



[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 99811689.0

[43] 授权公告日 2003 年 4 月 30 日

[11] 授权公告号 CN 1107164C

[22] 申请日 1999.9.29 [21] 申请号 99811689.0

[30] 优先权

[32] 1998.10.2 [33] SE [31] 9803387-1

[86] 国际申请 PCT/SE99/01727 1999.9.29

[87] 国际公布 WO00/20749 英 2000.4.13

[85] 进入国家阶段日期 2001.4.2

[71] 专利权人 沃尔沃飞机公司

地址 瑞典特罗尔海坦

[72] 发明人 J·伦德格伦

[56] 参考文献

US3235947 1966.02.22

US5221045 1993.06.22

US5233755 1993.08.10

US5645127 1997.07.08

审查员 张 炜

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

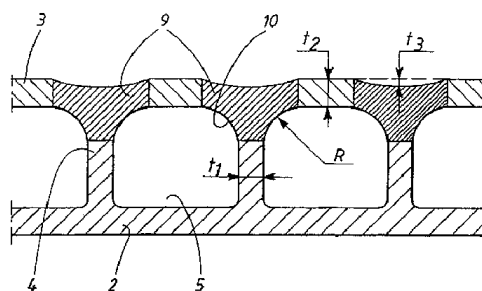
代理人 郑建晖 黄力行

权利要求书 1 页 说明书 7 页 附图 4 页

[54] 发明名称 火箭发动机出口喷嘴的制造方法

[57] 摘要

本发明涉及一种制造火箭发动机中使用的出口喷嘴(1)的方法,该出口喷嘴(1)为壁形结构,包括多个大致从上述出口喷嘴(1)的入口端(6)向出口端(7)延伸的相邻冷却管(5,5'),该方法包括如下步骤:将外壁(3)定位在内壁(2)的外周,将多个分隔结构(4,4')排列并固定在上述外壁(3)和内壁(2)之间;将上述多个分隔元件(4,4')连接在于内壁(2)和外壁(3)之间,从而形成冷却管(5,5');其特征在于:上述连接是通过激光焊接实现的,并且用于形成具有下述形状的焊接接头(9,9'),这些焊接接头沿壁结构的剖面大体为 T 形,且其面向冷却管(5,5')内部的形状(10)为圆弧形。本发明提供了一种制造出口喷嘴的改进方法,特别是使得用该方法制成的出口喷嘴具有重量轻、成本低和冷却性能好的优点。



1. 制造火箭发动机中使用的出口喷嘴(1)的方法, 该出口喷嘴(1)为壁形结构, 包括多个大致从上述出口喷嘴(1)的入口端(6)向出口端(7)延伸的相邻冷却管(5, 5'), 该方法包括如下步骤:

5 将外壁(3)定位在内壁(2)的外周,

将多个分隔元件(4, 4')排列并固定在上述外壁(3)和内壁(2)之间; 以及

将上述分隔元件(4, 4')连接在内壁(2)和外壁(3)之间, 从而形成冷却管(5, 5');

10 其特征在于: 上述连接是通过激光焊接实现的, 并且用于形成具有下述形状的焊接接头(9, 9'), 这些焊接接头沿壁结构的剖面大体为T形, 且其面向冷却管(5, 5')内部的形状(10)为圆弧形。

2. 权利要求1中的方法, 其特征在于: 内壁(2)与分隔元件(4)制成一体。

15 3. 权利要求2中的方法, 其特征在于: 上述分隔元件(4)通过铣削加工而成。

4. 权利要求1中的方法, 其特征在于: 上述分隔元件(4')由固定在内壁(2')和外壁(3)之间的各独立部件构成, 然后用激光焊接方法将其固定到壁结构的两侧上。

