（3.81 厘米）的装筛网的 EPDM 垫圈 128 放置在试样 127 的顶部，使其作为一防止测试薄膜 127 在试验过程中扩张和/或破裂的背衬，装筛网的垫圈 128 具有一网孔尺寸为 40 的不锈钢筛网，EPDM 橡胶将网束缚在周边的周围，该 EPDM 橡胶可从新泽西州的 Andover 的 Rubberfab 模具和垫圈公司购得，其零件号为 40MP-ES150。将一 1.5 英寸（3.81 厘米）的短焊缝的卫生凸缘套环 129 放置在具有筛网的 EPDM 垫圈 128 的顶部，并且适当地放置和紧固清洁的凸缘夹 125，在凸缘套环 121、薄片样本 127、具有筛网的 EPDM 垫圈 128 以及短焊缝的清洁凸缘套环 129 之间形成一密封。与阀 126 相连的调节气源可用于形成试验夹具 120 的初始内部压力。将夹具 120 加压至 50.0 千帕的压力，并且使阀 126 关闭。使用一秒表来测量试验夹具 120 中的压力从 50.0 千帕下降至 10.0 千帕所需的时间，作为通过薄膜的试样 127 的透气性结果。对于高度不透气的薄膜样本（夹具内部压力从 50.0 千帕下降至 10.0 千帕所需的时间大于 10 分钟），在 10 分钟后记录压力。下面的表 IV 示出了使用上述试验过程测试多种类型的薄膜样本得到的不透气性结果。对每个类型的薄膜样本制造和试验了三个试样。试验了以下类型的薄膜样本。

薄膜样本类型 A－从示例 4 的心轴切成片材，从该片材上剥离无孔隙的可膨胀

PTFE 外层之一，产生厚度为 0.01 毫米（0.0004 英寸）的无孔隙（充分密集）的可膨胀 PTFE 薄膜。从该薄膜中切出三个直径为 5.1 毫米的圆形来制造试样。

薄膜样本类型 B－从示例 1 的心轴切成片材，从该片材上剥离无孔隙的可膨胀 PTFE 外层之一，产生厚度为 0.025 毫米（0.001 英寸）的无孔隙（充分密集）的可膨胀 PTFE 薄膜。从该薄膜中切出三个直径为 5.1 毫米的圆形来制造试样。

薄膜样本类型 C－从示例 7 的心轴切成片材，从该片材上剥离无孔隙的可膨胀 PTFE 外层之一，产生厚度为 0.05 毫米（0.002 英寸）的无孔隙（充分密集）的可膨胀 PTFE 薄膜。从该薄膜中切出三个直径为 5.1 毫米的圆形来制造试样。

薄膜样本类型 D－从示例 3 中形成的先前已剥离的片材上剥离致密的可膨胀 PTFE 外层之一，产生厚度为 0.15 毫米（0.006 英寸）的无孔隙（充分密集）的可膨胀 PTFE 薄膜。从该薄膜中切出三个直径为 5.1 毫米的圆形来制造试样。

薄膜样本类型 E－将可购得的示例 17 的切成薄片的 PTFE 薄膜制成厚度为 0.051 毫米的切成薄片的 PTFE。从该薄膜中切出三个直径为 5.1 毫米的圆形来制造试样。

薄膜样本类型 F－将可购得的示例 18 的 PFA 薄膜制成厚度为 0.051 毫米的 PFA 薄膜。从该薄膜中切出三个直径为 5.1 毫米的圆形来制造试样。

薄膜样本类型 G－从特拉华州的 Wilmington 的 E. I. 杜邦 de Nemour 股份有限公司购得并获得厚度为 0.013 毫米的 PFA 薄膜（零件号为 50LP 的高性能 PFA 薄膜）。从该薄膜中切出三个直径为 5.1 毫米的圆形来制造试样。

薄膜样本类型 H－从示例 1 生产的第二连续多微孔的可膨胀 PTFE 片材制成厚度为 0.038 毫米的多微孔的可膨胀 PTFE 薄膜。从该薄膜中切出三个直径为 5.1 毫米的圆形来制造试样。

薄膜样本类型 I－从对照示例 14 的可购得的 GORE-TEX®GR 垫圈片制成厚度为 3.2 毫米的 GORE-TEX®GR 片材。这是一多微孔的可膨胀 PTFE 垫圈片材料。从该薄膜中切出三个直径为 5.1 毫米的圆形来制造试样。

薄膜样本类型 J－从 W. L. Gore 和 Associates 股份有限公司购得并获得厚度为 1.0 毫米的 GORE-TEX®GR 片材。这是一多微孔的可膨胀 PTFE 垫圈片材料。从该薄膜中切出三个直径为 5.1 毫米的圆形来制造试样。

薄膜样本类型 K－从先前已剥离的示例 3 的片材上剥离外部充分密集的可膨胀 PTFE 层，产生厚度为 2.3 毫米的多微孔的可膨胀 PTFE 薄膜。因而，从 GORE-TEX

GR®的 R 型垫圈片所剩余的唯一部分是顺从的多微孔的可膨胀 PTFE 材料的中间层 42。从该多微孔的可膨胀 PTFE 材料中切出三个直径为 5.1 毫米的圆形来制造试样。

薄膜样本类型 L－从示例 1 的心轴切成片材，从该片材上剥离外部充分密集的 PTFE 层，产生厚度为 3.0 毫米的多微孔的可膨胀 PTFE 薄膜，留下内部多微孔的可膨胀 PTFE 层。从该多微孔的可膨胀 PTFE 薄膜（层）中切出三个直径为 5.1 毫米的圆形来制造试样。

