



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106958486 B

(45)授权公告日 2019.03.26

(21)申请号 201610979737.1

(22)申请日 2016.11.08

(65)同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 106958486 A

(43)申请公布日 2017.07.18

(30)优先权数据  
14/990898 2016.01.08 US

(73)专利权人 通用电气公司  
地址 美国纽约州

(72)发明人 M.R.切尔尼 J.R.梅纳  
T.库皮塞夫斯基 J.佩格拉姆

(74)专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公  
司 72001  
代理人 严志军 刘林华

(51)Int.Cl.

F02C 7/143(2006.01)

F02C 7/18(2006.01)

(56)对比文件

CA 2895602 A1,2015.12.30,

US 8307662 B2,2012.11.13,

US 2479071 A,1949.08.16,

审查员 周强

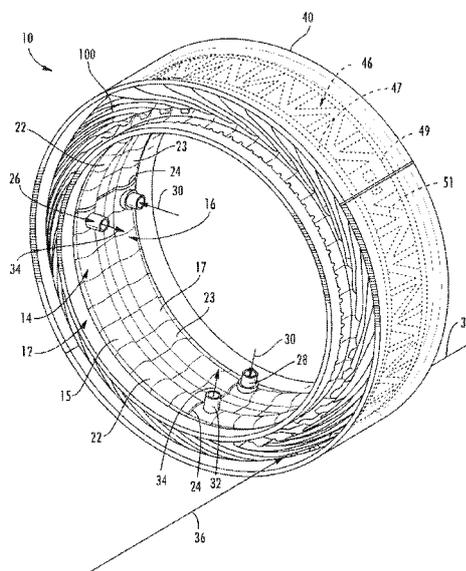
权利要求书2页 说明书12页 附图13页

(54)发明名称

使用环形换热器冷却流体的方法

(57)摘要

本发明涉及使用环形换热器冷却流体的方法。具体而言,提供了冷却燃气涡轮发动机的环形管道中的热流体的方法。该方法可包括引导热流体穿过多个冷却通道,该多个冷却通道在环形管道内沿径向分层以限定热传递区域,以及使冷却流体传送穿过环形管道,使得冷却流体在沿径向分层的冷却通道之间传送。此外或作为备选,该方法可包括将热流体传送到第一内径向管中,穿过限定于在环形管道内沿径向分层的多个弯曲板内的多个冷却通道,且到第二内径向管中;以及使冷却流体穿过环形管道。



1. 一种冷却燃气涡轮发动机的环形管道中的热流体的方法,包括:

引导所述热流体穿过多个冷却通道,所述多个冷却通道在所述环形管道内沿径向分层以限定热传递区域;以及

使冷却流体传送穿过所述环形管道,使得所述冷却流体在沿径向分层的冷却通道之间传送;

所述多个冷却通道限定在多个弯曲板内,所述多个弯曲板在所述环形管道内沿径向分层,且其中各个弯曲板从径向内部部分到径向外部分横越所述环形管道。

2. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述冷却流体大体上在所述燃气涡轮发动机的轴向方向上流过所述环形管道。

3. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述冷却流体的至少90%流过所述环形管道的热传递区域。

4. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述冷却流体的至少95%流过所述环形管道的热传递区域。

5. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述冷却流体的至少99%流过所述环形管道的热传递区域。

6. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,每个冷却通道从沿着所述弯曲板的所述径向内部部分的第一开口延伸至沿着所述弯曲板的所述径向内部部分的第二开口。

7. 根据权利要求6所述的方法,其特征在于,间隙限定在径向相邻的弯曲板之间,所述冷却流体流过所述间隙。

8. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述冷却流体为所述燃气涡轮发动机的风扇空气,且其中所述热流体为所述燃气涡轮发动机的放出空气。

9. 一种冷却燃气涡轮发动机的环形管道中的热流体的方法,包括:

引导所述热流体穿过多个冷却通道,所述多个冷却通道在所述环形管道内沿径向分层以限定热传递区域,其中,所述多个冷却通道限定在多个弯曲板内,所述多个弯曲板在所述环形管道内沿径向分层,且其中各个弯曲板从径向内部部分到径向外部分横越所述环形管道;以及

使冷却流体在所述燃气涡轮发动机的轴向方向上传送穿过所述环形管道,其中所述冷却流体的至少90%流过所述环形管道的热传递区域。

10. 根据权利要求9所述的方法,其特征在于,所述冷却流体的至少95%流过所述环形管道的热传递区域。

11. 根据权利要求9所述的方法,其特征在于,所述冷却流体的至少99%流过所述环形管道的热传递区域。

12. 根据权利要求9所述的方法,其特征在于,其中各个弯曲板在结构上受支撑,使得各个弯曲板相对于所述环形管道的热膨胀在至少一个方向上不受限。

13. 根据权利要求9所述的方法,其特征在于,所述冷却流体为所述燃气涡轮发动机的风扇空气,且其中所述热流体为所述燃气涡轮发动机的放出空气,其中,每个冷却通道从沿着所述弯曲板的所述径向内部部分的第一开口延伸至沿着所述弯曲板的所述径向内部部分的第二开口。

14. 一种冷却燃气涡轮发动机的环形管道中的热流体的方法,包括:

使所述热流体传送到第一内径向管中,穿过限定于在所述环形管道内沿径向分层的多个弯曲板内的多个冷却通道,且到第二内径向管中,其中各个弯曲板从径向内部部分到径向外部部分横越所述环形管道;以及

使冷却流体传送穿过所述环形管道。

15. 根据权利要求14所述的方法,其特征在于,各个弯曲板包括限定多个第一凹槽的内板和限定多个第二凹槽的外板,其中所述外板附接至所述内板,其中所述多个第一凹槽和所述多个第二凹槽大致对准以限定其间的多个冷却通道。

16. 根据权利要求14所述的方法,其特征在于,各个冷却通道限定具有从第一开口延伸穿过所述弯曲板至第二开口的至少一个弯曲部的非线性路径,其中所述第一开口与所述第一内径向管流体连通,且其中所述第二开口与所述第二内径向管流体连通。

17. 根据权利要求15所述的方法,其特征在于,各个弯曲板还包括定位在所述内板与所述外板之间的整体壁,使得所述热流体传送穿过所述多个冷却通道内的第一通路和第二通路。

18. 根据权利要求17所述的方法,其特征在于,各个弯曲板的外板限定测量为从第一端到第二端的最短距离的弦长,且其中所述外板限定从所述第一端到第二端跨过其外表面测得的弧长,且进一步其中所述弧长为所述弦长的105%到150%。

19. 根据权利要求14所述的方法,其特征在于,所述冷却流体为所述燃气涡轮发动机的风扇空气,且其中所述热流体为所述燃气涡轮发动机的放出空气。

20. 根据权利要求14所述的方法,其特征在于,所述冷却流体的至少90%流过所述环形管道的从所述第一内径向管和所述第二内径向管到外支撑结构沿径向向外限定的热传递区域。

## 使用环形换热器冷却流体的方法

[0001] 联邦政府资助研究

[0002] 本发明是在海军部门授予的合同号N00014-10-D-0010下利用政府资助作出的。政府可具有本发明中的一些权利。

### 技术领域

[0003] 本发明大体上涉及燃气涡轮发动机，并且更具体地涉及用于冷却高压热放出空气的燃气涡轮发动机的风扇管道中的换热布置。

### 背景技术

[0004] 许多商用飞行器燃气涡轮发动机使用从核心发动机压缩机放出的高压热空气来自飞行器上的不同系统使用。具体而言，高压空气是飞行器上的多种任务所需的，诸如防冰和客舱冷却。然而，在使用空气之前，空气的温度必须根据各个特定任务的要求降到合理水平。

[0005] 冷却高压压缩机放出空气的一种当前方法在于从嵌入发动机壳内的发动机风扇管道获得或放出空气。来自风扇管道的较冷的放出空气和来自核心发动机压缩机的高压的较热的放出空气然后传送穿过换热器，在该处，较热的高压空气将其一些热能让给较冷的风扇管道放出空气。

[0006] 换热过程的使用是必需的，但用于获得热传递的当前系统过于复杂。在一个系统中，管路的精细布局用于使高压放出空气传送至飞行器，且将较冷的风扇管道放出空气传递至换热器的位置。当较冷的风扇管道放出空气到达换热器且执行其冷却任务时，由于管路的各种弯头和转向的摩擦损失，其失去其大部分压力（推力潜能）。在从换热器流出之后，风扇管道放出空气从飞行器结构向外排放，具有可忽略的推力益处。风扇管道放出空气推力损失对发动机燃料消耗率的影响是显著的。此外，过于复杂的放出空气管路显著地增加飞行器的重量。

[0007] 因此，仍然保持对于用于执行将避免现有技术经历的风扇管道放出空气损失的热传递操作的布置中的改善的需要。

### 发明内容

[0008] 本发明的方面和优点将在以下描述中阐述，或可从描述中清楚，或可通过实施本发明理解到。

[0009] 大体上提供了一种弯曲板。在一个实施例中，弯曲板包括限定多个第一凹槽的内板以及限定多个第二凹槽的外板。外板附接至内板，其中多个第一凹槽和多个第二凹槽大致对准以在其间限定多个通道。各个通道从弯曲板的第一端的第一部分上的第一开口延伸至第一端的第二部分上的第二开口。

[0010] 大体上还提供了一种用于形成弯曲板的方法。在一个实施例中，该方法包括冲压第一金属板材以形成限定多个第一凹槽的第一板；冲压第二金属板材以形成限定多个第二

凹槽的第二板;以及此后,将第一板材层压至第二板材以形成弯曲板,使得多个第一凹槽和多个第二凹槽大致对准以在其间限定多个通道。各个通道从弯曲板的第一端的第一部分上的第一开口延伸,穿过限定在各个通道中的弯曲部,且延伸至第一端的第二部分上的第二开口。

[0011] 大体上还提供了一种跨管道节段。在一个实施例中,跨管道节段包括从第一端延伸至第二端且在其间限定中空通路的主管,在限定于主管内的孔口的第一侧上附接至主管的外表面的下平台,以及在与第一侧相对的孔口的第二侧上附接至主管的外表面的上平台。上平台与下平台整体结合以在其间限定供应通道,且供应通道通过由主管限定的孔口与主管的中空通路流体连通。下平台和上平台限定对接部,其限定与由主管限定的中空通路流体连通的多个通道。

[0012] 在一个实施例中,大体上对于燃气涡轮发动机提供了环形换热器。环形换热器可包括第一环形环,其包括由多个跨管道节段限定的第一主管;第二环形环,其包括由多个跨管道节段(诸如上文所述的)限定的第二主管,以及弯曲板,弯曲板限定其中的至少一个通道,该至少一个通道与第一主管的跨管道节段和第二主管的跨管道节段流体连通。

