



[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 91104989.4

[51] Int. Cl⁵

G21C 3/352

[45]授权公告日 1994 年 12 月 21 日

[24]颁证日 94.10.9

[21]申请号 91104989.4

[22]申请日 91.7.24

[30]优先权

[32]90.7.24 [33]FR[31]9009447

[73]专利权人 法美原子工程建筑公司

地址 法国库伯瓦

共同专利权人 核材料总公司

[72]发明人 让·诺埃尔·康纳 雷吉斯·莫泰

[74]专利代理机构 永新专利商标代理有限公司

代理人 何培硕

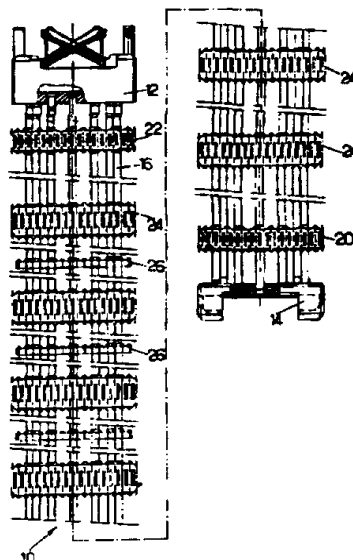
说明书页数:

附图页数:

[54]发明名称 核反应堆燃料组件及其所用的附加格栅

[57]摘要

附加致混格栅是无围带的，并由至少二组互相交叉的板片制成腔室，腔室用以容纳导向管和燃料芯棒。在容纳芯棒的内部腔室的每一面上，每一板片配有凸出量足够小的凸出物，以使芯棒通过腔室时留有径向余量，同时凸出物的凸出量相对于翅片的伸出量是成比例的，从而当弯曲振动发生时，芯棒虽与凸出物接触而不致到达翅片上，板片的长度要这样取：使附加格栅的包迹小于芯棒的虚拟包络线所构造的多边形。



权利要求书

1.用于核燃料组件并位于该燃料组件所构成结构化部件的格栅之间的一种混合冷却液的格栅,所述致混格栅包含有至少二组组中各自平行、组间互相交叉并在其交点固定的板片(28、30),板片上配有搅混冷却液的翅片(32),板片界划出一些容纳导向管的腔室以及另一些容纳燃料芯棒的腔室,其中在每个容纳燃料芯棒的此种内部腔室的各个面上,每一上述板片备有向上述腔室内部径向鼓起的凸出物(38);其特征在于,

(1)所述凸起物伸向所述腔室内部的凸出重要足够小以使相应芯棒通过腔室时留有径向余隙;

(2)同时凸出物的凸起量相对于翅片伸向上述腔室内部的伸出量是成比例的以便遇到弯曲振动发生时,相应芯棒虽碰触到凸出物而不致到达翅片;

(3)单个板片的长度要这样:格栅的包迹(400)要比芯棒(36)虚拟包络线所构成的多边形(42)为小。

2.按照权利要求1的一种格栅,其特征在于:格栅由具有低中子吸收性的锆基合金做成。

3.一种燃料组件,它包含有:

一种支承结构,它具有:

(1)二个端部夹持器(12、14);

(2)连结端部夹持器的导向管(16);

(3)沿组件分布着的结构式格栅,每一结构式格栅具有至少二组组内平行组间互相交叉的板片以及一个围带,这些界划出了腔室,其中一些容纳导向管,另一些容纳燃料芯棒,板片上有些物件用以限止燃料芯棒相对于一个有规则矩阵中的节点所可能具有的活动的量及用以固定在至少某些导向管上,至少有一些结构式格栅配有翅片以搅混冷却液流;

(4)至少一个搅混冷却液的格栅放在燃料组件的下游区段的二个结构式格栅之间,该搅混冷却液格栅包含有至少二组组内平行组间互相交叉,并在其交叉点互相固定的板片,板片配有搅混冷却液的翅片,并界划出腔室,其中一些腔室用以容纳导向管而另一些接纳燃料芯棒,其中在容纳燃料芯棒的致混格栅的每一个此种内部腔室的各壁面上,每一上述板片配有向上述腔室内部径向鼓起的凸出物(38);其特征在于,

(5)所述凸出物伸向所述腔室内部的凸出量要

足够小以使相应芯棒通过腔室时留有径向余隙,同时凸出物的凸起量相对于翅片伸向上述腔室内部的伸出量是成比例的,以便遇到弯曲振动发生时,相应芯棒(36)虽碰触到凸出物而不致到达翅片,单个板片的长度要这样:格栅的包迹(40)要比芯棒(36)虚拟包络线所构成的多边形(42)为小。

4.按照权利要求3的一种组件,其特征在于:其中芯棒受至少其中一个(20)位于端部的上述结构式格栅所支承,此格栅固定于至少某些导向管上并配有弹性物件以使芯棒支承于并对中于矩阵的节点。

5.按照权利要求4的一种组件,其特征为:其中另一端部格栅也装有弹性支承物件,但并不与导向管相连结。

6.按照权利要求4的一种组件,其特征在于:其中结构式格栅除端部格栅外,固定于至少某些导向管上并具有抑或使芯棒对中的物件,抑或限止芯棒可能具有的弯曲运动量的物件。

7.按照权利要求4的一种组件,其特征在于:其中在支承芯棒的结构式格栅中至少有一个是马氏体钢做成的。

8.按照权利要求7的一种组件,其特征在于:其中上述支承芯棒的结构式格栅配有钎焊于上面的钢套管,其底端焊在导向管塞上。

9.按照权利要求7的一种组件,其特征在于:其中上述支承芯棒的格栅是由按重量含13%至14%镍,并经约930℃下的淬火以及在570℃至600℃范围内的退火后的马氏体钢制成的。

10.按照权利要求5的一种组件,其特征在于:其中上述其它端部格栅是由马氏体钢制成的,配有使芯棒对中的弹性物件,并且沿导向管在预定范围内可自由运动。

11.按照权利要求10的一种组件,其特征在于:其中上述其它格栅配有钎焊上的套管,该套管在焊于导向管上的凸出物之间受制约。

12.按照权利要求3的一种组件,其特征在于:其中在每一分隔二个容纳芯棒的腔室的板上,除周边腔室外,凸出物由上述板上切割出的并冲压成构形的二部分组成,该二部分互相偏置于冷却液流方向,上述的构在互相相反的方向鼓出并促使冷却液从一个腔室通过上述板片流入另一腔室。

本发明涉及一种用于核燃料组件的附加致混格栅，该格栅具有对向上流过组件的冷却液流改善其混合的特别功能，并使温度更均匀，同时它是设计用来放置在成为组件中结构式部件的格栅之间的。

本发明特别适用于压水反应堆的燃料组件上使用，此种组件包含着具有被导向管所连结的端部夹持器的一种支承结构，并含有沿组件而分布的结构式格栅，在每个结构式格栅上至少具有二组互相交叉的板片及外围带，这些板片等界划出某些容纳导向管的及另一些容纳燃料芯棒的腔室来，板片上设置的一些物件用来限定芯棒处在有规则矩阵节点周围的余隙，并用来使板片固定在至少某些导向管上，至少有某些格栅(被放置在流动方向的下游)装有搅混冷却液流的致混翅片。

结构式格栅中至少有一个也用作支承芯棒，为此通常它装有从板片上切割而成或外装上去的弹簧，迫使芯棒顶住在形成每个腔室中其它表面的板上所冲压出来的凸出物上。

通常由顶或底部的结构式格栅提供支承，其它结构式格栅并不分担支承，也即它们实际上对垂直支承这些芯棒并无贡献。然而其中某些格栅至少经常有将棒保持在平面内的作用，也即使棒准确地定心的作用。要做到这一点，在一个结构式格栅上每一个容纳芯棒的腔室的每一面带有支持芯棒的凸出物，此凸出物的凸出量要使芯棒在腔室中有一滑配合。