表 IV

薄膜样本类型	薄膜样本的结构	试样	试验完成的时间（秒）
A	充分密集的可膨胀 PTFE 0.01 毫米厚	1	6.9
		2	6.9
		3	6.6
B	充分密集的可膨胀 PTFE 0.025 毫米厚	1	31.7
		2	41.7
		3	38.5
C	充分密集的可膨胀 PTFE 0.05 毫米厚	1	119.6
		2	109.3
		3	108.0
D	充分密集的可膨胀 PTFE 0.15 毫米厚	1	600*（49.9 千帕）
		2	600*（49.9 千帕）
		3	600*（49.9 千帕）
E	切成薄片的 TFE 0.051 毫米厚	1	600*（49.9 千帕）
		2	600*（49.8 千帕）
		3	600*（49.8 千帕）
F	PFA 薄膜 0.051 毫米厚	1	600*（49.9 千帕）
		2	600*（49.9 千帕）
		3	600*（49.8 千帕）
G	PFA 薄膜 0.013 毫米厚	1	600*（49.9 千帕）
		2	600*（49.9 千帕）
		3	600*（49.9 千帕）

H	多微孔的可膨胀 PTFE 0.038 毫米厚	1 2 3	0.5 0.4 0.5
I	多微孔的可膨胀 PTFE 3.2 毫米厚	1 2 3	5.5 5.5 5.5
J	多微孔的可膨胀 PTFE 1.0 毫米厚	1 2 3	1.9 1.8 1.8
K	多微孔的可膨胀 PTFE 2.29 毫米厚	1 2 3	3.4 3.5 3.5
L	多微孔的可膨胀 PTFE 3.0 毫米厚	1 2 3	5.6 5.5 5.3

从观察试验结果可以看到，基本不透气的层 14 的本发明示例中使用的所有代表性材料的不透气性大于多微孔的可膨胀 PTFE 的内层 15 使用的代表材料。与那些代表多微孔的可膨胀 PTFE 的内层 15 的薄膜样本类型相比，由于使代表基本不透气的层 14 的薄膜样本类型从 50.0 千帕下降至 10.0 千帕将耗费更长的时间，因此上述情况是十分明显的。薄膜样本类型 A 至 G 代表了本发明示例中用作基本不透气的层 14 的不同材料。薄膜样本类型 K 和 L 代表了本发明示例中用作多微孔的可膨胀 PTFE 的内层 15 的不同材料。薄膜样本类型 H 代表了多微孔的可膨胀 PTFE 薄膜的一单层，该薄膜可用于产生一些本发明示例中的多微孔的可膨胀 PTFE 的内层 15。薄膜样本类型 I 和 J 代表了可购得的多微孔的可膨胀 PTFE 垫圈片。

从这些结果中可以看到，在根据其厚度进行区分的类似材料的分组中，材料越厚，其不透气性越好，压力等级下降所需的时间将明显变长。对薄片样本类型 A、B、C 和 D 的类似致密的可膨胀 PTFE 材料的不同厚度进行比较，材料厚度的增加将使不透气的程度增加。再次对薄膜样本类型 H、I、J、K 和 L 的类似多微孔的可膨

胀 PTFE 材料的不同厚度进行比较，材料越厚，其不透气性越好。厚度没有显示类似材料的差别的唯一情况是薄膜样本示例 F 和 G 的两 PFA 薄膜样本，它们都是极不透气的，在 600 秒（10 分钟）之后，气压仅从 50 千帕下降至 48.8-49.9 千帕。

从这些结果中可以看到，代表本发明示例中作为基本不透气的层 14 所使用的材料的薄膜样本类型（薄膜样本类型 A-F）都远薄于用作代表多微孔的可膨胀 PTFE 的内层 15 的材料的薄膜样本类型（薄膜样本类型 K 和 L）。如先前所述，可以有利地使用厚度相对较薄的、高度不透气的材料来提高最终垫圈的一致性。因而，证明了充分密集的可膨胀 PTFE、PFA 薄膜和切成薄片的 PTFE 都可以有效地用作基本不透气的层 14 的材料。

结合密封性试验 1 和本试验的结果，已经进一步证明了将本试验结果为等于或大于 6.9 秒的材料可用作为不透气层 14。还示出了将本试验结果为大于 30 秒的材料作为不透气层 14 是较有效的。还示出了将本试验结果为大于 100 秒的材料作为不透气层 14 是更有效的。进一步地示出了将本试验结果为大于 600 秒的材料作为不透气层 14 是最有效的。

渗水性试验 5

进行了该试验用来测量基于溶剂的墨水进入并通过垫圈横截面的渗透。图 21 所示的墨水试验夹具 130 由一等级为 3 英寸×150 磅、具有挡圈 133 的 PVDF 管凸缘 135 和一等级为 3 英寸×150 磅的无孔 FRP 凸缘 134 构成，用四个经过润滑的 5/8 英寸的螺栓 132 将所述凸缘紧固在一起。在该试验中，将待测试的垫圈 131 置于试验夹具 130 的凸缘 135 和 134 之间。在相交型模式中，用一 35 英尺-磅（47.5 牛-米）的转矩来紧固所述螺栓。将一乙醇基的红墨水 136——该墨水可从乔治亚州的 Smyrna 的 Imaje 喷墨印刷公司购得，其零件号为 1300-RD 红墨水——注入 PVDF 管凸缘 135 的管口，达到深度约为 25 毫米。墨水 136 与垫圈 131 的内径 137 接触，并且在试验过程中墨水浸泡垫圈。在特定时间之后，从试验夹具 130 中倒出墨水 136。将夹具 130 拆散并卸下垫圈 131。使垫圈 131 干燥约一小时。一旦垫圈 131 干燥，沿该垫圈的直径将垫圈 131 切削成两半。其横截面中的垫圈材料被染成红色可检测出墨水 136 的渗透性能。

在对照示例 19 的传统多微孔的可膨胀 PTFE 垫圈和示例 20 和 21 的本发明垫圈上实施该墨水试验。对照示例 19 的传统垫圈在经过 7.5 小时的浸泡之后，墨水

在 GR 垫圈片横截面的宽度中（从暴露的内径开始）渗透的深度为 8.5 毫米。示例 20 的本发明垫圈在经过 12 小时的浸泡之后，垫圈横截面中没有渗入墨水。示例 21 的本发明垫圈在经过 14 小时的浸泡之后，横截面中没有渗入墨水。这证明本发明垫圈在防止液体渗透垫圈方面比传统的垫圈有了巨大的改进。

尽管本文已经图示并叙述了本发明的特定实施例，但是本发明并不局限于这种图示和叙述。应当清楚的是，在下面的权利要求书的范围内，还可结合和实施多种变化和修改以作为本发明的一部分。