[0013] 大体上还提供了冷却燃气涡轮发动机的环形管道中的热流体的方法。在一个实施例中,该方法包括引导热流体穿过多个冷却通道,该多个冷却通道在环形管道内沿径向分层以限定热传递区域,以及使冷却流体传送穿过环形管道,使得冷却流体在沿径向分层的冷却通道之间传送。此外或作为备选,该方法可包括引导热流体穿过多个冷却通道,该多个冷却通道在环形管道内沿径向分层以限定热传递区域,以及使冷却流体传送穿过环形管道,使得冷却流体在沿径向分层的冷却通道之间传送。此外或作为备选,该方法可包括将热流体传送到第一内径向管中,穿过限定于在环形管道内沿径向分层的多个弯曲板内的多个冷却通道,且到第二内径向管中;以及使冷却流体传送穿过环形管道。

[0014] 技术方案1. 一种冷却燃气涡轮发动机的环形管道中的热流体的方法,包括:

[0015] 引导所述热流体穿过多个冷却通道,所述多个冷却通道在所述环形管道内沿径向分层以限定热传递区域;以及

[0016] 使冷却流体传送穿过所述环形管道,使得所述冷却流体在沿径向分层的冷却通道之间传送。

[0017] 技术方案2. 根据技术方案1所述的方法,其中,所述冷却流体大体上在所述燃气涡轮发动机的轴向方向上流过所述环形管道。

[0018] 技术方案3. 根据技术方案1所述的方法,其中,所述冷却流体的至少90%流过所述环形管道的热传递区域。

[0019] 技术方案4. 根据技术方案1所述的方法,其中,所述冷却流体的至少95%流过所述环形管道的热传递区域。

[0020] 技术方案5. 根据技术方案1所述的方法,其中,所述冷却流体的至少99%流过所述环形管道的热传递区域。

[0021] 技术方案6. 根据技术方案1所述的方法,其中,所述多个冷却通道限定在多个弯曲板内,所述多个弯曲板在所述环形管道内沿径向分层,且其中各个弯曲板从径向内部分到径向外部分横越所述环形管道。

[0022] 技术方案7. 根据技术方案6所述的方法,其中,间隙限定在径向相邻的弯曲板之

间,所述冷却流体流过所述间隙。

[0023] 技术方案8. 根据技术方案1所述的方法,其中,所述冷却流体为所述燃气涡轮发动机的风扇空气,且其中所述热流体为所述燃气涡轮发动机的放出空气。

[0024] 技术方案9. 一种冷却燃气涡轮发动机的环形管道中的热流体的方法,包括:

[0025] 引导所述热流体穿过多个冷却通道,所述多个冷却通道在所述环形管道内沿径向分层以限定热传递区域;以及

[0026] 使冷却流体在所述燃气涡轮发动机的轴向方向上传送穿过所述环形管道,其中所述冷却流体的至少90%流过所述环形管道的热传递区域。

[0027] 技术方案10. 根据技术方案9所述的方法,其中,所述冷却流体的至少95%流过所述环形管道的热传递区域。

[0028] 技术方案11. 根据技术方案9所述的方法,其中,所述冷却流体的至少99%流过所述环形管道的热传递区域。

[0029] 技术方案12. 根据技术方案9所述的方法,其中,所述多个冷却通道限定在多个弯曲板内,所述多个弯曲板在所述环形管道内沿径向分层,且其中各个弯曲板在结构上受支撑,使得各个弯曲板相对于所述环形管道的热膨胀在至少一个方向上不受限。

[0030] 技术方案13. 根据技术方案9所述的方法,其中,所述冷却流体为所述燃气涡轮发动机的风扇空气,且其中所述热流体为所述燃气涡轮发动机的放出空气。

[0031] 技术方案14. 一种冷却燃气涡轮发动机的环形管道中的热流体的方法,包括:

[0032] 使所述热流体传送到第一内径向管中,穿过限定于在所述环形管道内沿径向分层的多个弯曲板内的多个冷却通道,且到第二内径向管中;以及

[0033] 使冷却流体传送穿过所述环形管道。

[0034] 技术方案15. 根据技术方案14所述的方法,其中,各个弯曲板包括限定多个第一凹槽的内板和限定多个第二凹槽的外板,其中所述外板附接至所述内板,其中所述多个第一凹槽和所述多个第二凹槽大致对准以限定其间的多个通道。

[0035] 技术方案16. 根据技术方案14所述的方法,其中,各个冷却通道限定具有从第一开口延伸穿过所述弯曲板至第二开口的至少一个弯曲部的非线性路径,其中所述第一开口与所述第一内径向管流体连通,且其中所述第二开口与所述第二内径向管流体连通。

[0036] 技术方案17. 根据技术方案14所述的方法,其中,各个弯曲板还包括定位在所述内板与所述外板之间的整体壁,使得所述热流体传送穿过所述多个通道内的第一通路和第二通路。

[0037] 技术方案18. 根据技术方案17所述的方法,其中,各个弯曲板的外板限定测量为从第一端到第二端的最短距离的弦长,且其中所述外板限定从所述第一端到第二端跨过其外表面测得的弧长,且进一步其中所述弧长为所述弦长的大约105%到大约150%。

[0038] 技术方案19. 根据技术方案14所述的方法,其中,所述冷却流体为所述燃气涡轮发动机的风扇空气,且其中所述热流体为所述燃气涡轮发动机的放出空气。

[0039] 技术方案20. 根据技术方案14所述的方法,其中,所述冷却流体的至少90%流过所述环形管道的从所述第一内管和所述第二内管到外支撑结构沿径向向外限定的热传递区域。

[0040] 本发明的这些及其它特征、方面和优点将参照以下描述和所附权利要求变得更好

理解。并入且构成本说明书的一部分的附图示出了本发明的实施例，且连同描述用于阐释本发明的原理。

### 附图说明

[0041] 包括针对本领域的普通技术人员的其最佳模式的本发明的完整且开放的公开内容在参照附图的说明书中阐述，在附图中：

[0042] 图1示出了根据用于燃气涡轮发动机的一个实施例的示例性环形换热器；

[0043] 图2示出了图1的示例性环形换热器的径向截面视图；

[0044] 图3示出了图1的示例性环形换热器的周向截面视图；

[0045] 图4从内部视图示出了图2的示例性环形换热器的径向截面视图；

[0046] 图5示出了附接到弯曲板的一端的跨管道节段的对接部的局部放大图；

[0047] 图6示出了沿其主管流体地连接的示例性跨管道节段的周向截面视图；

[0048] 图7示出了限定主管和对接部的示例性跨管道节段；

[0049] 图8示出了图7的示例性跨管道节段的周向截面视图；

[0050] 图9示出了如图7中的多个跨管道节段，其中相邻跨管道节段沿主管流体地连接；

[0051] 图10示出了限定多个通道的示例性弯曲板，通道从弯曲板的第一端的第一部分上的第一开口延伸，穿过限定在各个通道中的弯曲部，且延伸至第一端的第二部分上的第二开口；

[0052] 图11示出了图10的示例性弯曲板的另一个视图；

[0053] 图12示出了图10和图11的示例性弯曲板的第一端的一部分的局部放大图；以及

[0054] 图13示出了可包括根据一个实施例的示例性环形换热器的燃气涡轮发动机的一个实施例的截面视图。

[0055] 本说明书和附图中的参考标号的重复使用意在表示本发明的相同或相似的特征或元件。

[0056] 构件清单

[0057] 10 空气管道

[0058] 12 环形换热器

[0059] 14 第一环形环

[0060] 15 第一主管[200]

[0061] 16 第二环形环

[0062] 17 第二主管[200]

[0063] 20 跨管道节段

[0064] 22 独立区段

[0065] 23 独立区段

[0066] 24 边界壁

[0067] 26 供应管

[0068] 28 入口供应管

[0069] 30 供应流体(热空气)

[0070] 32 出口管

- [0071] 34 被冷却流体
- [0072] 36 冷却流体(风扇空气)
- [0073] 40 径向外壁
- [0074] 42 槽口
- [0075] 44 壳
- [0076] 46 结构支撑件
- [0077] 100 弯曲板
- [0078] 102 内板
- [0079] 104 第一凹槽
- [0080] 106 外板
- [0081] 108 第二凹槽
- [0082] 110 通道
- [0083] 112 整体壁
- [0084] 114 第一通路
- [0085] 116 第二通路
- [0086] 120 (通道的) 第一开口
- [0087] 122 (第一端的) 第一部分
- [0088] 124 (弯曲板的) 第一端
- [0089] 126 (通道的) 弯曲部
- [0090] 128 (通道的) 第二开口
- [0091] 130 (第一端的) 第二部分
- [0092] 132 (弯曲板的) 第二端
- [0093] 134 槽口
- [0094] 140 耳片
- [0095] 142 耳片孔口
- [0096] 跨管道区段
- [0097] 200 主管[200]
- [0098] 202 第一端
- [0099] 204 第二端
- [0100] 206 中空通路
- [0101] 208 孔口
- [0102] 210 供应通道
- [0103] 212 下平台
- [0104] 213 内表面
- [0105] 214 外表面
- [0106] 216 (孔口的) 第一侧
- [0107] 218 上平台
- [0108] 220 (孔口的) 第二侧
- [0109] 221 末端

- [0110] 222 对接部
- [0111] 224 (对接部中的)通道
- [0112] 226 最上部切线
- [0113] 228 切线
- [0114] 230 (下平台的)内表面
- [0115] 232 下凹槽
- [0116] 234 (上平台的)内表面
- [0117] 236 上凹槽
- [0118] 238 (对接部中的)槽口
- [0119] 240 公插入物
- [0120] 242 横梁
- [0121] 244 通路
- [0122] 252 第一翼
- [0123] 251 第一侧
- [0124] 254 第二翼
- [0125] 253 第二侧
- [0126] H 热气流
- [0127] C 冷却流体。

### 具体实施方式

[0128] 现在将详细参照本发明的实施例,其一个或多个示例在附图中示出。各个示例通过阐释本发明的方式提供,而不限制本发明。实际上,本领域的技术人员将清楚的是,在不脱离本发明的范围或精神的情况下可在本发明中作出各种改型和变型。例如,示为或描述为一个实施例的一部分的特征可结合另一个实施例使用以产生又一个实施例。因此,意在使本发明覆盖落入所附权利要求和其等同物的范围内的此类改型和变型。

[0129] 如本文使用的用语“第一”、“第二”和“第三”可互换使用以将一个构件与另一个区分开,且不意在表示独立构件的位置或重要性。

[0130] 用语“上游”和“下游”是指相对于流体通路中的流体流的相对方向。例如,“上游”是指流体从其流动的方向,且“下游”是指流体流至的方向。

[0131] 如本文使用的“流体”可为气体或液体。本途径不由使用的流体的类型限制。在优选应用中,冷却流体为风扇空气,且被冷却流体为放出空气。然而,本途径可用于其它类型的液态和气态流体,其中被冷却流体和冷却流体为相同流体或不同流体。被冷却流体和冷却流体的其它示例包括空气、液压流体、燃烧气体、制冷剂、制冷剂混合物、用于冷却航空电子设备或其它飞行器电子系统的介电流体、水、基于水的化合物、与防冻添加剂(例如,乙醇或乙二醇化合物)混合的水,以及能够维持在升高或降低温度下的热输送的任何其它有机或无机热传递流体或流体混合物。

