

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷

B29C 70/54 B29C 37/02

B32B 1/04



[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 97110333.X

[45] 授权公告日 2003 年 1 月 8 日

[11] 授权公告号 CN 1098152C

[22] 申请日 1997.4.8 [21] 申请号 97110333.X

[30] 优先权

[32] 1996.4.8 [33] US [31] 08/629120

[73] 专利权人 波音公司

地址 美国西雅图

[72] 发明人 德怀特·L·恩格沃尔

[56] 参考文献

US - 4680216 1987. 7. 14 B32B3/12

US - 5248551 1993. 9. 28 B32B1/04

审查员 杜 军

[74] 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

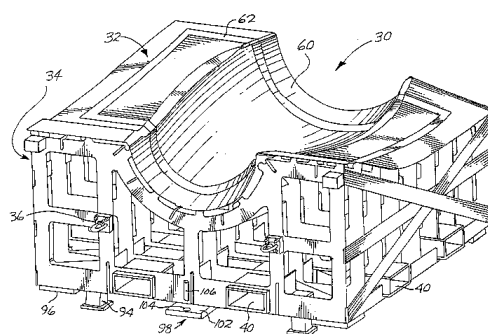
代理人 巫肖南

权利要求书 5 页 说明书 11 页 附图 8 页

[54] 发明名称 两用敷层工具

[57] 摘要

一种制作层叠粘接和固化的复合工件的方法,包括在一个工具的表面上的槽中填充自结皮的发泡材料,覆盖一层衬板。对工具进行加热使发泡材料固化,填充该槽,并在发泡材料上形成坚硬和平滑的皮层,与所述工具的表面相齐平。在工具的表面上层叠多层材料,以便形成工具侧皮层,再形成其他部件。将粘合/树脂复合材料涂覆在皮层上,以便通过粘接/固化,形成一种由所述皮层和部件构成的坚固整体性组件。



1. 一种两用工具，既用作成型体以在其上施加构成材料以便粘接和/或
5 固化成具有所需形状的工件，又用于在随后对所述工件的周边边缘进行加工的过程中将所述材料固定在原始施加位置上，包括：

工具主体，其具有一个表面，构形成将要在该工具上制作的工件的某一表面的所需形状；

用于支持所述工具主体的支持结构，以便使所述表面保持所需的形状；
在所述工具主体上的开设于所述表面上的基本上连续的槽；

- 10 其中，用于所述工件的所述材料施加在工具主体上，并在位于所述工具主体的原始施加位置的状态下进行粘接和/或固化以及边缘修整。

2. 如权利要求1所述的两用工具，其特征是：

所述槽在垂直于该槽纵向轴线的平面上具有燕尾形的截面形状，其底部的宽度大于处于所述表面处的宽度。

- 15 3. 如权利要求1所述的两用工具，进一步包括：

用于填充所述槽并形成与所述工具主体的所述表面相齐平的顶部表面的牺牲材料。

4. 如权利要求3所述的两用工具，其特征是：

- 20 所述牺牲材料是一种自结皮发泡材料，用于形成与所述工具主体的所述表面相齐平的致密坚硬皮层。

5. 如权利要求1所述的两用工具，其特征是：

所述牺牲材料在其内粘结了纤维条，以便于在围绕所述工件切削所述周边边缘之后从所述槽中取出所述牺牲材料。

6. 如权利要求1所述的两用工具，进一步包括

- 25 位于所述工具上的定位装置，用于将所述支持结构和所述工具主体定位在机床的基座上，该机床根据有关所述槽的形状数据和有关所述支持结构和工具主体的数据来编程，以便由该机床对所述周边边缘进行自动切削。

7. 如权利要求6所述的两用工具，其特征是：

- 30 所述定位装置包括设置点和正弦键，每一个都具有用于准确定位的销子，以便将所述支持结构准确地定位在所述机床基座上。

8. 如权利要求7所述的两用工具，其特征是：

所述定位装置包括位于所述工具主体中的工具球座子，用于承受一个工具球，该工具球具有与所述机床所操纵的一个探针相接触的表面，以便确定所述工具上的一个基准表面的实际位置。

9. 一种层叠和粘接的工件，包括；

5 位于一个蜂窝芯件相对两侧上的工具侧皮层和真空袋皮层；

围绕所述工件的周边边缘，在该工件保持在工具上的原始层叠位置上的状态下对所述边缘进行加工。

10. 一种用于制作层叠而成的经过粘接和固化的工件的方法，包括：

10 在一个工具的表面上的周边槽中填充牺牲材料，并形成一个与所述表面相齐平的表面；

在所述工具的所述表面上层叠一个工具侧皮层，在所述工具侧皮层的上面层叠该工件的其他部件，所述皮层和部件具有一种粘性/树脂基体，经过粘合/固化之后形成所述皮层和部件的坚固整体性组件；

15 在所述层叠而成的皮层和部件上施加一个真空袋，环绕所述皮层和部件密封所述真空袋的边缘区域；

从所述真空袋中抽出空气，通过真空袋外部的空气压力使得所述真空袋紧贴在所述部件上；

对所述粘性/树脂基体进行粘接/固化，使所述皮层和部件形成所述坚固的整体性组件；

20 从所述工具的表面上除去所述真空袋，使所述坚固整体性组件暴露出来；

采用定位装置，将所述工具固定在一个计算机数值控制机床的基座的已知位置上，使所述工具的所述表面位于一个已知的位置上，以便由所述机床对所述坚固整体性组件进行边缘切削；

25 将具有所述工件的数字条件的数据组调入到一个控制器，以便控制所述机床的加工；

所述控制器执行采用了所述数据组的机床控制程序，引导所述机床的刀具，以预定轨迹围绕所述工具的所述表面进行加工，所述刀具切削掉位于所述工具的表面之下的牺牲材料，并切削所述坚固整体性组件的周边边缘；

30 从所述工具的所述表面上取下所述坚固的整体性组件。

11. 如权利要求 10 所述的制造方法, 进一步包括:

采用一个安装在所述计算机数值控制机床上的探针来探测所述工具, 以便确定所述工具上的至少三个基准部位的实际位置;

5 用所述基准点的实际位置对所述机床控制程序进行校正, 根据所述控制器中基于所述定位装置的座标的位置数据, 更新所述机床控制程序中有关所述工具在所述机床上的所述位置的数据。

12. 如权利要求 10 所述的制造方法, 其特征是:

所述数据组是由一个存放了所述数据组的主计算机中转录到所述机床控制器的所述机床程序中的。

10 13. 如权利要求 10 所述的制造方法, 其特征是:

所述槽是采用所述机床, 在所述工具位于机床基座上的状态下切削而成的, 以便将不同机床所带来的变化减小到最小程序。

14. 如权利要求 12 所述的制造方法, 其特征是;

所述牺牲材料是一种能够自结皮发泡材料;

15 所述牺牲材料的表面形成步骤包括将所述工具的所述表面覆盖一层衬板, 加热所述工具和在所述槽中的所述发泡材料以发泡和固化所述发泡材料, 填充所述槽, 并在所述发泡材料上形成一个与所述表面相齐平的坚硬而平滑的表面。

15. 一种制作层叠的被粘接和/或被固化工件的方法, 包括:

20 在一个工具上设置工具侧表面片, 该工具的表面被加工制成具有所述工件的所需模制线形状;

将所述工具侧表面片支持在一牺牲材料上, 该牺牲材料被填充在围绕所述表面片的周边槽中, 而所述表面片处于其外周边边缘上, 所述牺牲材料的上表面与所述工具的所述表面相齐平;

25 使所述工具侧表面片与位于所述槽中的所述牺牲材料相粘接;

将所述表面片在所述工具上进行粘接和/或固化;

采用机床上的刀具沿着所述周边槽在所述工件上切削出一个新的周边边缘, 所述刀具伸入到所述周边槽中, 部分地切入所述牺牲材料, 并与所述表面片的整个厚度相啮合以切削出新的周边边缘。

30 16. 如权利要求 15 所述的制作层叠的被粘接和/或被固化工件的方法, 进一步包括:

在所述工具侧表面片的顶面上叠层蜂窝芯件材料，并将所述蜂窝芯件材料与所述工具侧表面片相粘合；

对所述蜂窝芯件材料进行加工，以便制成一种蜂窝芯件，它具有被雕刻的顶部表面，该顶部表面的形状与所述工件的所需形状相一致；

5 将一个真空袋侧皮层粘合到所述蜂窝芯件的所述被雕刻顶部表面上。

17. 如权利要求 16 所述的制作层叠被粘接和/或被固化工件的方法，进一步包括：

在进行加工之后对所述蜂窝芯件的孔洞进行空气吹扫，以便清除在蜂窝芯件的制件过程中所产生的灰尘；

10 在所述空气吹扫的附近进行真空抽吸，以便将从所述孔洞中吹扫出的灰尘抽吸出来。

18. 如权利要求 15 所述的制作层叠被粘接和/或被固化工件的方法，其特征是：

所述牺牲材料是一种能够自结皮的发泡材料；

15 所述牺牲材料的表面形成步骤包括用一个衬板来覆盖所述工具的所述表面，加热所述工具和位于所述槽中的发泡材料，以便使所述发泡材料发泡和固化，填充所述槽，并在所述发泡材料上形成一与所述表面相齐平的坚硬而平滑的表面。