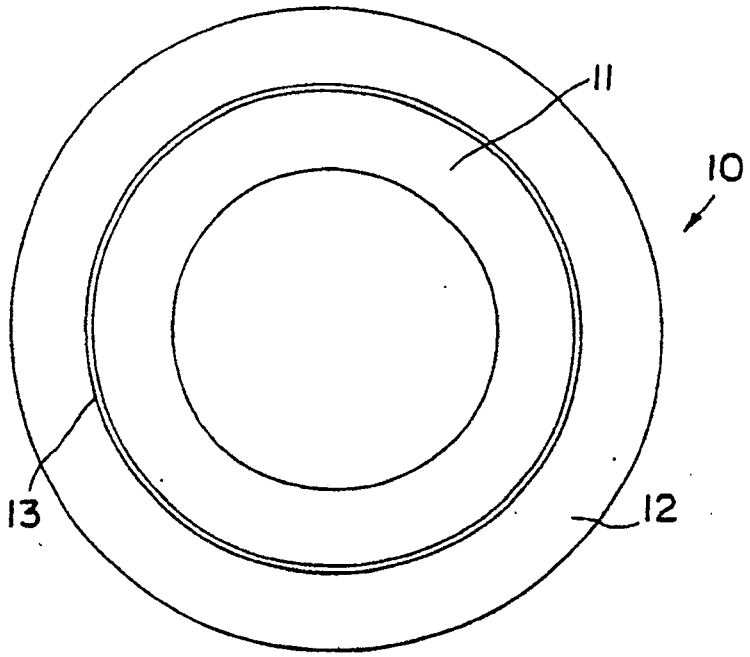


图 1

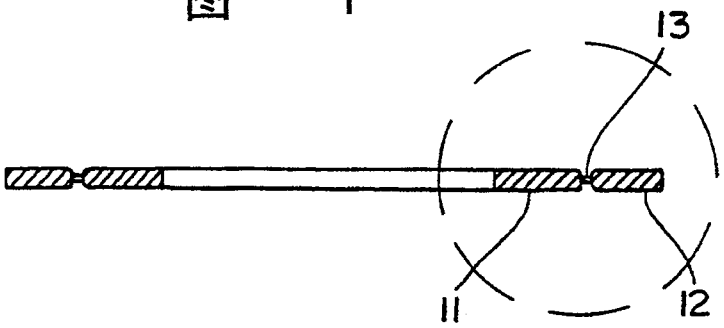


图 2

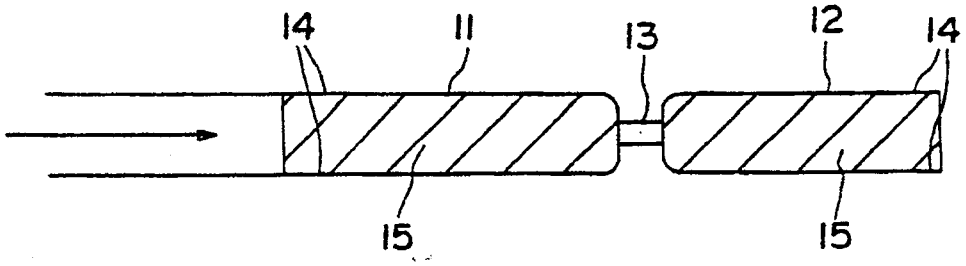


图 3

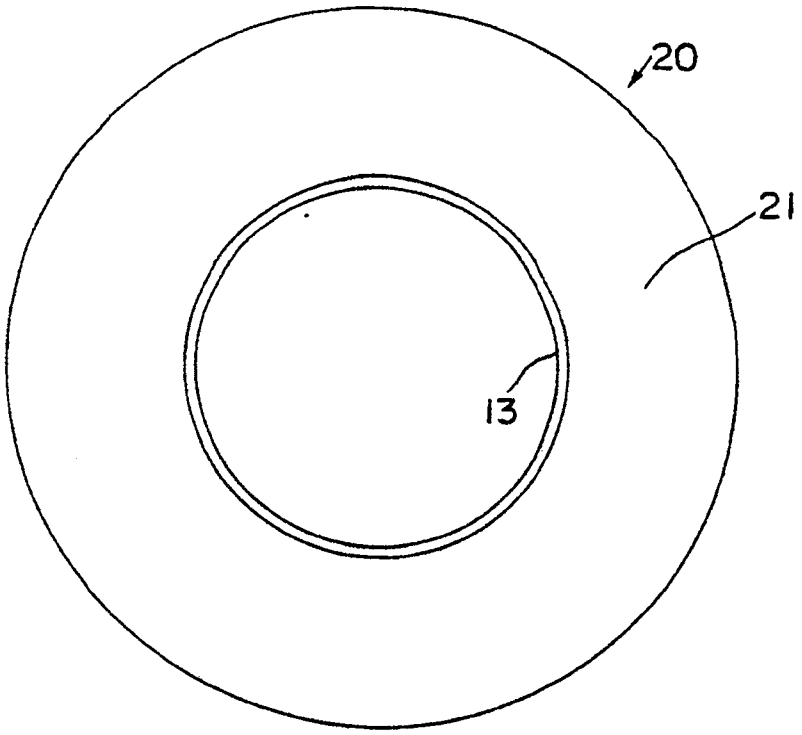


图 4

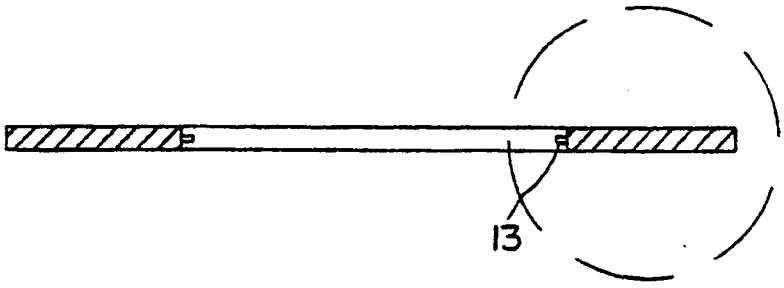


图 5

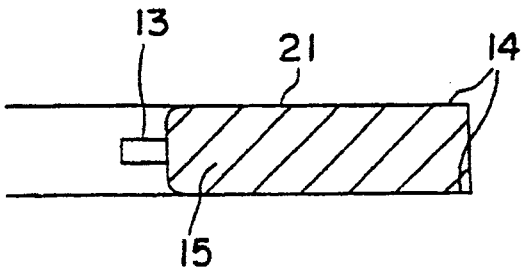


图 6

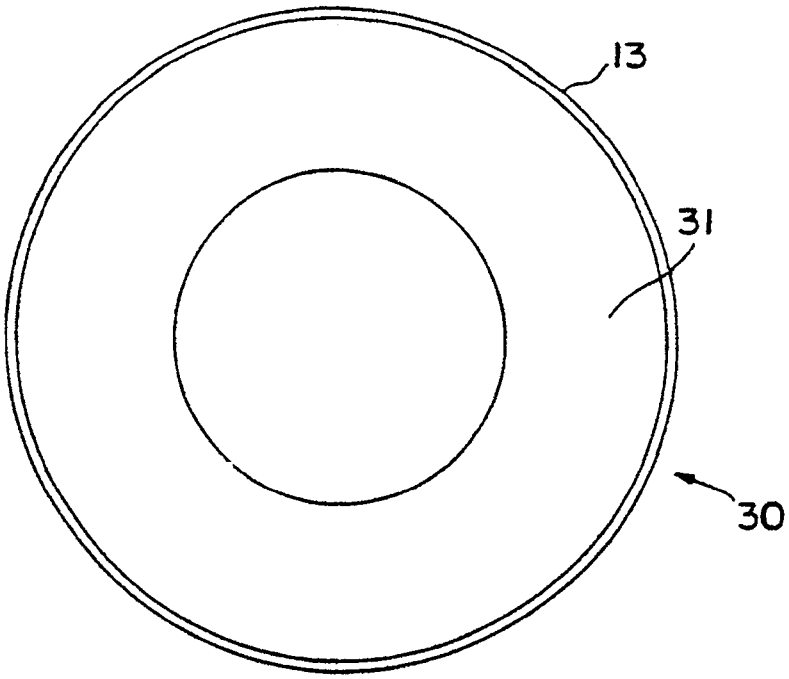


图 7

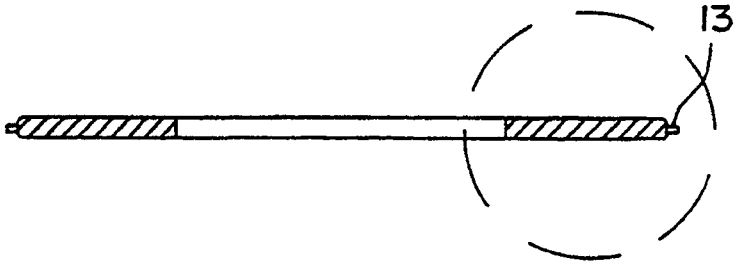


图 8