为了增加芯棒及冷却液间的热交换并使在每一高度上的温度更均匀，已经作出的建议就在于在一个以上的每对结构式格栅间的缝隙中插入一个附加格栅。

在个别情况下，作出了建议采用轻质装有翅片及相应的围带的致混格栅，并把此种格栅放在组件顶部所设普通结构式格栅之间(当冷却液向上流经芯棒时，这是一种通常的情况)。

然而，由于二相邻燃料组件的二个附加格栅有可能会互相碰撞或摩擦，围带必须坚固，为使之坚固决定了外围板片较内部板片加厚和/或加高，这样一来使中子吸收及压头损失增加。

曾经有过用无围带的附加格栅来解决此问题的尝试(EP—A—0261544)，此种格栅由整平板构成

并固定在导向管上，所界划出腔室的尺寸要足以使芯棒通过它们时有间隙裕量。

此种附加格栅在抽出时遇到麻烦，它们实际上对为芯棒而设的余隙不加限制，而在反应堆内特别当由于增加流量率从而增加冷却液流速使热功率增加时芯棒易于遭受弯曲振动，此种振动导致附加格栅的冷却液致混翅片受槌击。

本发明特别在于要找出一种附加格栅能较以前已出现过的附加格栅更好地满足实际要求，尤其是在于要改善热交换而又避免以前的那种附加格栅，不论装置围带与否，在抽出时所遇到的麻烦。

由此，本发明提供了一种无围带的，至少由二组互相交叉并在其交会点相固定的板片所构成的一种附加格栅，板片装有搅混冷却液的翅片(通常用熔焊或钎焊)并且界划出一些腔室，一些腔室用来接纳导向管，另一些接纳燃料芯棒，在容纳芯棒内部腔室每一面的板片上有凸出物，所凸出之量要足够小，以便为芯棒通过腔室时留出径向间隙，同时凸出物凸起之量与翅片伸出之量成正比，以使遇到芯棒弯曲振动时，棒只接触到凸出物而不会达到翅片。

板片的长度要如此来取，即，附加格栅的包络小于构成芯棒的虚拟包络线的多边形，这就保证了相邻二组件的板片不致于相碰，也避免了冲击，只有当组件的结构式格栅装有围带时，冲击才可能在它们之间发生。

附加格栅或组件的格栅通常由吸收中子较少的锆基合金制成，该合金可以是名叫“锆合金 4” (“Zircaloy 4”)的那种，它可以被退火，取代它的可以是锆基淬火合金，也即：一种含 1% 铌，1% 锡及 0.5% 的铁(重量百分比)。

由于附加致混格栅只具有流体热力学功能，它们的轴向长度可以大大小于结构式格栅的值，其外侧长度(包括翅片)例如可为 10mm，而不用 43mm。

可以看出，本发明的附加格栅具有的结构其重量轻，流动压头损失增加得少，并且当装有适宜大小的翅片时，改进了液流温度的均匀性，由于芯棒保持器已包含在内，防止了翅片遇振动时受槌击的危险，并且减少了芯棒受弯曲的可能性。

本发明也提供了一种燃料组件，其结构包含端部夹持器；连结端部夹持器的导向管；具有相应围

5

6

带的结构式格栅(结构式格栅中至少有一个是支承芯棒的);如上所定义下的形式及在组件的下游区段内的二结构式格栅间放置着的附加格栅至少有一个。

根据足以独立地成为本发明第一方面的补充的第二方面来说,芯棒受二个端部结构化格栅之一所支承,并且格栅由马氏体钢所制成。支承格栅固定在至少某些导向管上或固定在端部夹持器之一上,它并备有弹性物件以芯棒作支承及对中之用,该项弹性物件可以是常规性的。另一个端部格栅也可同样备有弹性物件,但并不固定在导向管上,故得以允许芯棒及导向管在辐射期间所发生的不同膨胀。另一结构式格栅则固定在至少某些导向管上并备有芯棒对中装置或其它仅限制芯棒弯曲时余隙用的装置。

也就是说本发明提出的用于核燃料组件并位于该燃料组件所构成结构化部件的格栅之间的一种混合冷却液的格栅,上述致混格栅无围带;格栅包含有至少二组组中各自平行组间互相交叉并在其交点固定的板片;板片上配有搅混冷却液的翅片;板片界划出一些容纳导向管的腔室以及另一些容纳燃料芯棒的腔室;其中在每个容纳燃料芯棒的此种内部腔室的各个面上每一上述板片备有向上述腔室内部径向鼓起的凸出物,其凸出量要足够小以使相应芯棒通过腔室时留有径向余隙,同时凸出物的凸起量相对于翅片伸向上述腔室内部的伸出量是成比例的以便遇到弯曲振动发生时,相应芯棒虽碰触到凸出物而不致到达翅片,单个板片的长度要这样:格栅的包迹要比芯棒虚拟包络线所构成的多边形为小;

格栅由具有低中子吸收性的锆基合金做成。

一种燃料组件,它包含有:

一种支承结构,它具有:二个端部夹持器;连结端部夹持器的导向管;沿组件分布着的结构式格栅,每一结构式格栅具有至少二组组内平行组间互相交叉的板片以及一个围带,这些界划出了腔室,其中一些容纳导向管,另一些容纳燃料芯棒,板片上有些物件用以限止燃料芯棒相对于一个有规则矩阵中的节点所可能具有的活动的量及用以固定在至少某些导向管上,至少有一些结构式格栅配有翅片以搅混冷却液流;和

至少一个搅混冷却液的格栅放在燃料组件的下游区段的二个结构式格栅之间,该搅混冷却液的格

栅无围带;包含有至少二组组内平行组间互相交叉,并在其交叉点互相固定的板片,板片配有搅混冷却液的翅片,并界划出腔室,一些腔室用以容纳导向管而另一些接纳燃料芯棒;其中在容纳燃料芯棒的每一个此种内部腔室的各壁面上,每一上述板片配有向上述腔室内部径向鼓起的凸出物,其凸出量足够小以使相应芯棒通过腔室时留有径向余隙,同时凸出物的凸起量相对于翅片伸向腔室内部的伸出量是成比例的,以便遇到弯曲振动发生时,相应芯棒虽碰触到凸出物而不致到达翅片,单个板片的长度要这样:格栅的包迹要比芯棒虚拟包络线所构成的多边形为小;

其中芯棒受至少一个或端部的一个上述结构式格栅所支承,此格栅固定于至少某些导向管上并配有弹性物件以使芯棒支承于并对中于矩阵的节点;

其中另一端部格栅也装有弹性支承物件,但并不与导管相联结;

其中结构式格栅除端部格栅外,固定于至少某些导向管上并具有抑或使芯棒对中的物件,抑或限止芯棒可能具有的弯曲运动量的物件;

其中在支承芯棒的结构式格栅中至少有一个是马氏体钢做成的;

其中上述支承芯棒的结构式格栅配有钎焊于上面的钢套管,其底端焊在导向管塞上;

其中上述支承芯棒的格栅是由按重量含 13% 至 14% 镍,并经约 930℃ 下的淬火以及在 570℃ 至 600℃ 范围内的退火后的马氏体钢制成的;

其中上述其它端部格栅是由马氏体钢制成的,配有使芯棒对中的弹性物件,并且沿导向管在预定范围内可自由运动;

其中上述其它格栅配有钎焊上的套管,该套管在焊于导向管上的凸出物之间受制约;

其中在每一分隔二个容纳芯棒的腔室的板上,除周边腔室外,凸出物由上述板上切割出的或冲压成构形的二部分组成,该二部分互相偏置于冷却液流方向,上述的构在互相相反的方向鼓出并促使冷却液从一个腔室通过上述板片流入另一腔室。

本发明的一些实例是藉参考附图通过举例来描述的,其中:

图 1 是一示意立面图表示为用于压水反应堆实现本发明的燃料组件中格栅的分布状况;

图 2 是本发明附加致混格栅的一个特例中的一

7

8

区段的平面示意图;