20 5. 权利要求4中的方法, 其特征在于: 上述分隔元件(4, 4')大体呈直角从内壁(2, 2')向外壁(3)延伸。

6. 上述任一权利要求中所述的方法, 其特征在于: 上述外壁(3)和分隔元件(4, 4')的壁厚约为0.4-1.5mm。

25 7. 上述权利要求1至5中任一项所述的方法, 其特征在于: 上述焊接接头(9, 9')的半径(R)约为0.4-1.5mm。

火箭发动机出口喷嘴的制造方法

技术领域

5 本发明涉及一种制造火箭发动机出口喷嘴的方法。本发明特别为以液体燃料驱动的火箭发动机上的冷却出口喷嘴而设计。

现有技术

火箭是一类用火箭发动机作为驱动装置的飞行器的总称。现在火箭特别用于作空间飞行，其主要目的是进行科学研究和通讯等。火箭发动机也用于其他方面，例如用在辅助飞机起飞的装置中和在紧急情况下将飞行员从飞机中送出的装置中。

在火箭发动机中，火箭的推进能量是通过燃料(如液态氢等)在燃烧室中燃烧而产生的。这种燃料与一种氧化剂(如液态氧)一起通过阀门送至燃烧室。燃料被点燃后，燃烧室中产生了燃烧气体。这些燃烧气体从燃烧室向后流动，然后通过一个出口喷嘴排出，此时产生一种反作用力以向前推进火箭。出口喷嘴的形状设计得能够使燃烧气体在其中膨胀并加速至一个很高的速度，从而使火箭获得足够的推进力。火箭发动机能够产生出非常大的驱动力，此外还能相对于周围介质独立运转，这些特点使它用作太空飞行的传动机构非常合适。

20 在火箭发动机运转时，其出口喷嘴承受很高的应力，例如应力可以表现为其内侧的温度很高(约 800K)而其外侧的温度很低(约 50K)。这种高的热载荷导致对出口喷嘴材料的选择、设计和制造都有非常严格的要求。其中相当重要的是需要对出口喷嘴有效地冷却。

为达到最佳的冷却效果，现有技术的出口喷嘴上设计有一组平行于实际的喷嘴壁且在出口喷嘴的入口端和出口端之间延伸的冷却管。利用许多不同的方法可以制造出出口喷嘴，即将其壁制造成能形成必要的冷却管。

在这种情况下，如果冷却介质也可以用作燃料，则在火箭中可以获得更高的效率。因此，通常人们希望将所有的冷却介质重复利用使其在燃烧室中燃烧。

30 在现有的冷却出口喷嘴制造方法中，喷嘴壁是通过将很多根镍基钢或不锈钢制成的圆管或椭圆管紧密排列在一起并将其管壁按顺序

连接到一起制成的。在这种情况下，可以通过钎焊来实现上述连接，但这种制造工艺的成本相对较高。而且，钎焊还使得出口喷嘴的重量增加。此外，钎焊的施工还是一种复杂而且耗时的工作，很难保证整个管壁结构有足够的强度和可靠性。

- 5 钎焊连接的另一个显著的缺点是钎焊接头的检验非常复杂而且费用很高。比如，如果在一个钎焊接头上出现了一个缺陷，由于通常不能接近这些破坏处，从而将很难修复该接头。此外，钎焊结构的强度在切线方向上相对较弱，因此某些时候需要一个护套来充当加强结构。特别是在火箭发动机中燃烧的火焰压力非常高或存在很高的侧向力
- 10 力的情况下尤其需要加强结构。

使用钎焊的制造方法还限制了出口喷嘴的最高工作温度。

另一种制造冷却出口喷嘴的方法是使用扩散焊将平行的圆管或方形管焊接到一起。尽管这种方法比钎焊优越但其成本还是相对较高。

- 15 在另一种制造方法中，使用镍基钢或不锈钢制成的等截面方形管，将这些方形管相互平行地排列并焊接到一起。但这些管子螺旋式地卷绕与喷嘴的几何轴线形成一个角度，该角度从喷嘴入口端向出口端逐渐增大以形成一个钟形的喷嘴壁。上述连接方法有一个不足：在这种方法中使用的可在市场上买到的方形管通常都具有统一的壁厚。也就是说，由于相邻的两个冷却管之间的管壁没有必要较厚，因此出口喷嘴的管壁结构难以达到最优的冷却效果。此外，其螺旋卷绕还使得冷却管变长，从而提高了其在承压状态下失效的风险，这对火箭某些运行状态而言是很不理想的。
- 20