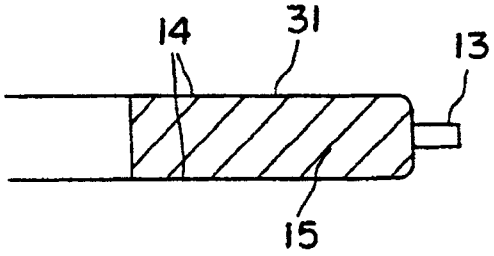


图 9

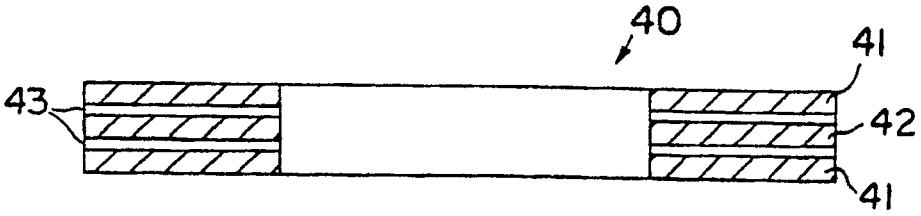


图 10

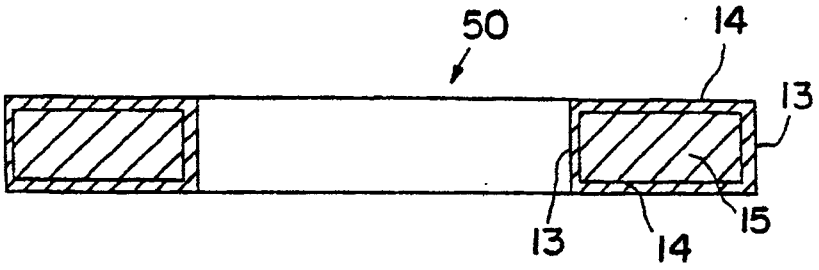


图 11

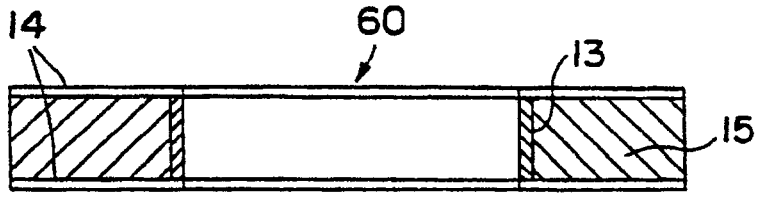


图 12

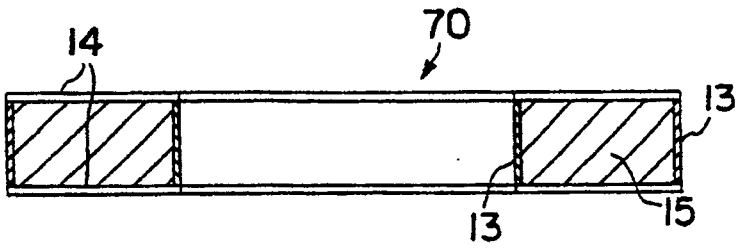


图 13

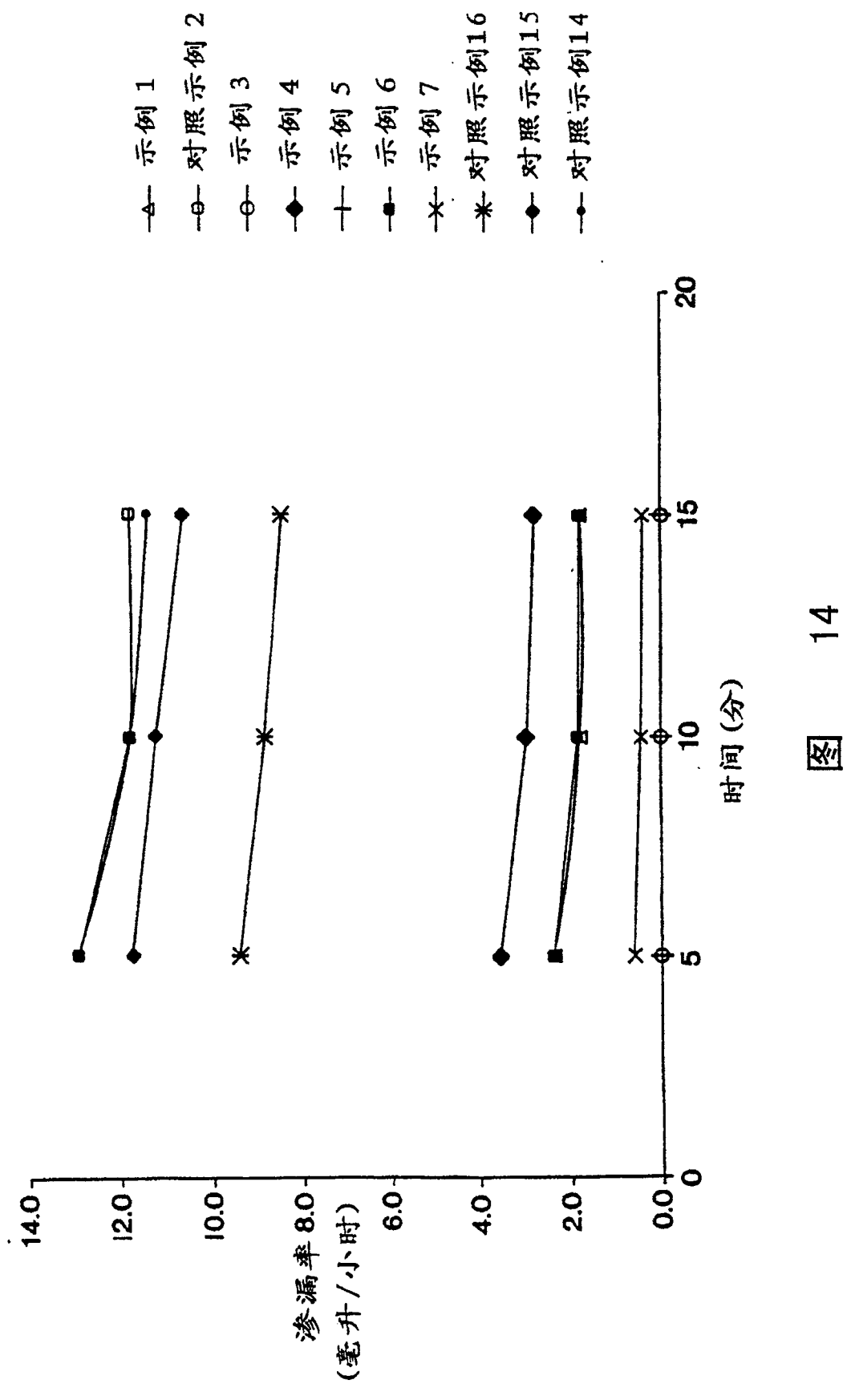

示例 1
对照示例 2
示例 3
示例 4
示例 5
示例 6
示例 7
对照示例16
对照示例15
对照示例14
渗漏率 8.0
(毫升/小时)
14.0
12.0
10.0
6.0
4.0
2.0
0.0
0
5
10
15
20
时间 (分)