19. 一种制作复合工件的方法，包括：

20 在围绕一个工具的顶部表面的层叠区域上的基本上连续的槽中施加一串发泡材料：

将一个衬板覆盖在所述槽上，对所述衬板施加压力，将它平压向所述工具的所述顶部表面；

加热所述衬板，从而加热位于所述槽中的所述发泡材料；

25 让所述发泡材料发泡，并将所述槽向上填充达到所述衬板，以便由该发泡材料形成一个与所述工具的所述表面相齐平的顶部表面；

在保持对所述衬板上所施加的压力的同时，让所述发泡材料在所述槽中固化；

在所述发泡材料固化之后去掉所述衬板；

30 层叠所述工件的部件，并使所述部件在所述工具上固化，不将所述部件从所述工具上取下来；

将所述工具的一个基准表面置于一个机床的基座上，并精确地确定所述工具在所述基座上的位置，从而准确地得知所述槽的位置；

- 对所述机床的控制器进行编程，以便控制所述机床，驱动围绕工件处于所述槽中的刀具，使所述刀具与所述工件的整个厚度相啮合，以便为所述工件形成精确的边缘；
- 5 从所述工件上取下所述工件。

20. 如权利要求 19 所述的制作复合工件的方法，其特征是；

在所述发泡材料的固化过程中，所述衬板加热步骤包括为与所述衬板相接触的电加热器通电。

- 10 21. 如权利要求 19 所述的制作复合工件的方法，进一步包括：
将所述层叠部件粘合在所述发泡材料上。

22. 如权利要求 19 所述的制作复合工件的方法，其特征是：
所述槽具有与该槽的纵向轴线相垂直的燕尾形截面形状。

23. 如权利要求 22 所述的制作复合工件的方法，进一步包括：
15 在所述槽中施加一串所述发泡材料之前，在槽中涂覆一层脱模剂。

24. 如权利要求 19 所述的制作复合工件的方法，其特征是：

所述工件的所述部件之一是一个蜂窝芯件，它具有与所述工具的所述顶部表面相垂直的孔洞；

- 所述编程步骤进一步包括为所述机床的所述控制器编程，以便控制所述机床，驱动位于所述蜂窝芯件的顶部表面上的刀具，将所述蜂窝芯件雕刻成所需的形状。
- 20

25. 如权利要求 24 所述的制作复合工件的方法，进一步包括：

- 让一个抽吸罩子通过所述孔洞的开口端，在将空气吹入所述孔洞的同时，对所述罩子抽真空，以便去掉由喷射空气所吹扫出的灰尘，从而实现
- 25 对所述孔洞的清扫。

两用敷层工具

5

技术领域

本发明涉及一种用于在其上制作复合工件的敷层工具(lay-up tools)，更具体地说涉及一种敷层工具，在该工具上可以叠制具有蜂窝芯件的夹层工件，该芯件与第一表面片相粘接并被雕刻，施加和粘接第二表面片，并对工件进行修整，所有这些操作都是在将工件从工具上取下来的状态下进行的，直到工件加工完毕为止。

背景技术

15 复合工件由于其机械性能和较轻的重量而在工业的各个领域中得到了广泛的应用。特别是一种蜂窝型复合工件，它具有位于两个复合表面片之间的蜂窝芯件，该复合工件呈现出优良的强度-重量比和刚性-重量比，这使得它特别具有价值并广泛用于航天工业。然而，尽管这种工件具有公认的优点，并得到了广泛应用，但是它却较为昂贵，这部分地因为制作这种工件的方法仍然笨拙，难于使用，它导致了复合工件的较高的报废和返修率。

20 制作复合工件的方法包括在一种被称为“粘接装配夹具”(bond assembly jig, BAJ)的工具的表面叠制工具侧皮层(tool-side skin)，该皮层通常是由若干层浸泡了树脂的玻璃纤维或石墨布制成。如果工件需要具有蜂窝芯件，则将蜂窝材料切割和装配在所述工具侧皮层上，并在组件上覆盖一个真空袋，通过一个真空源将该真空袋中的空气抽出。将套上了真空袋的组件送入到一个热压罐中，并再次与真空源相粘接，同时对它进行加热，以便使工具侧皮层层中的树脂固化，并使蜂窝芯件与皮层相胶接。将套有真空袋的组件从加压罐中取出，并去掉该真空袋。

30 此后，必须对所获得的工件进行机械加工，以便使蜂窝芯件具有所需的形状。上述机械加工是由 CNC（计算机数值控制）机床来实现的，例如

安装了机械手的龙门式机床，然而工件不可能在 BAJ 上进行这样的加工，因为无法将它定位在机床基座上，同时也没有将敷层组件固定在 BAJ 的工具表面上的设施。更为重要的是工具表面上没有入口，使得刀具能够伸入其中进行切边、钻孔或其他切削加工。事实上，工件从 BAJ 上取下来，运送到另一个被称为“粘接铣削夹具”(bond mill fixture, BMF)的工具处。该 BMF 具有与 BAJ 相同的轮廓形状，并具有真空吸口和夹持机构，以便在对蜂窝芯件进行加工，将它雕刻成所需的形状的过程中，将工件固定在 BMF 的一定位置上。

5 将工件从所述 BMF 上取下来，并对蜂窝芯件进行清扫，以便除去其孔洞中的灰尘。重新将经过清扫之后的工件定位在 BAJ 上，使之与夹具和压紧机构重新配合。在蜂窝芯件上层叠构成真空袋侧皮层(bag-side skin)的多层材料，然后覆盖上另一个真空袋。将 BAJ 再一次送入到热压罐中，在该热压罐中使真空袋侧皮层与蜂窝芯件相粘接。在固化之后，将固化后的工件再一次从 BAJ 上取下来，并重新定位在所述 BMF 上，以便进行最后的修整。

15 上述过程相当费时，且成本很高。它需要采用两个单独的工具，这些工具都是很昂贵的，尤其对于大型工件来说就更是如此，而且在两个工具上将工件取下装上的过程中需要进行大量的手工操作。大型的复合工件尤其困难，因为该工件具有柔性，在重新定位时难于将它精确地置于工具上。

20 当部分完工的工件上只有一侧皮层时，它是不平衡的，经常由于皮层在固化过程中所产生的应力而使之变形，这就使得将工件重新定位在 BMF 上进行修整以及将工件重新定位在 BAJ 上层叠真空袋侧皮层的过程变得更为困难。工件在工具上的不准确定位将导致对工件随后所进行的操作走位，因为这样的操作是在假定工件仍然被定位在正确位置上而进行的。这样，在

25 每一次操作中，对工件的加工都会略有不同，从而导致不可能得到完全相同的成品工件，而且其差别也是完全无法预测的。在对通过这样的方法所得到的工件进行形状质量控制的过程中，采用通常所采用的质量控制方法，例如统计方法控制等等并不有效。在尺寸的控制以及使工件符合经过统计确定的公差范围要求对于按进度制作产品的能力来说是至关重要的场合，

30 上述问题就会变得更为突出，因为这将关系到企业是否能够获得商业上的成功。

因此工业上迫切地需要提供这样一种制作敷层复合和夹层工件，例如具有蜂窝芯件的工件的方法和装置，它能够采用单个的工具来进行工件的各个部件的组装和粘接，而且可以采用同一个工具来夹持工件以便进行最终形状的修整而不需要将工件在不同的工具之间来回传送。

5

发明内容

因此，本发明的目的是提供一种改进的方法，用于从构成元件，例如表面皮层或叠层、蜂窝芯件和预先浸泡树脂的纤维材料，来制作经过粘接和固化的工件，该方法能够显著地改善所获工件符合尺寸要求的性能。本
10 发明的另一个目的是提供一种单个的工具，可以在该工具上对被粘接或固化的各个部件进行组装、粘接和/或固化，然后以很高的精度进行机械加工，即进行雕刻、修整和/或钻孔等，而所有这些都是在该工件首次被组
15 装起来的工具的原始位置上进行的，不需要将工件取下来，直到完成机械加工步骤为止。本发明的再一个目的是提供一种经过改进的工件，它由构成部件在一个单个的工具上经过粘接或固化而组装在一起，并在同一个工具上进行机械加工，让工件保持在其原始的被粘接或固化的位置上，不需要将工件从所述位置上取下来，直到完成机械加工为止。

本发明的上述和其他目的都是在一个单个的工具上实现上的，该工具
20 具有一个工具主体，其表面(facing surface)的形状被加工成需要在该工具上制作的工件一表面的形状。在工具主体的表面上形成了一个槽，在该槽中填充牺牲材料(sacrificial material)，该牺牲材料形成了一个与工具主体的表面相齐平的顶面。所述牺牲材料是一种发泡材料，它能够形成一层与工具主体的表面相齐平的坚硬而平滑的表层。通过在工具主体上叠放工具侧皮
25 层或叠层，并将该工具侧皮层与位于周边槽中的所述牺牲材料的齐平表面粘接在一起，从而制作出工件。可以将蜂窝芯件置于所述皮层上，并将组件与和工具表面相一致的工具侧皮层粘接和/或固化在一起。在固化之后，将工具从热压罐中取出，并将它重新定位在一个 CNC 机床的基座上，在该机床上采用适合的刀具将蜂窝芯件加工成所需的形状，并采用真空处理方式
30 除去芯件中的灰尘。在芯件的经过加工的表面上施加用于形成真空袋侧皮层的多层材料，并对组件进行固化。在进行固化之后，将工具重新精确