- 美国专利 US 5233755 中描述了一种制造火箭发动机燃烧室的另一种方法。该方法中使用一种波浪形结构来构成内壁，这些内壁通过如钎焊、扩散焊或激光焊等方法与外壁连接到一起。从而形成了冷却管，冷却介质可从中流过。
- 25

- US 5233755 的一个缺点是：由于其内壁是波浪形的，因而内壁在与外壁相接触的地方形成了“凹部”。这些部位对冷却介质的流动形成了限制，从而使管壁结构局部的冷却效果下降。因此，增加了管壁结构被过度加热的危险性。还会有灰尘如细小粒子等在这些凹部沉积的可能。尽管这些灰尘可以通过后续清理从冷却管中清除，但这也是
- 30

一个缺点，特别是在冷却介质也用作火箭发动机燃料的情况下。

US 5233755 的另一个缺点是：波浪形内壁使得冷却介质与内部的热喷嘴壁的接触面积减小。这对冷却效果而言非常不利。此外，由于该结构中的冷却介质的压力使波浪形结构承受弯曲力。这些弯曲力与各个焊接接头处的尖锐缺口一同导致该管壁结构上的应力很高。因此，这种结构的承压能力和工作寿命都受到限制。

这种波浪形的分隔材料与直的放射状分隔元件相比，增加了管壁结构的重量和对液体流动的阻力。

发明详述

10 本发明的目的是提供一种制造火箭发动机冷却出口喷嘴的改进方法，以克服在现有技术中存在的缺陷。

根据本发明，提供了一种制造火箭发动机中使用的出口喷嘴的方法，该出口喷嘴为壁形结构，包括多个大致从上述出口喷嘴的入口端向出口端延伸的相邻冷却管，该方法包括如下步骤：将外壁定位在内壁的外周，将多个分隔元件排列并固定在上述外壁和内壁之间；以及将上述分隔元件连接在内壁和外壁之间，从而形成冷却管；上述连接是通过激光焊接实现的，并且用于形成具有下述形状的焊接接头，这些焊接接头沿壁结构的剖面大体为 T 形，且其面向冷却管内部的形状为圆弧形。

20 本发明具有很多优点。首先，本发明提供一种花费很低的制造出口喷嘴的方法。而且，由于焊接接头的特殊几何形状使得该管壁结构获得很好的冷却性能。此外，焊接接头的圆弧形结构使得液体流动很平滑，这样粒子聚集的可能性很小。

25 本发明的另一个优点是：由于分隔元件在相对于出口喷嘴的一条假想对称轴的径向方向上是平坦的，其不承受任何弯曲力。此外，由于在各集成部件之间的半径分布构形，使得焊接接头的应力集中也非常小。

30 本发明还使整体的壁结构具有材料消耗量低、重量低、成本低、可靠性高、热冷却能力强等优点。此外，壁结构的几何形状也很容易适应特定应用场合的冷却要求。

本发明优选的实施方案在后续的详细说明中有所阐述。

附图简述

下面将通过参照本发明的优选图示实施方案及附图对本发明进行进一步的阐述，其中：

图 1 是本发明出口喷嘴的透视图；

5 图 2 是一个透视图，示出如何根据本发明的第一实施方案制造出的出口喷嘴；

图 3 是一个横截面图，示出本发明第一实施方案中出口喷嘴连接后的壁结构；

10 图 4 是一个横截面图，示出本发明第二实施方案中出口喷嘴连接后的壁结构；

图 5 示出本发明出口喷嘴中的多个冷却管的排列方法。

优选实施方案

图 1 是根据本发明制成的出口喷嘴 1 的一个概示的且某种程度上有些简化的透视图。根据优选实施方案，该出口喷嘴 1 用在火箭发动机中，起到将燃烧气体从火箭发动机中的燃烧室（图中未示出）导向发
15 动机外部的作用。本发明优选地适用于使用液体燃料（如液氢）驱动的火箭发动机中。这种火箭发动机的工作原理已广为人知，因此在此不再赘述。