图 3 是图 2 中的格栅沿Ⅲ—Ⅲ线所看到的侧视图;

图 4 是图 2 中沿Ⅳ—Ⅳ线的放大剖面图;

图 5 和图 2 相似, 它表示适用于图 1 组件中的格栅的结构以限制芯棒余隙;

图 6 是图 5 的侧视图在Ⅵ—Ⅵ线方向所看出之格栅;

图 7 是图 5 中沿Ⅶ—Ⅶ线的放大剖视图;

图 8 是图 5 格栅中表示腔室之一的侧壁的详细放大透视图;

图 9 与图 2 相似为图 1 组件中所适用的一种支承格栅的可能制造方法;

图 10 是图 9 格栅在 X—X 方向的侧视图;

图 11 是图 9 中沿 X I—X I 线的详细放大图;

图 12 是沿导向管轴线的一张放大剖面, 它表明导向管的底部区段、底部支承格栅及底端部夹持器间连结装置的可能制造方法之一;

图 13 与图 7 相似表示一种结构式格栅的变化实例;

图 14 与图 7 相似表示由两半固结在一起的结构式格栅的一种可能的制造方法;

图 15 表示图 14 的变化实例中在装上围带前格栅的一个区段;

图 16 至图 19 是格栅的翅片及凸起物的实例示意图。

本发明的格栅的使用特别是在图 1 所示类型的燃料组件 10 中。此燃料组件 10 包括有一种结构, 该结构具有二个端部夹持器或端板 12 及 14, 它们由导向管进行连结以容纳一个可控集束(未显示)的芯棒, 并具有沿导向管有间隙地设置的结构式格栅。此格栅被固定在至少某些导向管 16 上(以举例方式显示的实例中端部结构式格栅之一, 未固定在导向管上者除外)。此格栅划定出全部燃料芯棒(未显示)或导向管所要通过的腔室。

本发明往下所描述的主要地在其应用于燃料组件上, 此组件的结构式格栅界划出一些方形腔室, 在其中顶端夹持器 12 是藉组件的导向管固定到底端夹持器 14 上去的。

通过举例方式所显示的组件中的结构式格栅具有二种不同形式。

底端结构式格栅 20(图 9—11)是设计来支承藉摩擦而固定于其上的芯棒、同时保持上述芯棒的底端相对于导向管 16 及底端夹持器 14 在不变的位置。

顶端的结构式格栅 22 与此相仿, 在芯棒的顶部藉摩擦与芯棒相固定, 不过相对于导向管 16 它能在其上面纵向自由滑动。中间的结构式格栅 24 (在本例中它有六个)可以用不同方式来构造。它们可以用常规方法来构造, 设计成使芯棒准确地对中于规则矩阵的节点上, 这意味着它们具有一些小物件, 芯棒可以像滑配合那样在它们中间滑动; 它们也可以设计成仅仅用来限制供芯棒用的弯曲余隙。

格栅 20, 22 及 24 用的各种可能的结构往下用举例的办法来说明。

本发明的组件示于图 1, 也包含有用于混合冷却液流及使温度更均匀的附加格栅 26, 也即格栅只具有流体热力学功用。这些格栅通常单独放在组件上最热的区域, 也即在下游区结构式格栅间。图 1 所示的组件具有三个致混格栅 26, 其中设有一个是有围带的, 它们全部只完成流体热力学的作用, 每个致混格栅放置在二结构式格栅 24 间的空隙内。

三个致混格栅是完全相同的, 而且可以具有图 2 至图 4 所示的结构。它们由二组交叉的板片 28 及 30 组成, 板片由退火的“锆合金 4”之类或淬火时在辐射条件下具有较好膨胀及耐腐蚀特性的锆基合金(也即 Nb1%, Sn1%, Fe0.5%)所制成。板片由薄的箔片割出, 可约 0.5mm 厚, 以一半的深度相组合并焊接在一起。它们的下游方向边缘上伸展出致混翅片 32, 这些翅片可以用任何常规的方法来布置。在容纳导向管 16 的腔室周围伸展出舌部 34, 该舌是设计来焊在导向管上的, 可用电阻焊方法。

为防止燃料芯棒 36 与致混翅片 32 相碰(在图 2 只表示出少量燃料芯棒), 在板片 28 及 30 上设有凸形物 38 并向着每一个被燃料芯棒 36 所占的腔室内部鼓起。它们相对于板片余下部分鼓起的量要使留下的径向间隙能使燃料芯棒 36 自由地滑动。凸出物 38 可以布置在相对于腔室壁面中线而偏置的直线以上避免与致混翅片 32 的根部相干扰。它们因此可以沿板片的全部宽度而设置; 沿板片中线所作之槽可形成二个相邻的凸出物, 同时将

板片在槽的上部及下部以相区向予以加工变形。

图2及图4所示的格栅用以制作的板片要有这样的长度,使格栅上以点划轮廓线40来表示的包迹不超出芯棒36的虚拟包络线所构成的矩形42的范围。这样就能防止二相邻组件内的附加格栅互相触碰。因此毋需给他们在有碰撞危险时所要求的强度。

实际上,板片长度只要截止到最外层燃料芯棒36的中心线位置就足够了。

不支承芯棒的结构式格栅24可以具有图5到图8的示意图所示的结构。在图1所示的所有格栅24装有翅片,但在某些情况下,位于上游最远处的格栅上可以省去翅片。

格栅24由二组板片28a及30a所组成,一般它们由与板片28及30相同的材料做成。

如图示格栅24包含着的致混翅片32有象附加格栅24上相同的翅片布置,同时格栅也有凸出物。

图5至图8所示的实例中在每一个容纳燃料芯棒36的腔室中有6个凸出物。二个凸出物44及46是有弹性的并设计用来承接芯棒。其余凸出物48仅用于来作为弹性凸出物对面的支承表面。

包含着由外侧板50及52所制成的围带的结构式格栅在边角处取圆是有好处的,可以避免与相邻组件围带相碰。构成围带的板可以用圆倒角和内板28a及30a焊在一起。在靠近格栅的大表面区域,在每一个交叉点上内板本身可用激光束或电子轰击来焊接。

图7所示的舌部34a可使格栅24得以焊在导向管上。

在一个修正后的实例中,装在格栅24上的凸出物只用来限制棒的弯曲和当棒振动时防止它们和翅片相触碰。

例如,此种凸出物可以具有法国专利申请号No.9009446“用于核燃料组件的致混格栅”中所描述的结构。

参阅图16及17给出了一个凸出物的实例。在分割二腔室的板片上,凸出物可以由形如半粒按钮般的二部分74及76所组成,其基线为近似的半圆,沿冷却液流动方向而设置并在相反方向鼓起。凸出物构成相同尺寸的杓。

它们布置成头尾相接以及开口端成互相面对面

状。它们由槽78分割开。

槽78不一定在液流的正交方向而可以做成倾斜式的;从而杓也布置在与液流方向成一夹角的方向上。

本发明也可用于仅具流体热力学搅混功能又无围带的格栅。在这种环境下,在最外边的腔室可配以仅具部分杓形的凸出物。

图18及图19表示一种适于此种格栅的凸出物的可能实例。每一板位于上部杓74以下的端部被取消。

通过举例方式可以看到杓的凸起量可以约为1.1mm至1.2mm并有一基圆直径约7mm。

构成底端结构式格栅的支承格栅20具有夹紧芯棒及使芯棒底端对导向管及对底端夹持器14保持相对位置的功能。

在过去,燃料组件的底端格栅是由不带致混翅片的铝合金板制成的,配有在辐射条件下仍保持机械性能的材料,即英可镍 Inconel,所制成的弹簧。

在本发明的一个成功实例中,格栅20是用马氏体钢板所制成,钢板经切割、冲压及钎焊组装在一起,然后加以热处理赋给在板内生成的簧以必要的弹性。

下列特征成份是可以被应用的,例如:

板片是以奥氏体钢箔片切割而成,其成份按重量80%是铁,并包含13%至14%的Cr,4%至8%Ni,及2%至3%的Cu或Mo,再加上0.1%至0.5%Al,还有少于0.1%的其它可能元素含量。

在板片冲压前,藉淬火及随后先在约760℃然后在620℃下的消除应力使钢的韧性增加,以减少辐射情况下的强度削弱。

切割、冲压形成弹簧及凸出物后,板片经组装再按常规方式于约930℃上进行钎焊、为消除钎焊时的热影响,格栅再经淬火及消除应力处理,也即加热至930℃并在空气中冷却,随后在570℃至600℃范围内至少保护4小时。

这样就保证了最后的显微结构使钢获得抗辐射下强度削弱的能力以及应力下抗腐蚀及抗氢脆现象的能力。

板片是按这样方式切割:每一个装有燃料芯棒的腔室配有二个弹簧54,互成90°地进行分布,

以及四个成对地面对弹簧 54 的凸出物 56。

当格栅 20 是由马氏体钢板制成时, 它可直接用熔焊或钎焊来和导向管相连接。导向管的底段可按图 12 所示的方式固定在底端夹持器 14 上以及在支承格栅 20 上。一个管状夹头 58 插在 24 根导向管 16 中每一根的底端。夹头设计能保证在控制集束中芯棒下降有液压减震作用。夹头 58 及管 16 是靠缠绕或滚压导向管塞 60 上的沟槽而固定在一起的, 此管塞本身是用螺塞 62 固定在端部夹持器 14 上的, 螺塞中间钻有冷却液导流孔并藉挤压端环 64 以防止旋转。底端格栅 20 备有钢套筒并经钎焊在格栅上, 套管 65 的底端在 66 处用电阻焊焊在螺塞 62 上。

顶端格栅 22 也可以用具有图 10 及 11 中所示弹簧及凸出物的马氏体钢板制成。套管可钎焊在格栅上并受制于在格栅 22 的上下二处焊在导向管上的二组凸出物之间用来限定格栅相对于导向管可能的位移。

通过举例, 可以看出象图 1 所示那类用于压水反应堆的组件可以包含三个附加格栅, 其板片通常由厚度约为 0.5mm 的箔片割出, 具有高度 10mm, 其结构式格栅 26 的内板由 0.5mm 厚的箔片冲压而成, 而其围带用的箔片则稍厚些、高度则超过 40mm。马氏体钢的支承格栅的高度可以为 30mm 至 35mm。

图 13 所示之结构式格栅的又一实例与图 5 至图 8 中的不同处在于: 每个容纳芯棒的腔室配有八个作为支承表面的凸出物, 它们是由板片经切割并压成凹凸状而做成的, 用它们来限定芯棒的横向余隙以防止芯棒槌击翅片以及防止它们以能遭受损害的振幅而振动。在图 13 所示的例中, 凸出物是成对布置的, 而且同一对的凸出物面向相反方向。

在图 14 及图 15 所示的又一实例中, 围带 24 是由二个铜的半块 68 及 70 所做成, 只是顶端的那半块装有翅片以及固定于导向管用的凸舌。用以容纳燃料芯棒的腔室包含有八个凸出物, 如图 13 所示, 腔室的二个半块均无围带, 该二半块首先将在其周边处, 也即在 68 个位置, 用焊成固定在一起。在成为半块板高度二倍的那些板上, 以及设计用作围带的那些板上再将内板的端舌投入使用。最后, 外部板按常规方式焊接。