[0132] 换热器大体上设为包括性能提高的几何形状,其实际实施方式由增材制造促进。尽管本文所述的换热器系统宽泛地适用于涉及多种流体类型的多种换热器应用,但本文描述的是利用燃气涡轮发动机中的风扇空气(例如,冷流)来对放出空气(例如,热流)的其高

效冷却。应当注意的是,尽管本描述涉及用于高旁通涡轮发动机的换热器,但本领域的普通技术人员将理解该描述不限于用于高旁通涡轮发动机。相反,提供的换热器可用于需要换热的任何发动机和/或设备。换热器大体上设为用于涡轮发动机,涡轮发动机联接到涡轮发动机的风扇壳和发动机壳中的至少一者。在示例性实施例中,换热器包括环形定形的本体。

[0133] 参看图1-图4,环形喷气发动机空气管道10示为用于燃气涡轮发动机,诸如涡扇、涡轮螺旋桨和涡轮喷气发动机。环形喷气发动机空气管道10包括环形换热器12,其由第一环形环14、第二环形环16和将第一环形环14流体地连接到第二环形环16的多个弯曲板100形成。第一环形环14具有由与彼此串联连接的多个跨管道节段20限定的第一主管15,使得相邻的跨管道组件20的至少一部分沿第一主管15流体地连接。类似地,第二环形环16具有由多个跨管道节段20限定的第二主管17。弯曲板100限定至少一个通道110,其与第一主管15的跨管道节段20和第二主管17的跨管道节段20流体连通。热流体(例如,放出空气)可传送穿过弯曲板100的至少一个通道102,以用于与越过弯曲板100的冷却流体进行热传递。如图所示,弯曲板100限定沿径向向内定向的弯曲表面。然而,在备选实施例中,弯曲板100可限定沿径向向外定向的弯曲部。

[0134] 多个弯曲板100沿径向分层以便限定相邻弯曲板100之间的间隙,冷却流体(例如,风扇空气)可沿轴向方向流过间隙。在一个实施例中,多个弯曲板100大体上以一致的方式沿周向围绕环形管道定向,使得冷却流体流被迫撞击到弯曲板100上(用于穿过其间的热传递),而未找到任何显著的备选通路。因此,大部分热流体流过环形管道的该热传递区域(即,利用其中的沿径向分层的板限定在内带与外带之间的间隙内)。例如,冷却流体流的至少90%流过环形管道的热传递区域,诸如至少95%(例如,至少99%)。因此,冷却流体流的捕集率提高,以增大传热率的效率。

[0135] 如图所示,第一环形环14大体上邻近且平行于第二环形环16。然而,在其它实施例中,第一环形环14和第二环形环16可不同于彼此定形且/或以非平行方式定向。

[0136] 在所示实施例中,第一环形环14的第一主管15和第二环形环16的第二主管17中的每一个分别分成多个独立的区段22、23。独立区段22、23中的每一个由形成穿过相应的第一主管15和第二主管17的独立腔的多个跨管道节段20形成。独立区段22、23在多个独立区段22、23的端部跨管道节段20内的边界壁24处分开。在特定实施例中,各个跨管道节段20跨越环形环14、16的周向长度的大约5°到大约20°。然而,跨管道节段20可形成为任何期望的长度和/或形状。

[0137] 供应管26示为分别在第一主管15和第二主管17的各个区段22、23内,以用于将流体供应至其。例如,流体可为用于冷却的压缩空气(例如,来自发动机的放出空气)。在所示实施例中,供应流体30(例如,热空气)通过入口供应管28引入第二环形环16中,从第二主管17穿过弯曲板100(下文论述)的通道110到第一主管15中,且通过出口管32离开作为被冷却流体34。特别地,冷却流体36(例如,风扇空气)传送穿过环形环14、16与径向外壁40之间的空气管道100。应当理解的是,任一流体的流动方向都可按期望改变。

[0138] 如下文更详细论述,弯曲板100允许其中的较热的较高压力的流体与传送穿过管道的较冷的较低压力的流体之间的热传递。该热传递由具有可用于热传递的增大的表面面积的弯曲板100的几何形状加强。

[0139] 如图6-图9中更具体所示,各个跨管道节段20大体上包括从第一端202延伸至第二

端204且限定穿过其间的中空通路206的主管200。相邻的跨管道节段20通过其相应端处的附接沿主管200与彼此流体连通。即，一个跨管道节段20的第一端202附接至相邻的跨管道节段20的第二端204。如图8中更具体所示，公插入物240由第二端204限定，且母腔限定在第一端202内，以允许相邻的跨管道节段20之间的公母连接。然而，可使用任何其它适合的连接机制（例如，硬钎焊、焊接、O形环、螺栓等）。

[0140] 主管200还限定至少一个孔口208，其与限定在下平台212（在孔口208的第一侧216上附接至主管200的外表面214）与上平台218（在与第一侧216相对的孔口208的第二侧220上附接至主管200的外表面214）之间的供应通道210流体连通。因此，供应通道210通过由主管200限定的孔口208与主管200的中空通路206流体连通。多个孔口208示为限定于在环形方向上带有伸长形状的主管200中。即，孔口208可在环形方向上（即，从主管的第一端延伸至主管的第二端）具有最大长度，其大于在环形方向的垂直方向（即，轴向方向）上的最大宽度。

[0141] 在所示实施例中，主管200限定第一端202和第二端204两者处的椭圆形截面。例如，椭圆形截面可具有是其最大高度的大约1.5倍到大约20倍的最大宽度。此椭圆形状允许对传送穿过管道100的冷却流体（例如，风扇空气）的最小阻力。然而，主管可按期望具有其它截面形状。

[0142] 在一个实施例中，上平台218与下平台212整体结合以在其间限定供应通道210。此外，上平台218和下平台212可与主管200整体结合，以便形成单个整体构件。例如，跨管道节段20可经由增材制造过程整体结合形成在一起，且可由增材材料形成，包括但不限于钛、钛合金、铝、铝合金和奥氏体合金，诸如镍铬基超级合金（例如，可从Special Metals Corporation得到的在名称Inconel®下得到的那些）。

[0143] 在其末端221处（与主管200处的孔口208相对），下平台212和上平台218限定对接部222，其限定与由主管200限定的中空通路206流体连通的多个通道224。在一个实施例中，发散角 $\theta$ 限定在从主管200的外表面214的第二端204延伸的最上部切线226与从下平台212的内表面213延伸的切线228之间，且其中发散角为大约 $10^\circ$ 到大约 $30^\circ$ 。

[0144] 在所示实施例中，下平台212的内表面230限定对接部222处的多个下凹槽232，且上平台218的内表面234限定对接部222处的多个上凹槽238。多个下凹槽232大体上与多个上凹槽238对准以限定多个通道224。此外，槽口238在对接部222处限定在下平台212的内表面230与上平台218的内表面234之间。如图所示，如图5中更具体所示，槽口238延伸穿过限定在上平台218与下平台212之间的多个通道224，以便将弯曲板100的第一端124接收在其中。在一个实施例中，弯曲板100的第一端124经由硬钎焊、焊接或任何其它适合的附接机构定位且附接至槽口内的对接部。在所示实施例中，如下文更详细论述，限定在跨管道节段200的对接部222中的各个通道234均与弯曲板100的相应通道110流体连通。

[0145] 参看图8，如图所示，内部横梁242可存在，且定位在上平台218与下平台212之间，且从供应通道210延伸至对接部222，以限定对应于对接部222处的弯曲板100的相应通道110的多个通路244，使得各个通路244与其中一个通道110流体连通。此外，横梁242可在上平台218与下平台212之间提供结构支撑。在一个实施例中，主管200限定多个孔口208，其与相应的通路244流体连通，且因此与弯曲板100的相应通道110流体连通。

[0146] 参看图2和图4，跨管道节段20还可包括第一翼252，其从主管200的第一侧251延

伸,且构造成用于附接到发动机的框架(未示出)。另外,跨管道节段还可包括第二翼254,其从与第一侧251相对的主管200的第二侧253延伸,且构造成用于附接到相邻跨管道节段200的翼254。因此,第一翼252和第二翼254在椭圆截面的最大宽度的轴向方向上延伸,且允许相邻的环14、16连接在一起以形成环形换热器12。相邻跨管道节段20的第二翼254可通过附接机制(例如,螺钉、螺栓、焊接、硬钎焊等)与彼此整体结合或连接到彼此上。

[0147] 图10-图12示出了示例性弯曲板100,其包括限定多个第一凹槽104的内板102,以及限定多个第二凹槽108的外板106。大体上,内板102附接至外板106,其中多个第一凹槽104和多个第二凹槽108大致对准以在其间限定多个通道110。图11的实施例包括定位在内板102与外板106之间的可选的整体壁112,使得各个通道110限定其中的第一通路114和第二通路116。

[0148] 在一个实施例中,内板102和外板106连同可选的整体壁112经由扩散结合接合在一起,而没有任何硬钎焊或其它焊接存在。然而,任何适合的附接都可用于接合内板102和外板106,包括但不限于粘合剂结合、焊接、硬钎焊等。

[0149] 在所示实施例中,各个通道112从弯曲板100的第一端124的第一部分122上的第一开口120延伸,穿过限定在各个通道112中的弯曲部126,且延伸至第一端124的第二部分130上的第二开口128。因此,传送穿过各个通道112的流体从第一部分122的第一开口120围绕弯曲部126通过弯曲板,且传送出第二部分130的第二开口128(或反之亦然,在从第二开口128到第一开口120的相反方向上)。因此,各个通道112限定具有至少一个弯曲部126的非线性通路,其从第一开口120延伸至第二开口128。

[0150] 图12示出了第一凹槽104和第二凹槽108中的每一个具有大致半椭圆形形状以便限定大致半椭圆形通道110。该形状不但允许通道110内的增大表面面积来用于热传递,而且还允许第一凹槽104和第二凹槽108由从板材(例如,金属板材)的冲压过程形成。在所示实施例中,第一凹槽104中的每一个具有其最大弦长的大约1.5到20倍的最大截面弧长。类似地,第二凹槽108中的每一个具有其最大弦长的大约1.5到大约20倍的最大截面弧长。然而,可按期望使用其它几何形状。

[0151] 在一个实施例中,第一凹槽104和/或第二凹槽108可限定多个凹座或其它表面特征来搅动通道110内的流体流,且提供用于热传递的增大表面面积。

[0152] 弯曲板100大体上限定从第一端124到第二端132的弯曲(即,非平面)通路。在所示实施例中,曲率大体上恒定以限定圆的弧长。然而,在其它实施例中,弯曲板100可具有跨过外板126变化的非一致的曲率(即,恒定),且可包括弯曲部、弯头、接头、平面部分等。不论特定截面形状如何,外板126都限定测量为从第一端124到第二端132的最短距离的弦长,且外板126限定从第一端124到第二端132跨过其外表面127测得的弧长。使用相同的起点和终点(对于弦长和弧长),弧长为弦长的大约105%到大约150%。即,弧长为弦长的大约1.05倍到大约1.5倍。因此,弯曲板100的曲率允许比平面板的情况中存在的更大的用于热传递的表面面积。