出口喷嘴 1 是利用冷却介质来实现冷却的，在特定的火箭发动机中这种冷却介质也可作为发动机的燃料。但是，本发明并不限于上述类型的出口喷嘴，它也适用于冷却介质使用完毕后被排出发动机的情况。

出口喷嘴 1 制成与现有技术中的一种出口喷嘴的外形相符，即大体为钟形。本发明的出口喷嘴 1 由两层壁构成，确切地说由内壁 2 和包在其外的外壁 3 构成。内壁 2 和外壁 3 通过特殊的分隔元件 4 分隔开来。根据本发明的第一实施方案，将这些分隔元件 4 构形成在内壁 2 上首先通过铣削等加工方法加工出多个纵向的凹槽。然后，将分隔元件 4 制成为许多外突元件 4，其大体上呈直角地从内壁 2 向外壁 3 延伸，即沿相对于出口喷嘴 1 的假想对称轴线的径向方向延伸。

如下所述，本发明的制造方法基于用激光焊接方法将上述分隔元件 4 连接到一起。根据第一实施方案，上述分隔元件 4 与外壁 3 连接到一起。从而形成多个冷却管 5，这些冷却管大体沿与出口喷嘴 1 的

纵向平行的方向从出口喷嘴1的入口端6向出口端7延伸。图1中上述冷却管5用虚线表示，这些分隔元件构成冷却管5在侧向上的限定物。

内部2、外壁3和分隔元件4所用的材料为可焊材料，优选地为347或A286型不锈钢。或者，也可采用镍基合金，例如INCO600，INCO625和Hastaloy x.。根据其他变量，本发明中也可使用钴基合金HAYNES 188和HAYNES 230。

图2是出口喷嘴1的壁结构一部分的透视图，该壁结构基本上由内壁2、外壁3和一些分隔元件4构成，这些分隔元件通过将内壁2铣削成外突元件而形成。根据本发明，上述壁结构通过用激光将分隔元件4与外壁3焊接到一起而形成，因而在外壁3上形成了一些大体平行且有些凹陷的凹槽8。此外，如上所述，大体平行的冷却管5就形成了，在特定的火箭发动机运转过程中，一种合适的冷却介质就可从该冷却管5中流过。

在激光焊接中，Nd:YAG激光是优选的，但根据本发明也可以使用其他类型的焊接设备，如CO₂激光等。

从图2中可以看出焊接接头9在每个分隔元件4与外壁3的连接处形成。由于这种焊接方法和构成壁结构的零件尺寸具有精确的同位性，使得每个焊接接头9在相应冷却管5内部均大致为T形且焊脚稍微有些圆，这种结构对焊完的出口喷嘴有许多好处，例如良好的冷却性能、很高的强度和简单的结构等。

图3详细示出本发明第一优选实施方案的出口喷嘴1的壁的剖面。图3中上述焊接接头9的剖面用虚线表示。

本发明用激光焊接将外壁3与各个分隔元件4连接到一起。根据本实施方案，假设分隔元件4具有一个预定的厚度 t_1 ，约0.4-1.5mm。而外壁3也具有一个预定厚度 t_2 ，也约为0.4-1.5mm。通过两层壁2、3和分隔元件4之间的精确同位性，使得本发明的焊接接头9为上述的T型接头，其中在每个冷却管5的内壁上均形成了光滑的圆角10。通过激光焊接形成了一个半径为R的圆角焊缝10，R约为 $t_{1, \min} < R < t_{1, \max}$ ，从上述数据可知半径R也在0.4-1.5mm的范围内。焊接接头的深度 t_3 从外壁3的顶侧算起，其最大值约为0.3倍的 t_2 ，即0.12-0.45mm。

图4示出用本发明第二实施方案制成的出口喷嘴，可以看出该结构也具有内壁2'和外壁3。外壁3和上述第一实施方案中的形状相同，而内壁2'上没有任何铣出的导槽或类似的结构。在该第二实施方案中也可采用许多独立的分隔元件4'，这些分隔元件在进行激光焊接操作之前被固定到内壁2'上。这些分隔结构4'用于划分出多个冷却管5'，使特定冷却介质可从中流过。