图 14

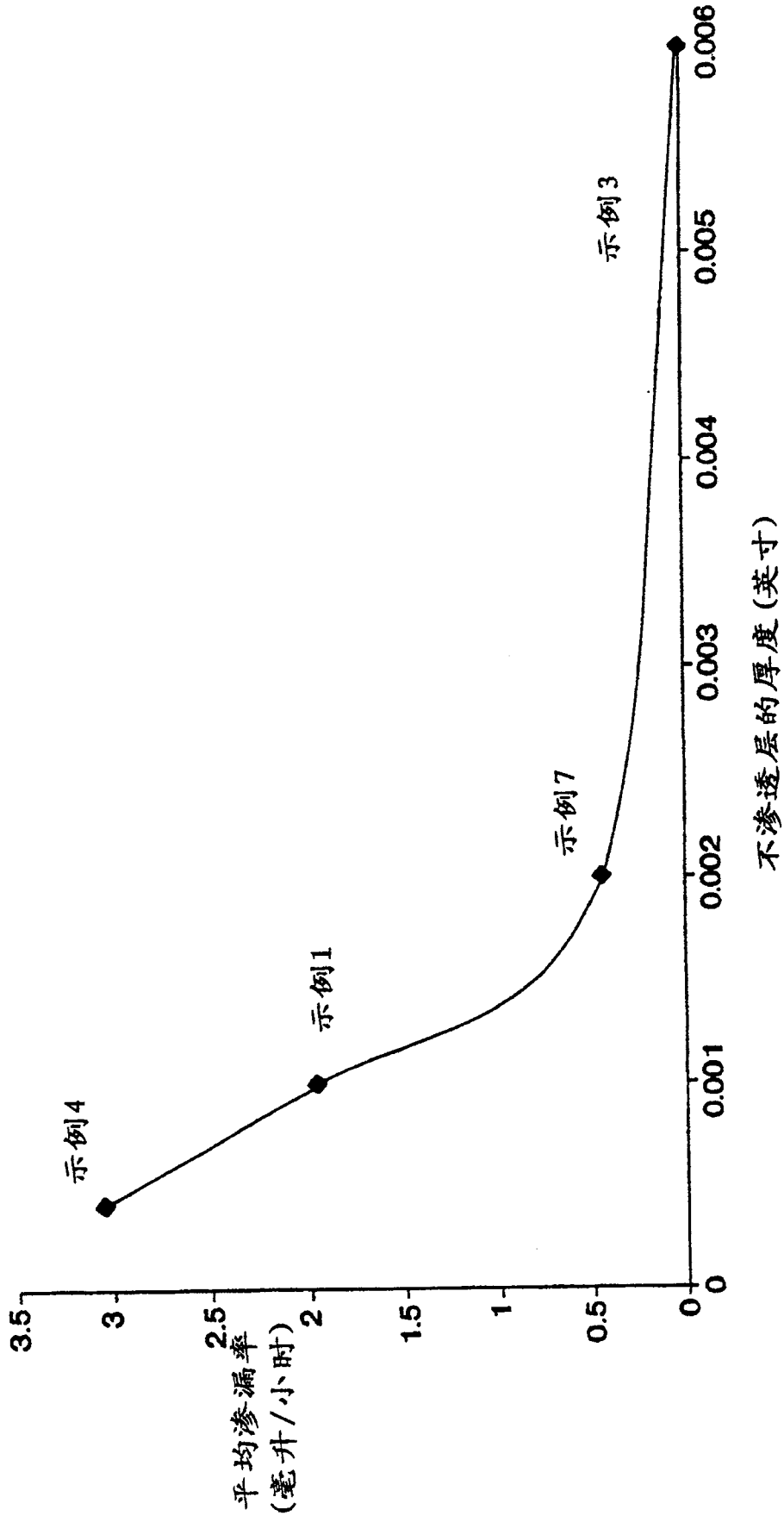

平均渗漏率
(毫升/小时)
3.5
3
2.5
2
1.5
1
0.5
0
0
0.001
0.002
0.003
0.004
0.005
0.006
不渗透层的厚度(英寸)
示例4
示例1
示例7
示例3