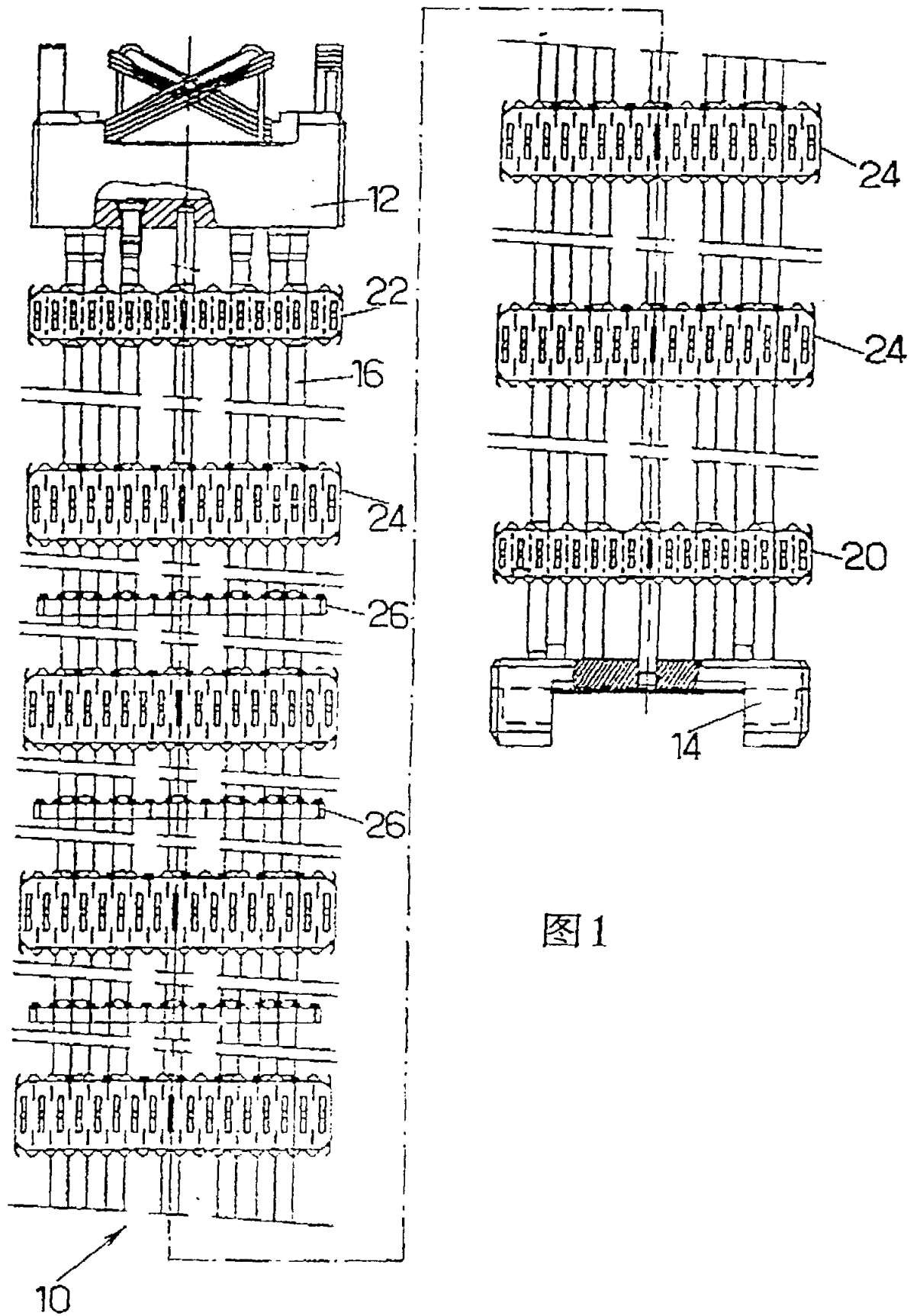


图 1

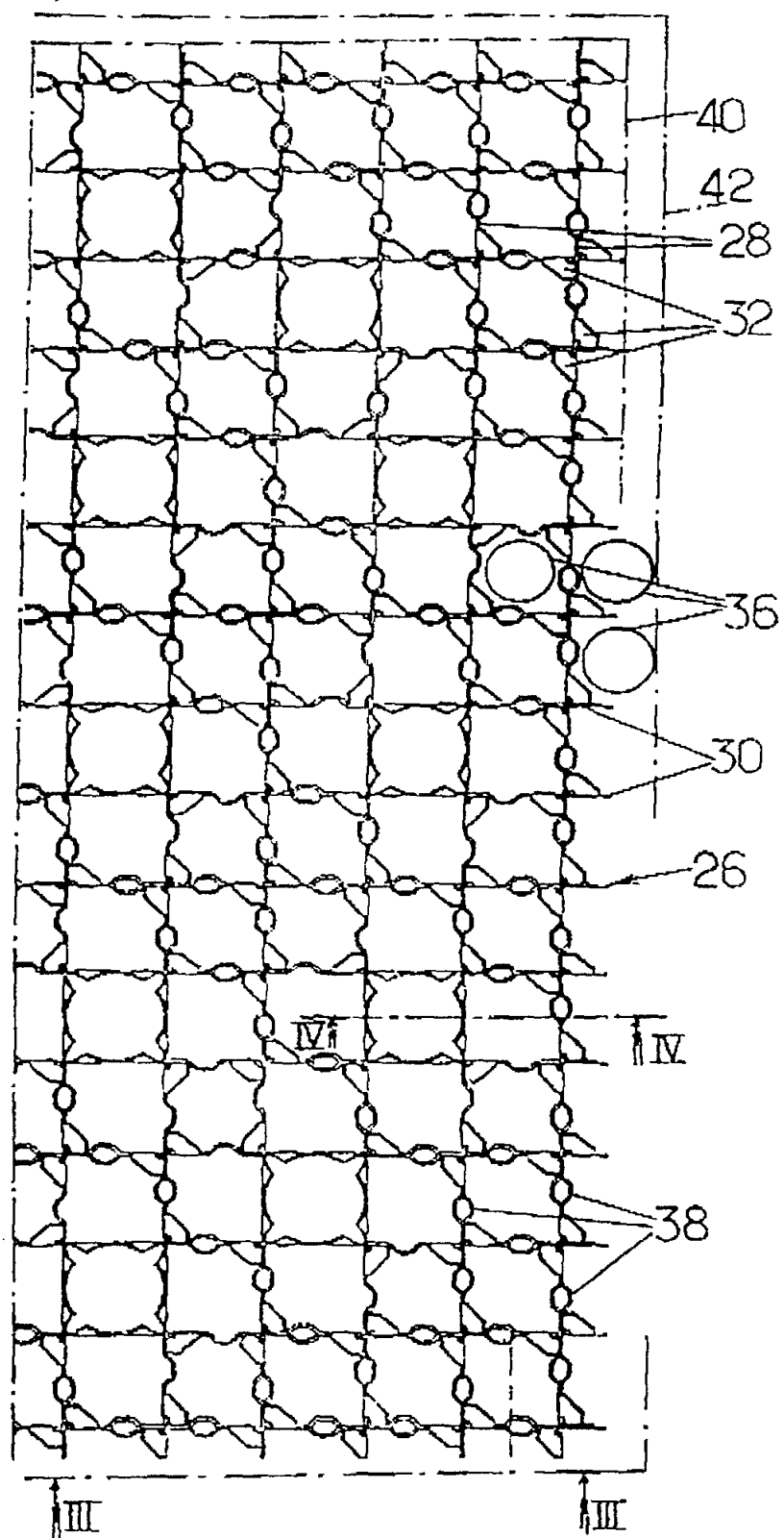


图2

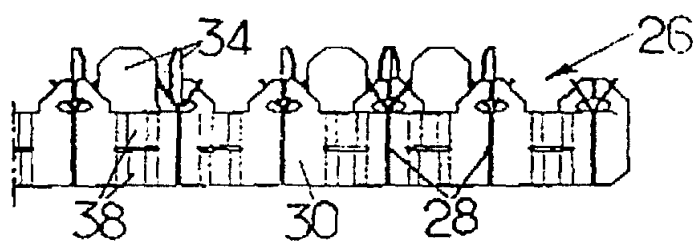


图 3

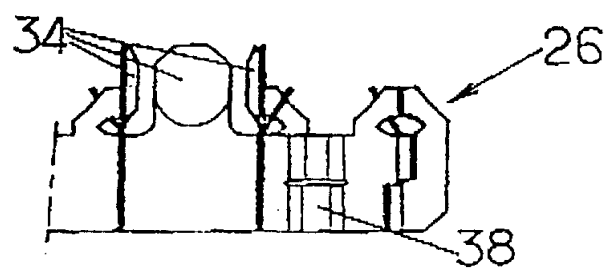


图4

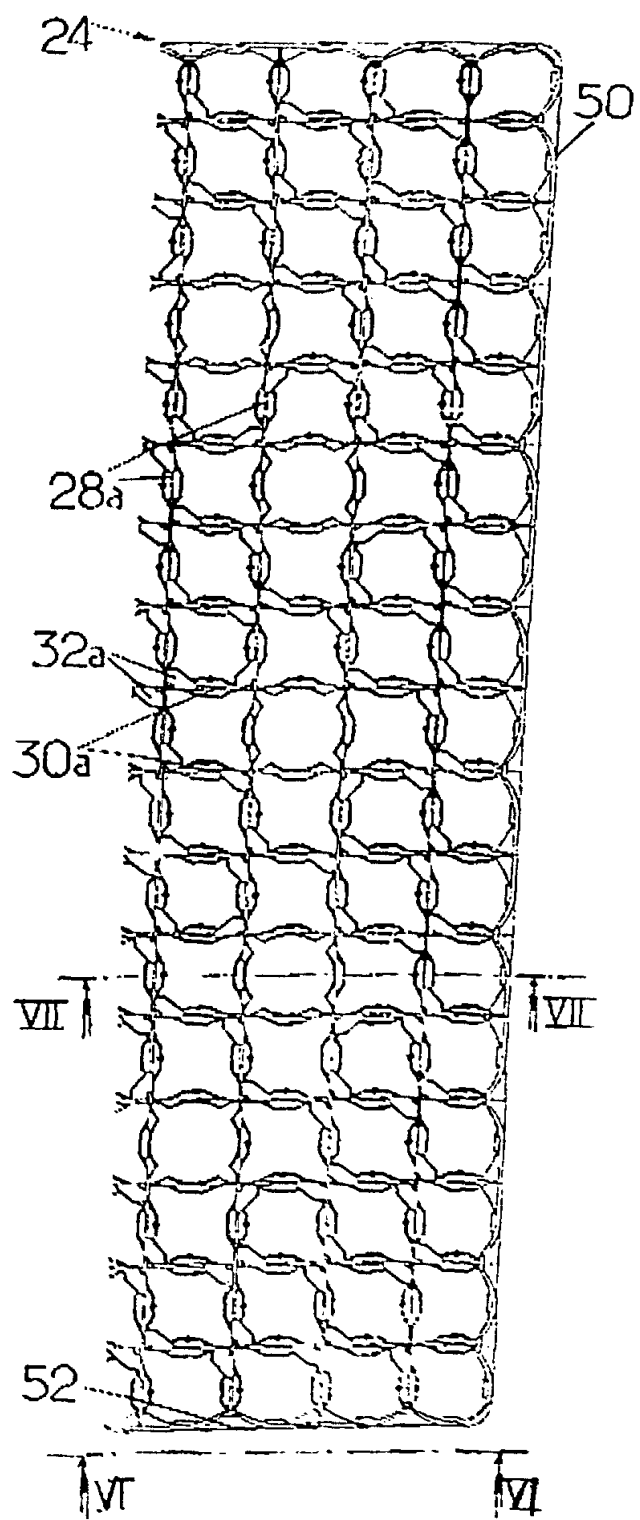