根据第二实施方案，在壁结构的内外两侧均采用了激光焊接的方法，从而形成了许多在焊好的壁结构两侧延伸的焊接接头9、9'。与图3中相同，这些接头9、9'在图4中也用虚线表示。与上述第一实施方案中相同，焊接接头9、9'具有大体为T形的剖面。

第二实施方案的优越之处在于无需对内壁2'进行铣削加工，从而节省了时间和材料。代之以在本实施方案中，分隔元件4'必须以合适的方式固定在内部2'和外壁3之间，然后才能在壁结构的两侧上进行焊接。

图5示出本发明出口喷嘴1的一部分，更确切地说是一段带有分隔元件的内壁2。其中上述结构是用本发明第一实施方案中的方法制造出来的，那些分隔结构是通过铣削形成的。根据图5中可以看出的，这些分隔元件被分为第一组分隔元件4a和第二组分隔元件4b，其中第二组的位置相对于出口喷嘴的纵向有些偏移。这种结构形成了在第一冷却管5a中对冷却介质流动的分配与控制，该第一冷却管5a被分为一个第二冷却管5b和第三冷却管5c。

本发明具有许多优点。本发明的方法的优点可以概括为使得出口喷嘴的形状有很好的灵活性。例如，各个冷却管5的剖面形状可以通过改变上述对内壁2铣削的深度和厚度等参数来改变。从而使得出口喷嘴的尺寸可以根据出口喷嘴上所加的热载荷的大小来设定，该热载荷通常沿出口喷嘴的纵向变化。此外，这种特性还提高了出口喷嘴的使用寿命。

除此之外，在分隔元件4、内壁2'和外壁3之间形成的各种焊接接头的重量也不会增加。本发明的另一个好处是焊接接头的任何缺陷都相对容易修复。此外，由于焊接接头9、9'具有圆弧形焊脚，使得冷却介质的流动非常顺畅。