[0153] 在图10和图11中所示的实施例中,槽口134在第一部分122与第二部分130之间在第一端124中限定在弯曲板100中。大体上,槽口134允许弯曲板100在第一部分122与第二部分130之间的挠曲,其附接到跨管道部200的相应对接部222。尽管示为具有大致U形形状,但槽口134可具有任何期望的几何形状。类似地,各个通道110均示为以大致U形形状从第一端

124的第一部分122上的第一开口120围绕限定在弯曲板100中的槽口134延伸,且延伸至第一端124的第二部分130上的第二开口128。然而,通道110可采用弯曲板100内的任何期望通路。

[0154] 内板102和外板106可由具有期望的热传递性质的任何适合的材料形成。例如,内板102和外板106可由钛、钛合金、铝、铝合金和奥氏体合金构成,诸如镍铬基超级合金(例如,可从Special Metals Corporation得到的在名称Inconel®下得到的那些)。

[0155] 类似地,在存在时,整体壁112可由任何适合的材料制成。在一个实施例中,整体壁112由相对高热传导性的材料制成,以便于通道110内的第一通路114与第二通路116之间的热传递。例如,整体壁可由镀铜、钛、钛合金、铝、铝合金和诸如镍铬基超级合金(例如,可从Special Metals Corporation得到的在名称Inconel®下得到的那些)的奥氏体合金制成。在大多数实施例中,内板102和外板106跨过各个相应表面具有大致相等的厚度,但凹槽104、108分别可略薄于较平的部分。在大多数实施例中,内板102和外板106独立地具有大约400 $\mu\text{m}$ 到大约800 $\mu\text{m}$ 的厚度。整体壁112在存在时,可具有大约400 $\mu\text{m}$ 到大约800 $\mu\text{m}$ 的厚度。

[0156] 在某些实施例中,整体壁112可限定多个孔(例如,槽口或其它孔口),以允许通道110内的第一通路114与第二通路116之间的流体流。作为备选或此外,整体壁112可限定多个凹座或其它表面特征以搅动通道110内的第一通路114和第二通路116内的流体流且提供用于其间的热传递的增大的表面积。

[0157] 如图10和图11中所示,内板102和外板106中的至少一者(或两者)包括至少一个耳片140,其从与第一端124相对的第二端132延伸。参看图3,耳片140延伸到限定于环形换热器12的壳44内的槽口42中。壳44大体上包括结构支撑件46和径向外壁40。因此,各个弯曲板100在结构上受支撑,以便各个弯曲板100相对于环形管道的热膨胀在至少一个方向上不受限。即,各个弯曲板100可仅在第一端124的第一部分122和第二部分130处附接,以允许沿远离相应跨管道节段20延伸的弯曲板100的长度的热膨胀,同时还由于其间的槽口而允许沿轴向方向的挠曲。耳片140允许略微的移动和/或膨胀,同时保持大体上就位,而不限制此移动和/或膨胀。

[0158] 在所实施实施例中,结构支撑件46包括第一环形环47、平行于第一环形环47的第二环形环49,以及将第一环形环47连接至第二环形环49的多个横条51。横条51可限定用于接收其中至少一个耳片140的腔53。

[0159] 在所实施实施例中,其中至少一个耳片140限定用于接收穿过其间的附附件(未示出)的孔口142,以便通过附附件(例如,螺栓、螺钉、销或其它附接部件)将第二端132固定至结构支撑件46。在一些实施例中,其中至少一个耳片140可滑动地定位在限定于壳44的结构支撑件46内的相应槽口42内。例如,附附件可将耳片140固定在槽口42内,同时允许其中的一些移动(例如,伸长孔口可允许在孔口的较长方向上的移动)。例如,可滑动定位的耳片140和固定的耳片140的组合可用于允许弯曲板100的第二端132的挠曲和/或轻微移动,同时大致保持其就位。因此,弯曲板100可关于壳移动,允许使用中的热膨胀、挠曲、振动移动或其它轻微移动。将注意的是,图10示出了各个耳片140限定用于接收穿过其间的附附件的孔口142的实施例,而图11的实施例仅示出了限定孔口142的中心耳片140,其中外耳片140构造成用于槽口定位,而没有任何固定附附件。

[0160] 如指出的那样,弯曲板100可经由冲压过程形成。在一个实施例中,弯曲部100可通

过以下形成:冲压第一金属板材以形成限定多个第一凹槽的第一板;冲压第二金属板材以形成限定多个第二凹槽的第二板;以及此后,将第一板材层压到第二板材上以形成弯曲板,使得多个第一凹槽和多个第二凹槽大致对准以在其间限定多个通道。在一个实施例中,在层压之前,整体壁可定位在第一板材与第二板材之间,使得各个通道限定其中的第一通路和第二通路。

[0161] 在一个实施例中,环形管道用于冷却燃气涡轮发动机的热流体的方法中。引导热流体穿过多个冷却通道,冷却通道在环形管道内沿径向分层以限定热传递区域,以及使冷却流体传送穿过环形管道,使得冷却流体在沿径向分层的冷却通道之间传送。例如,冷却流体大体上沿燃气涡轮发动机的轴向方向流过环形管道。

[0162] 例如,图13示出了包括一个或多个环形换热器10的燃气涡轮发动机310的一个实施例的截面视图。环形换热器的位置可按期望变化,但在特定实施例中是在核心发动机314内。例如,环形换热器可使用风扇空气354作为冷却流体(直接地或传递到环形管道中),且热流体可为来自燃气涡轮发动机的核心的放出空气。燃气涡轮发动机可根据本主题的方面在飞行器内使用,其中发动机310示为具有延伸穿过其间用于参照目的的纵向或轴向中心线轴线312。

[0163] 大体上,发动机310可包括核心燃气涡轮发动机(大体上由参考标号314指出)和定位在其上游的风扇区段316。核心发动机314大体上可包括限定环形入口320的大致管状的外壳318。此外,外壳318还可包围和支撑增压压缩机322以用于将进入核心发动机314的压力的压力升高到第一压力水平。高压多级轴流式压缩机324然后可从增压压缩机322接收加压空气,且进一步升高此空气的压力。离开高压压缩机324的加压空气然后可流至燃烧器326,燃料在燃烧器326内喷射到加压气流中,所得的混合物在燃烧器326内燃烧。高能燃烧产物从燃烧器326沿发动机310的热气体通路引导至第一(高压)涡轮328以用于经由第一(高压)传动轴30驱动高压压缩机324,且然后引导至第二(低压)涡轮332以用于经由大体上与第一传动轴330同轴的第二(低压)传动轴334驱动增压压缩机322和风扇区段316。在驱动涡轮328和332中的每一个之后,燃烧产物可经由排气喷嘴336从核心发动机314排出以提供推进喷气推力。

[0164] 应当认识到的是,各个压缩机322、324可包括多个压缩机级,各个级包括环形阵列的静止压缩机导叶以及定位在压缩机导叶的紧接的下游的环形阵列的旋转压缩机叶片。类似地,各个涡轮328、332可包括多个涡轮级,各个级包括环形阵列的静止喷嘴导叶和定位在喷嘴导叶的紧接的下游的环形阵列的旋转涡轮叶片。

[0165] 此外,如图13中所示,发动机310的风扇区段316可大体上包括可旋转的轴流式风扇转子组件338,其构造成由环形风扇壳340包绕。本领域的普通技术人员将认识到,风扇壳340可构造成相对于核心发动机314由多个大致沿径向延伸的周向间隔开的出口导向导叶342支撑。因此,风扇壳340可包围风扇转子组件338和其对应的风扇转子叶片344。此外,风扇壳340的下游区段346可越过核心发动机314的外部延伸,以便限定提供额外推进喷气推力的辅助或旁通气流管道48。

[0166] 应当认识到的是,在若干实施例中,第二(低压)传动轴334可直接地联接至风扇转子组件338以提供直接传动构造。作为备选,第二传动轴334可经由减速装置337(例如,减速齿轮或齿轮箱)联接至风扇转子组件338,以提供间接传动或齿轮传动构造。此减速装置还

可按期望或要求设在发动机310内的任何其它适合的轴和/或转轴之间。

[0167] 在发动机310的操作期间,应当认识到的是,初始空气流(由箭头350指出)可通过风扇壳340的相关联的入口352进入发动机310中。空气流350然后传送穿过风扇叶片344,且分成移动穿过导管348的第一压缩空气流(由箭头354指出)和进入增压压缩机322的第二压缩空气流(由箭头356指出)。第二压缩空气流356的压力然后增大且进入高压压缩机324(如箭头358指出)。在与燃料混合且在燃烧器326内燃烧之后,燃烧产物360离开燃烧器326且流过第一涡轮328。此后,燃烧产物360流过第二涡轮332且离开排气喷嘴336以对发动机310提供推力。

[0168] 如所述的那样,热流体(例如,放出空气)可通过当前所述的设备和方法在燃气涡轮发动机的环形管道中冷却。在一个实施例中,可引导热流体穿过多个冷却通道,冷却通道在环形管道内沿径向分层以限定热传递区域(例如,限定在如上文所述的多个分层的弯曲板内),且冷却流体可传送穿过环形管道,使得冷却流体在沿径向分层的冷却通道之间传送。

[0169] 该书面描述使用示例来公开本发明,包括最佳模式,并且还使本领域技术人员能够实践本发明,包括制造和使用任何装置或系统以及执行任何包含的方法。本发明可申请专利的范围由权利要求限定,并且可包括本领域技术人员想到的其它示例。如果这些其它示例具有不与权利要求的字面语言不同的结构要素,或者如果它们包括与权利要求的字面语言无实质差异的等同结构要素,则意在使这些其它示例处于权利要求的范围内。