图5

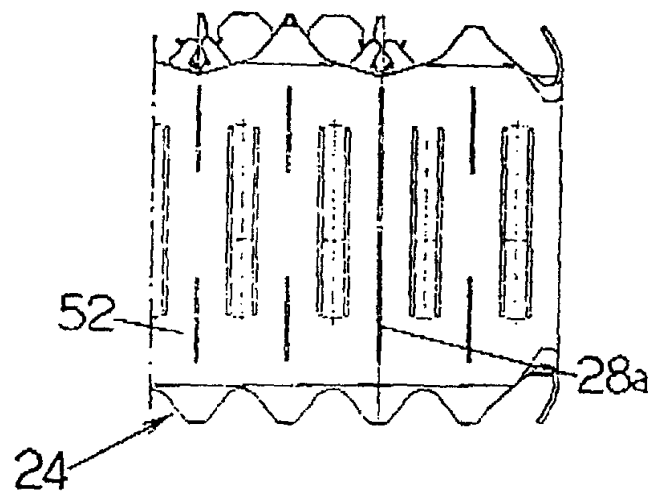


图6

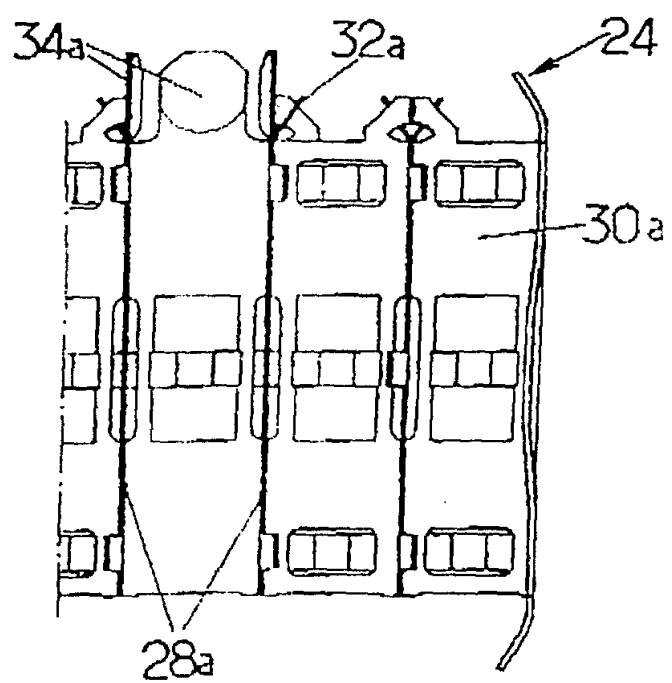


图7

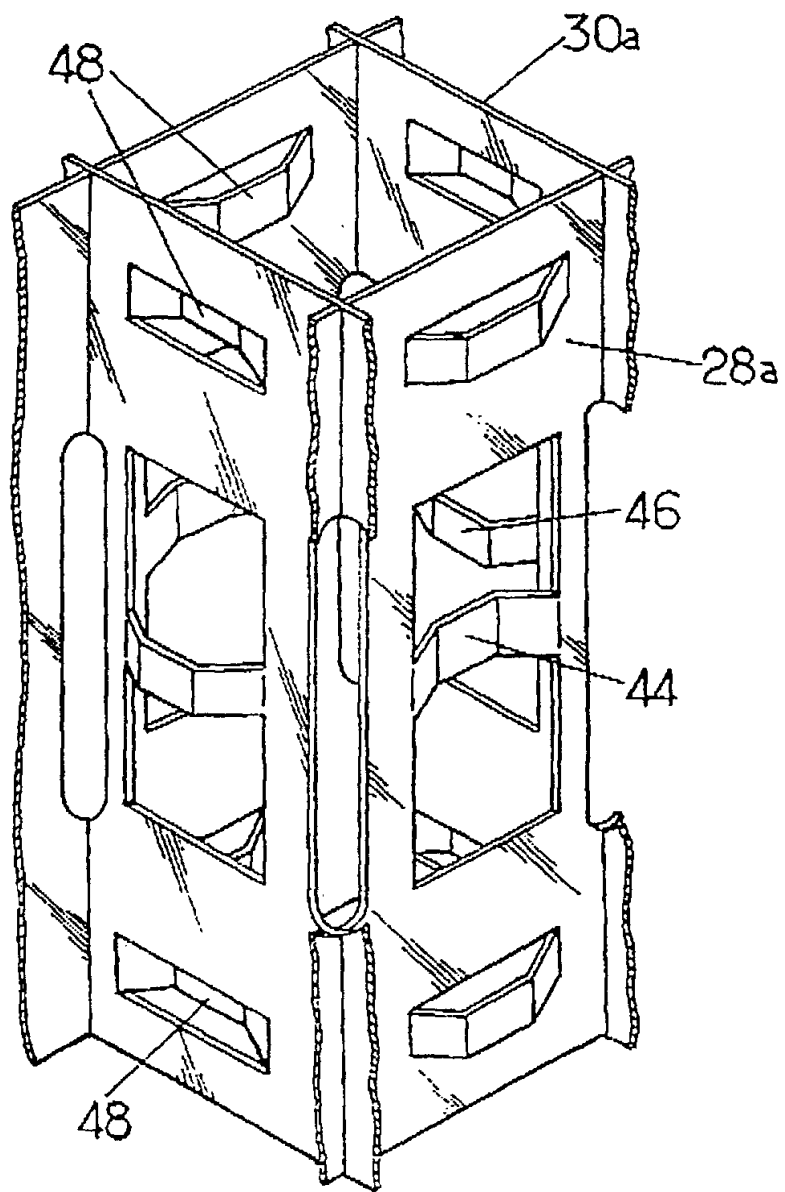


图8

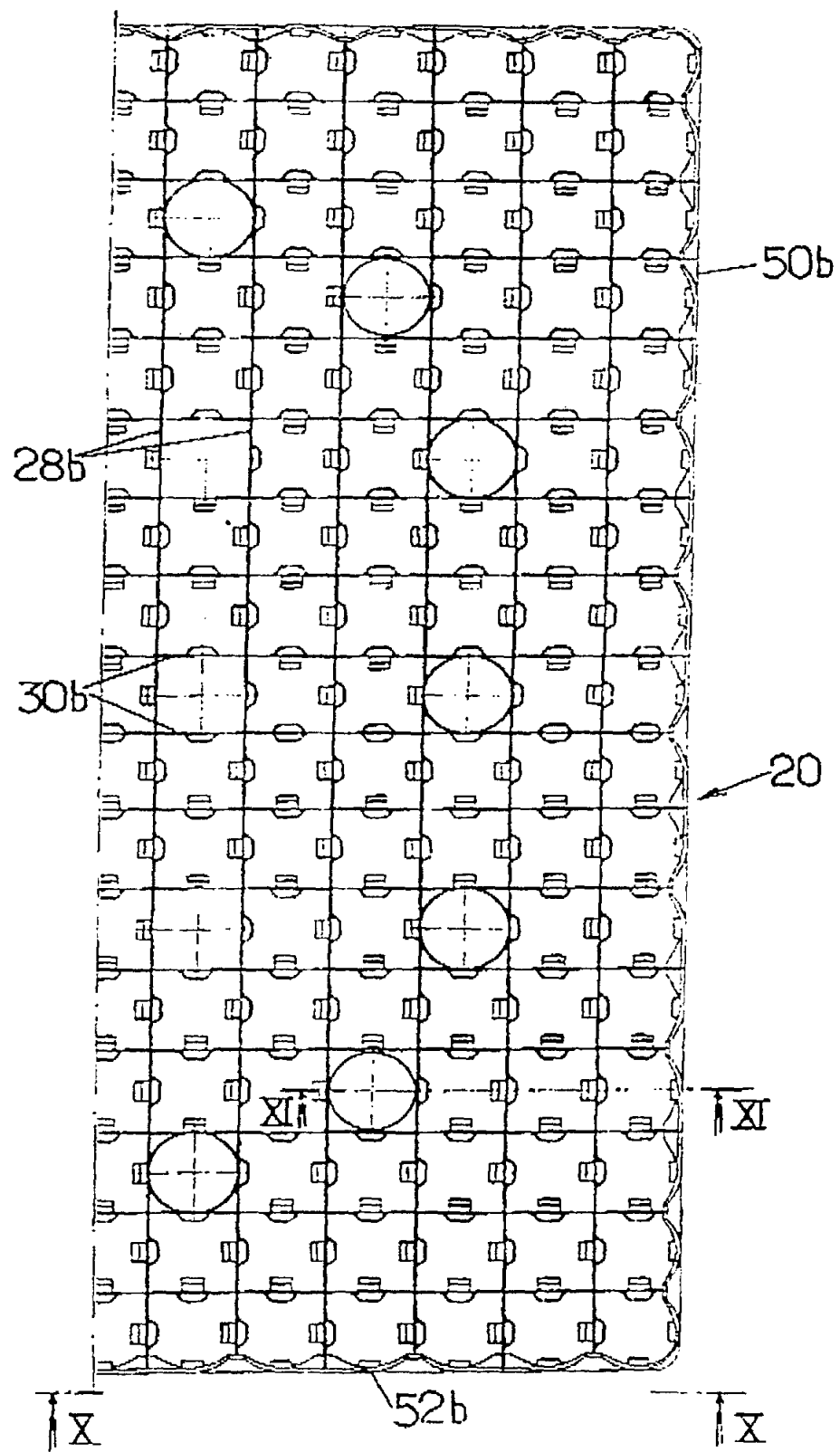


图 9

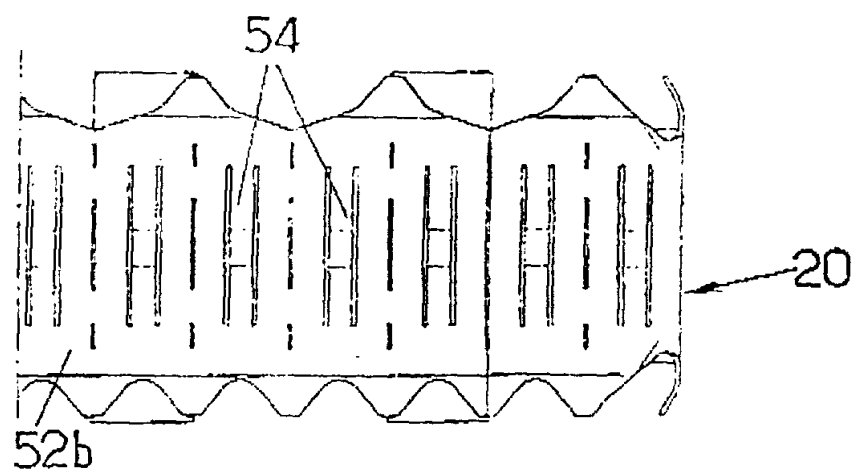