图 15

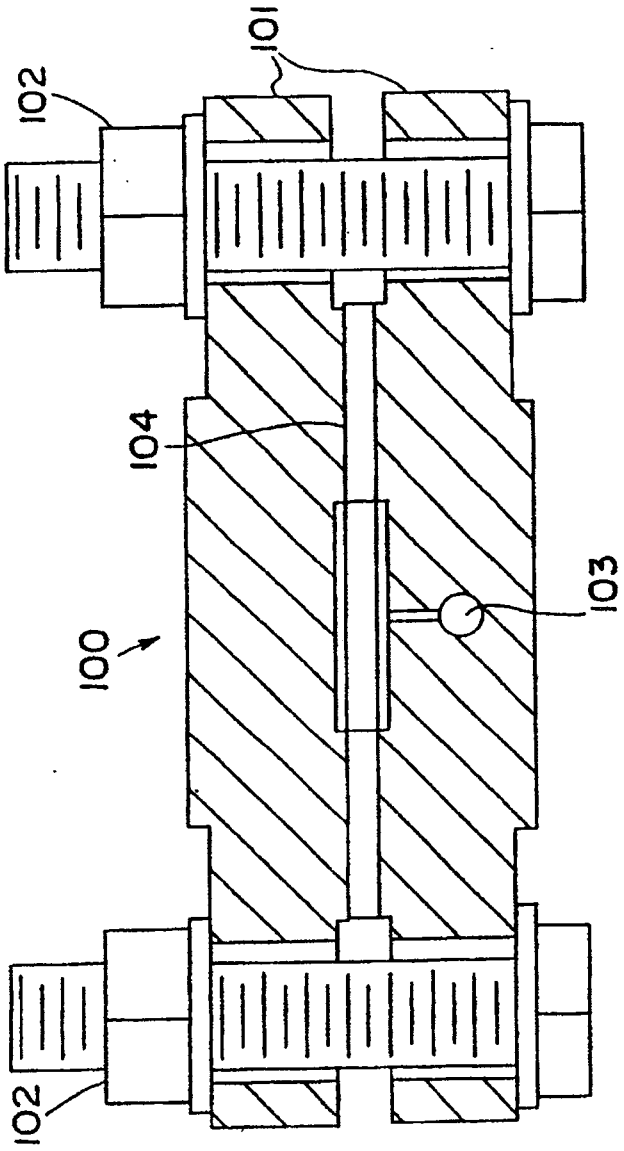


图 16

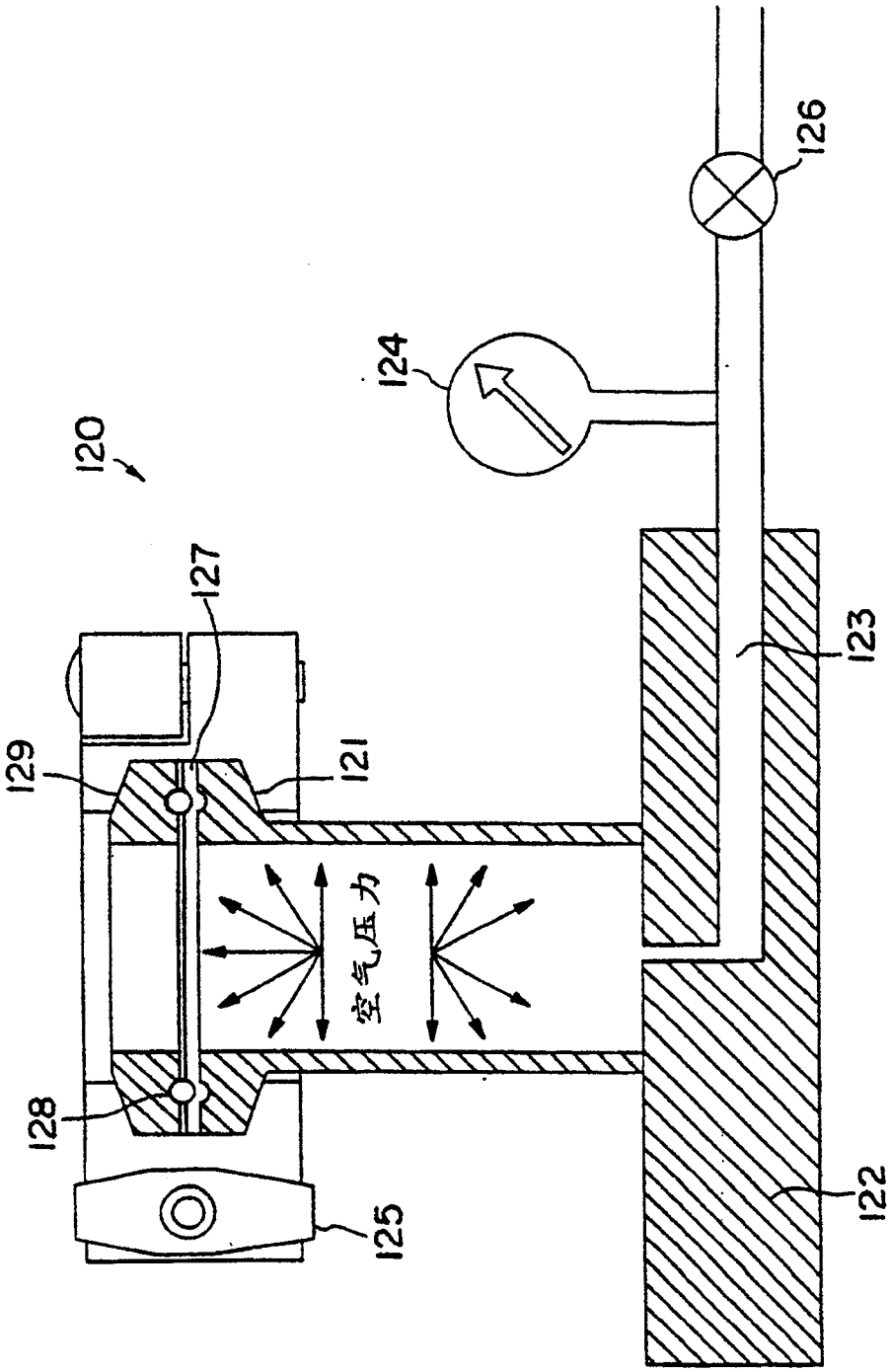


图 17

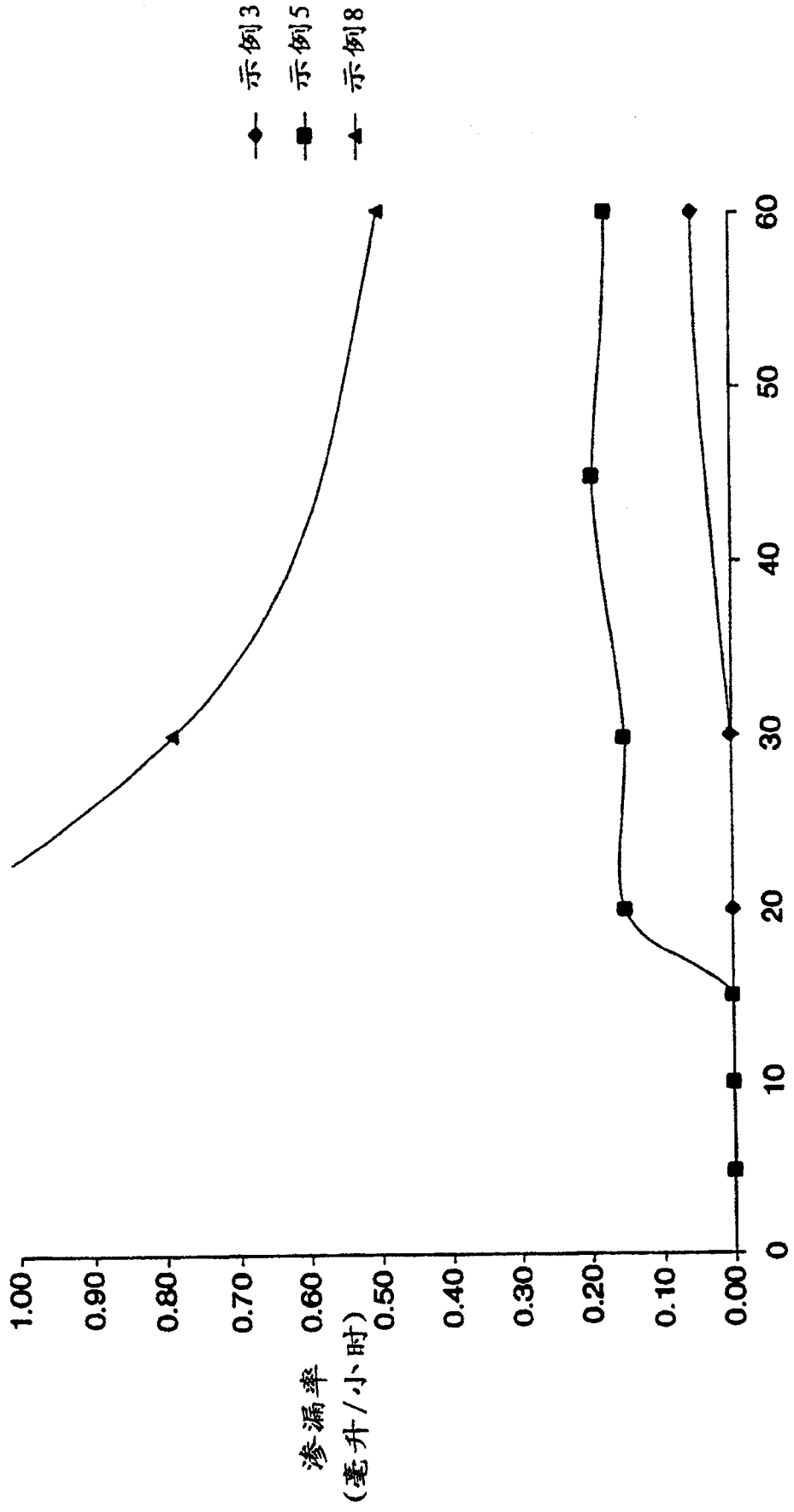

示例3
示例5
示例8
渗漏率
(毫升/小时)
1.00
0.90
0.80
0.70
0.60
0.50
0.40
0.30
0.20
0.10
0.00
0
10
20
30
40
50
60
时间(分)