本发明并不仅限于上述图示的实施方案和附图，它可在后续权利

要求的范围内变化。例如，本发明在出口喷嘴是圆弧形的或多边形的情况下均可使用。

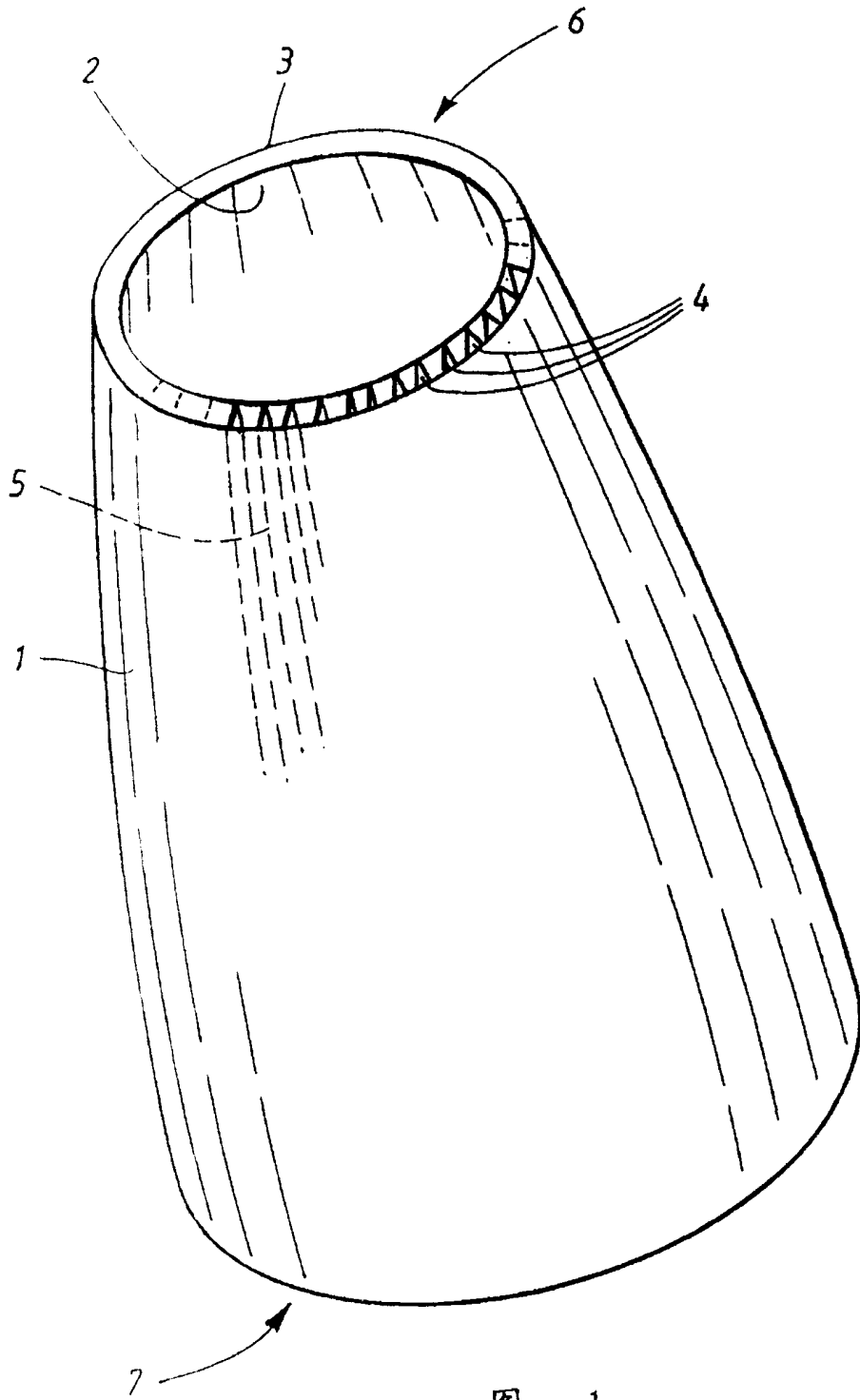