图 10

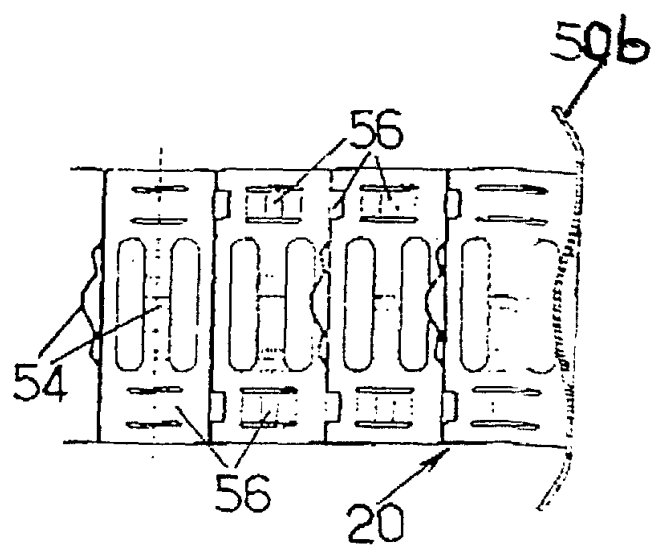


图11

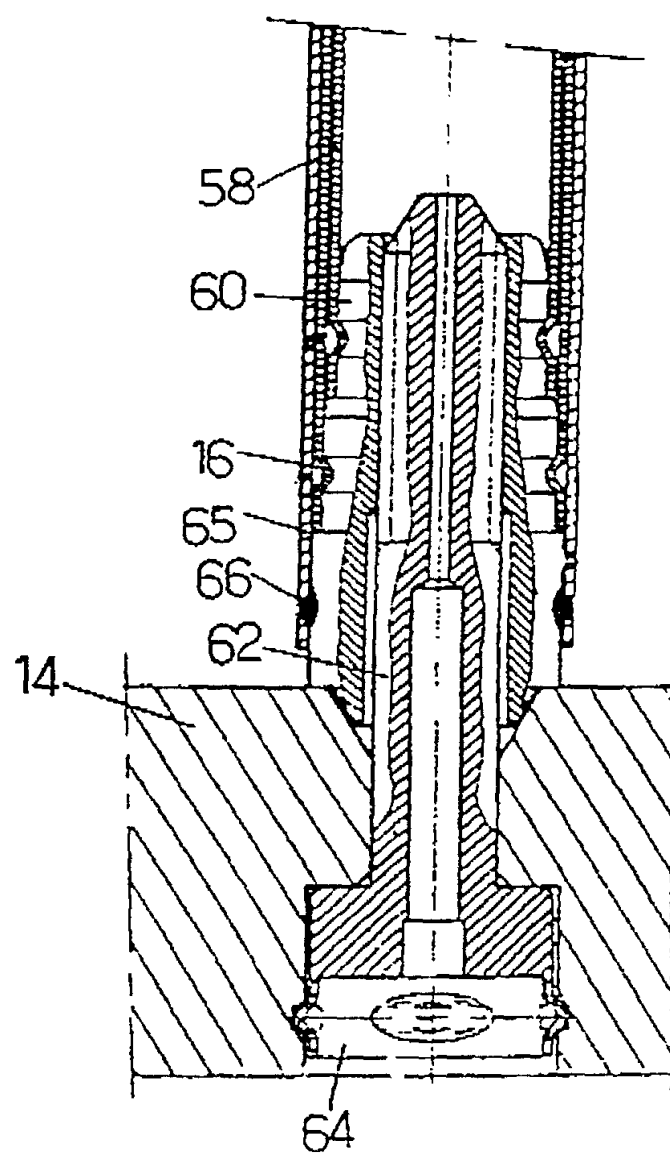


图 12

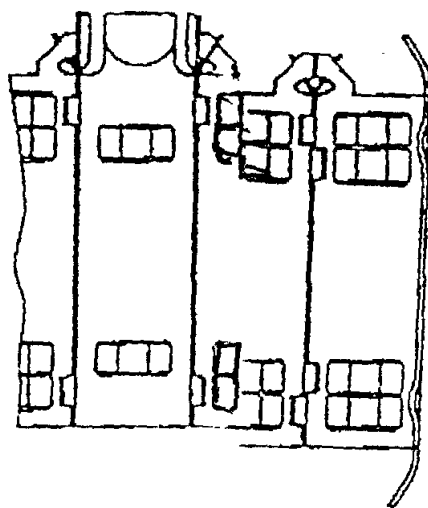


图 13

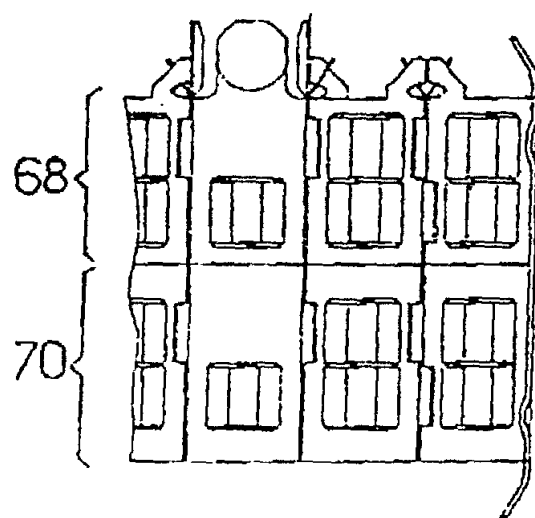


图 14