定位在所述 CNC 机床的基座上，采用该机床上的刀具围绕工件切削出一个周边边缘。该机床的控制器被编程，以便控制刀具围绕所述周边槽进行切削。该刀具伸入到所述周边槽中，并与工件的整个厚度方向相啮合，以便切削出周边边缘。在进行边缘切削之后，将完成加工的工件从工具上取下来。在整个制作过程中，工件始终位于工具上，因此消除了已知技术中将工件在不同的制作步骤中使用的工具之间传送而带来的定位问题。

附图说明

10 通过下面对本发明实施例的详细说明结合附图，本发明的其他目的和优点将变得更为清楚。其中：

图 1 是本发明的两用敷层工具的透视图；

图 2 是定位在龙门式机床的基座上的两用敷层工具的透视图；

15 图 3 是如图 1 所示工具的顶板的工具表面的剖视图，在工具上敷设了工件的部件，并示出了在将工件保持在工具上的原始位置上的状态下对工件进行修整和其他加工时刀具的行进路径；

图 4 是如图 1 所示工具的顶板部分的剖视图，示出了覆盖在填充了牺牲材料的槽上的衬板(caul sheet)；

图 5 是放大的透视图，示出了根据本发明覆盖在工具上的电加热衬板；

20 图 6 是本发明所提供的另一种形式的工具的透视图，示出了在工具的顶板上用作各种切口的凹部；

图 7 是用于如图 1 所示工具的支持结构的侧视图；

图 8 是如图 7 所示工具支持结构的平面视图；

25 图 9 是方框图，示出了将数字数据由一个数字工件模型转换为机床控制器所能使用的形式的过程；

图 10 是一种真空工具的透视图，该工具用于清扫在如图 1 所述工具上加工出的蜂窝芯件的孔洞中的灰尘。

具体实施方式

30

在附图中，相同或相应的工件采用相同的附图标记来表示。参见图 1，

它示出了一个两用铺叠工具 30，具有如顶板 32 的工具主体，该顶板 32 有支持结构 34 予以支持。制作顶板 32 的材料与制作工件的材料具有彼此兼容的化学和物理性质。例如，制作顶板 32 的材料最好与部件的材料，特别是与顶板相接触的那层材料(通常被称为“工具侧皮层”)，具有彼此匹配的热膨胀系数。如果上述工具侧皮层是由一种广泛使用的材料即环氧树脂预先浸泡的碳纤维织物，则顶板 32 也应当由碳纤维和环氧树脂复合材料制成，或者由英瓦合金(invar)36 制成，该合金是由一种镍-铁合金，具有与碳纤维/环氧树脂复合材料相匹配的热膨胀系数。具有铝蜂窝芯子的铝制皮层通常采用铝加工，从而在热膨胀系数方面(CTE)相匹配，并具有与铝制工件材料相匹配的化学性能。

支持结构 34 可以采用任何适合的设计方案，尽管在最佳实施例中是采用如图 1 所示的常规“格子”(egg-crate)式的设计方案。美国专利 5100255 号公开了另一种适合的支持结构，它由具有安装件的复合管材组装在一起而制成，本申请以上述美国专利作为背景技术。支持结构 34 具有运输附件，以便在工厂中移动所述工具 30。在本最佳实施例中，上述运输附件包括两对起重环 36，它们被分别固定在支持结构 34 的前侧和后侧，用于安装起重缆绳，该缆绳与行车上的吊钩相配合，用于在工厂中吊起并运送工具 30。另一种运输附件是如图 1 所示的设置在支持结构 34 内部的叉车起重管 40，它可以用于取代上述起重环，但最好是两者兼具。叉车起重管 40 用于接纳叉车的两个彼此分开的叉臂，通过该叉臂就能够将工具 30 提升起来，并在工厂内到处移动。

在支持结构 34 上设置了定位和固定机构，用于将工具 30 精确地转动和定位在机床的基座 42 上(该机床可以是如图 2 所示的 5 轴龙门式机床 44)，并将支持结构 34 固定在机床台板 42 的所需位置上。机床 44 在机床控制器 46 的控制下，在工具 30 上叠层的工件固化之后对它进行机械加工。上述定位和固定机构有助于工具 30 在机床基座 42 上的精确定位，因此机床控制器能够驱动机床到正确的位置，以便对工件进行准确的加工。该定位机构包括设置点、正弦键和工具球，下面将会对它们的使用进行详细说明。采用这些机构，能够非常准确地将工具 30 定位在机床的基座 42 上，并能够检验该位置，并调节机床的程序，使之符合工具 30 的顶板 34 的实际位置，从而精确地进行随后的加工操作，因为已经准确地获知工具 30 以及在其上

叠层的工件的位置。

将工具 30 固定在机床基座 42 上的固定机构可以采用任何所述技术领域中公知的用于将工件固定在机床上的机构。在这一实施例中，上述固定机构是普通的卡盘(toe clamps)，其设计是所属技术领域的技术人员所熟知的。

顶板 32 具有一个朝上的表面 60，在其上层叠了工件的构成部件。上述上表面的形状就是需要由该工具所制作的工件的某一个表面的形状。在顶板 32 的上表面 60 上加工出朝上开口的凹部，该凹部的位置对应于在随后的制作过程中在工件上需要予以机械加工的位置。上述凹部包括：位于顶板 32 上的周边槽 62，其位置就是需要在工件上切割出边缘的位置；位于顶板 32 上的圆柱形孔 63，其位置就是需要在工件上钻孔的位置。其他连续沟槽位于槽 62 中的需要在工件上切出开口的位置上。凹部的各种形状中的一些如图 6 所示。在凹部中设置牺牲材料(sacrificial material)64，在该材料上可以将构成材料叠层在与上表面 60 相齐平的顶板 32 上。

如图 3 所示，槽 62 剖面最好具有楔形榫头，这将有助于将上述防蚀消耗发泡材料保持在槽中，直到将它去掉为止。经过固化之后，上述发泡材料具有大约 500PSI 的强度，这一强度在正常的情况下已经足以提供一个支持表面以将工具侧层与工具顶板 32 表面相齐平。然而，如果需要更高的强度，可以在槽 62 中加入一层或多层石墨/环氧树脂浸渍带，使之位于发泡材料 64 上，以便提供更为坚硬的表面，该表面固化之后能够使负荷分布在一个更大的表面上，因而能够承受更大的负荷。为了便于在取出工件之后能够方便地从槽 62 中去掉发泡材料 64，可以在将发泡材料施加到槽 62 中之前，在槽 62 上填入另外的经过树脂浸泡的纤维条。

在要层叠工件构成部件的顶板 32 上表面上编制边缘条所在的位置，槽 62 完全环绕顶板 32 的上表面 60 的中心部位。其他凹部位于工具的某些位置，该位置对应于需要在工件上钻孔的位置或者其他需要对工件进行加工的位置。外周的槽是一种“连续”的槽，所谓连续是指该槽完全环绕敷层工件的部位。然而，可能会有较为特殊的工件设计，它需要槽中有间断或间隙，这就是所谓“基本上连续”的槽。槽的深度最好使得机床的刀具 68 在其切割过程中正好能够伸到表面 60 的下面，从而使其周边处的切割齿部能够与工件外周边缘的整个厚度相啮合并进行切割。在这一实施例中，槽 62

的深度 D 大约为 0.050 英寸，但是如果不能为安装了刀具 68 的机床设置程序，使之以所需的精度来跟随顶板 32 的轮廓形状，则可以使上述深度更深一些。

槽 62 的宽度 W 的选取应当适合于刀具 68 的直径加上机床 44 中的刀具 68 在其行程中所需的公差。在刀具 68 切割出的切口的两侧还提供了槽 62 的附加宽度，用于保持朝着牺牲材料 64 弯曲的敷层材料的工具侧表面，以便确保工件在切割操作的过程中不会产生移动，而是牢固地保持在顶板 32 的位置上，直到切割加工完毕和能够将工件从工具 30 上取下来为止。