图 1

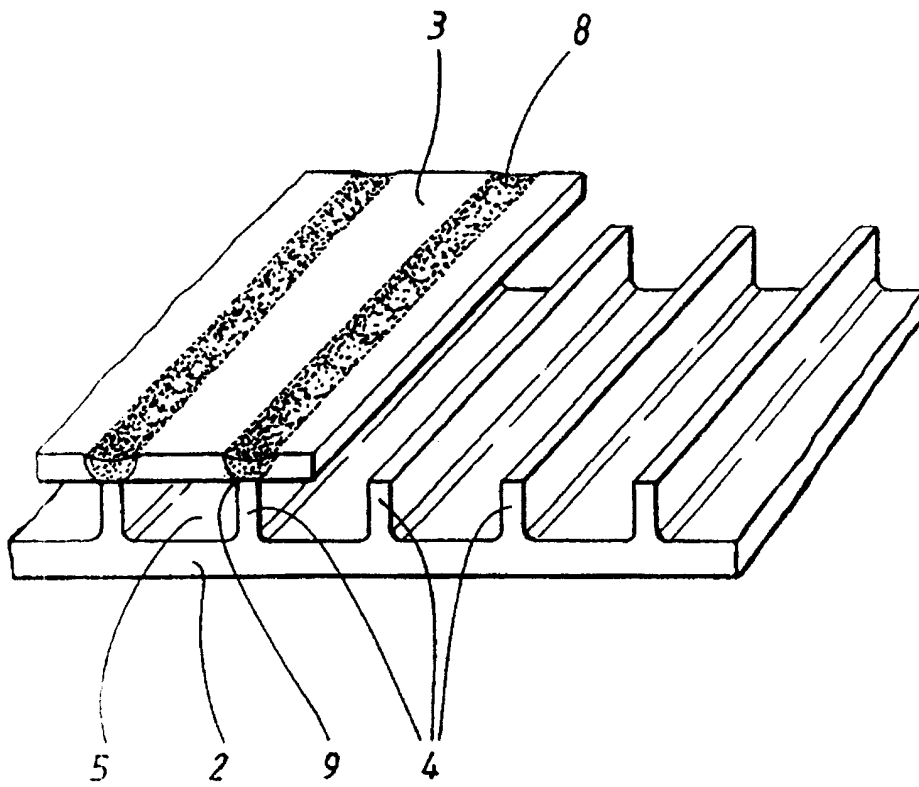


图 2

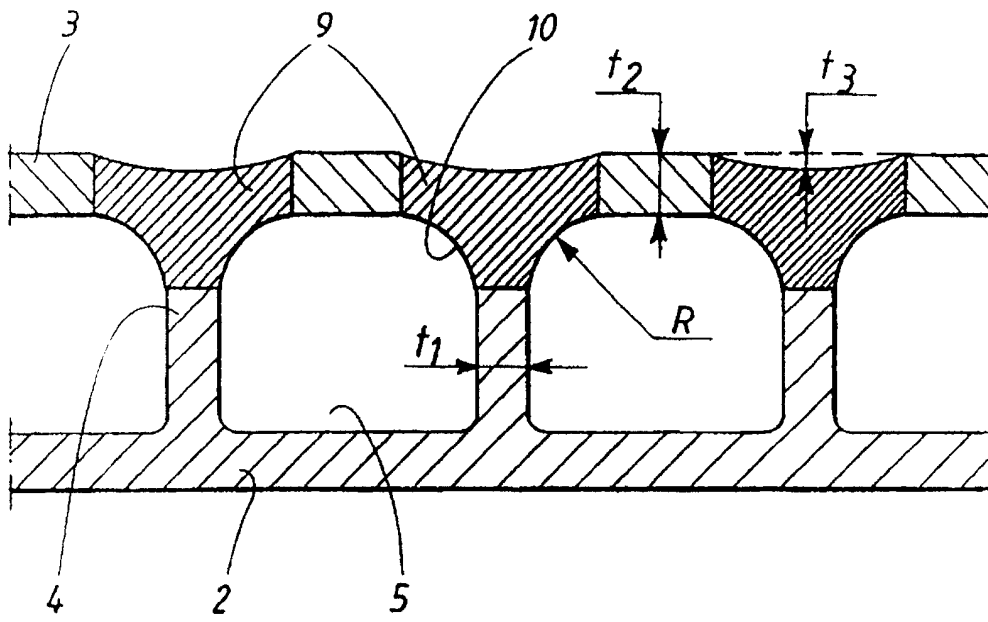