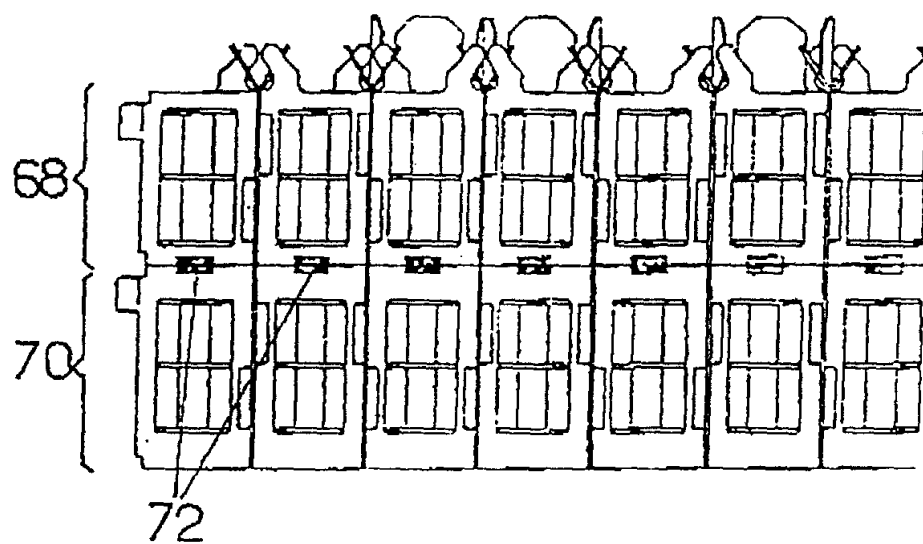


图15

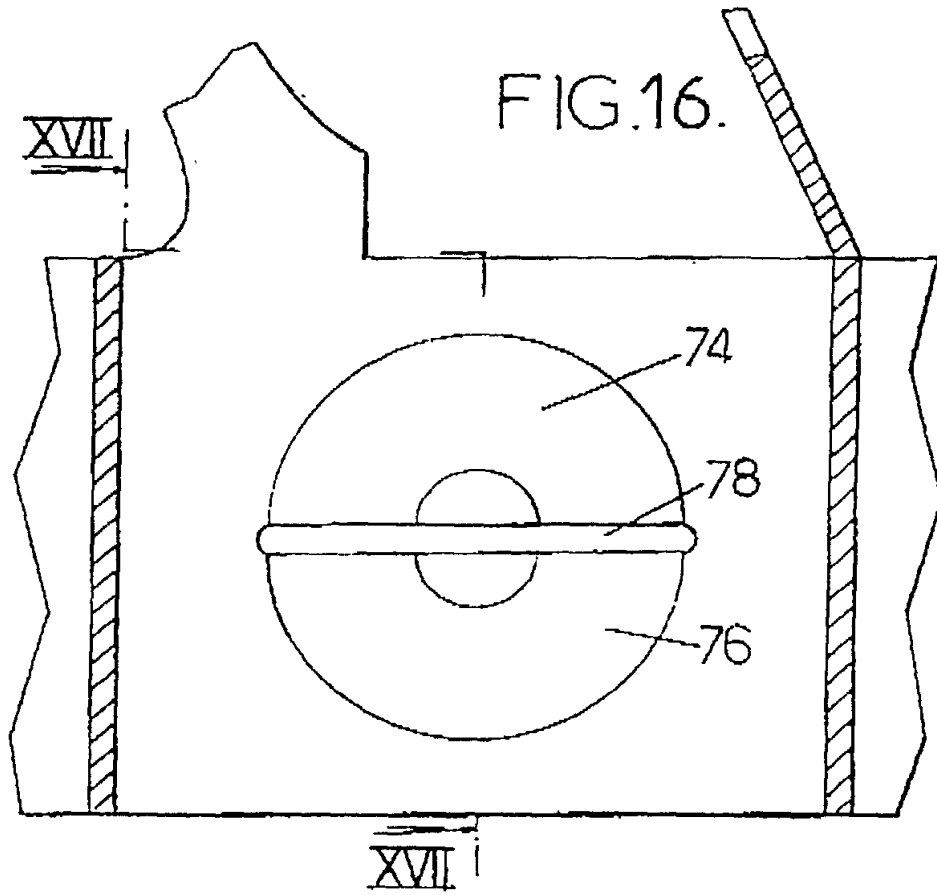


图16

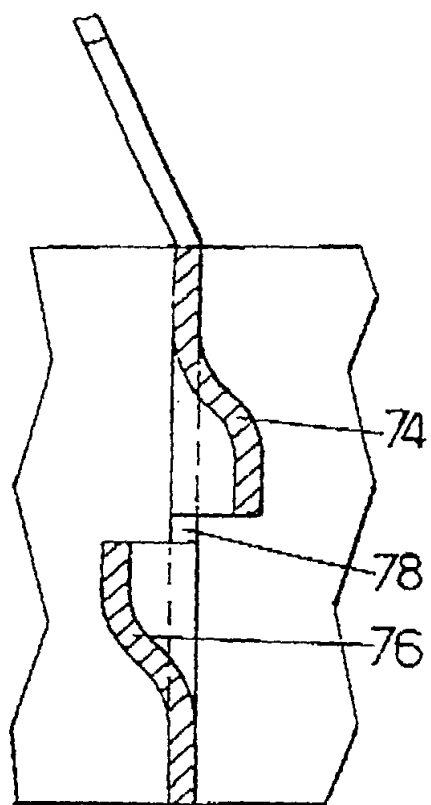


图17

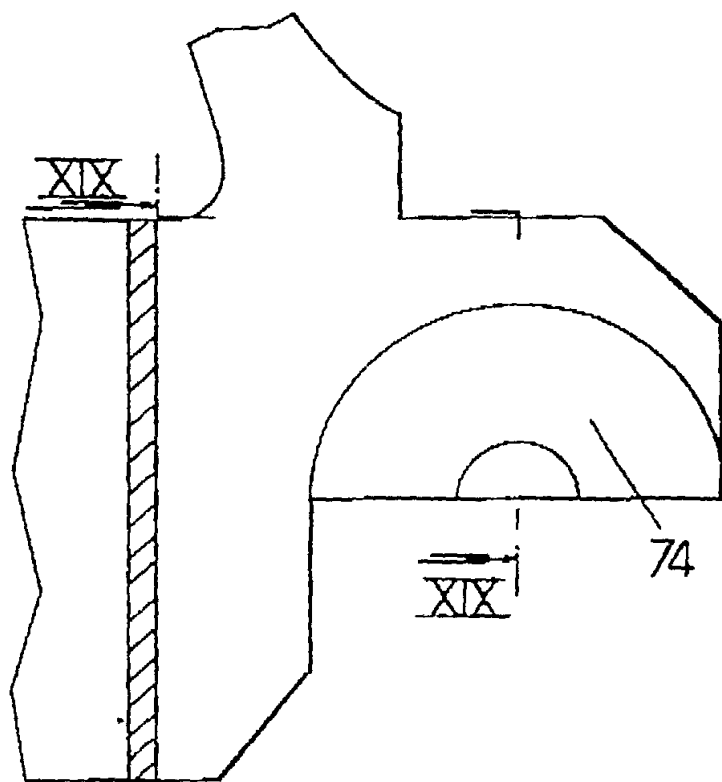


图18

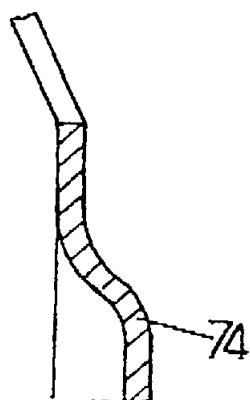


图 19