牺牲材料 64 可以采用任何适合的材料，只要它能够被方便地置于槽 62 之中，并具有足够的强度、耐温性能以及其他性质以能够在粘合/固化操作过程中支持构成材料即可。在这一实施例中采用的材料最好是 B.F.Goodrich #PL657 可热膨胀自结皮泡沫(self-skinning foam)。如图 4 所示，将它以颗粒或切条形式置于槽 62 中，并覆盖一层平滑模制的网膜片(caul sheet)70。该网膜片 70 最好用石墨/环氧树脂材料制成，在加工形成槽 62 和其他凹部之前直接模压在顶板 32 的上表面上，并在覆盖一个真空袋 71 的情况下通过在固化周期加热到固化温度来予以固化。通过敷设一条密封条，可以将真空轨迹 73 模压在网膜片 70 的下侧，该密封条通常用于沿着在顶板表面 60 上将要加工出槽 62 的路径两侧来密封真空袋 71 与工具之间的边缘。用于制作网膜片的石墨/环氧树脂片材被置于密封条之上的工具表面 60 上，并以这种形状进行固化，以形成真空轨迹 73。通过用网膜片 70 和真空袋来覆盖槽 62，并采用该技术中熟知的类似于油灰之类的密封条 75 将真空袋的边缘密封到顶板 32 的表面 60。上述真空袋被抽真空到大约 10 英寸(汞柱)的真空度，并将真空施加到真空轨迹 73 中，以便将网膜片向下保持贴在位于槽 62 之上的工具上表面 60，同时发泡材料朝着位于槽 62 之上的网膜片的下侧膨胀，并随后在这种膨胀的条件下予以固化。为了使发泡材料膨胀和固化，将工具 30 置于一个烤箱或热压罐之中，并加热到发泡材料厂商所指定的加热温度，对于 B.F.goodrich # PL657 材料来说，是在大约 260℃的温度下加热大约 90 分钟。

为了固化发泡材料 64，最好采用图 5 所示的用电加热的网膜片 72。在该网膜片 72 的上表面 76 上固定电热条 74，电热条 74 的位置位于槽 62 之上，或者在制作网膜片 72 时就在其中设置电热条 74。可以将一个绝热毯子

77, 部分如图 5 中虚线所示, 覆盖在网膜片 72 的顶面上, 以便在固化过程中减少向周围空气的散热, 降低将发泡材料 64 保持在高温度下所需的电能。与电热条相邻的温度传感器 78 产生一个信号, 通过导线 79 传送到一个控制器 80, 该控制器监视网膜片 72 的温度, 并调节由电源 82 向电热条 74 提供的电能, 以便将温度保持在位于槽 62 中的发泡材料 64 所需的固化温度上。由于采用了上述电热网膜片 72, 因此在固化过程中不必使用昂贵的烤箱, 从而减少了制作过程的成本。

在对发泡材料 64 进行固化之后, 去掉真空袋 71 和网膜片 70 或 72, 并在工具表面 60 上或槽 62 的两侧涂覆一层脱模涂层, 但是不涂覆在位于槽 62 中的铺垫发泡材料 64 上。上述脱模涂层的作用在于当将工件从工具 30 中取出来时, 工件不会粘在工具表面上。工件的工具侧皮层 85 的各层被置于工具表面 60 上, 覆盖槽 62, 并如图 3 所示越过该槽一定的距离, 以便提供一个余量或边缘。如果工件是一个具有蜂窝芯子的夹层工件, 蜂窝芯件 84 将通过元件 84 之间的粘性膨胀发泡材料置于上述多层工具侧皮层的顶面上。用于槽 62 中的膨胀发泡材料 64 也可以方便地用于将蜂窝元件 84 粘合在一起。

将一个通气条 87 置于多层工具侧皮层 85 的附近, 并将真空袋 71 置于多层工具侧皮层 85 和诸如蜂窝芯件之类的其他部件之上。采用密封条 75 或者所述技术领域熟知的其他类似物, 将真空袋 71 的边缘围绕槽 62 的外侧密封在工具表面上。真空袋 71 之下的空间以及密封油灰周边的内部由真空泵 86 来抽真空, 该真空泵 86 通过一个抽真空导管 88 与位于槽 62 附近的工具中的真空接口 90 相粘接。在将工具 30 送到一个热压罐(图中未示)的过程中, 可以采用安装在上述真空接口上的单向阀(图中未示)来保持真空。在上述热压罐中, 将真空接口 90 重新粘接到真空源 86, 并对热压罐进行加压和加热, 使各层中预先浸泡的树脂流出并固化, 同时通过抽真空导管 88 将固化树脂所产生的任何气体抽出。

在各层和部件中的树脂固化之后, 将热压罐中的温度和压力降低到室温常压(RTP), 并将工具 30 输送到机床的基座 42 上。工具 30 的支持结构 34 上的可伸缩的脚部 94 被缩回, 以便使支持结构 34 下侧的基准表面 96 与机床的基座 42 相啮合。这样就确定了工具 30 的表面 60 与机床基座 42 相距的垂直位置, 这是机床程序所“已知”的距离, 该程序控制龙门式机床的

移动。在其他任何时间中，上述可缩回的脚步 94 都处于伸出的状态，换句话说，在工具 30 的存放和移动过程中，以及皮层材料和构成材料在工具 30 上层叠的过程中，上述可伸缩脚步处于伸出状态，以便保护精确的接地基准表面 96 不会产生划痕或者受到其他损伤，这样的损伤将会影响基准表面 5 96 与顶板 32 的顶部表面 60 之间的距离。

通过材料定位装置，包括图 7、8 中所示的设置点 98 和正弦键 100，来确定工具 30 在机床基座 42 上的位置和取向。上述设置点 98 包括板 102(通过焊接或其他方式将它牢固地固定在工具 30 的支持结构 34 的下侧)以及在该板 102 上精确地钻出和搭接的垂直孔 104。如图 2 所示，将一个其直径典型为 2 英寸的地脚销子 106 以紧密滑动配合方式插入到上述孔 104 中，和使之插入到机床基座 42 上某一个被选中的具有相同尺寸的孔 108 中。如图 7、8 所示，所述正弦键 100 包括板 110，它如同板 102 那样被固定在支持结构 34 的下侧。在板 110 上精确地钻出和搭接了一个较小的垂直孔 112。同样，将一个其直径典型为 13/16 英寸的地脚销子以紧密滑动配合方式插入到所述孔 112 中，并向下穿过板 110，进入到机床基座 42 上的 T 形槽 116 中，所述孔 108 对准该槽。当销子 106 和 114 被定位于板 102 和 110 之上，向下穿过孔 108 和槽 116 时，工具 30 在机床基座 42 的位置就会被唯一地予以确定。通过确定销子所在的槽 116 和孔 108，就能够将其位置输入到机床的控制程序中。这一信息连同输入到机床控制器 46 之中的工具形状数据和工件形状数据，就足以使机床控制器引导机床进行所需的切削操作。

参见图 9，它以示意的方式显示了如何将数字工件数据转换为机床 44 的控制器所能理解和执行的机器指令，以便使机床能够对工件进行所需的加工，例如切边和钻孔。存储在中心计算机 122 中的数字工件模型 120 被送到 NC 机床的编程器，该编程器采用上述工件模型 120 来产生程序 124。25 所述程序包括各种信息，例如刀具的种类、刀具轴速度、刀具给进速度、切削深度、刀具的加工次数和行进路径等等。上述 NC 机床程序由一个后处理器 126 来进行处理，以便产生一种其格式和载体能够被机床控制器 46 读出的程序。该程序被送入到一个数据库管理系统进行存储，以便在需要时可以取出。当一个机床操作者准备好制作工件时，将上述程序调出，送入到机床控制器并执行该程序，以便在将工件固定在机床的基座 42 上并确认其位置之后进行所需的切削加工。30

某些工件需要在脱离工具侧皮层的条件下制作单独的芯件，然后再经过一次操作与工具侧皮层和真空袋侧皮层装配在一起，并一起予以固化。对于这样的工件来说，将单层的石墨环氧树脂置于工具的表面 60 上，并将蜂窝芯件置于工具侧层的上面。在发泡芯件之间插入诸如由 B.F.Goodrich #

5 PL657 制成的发泡材料条。在组件上述覆盖一个真空袋，并采用一个真空泵来抽真空。将该工具置于一个热压罐中，将其中的温度和压力提高到固化所需要的数值。在该方法中，没有必要采用衬板来对槽 62 中的发泡材料单独进行固化，因为蜂窝芯件覆盖并跨越该槽，提供了一种支持，以便防止真空袋在固化之前使得槽 62 中的发泡材料产生凹陷。在芯件被固化之后，

10 将工具送到机床，并安装在机床的基座 42 上，使之位于所需的位置。对芯件进行加工，产生采用它的工件所需要的雕刻形状，并沿着槽 62 对芯件的周边进行切削，以便将芯件从工具中取出。经过雕刻和加工的芯件被取出，并安装在同一个或另一个工具的工具侧皮层上。在芯件上施加真空袋侧皮层，并将一个真空袋置于并密封于工具之上。对上述真空袋抽真空，并将

15 工具置于一个热压罐中，以便对两种皮层进行共固化。

对芯件 84 进行加工以产生工件所需的雕刻形状是一种有效和精确的技术，用于使芯件产生所需的形状。然而，实践表明在进行加工之后要除去芯子孔洞中的灰尘和碎片是很困难的，尤其是在直到真空袋皮层被固化之前将工件固定在工具上的情况下就更是如此。为了便于从芯子孔洞中除去