图 3

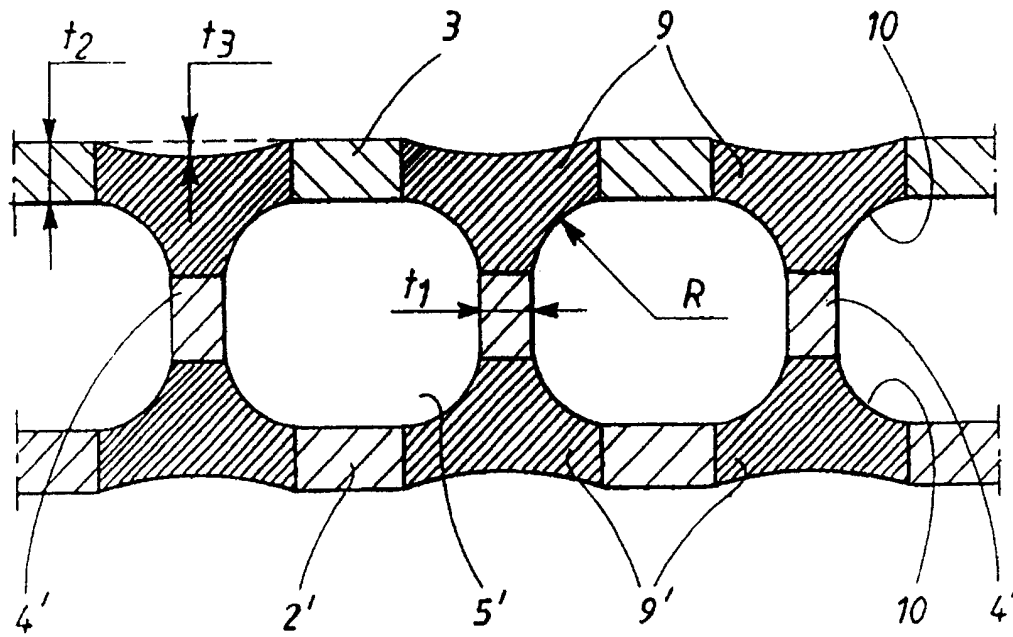


图 4

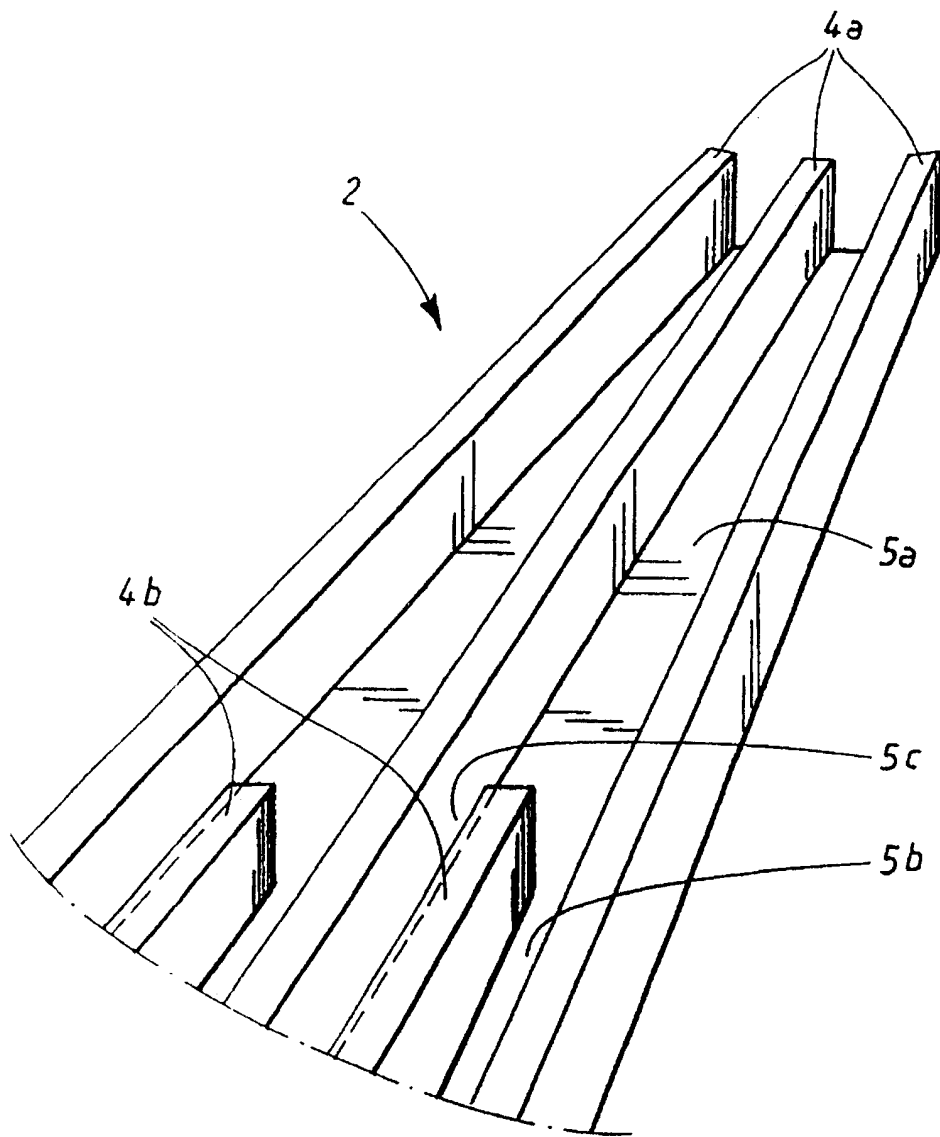


图 5