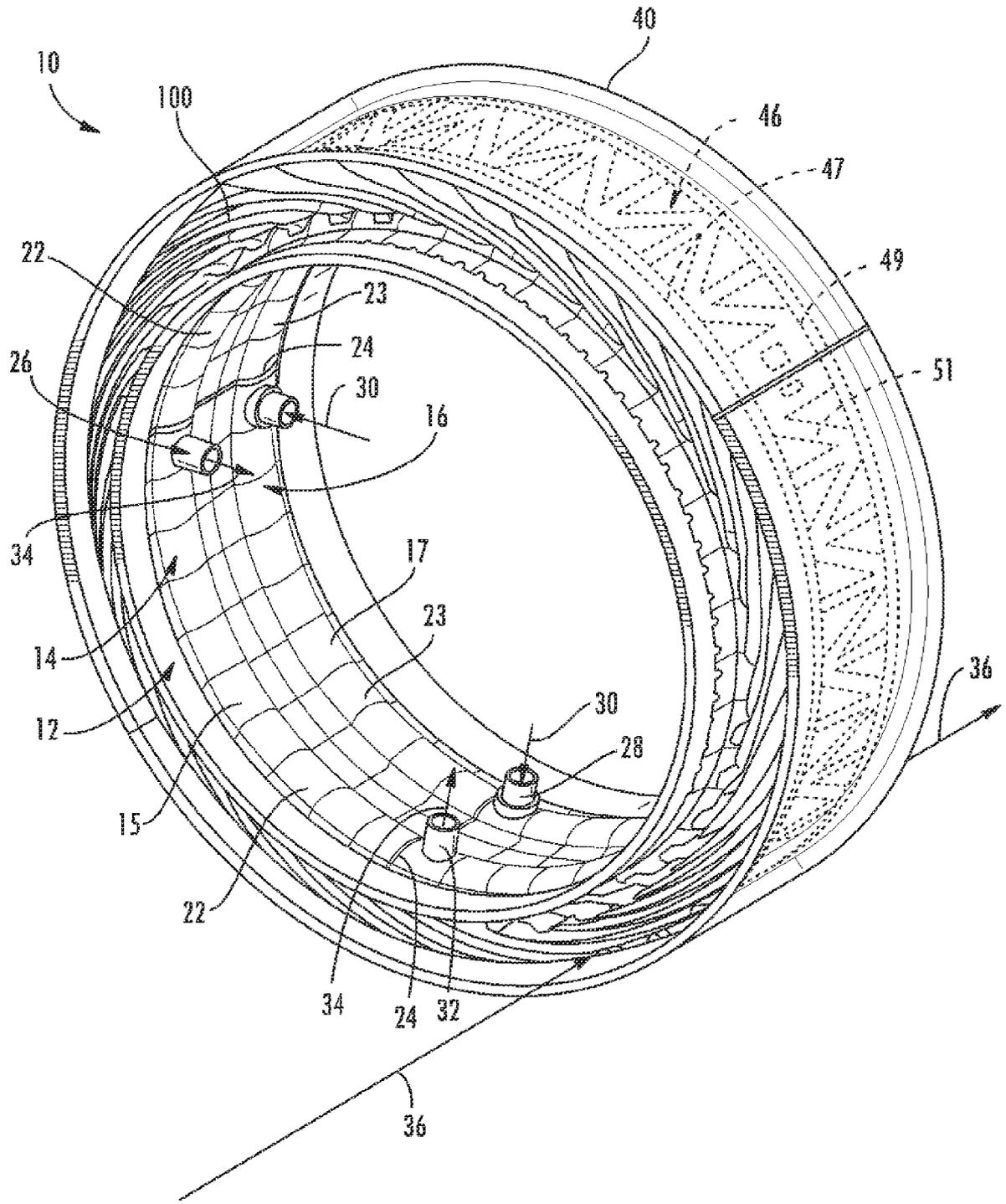


图 1

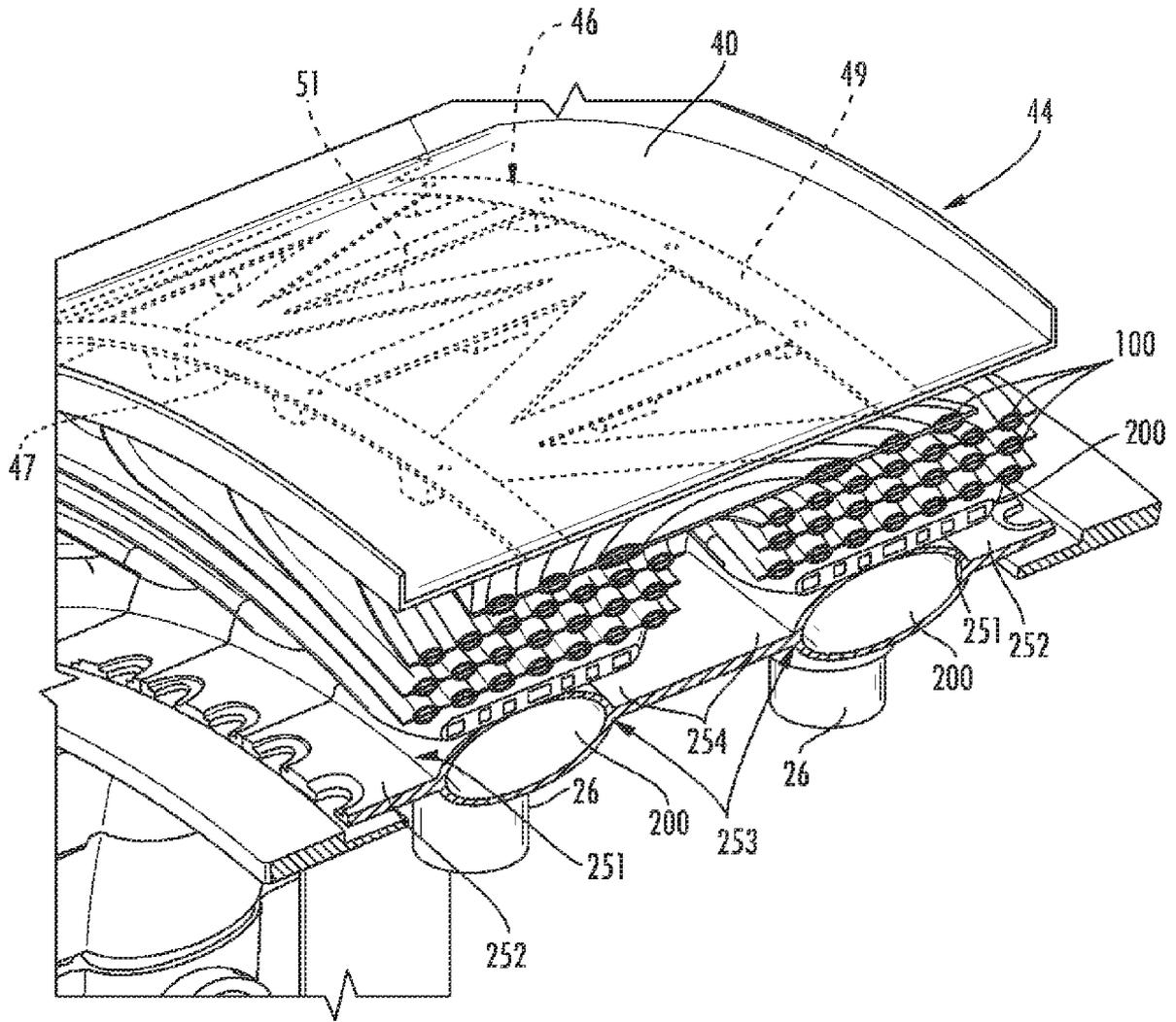


图 2

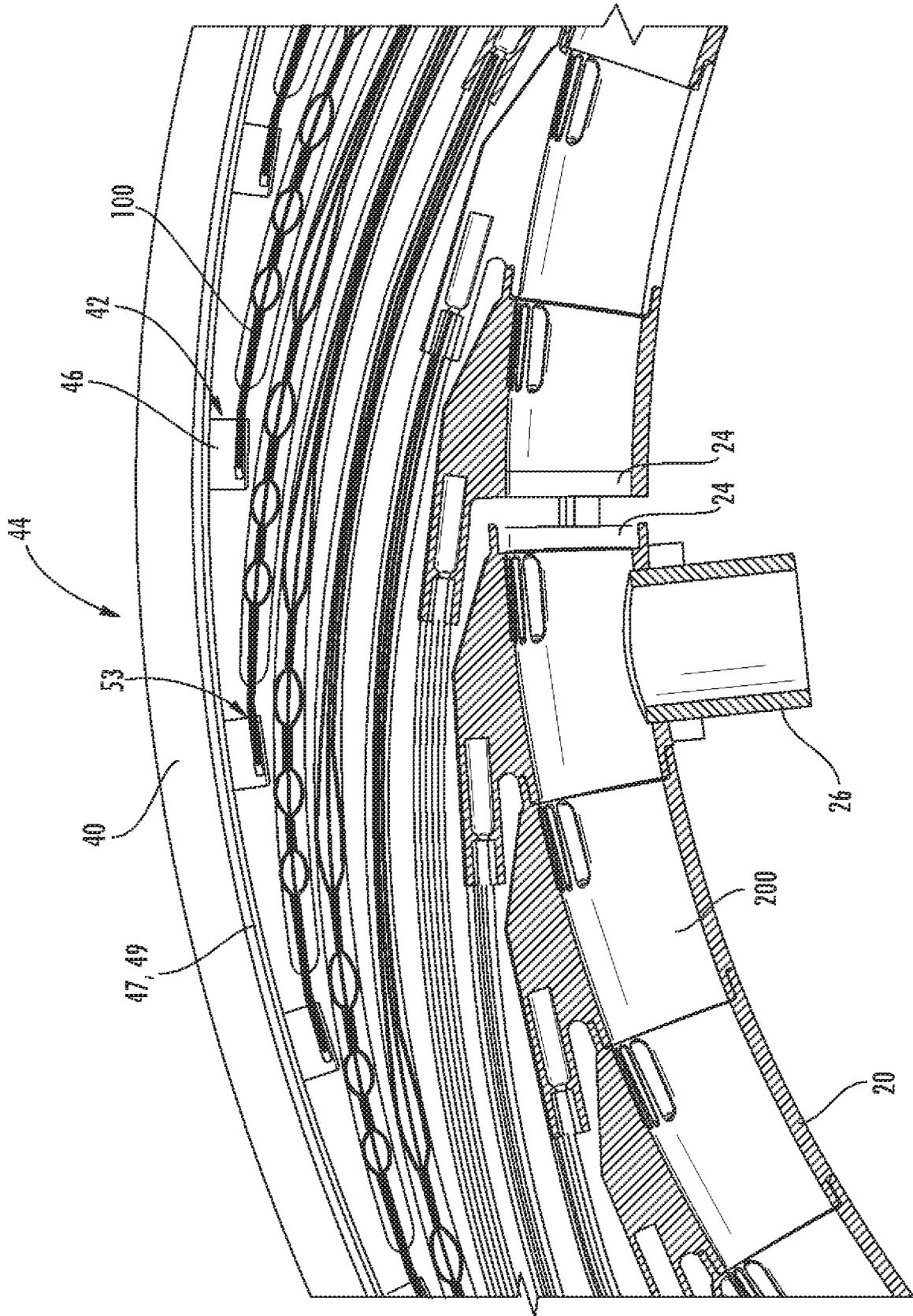


图 3