20 灰尘和碎片，将图 10 所示的真空工具 130 滑过在芯件的顶部表面上。该真空工具具有一个罩子 132，它具有一个用于安装真空吸管 136 的粘接件 134。在罩子 132 的另一侧安装了一个跨过其开口的管子 138。该管子 138 具有一排小孔 140，小孔朝着罩子的开口方向，在管子 138 的端部设有一个能够快速拆卸的粘接件 142，用于将该管子与一个压缩空气管 144 相粘接。

25 在操作的过程中，将所述真空工具与来自诸如吸尘器之类的真空源的真空吸管 136 相粘接，并将压缩空气管 144 粘接到粘接件 142 上。将罩子放置使其开口于蜂窝芯件的表面上，由一排小孔 140 吹出的空气将蜂窝孔洞中的灰尘吹出，然后通过真空吸管 136 将含有灰尘的空气从罩子 132 中抽出。从小孔 140 吹出的空气速率小于真空源从真空罩子 132 抽出的空气

30 速率，因此不会有灰尘从罩子 132 中吹出去。沿着罩子 132 前端边缘的一排浅槽使得空气能够被吸入到罩子中，从而能够防止在罩子内部形成真空，

这样的真空将会妨碍罩子在芯件 84 的表面上移动。

- 这样，本发明通过提供一个用于在敷层工具上层叠和固化/粘接工件的方法和装置，并提供对蜂窝芯件进行雕刻以及在工件仍然位于原始工具和仍然处于原始位置的条件下对工件进行修正和钻孔的装置，从而实现了本
- 5 发明的目的。本发明克服了已知方法和装置所存在的问题，大大改进了制作工艺，使之能够符合规定的公差要求，并显著地减少了制作、维护和储存工具的成本。这种经过改善的具有较小公差的制作技术使新型技术的采用成为可能，采用这样的技术能够制作大型的敷层工件，例如统计公差和确定装置，从而进一步提高了质量，降低了采用所述工件的装置的成本。
- 10 显然，在本发明的基础上，本技术领域里的普通技术人员还能够作出种种改进。因此应当指出的是，这些改进及其等同技术都在下述权利要求的范围之内。