图 18

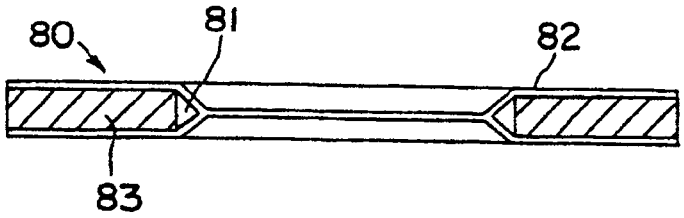


图 19

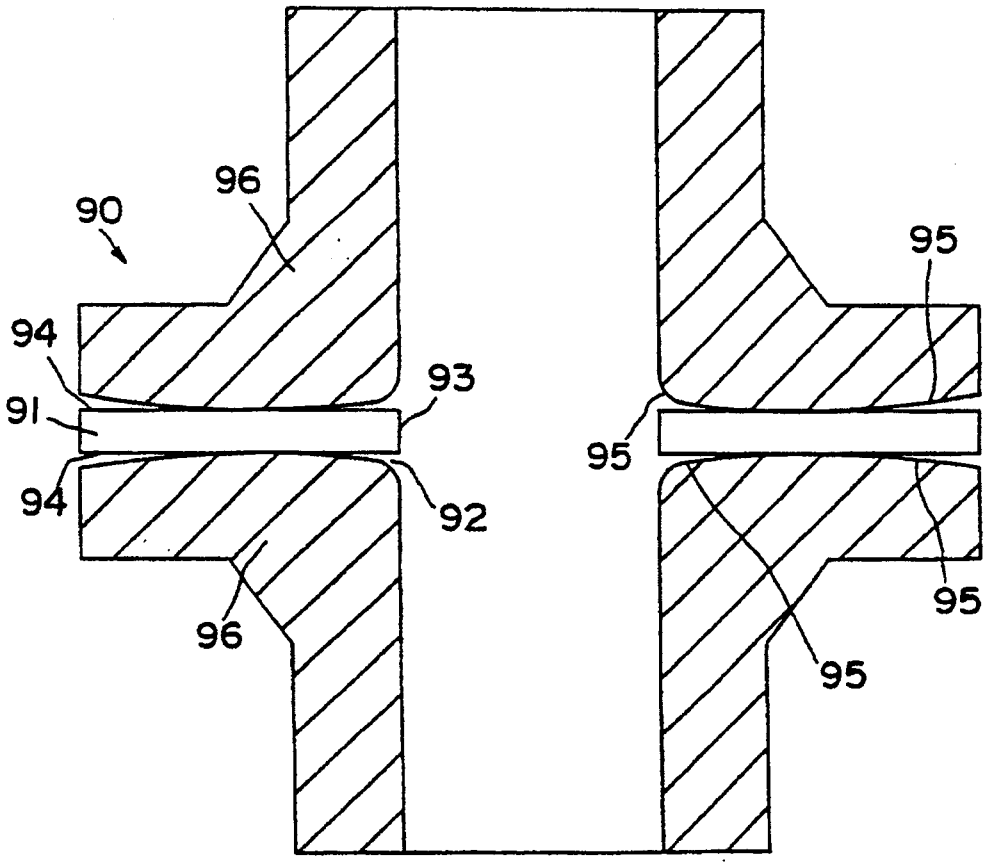


图 20

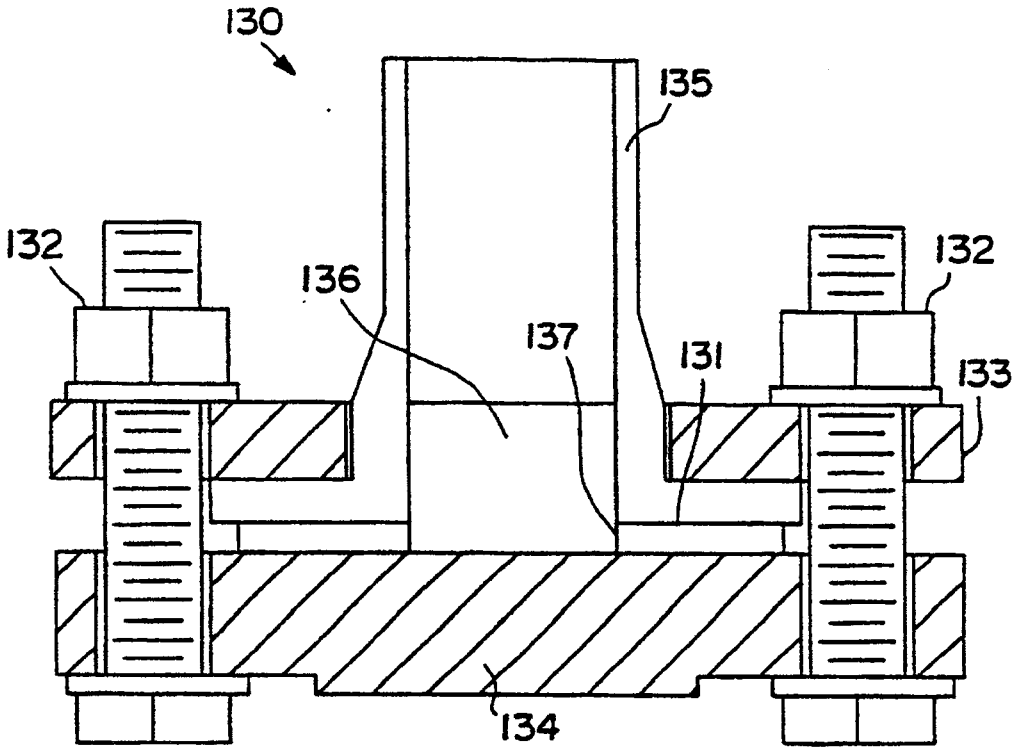


图 21