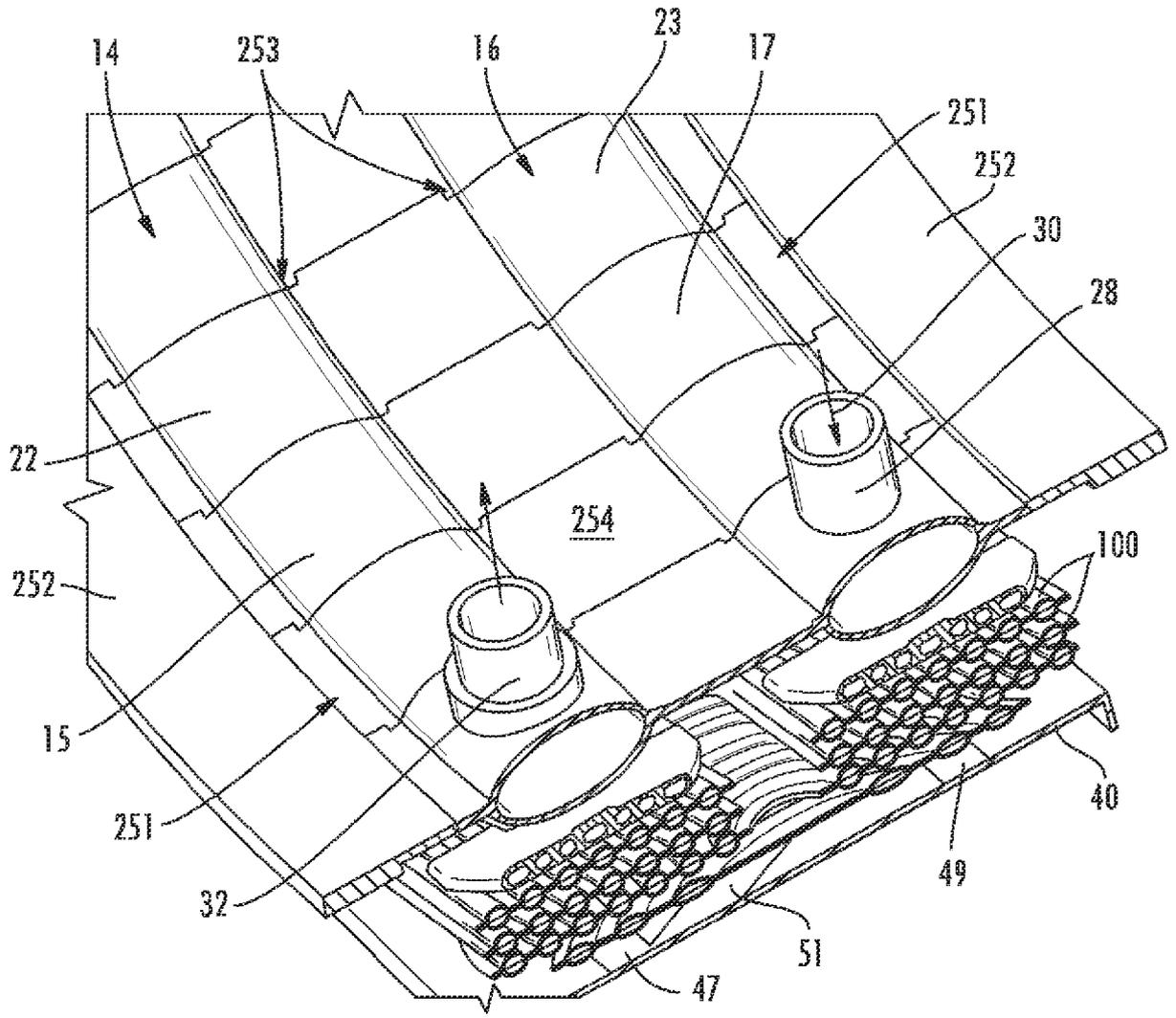


图 4

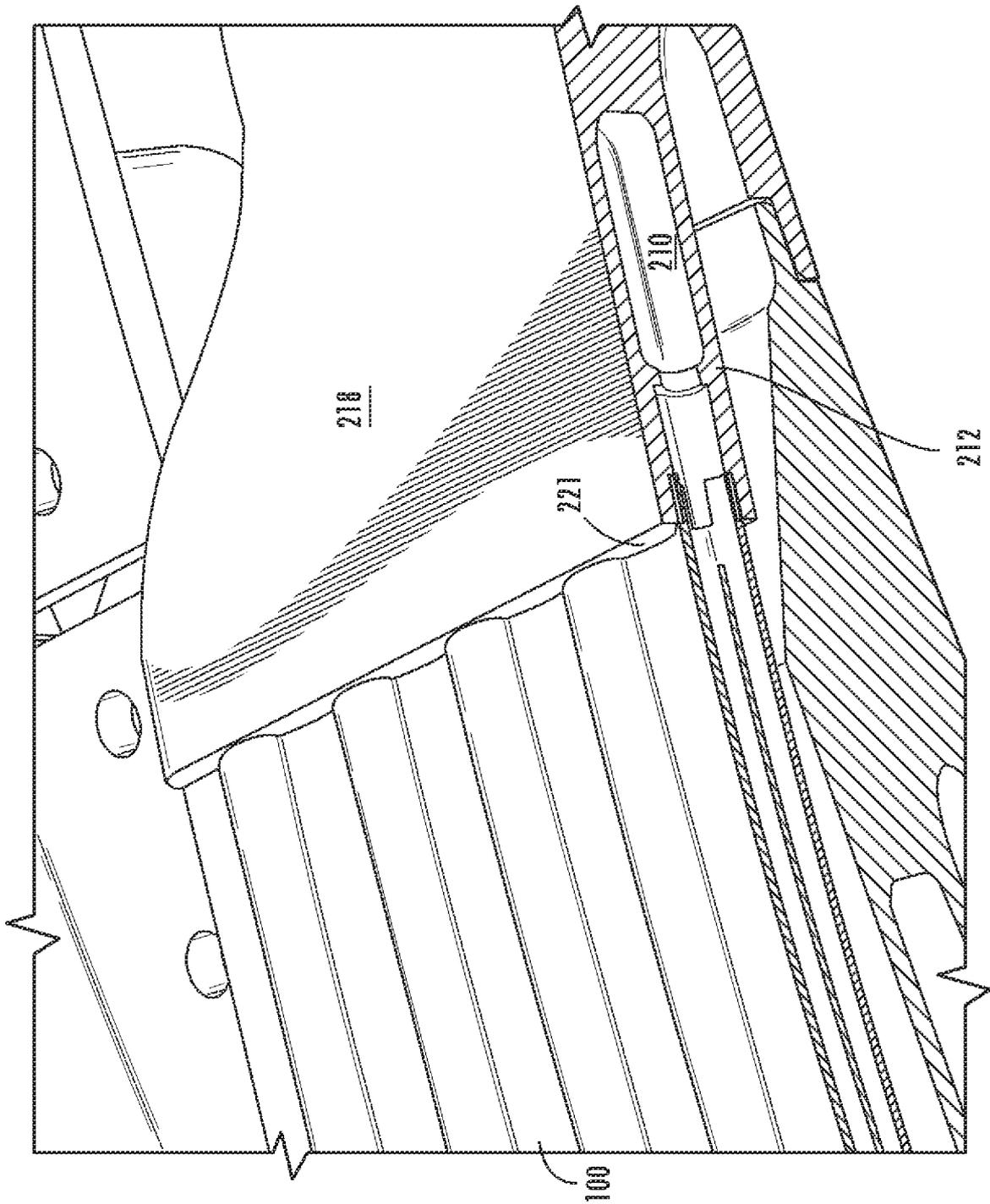


图 5

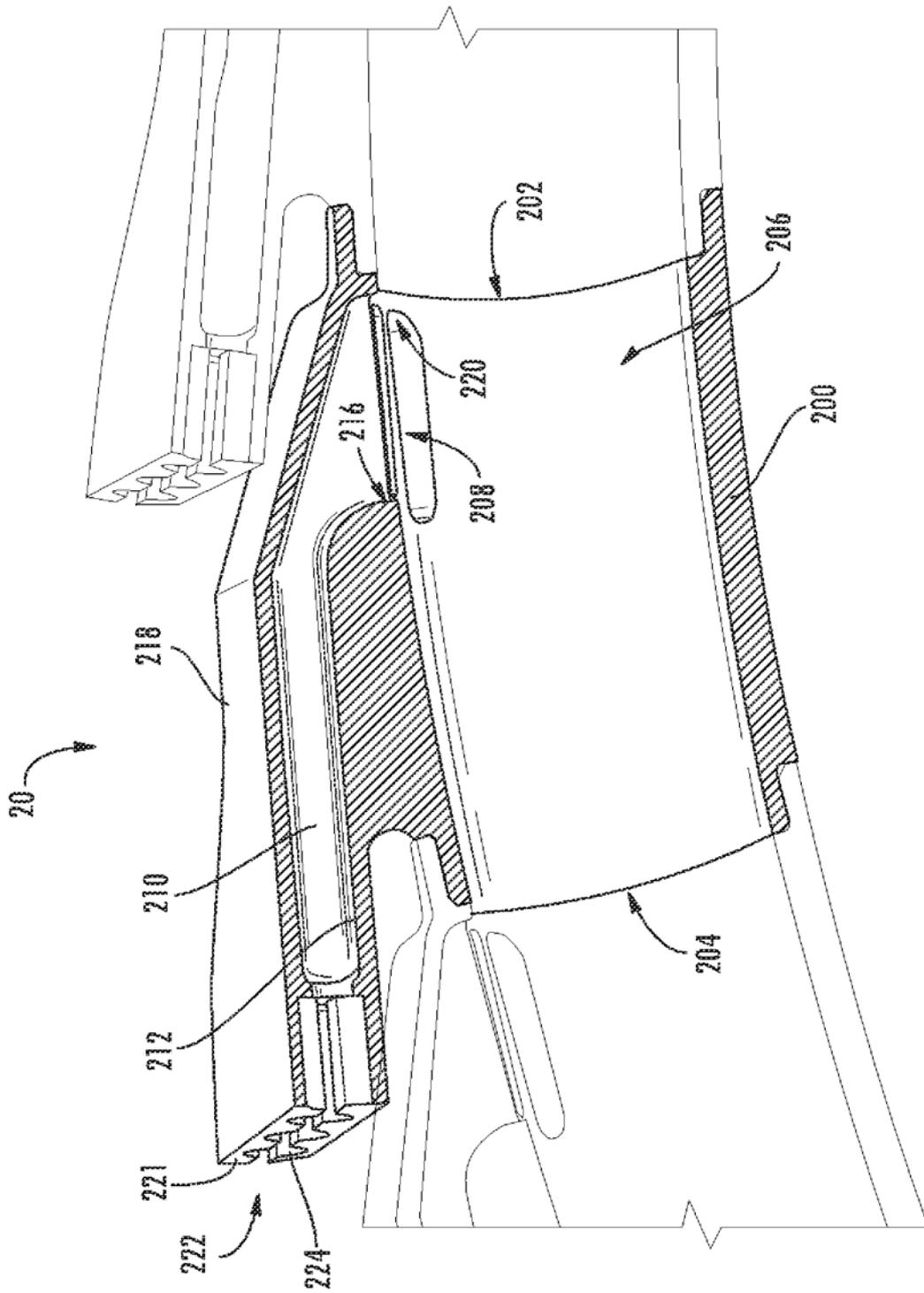


图 6