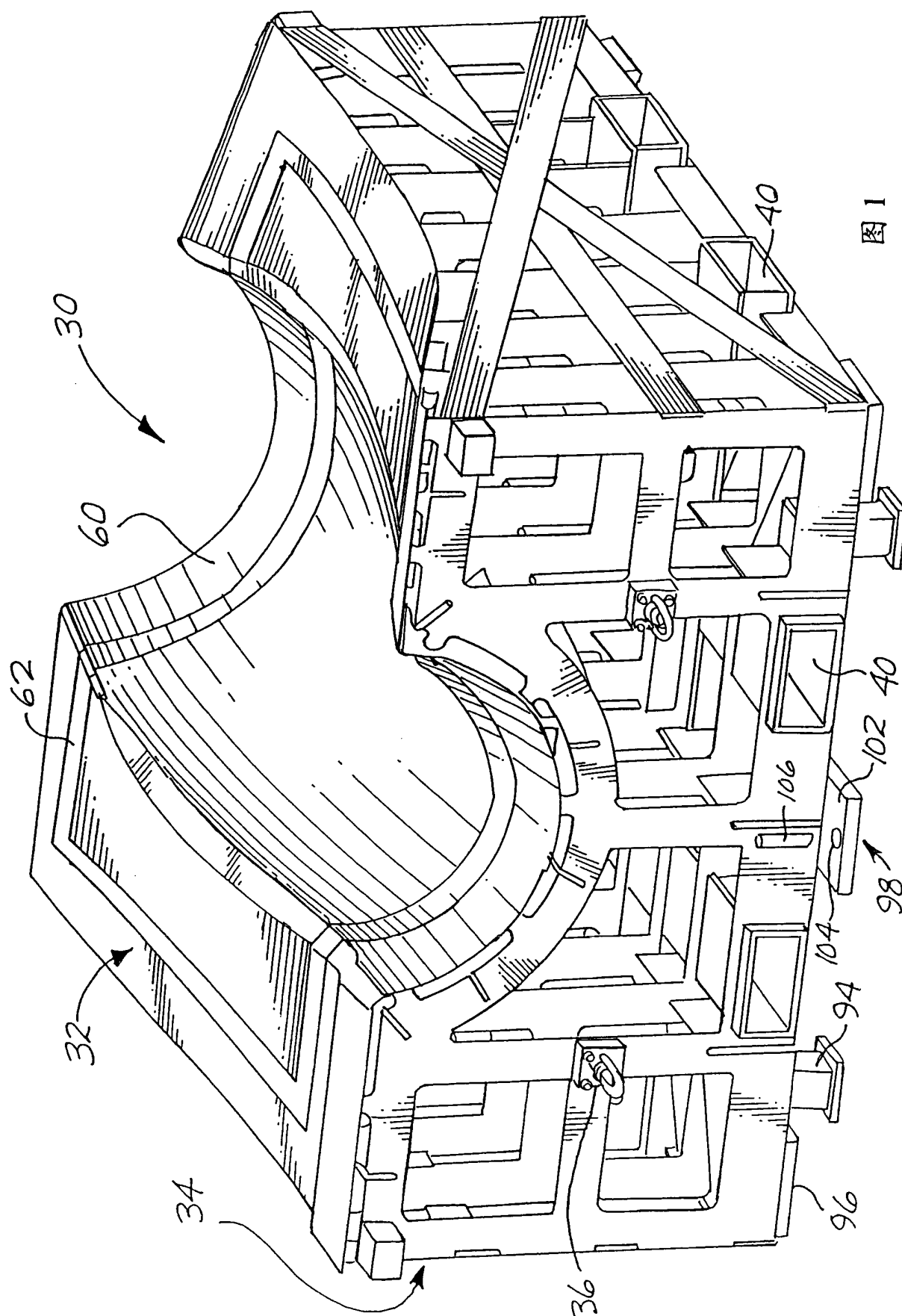


图1

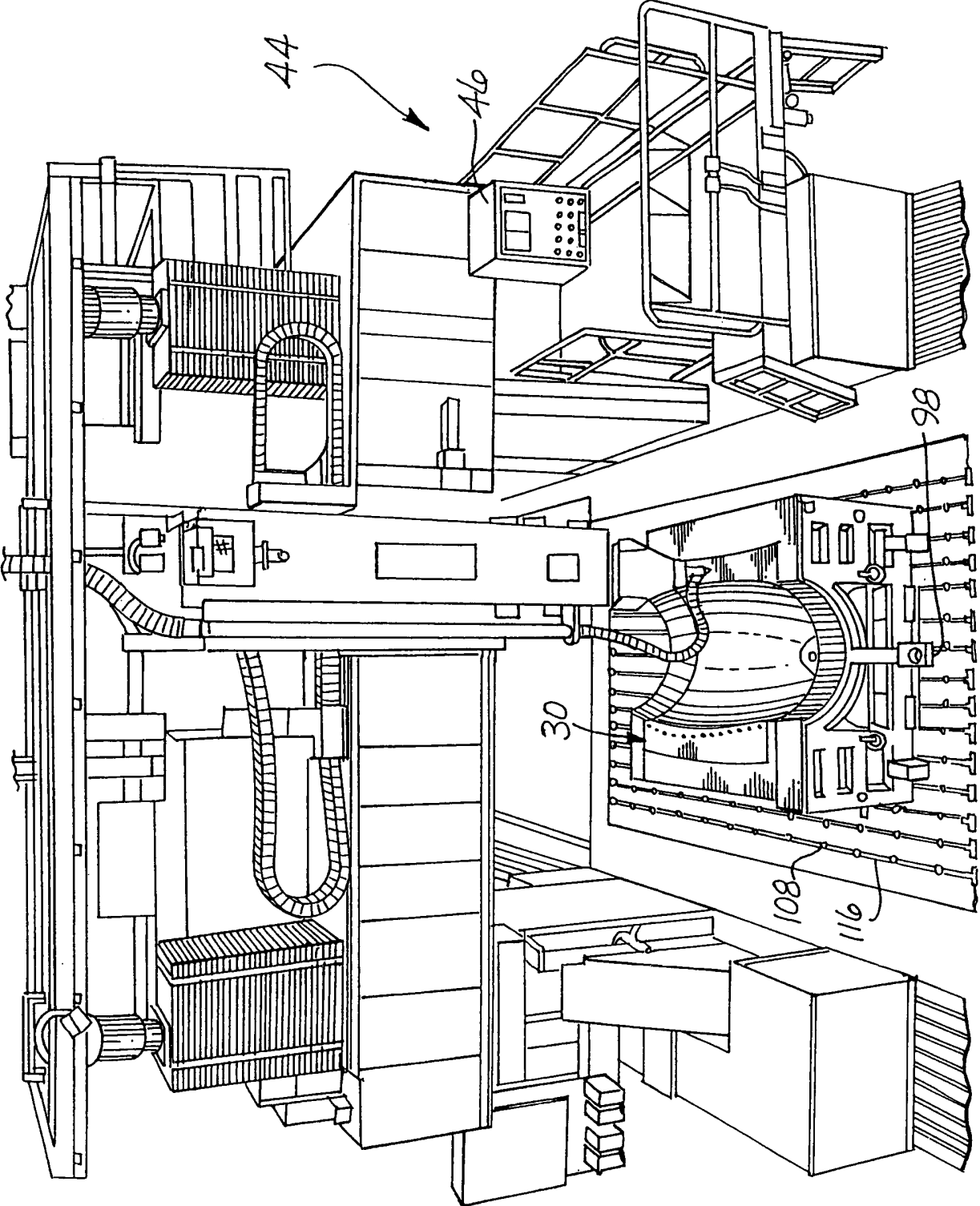


图 2

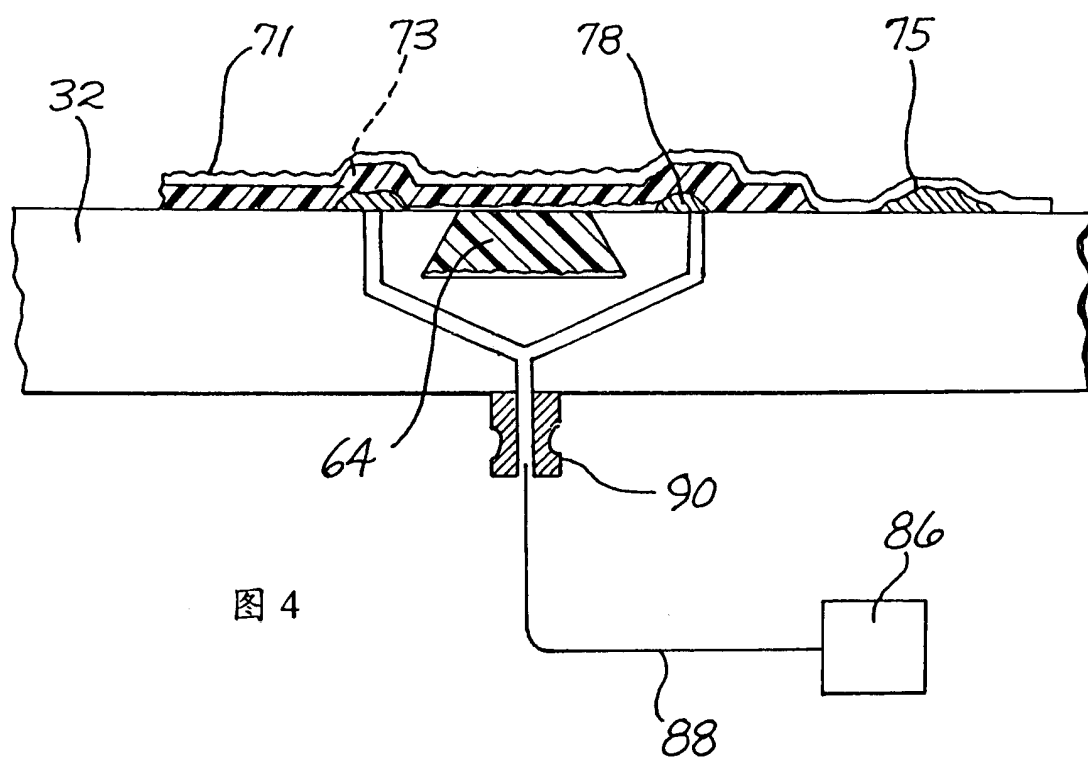


图 4