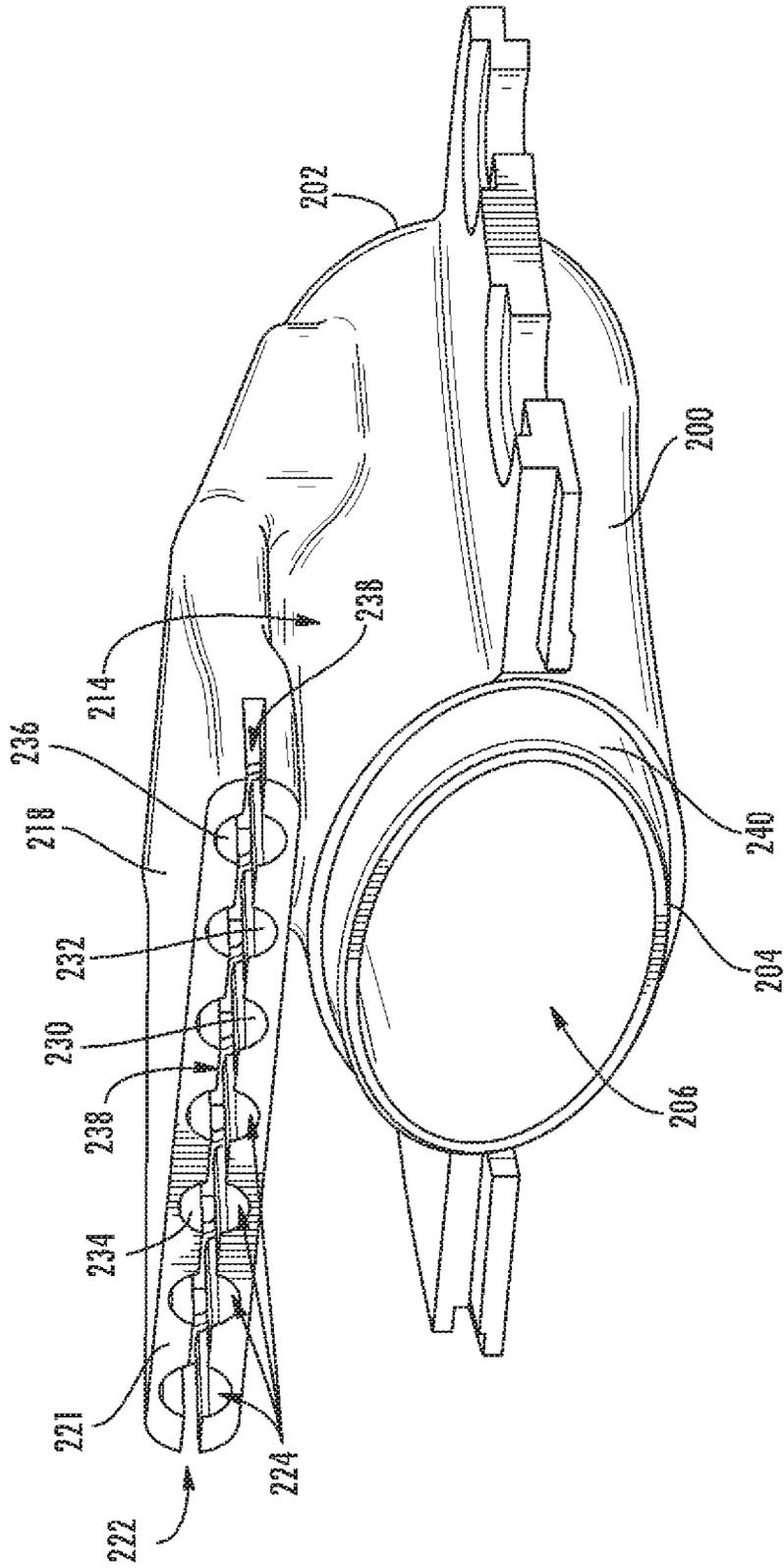


图 7

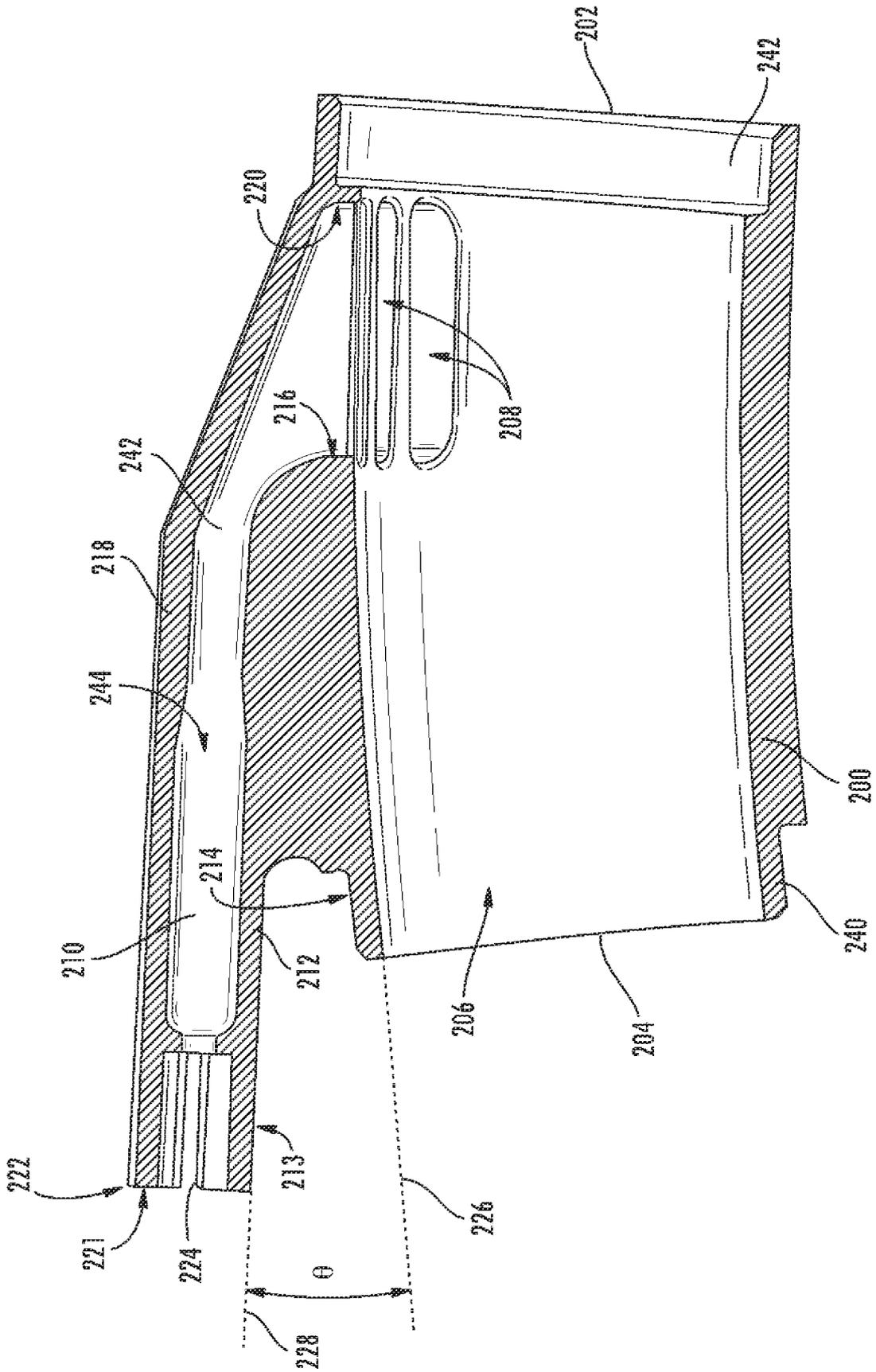


图 8

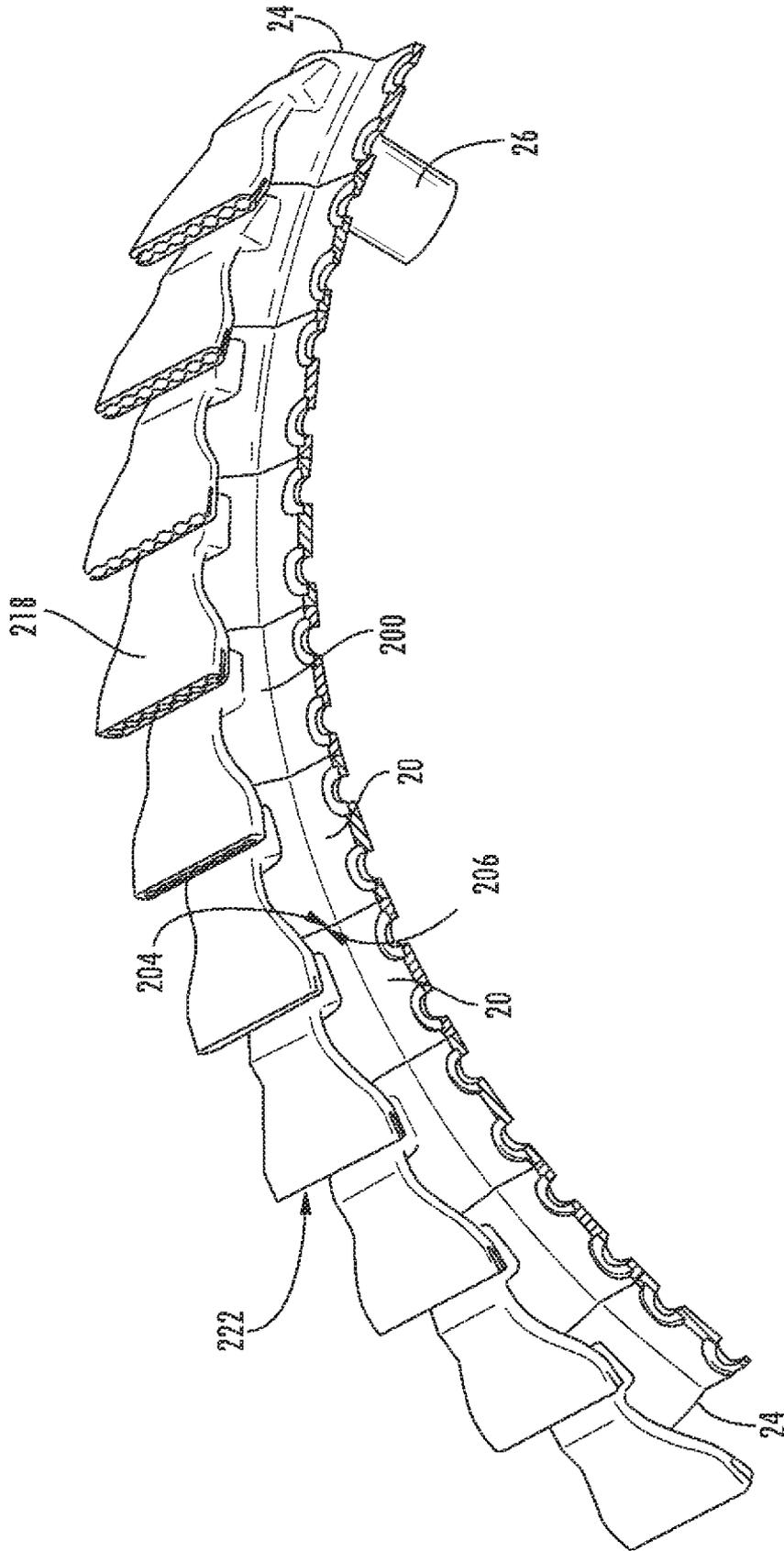


图 9