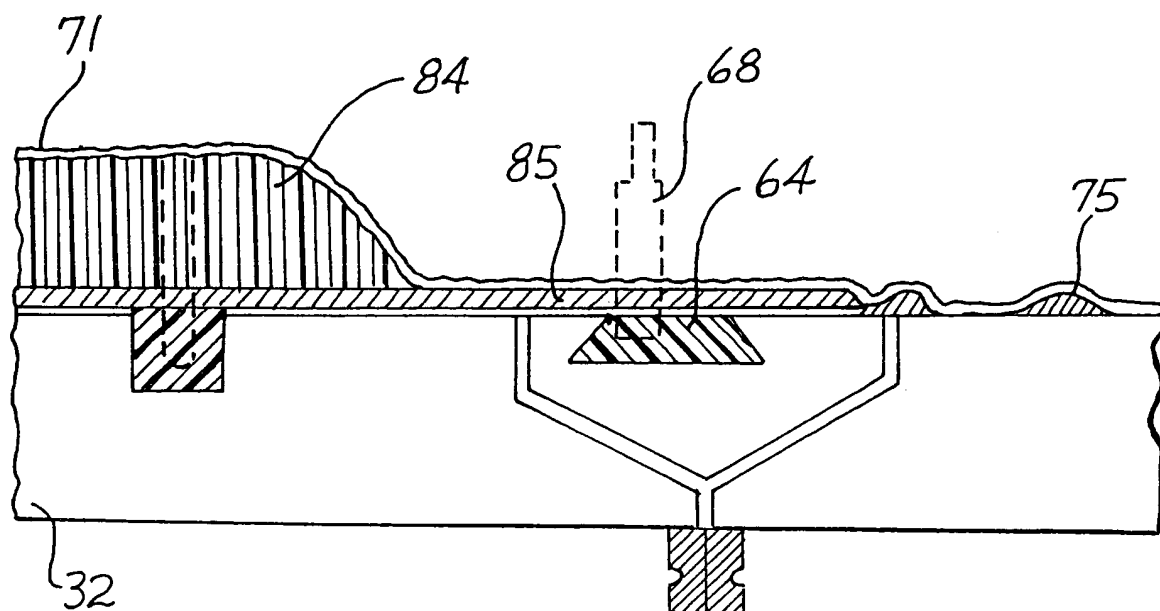


图 3

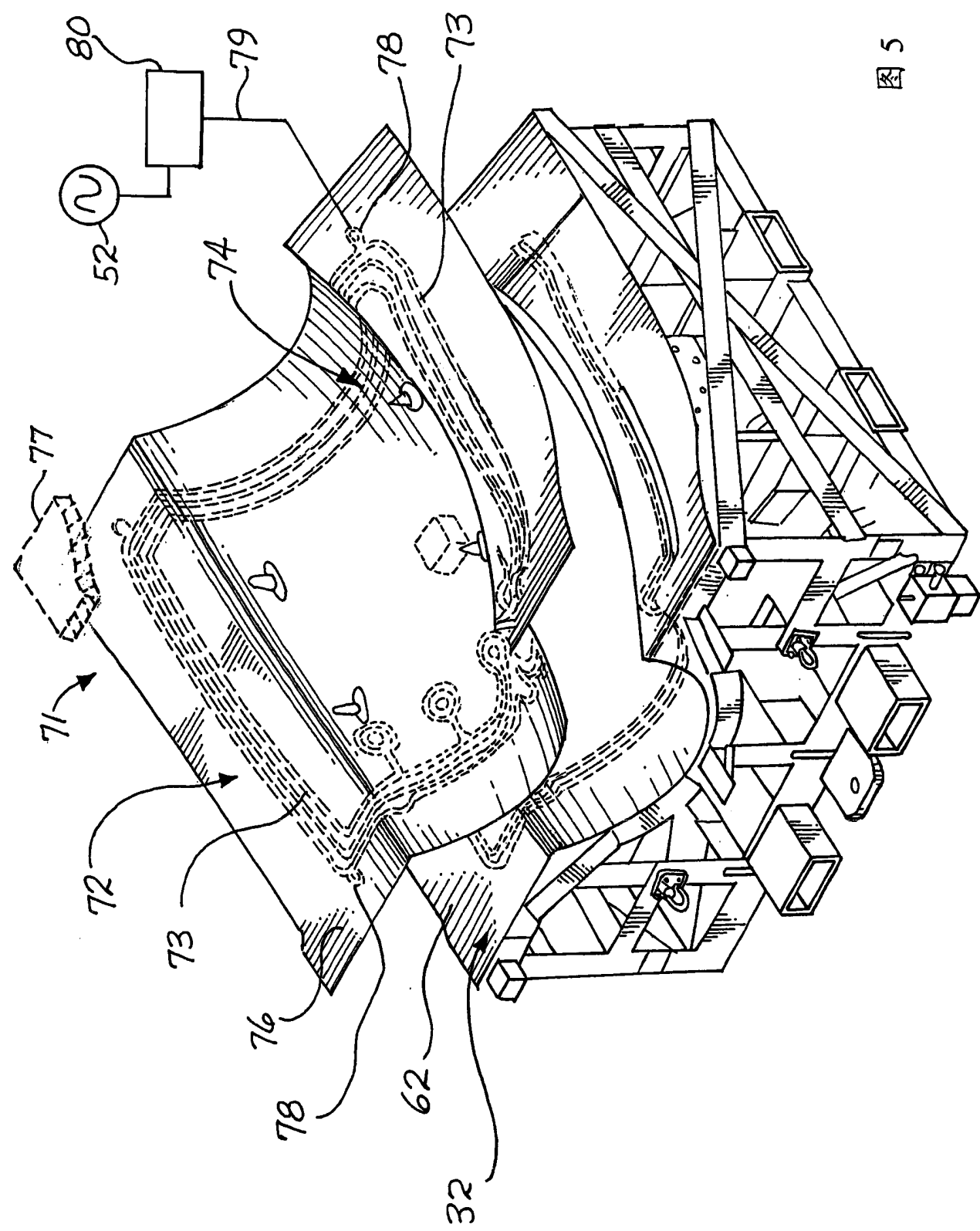


图 5

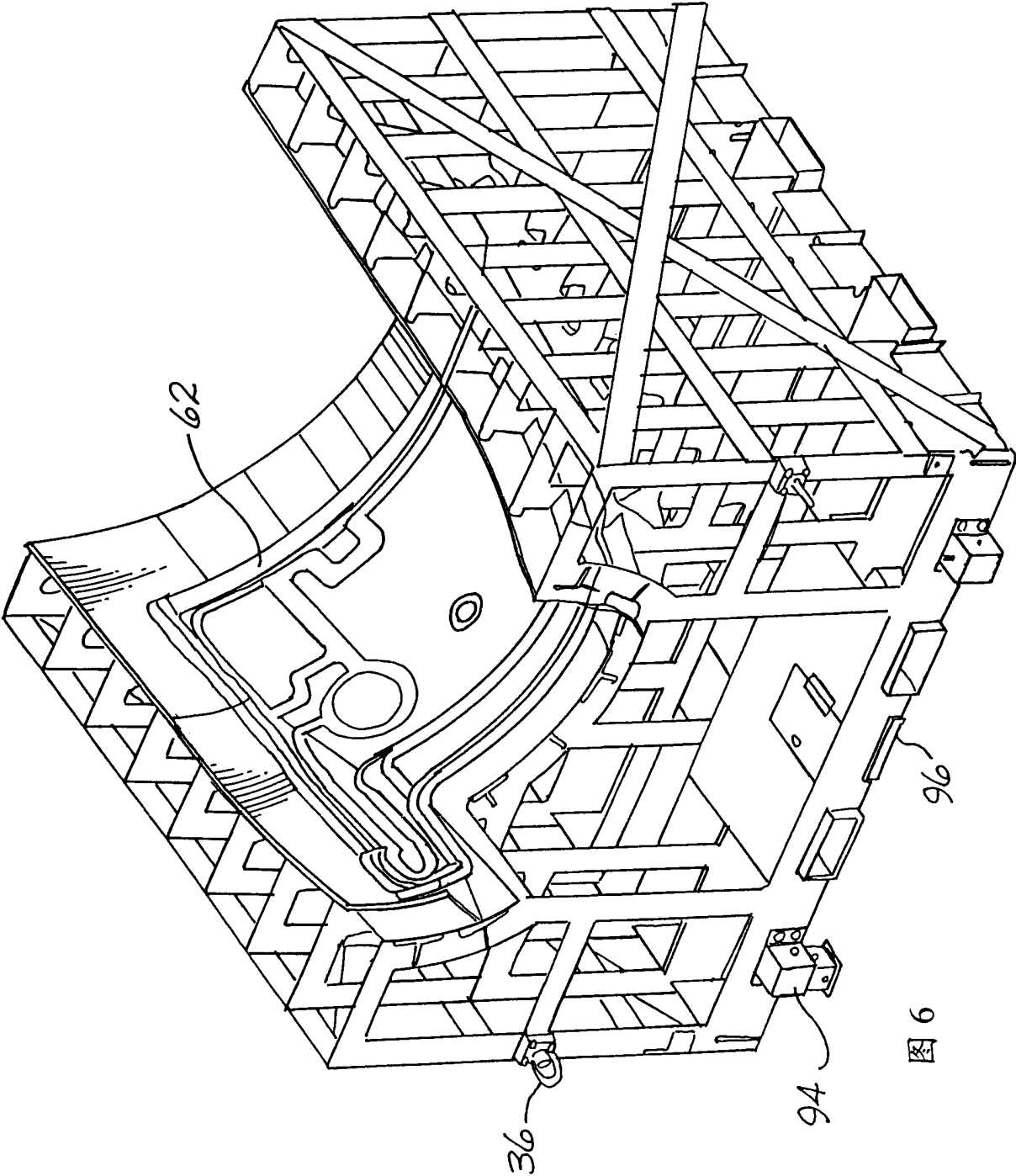


图 6

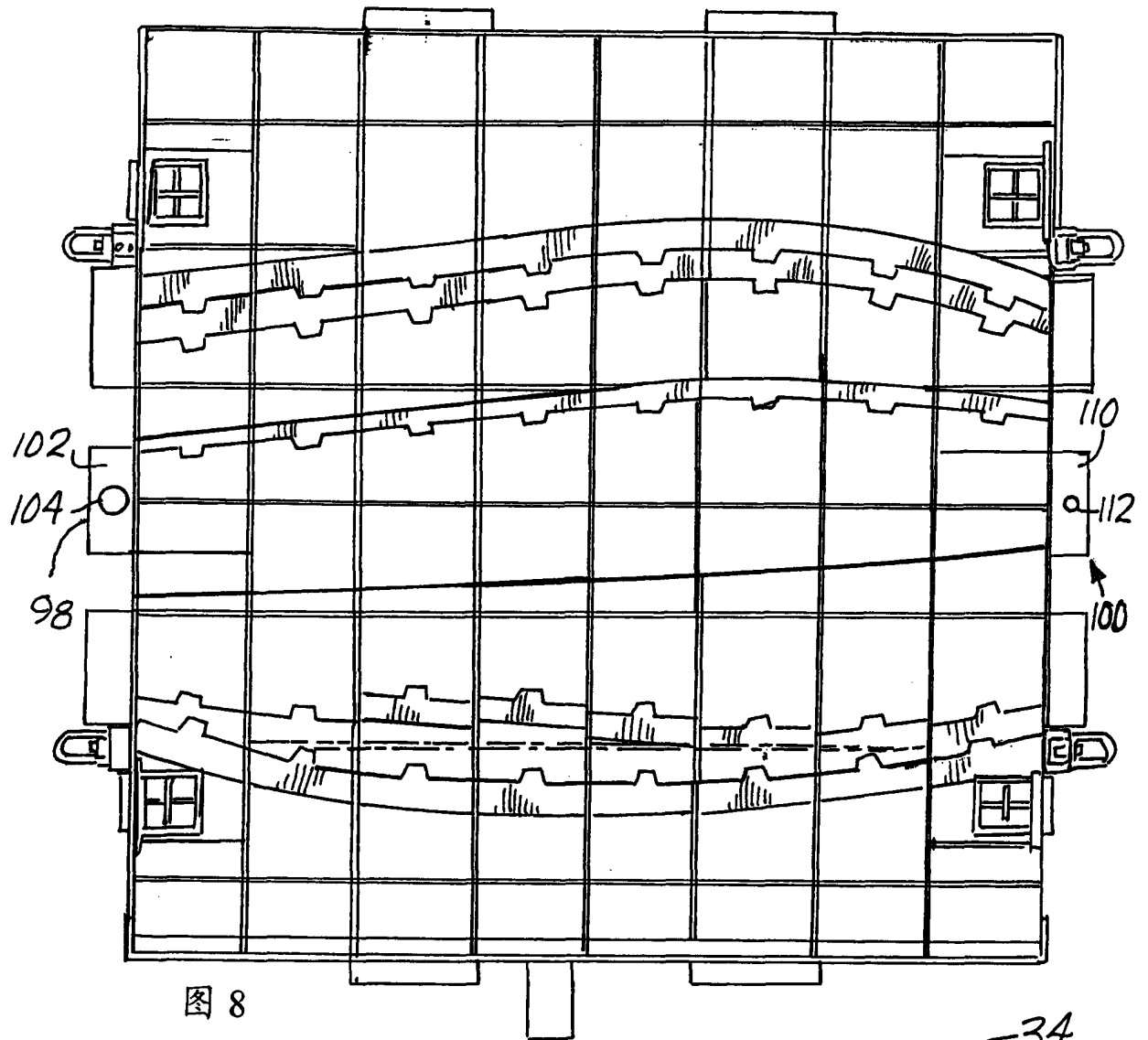


图 8

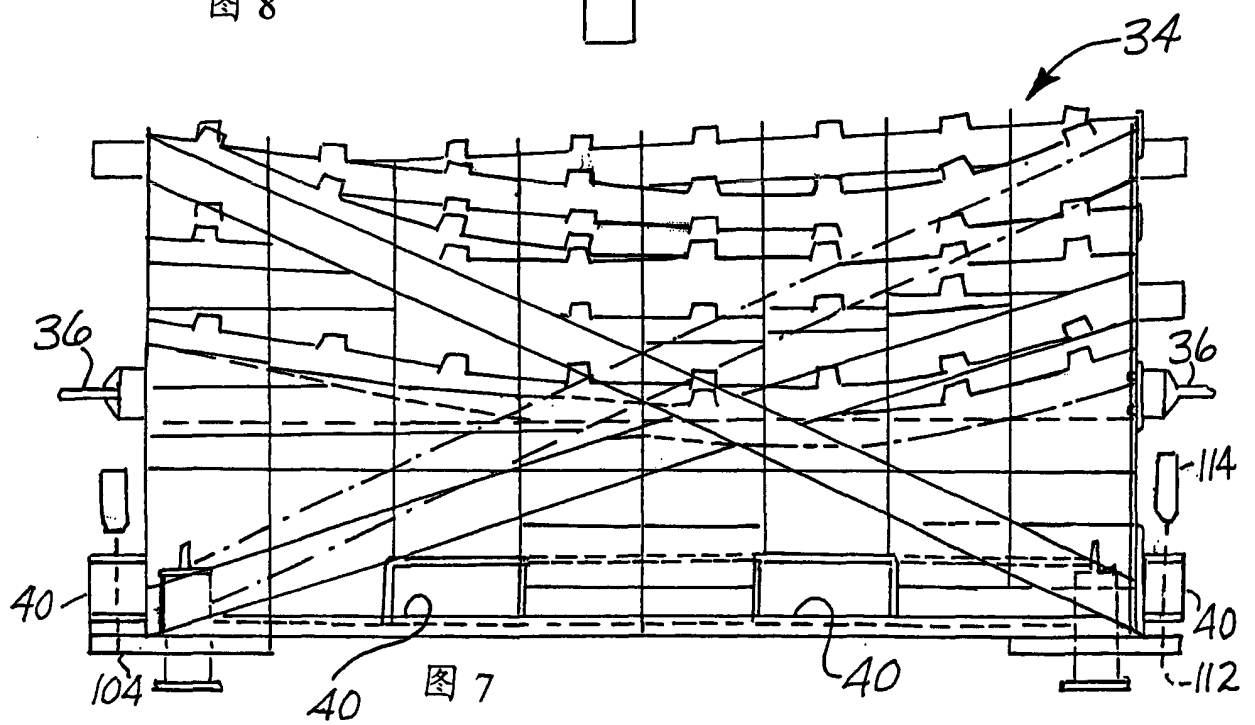
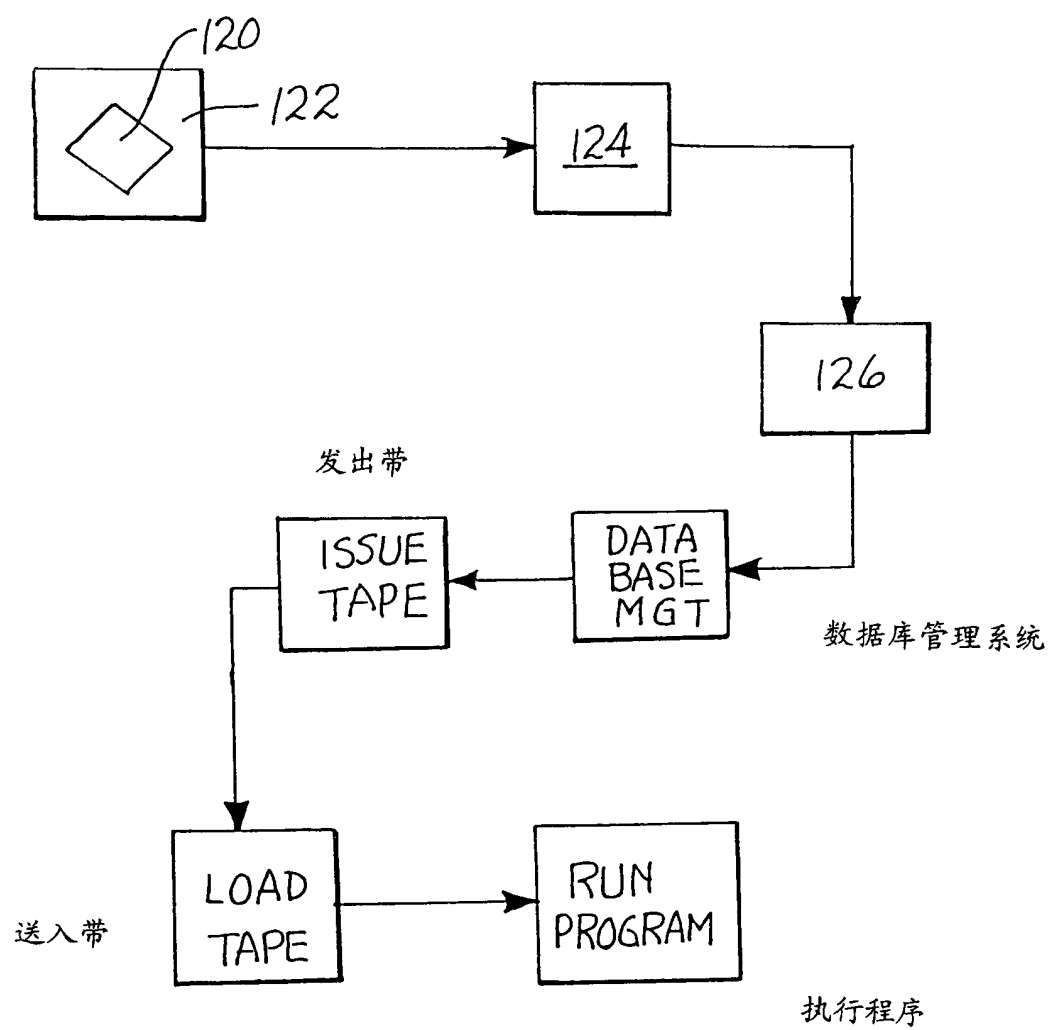


图 7

图 9



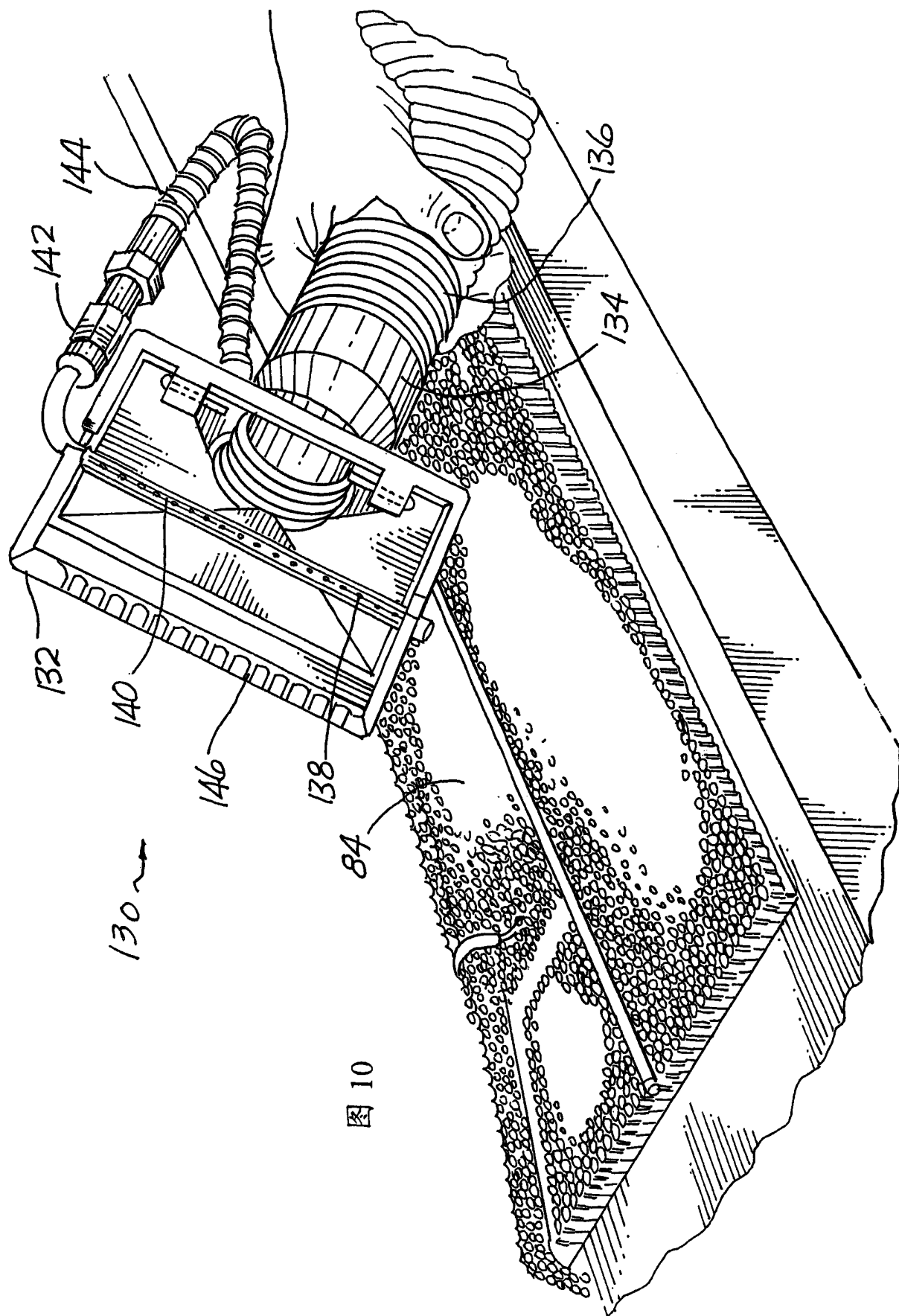


图 10