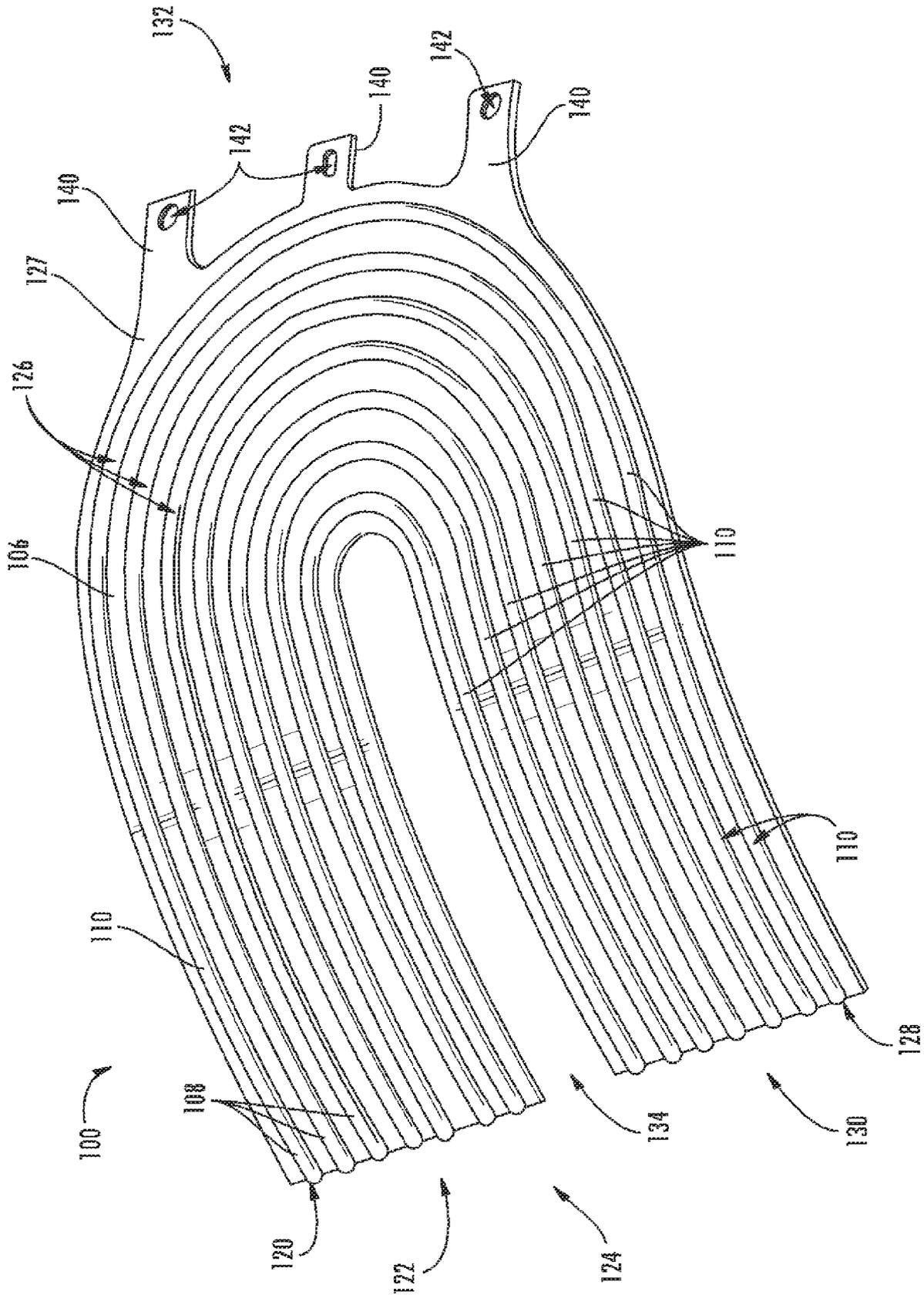


图 10

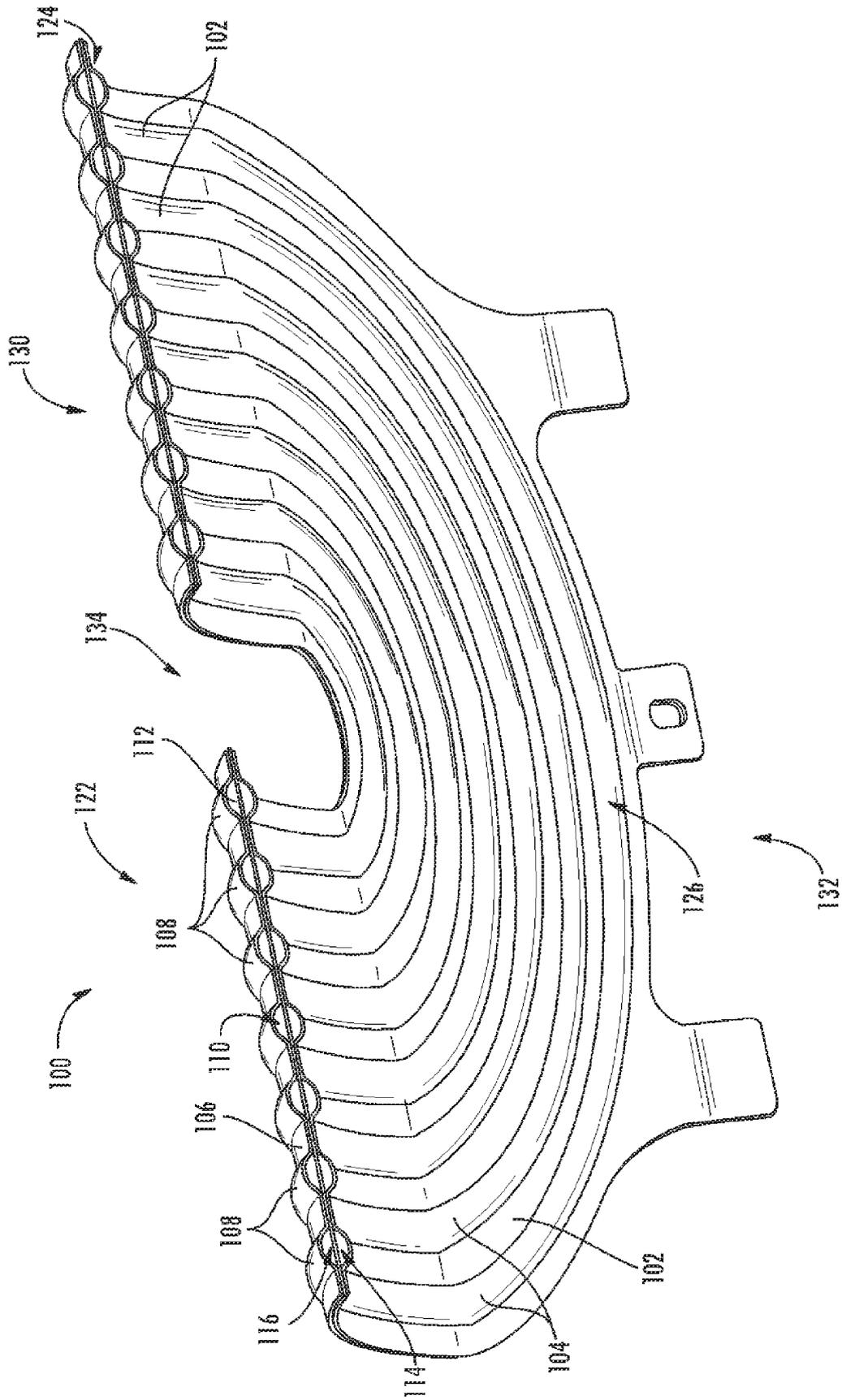


图 11

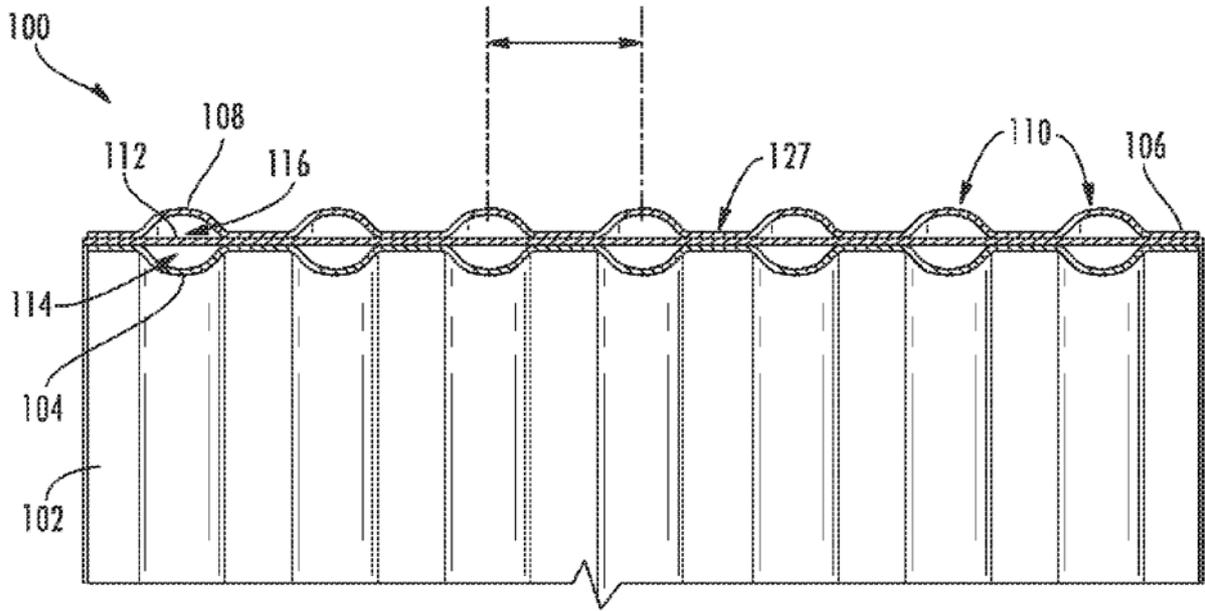


图 12

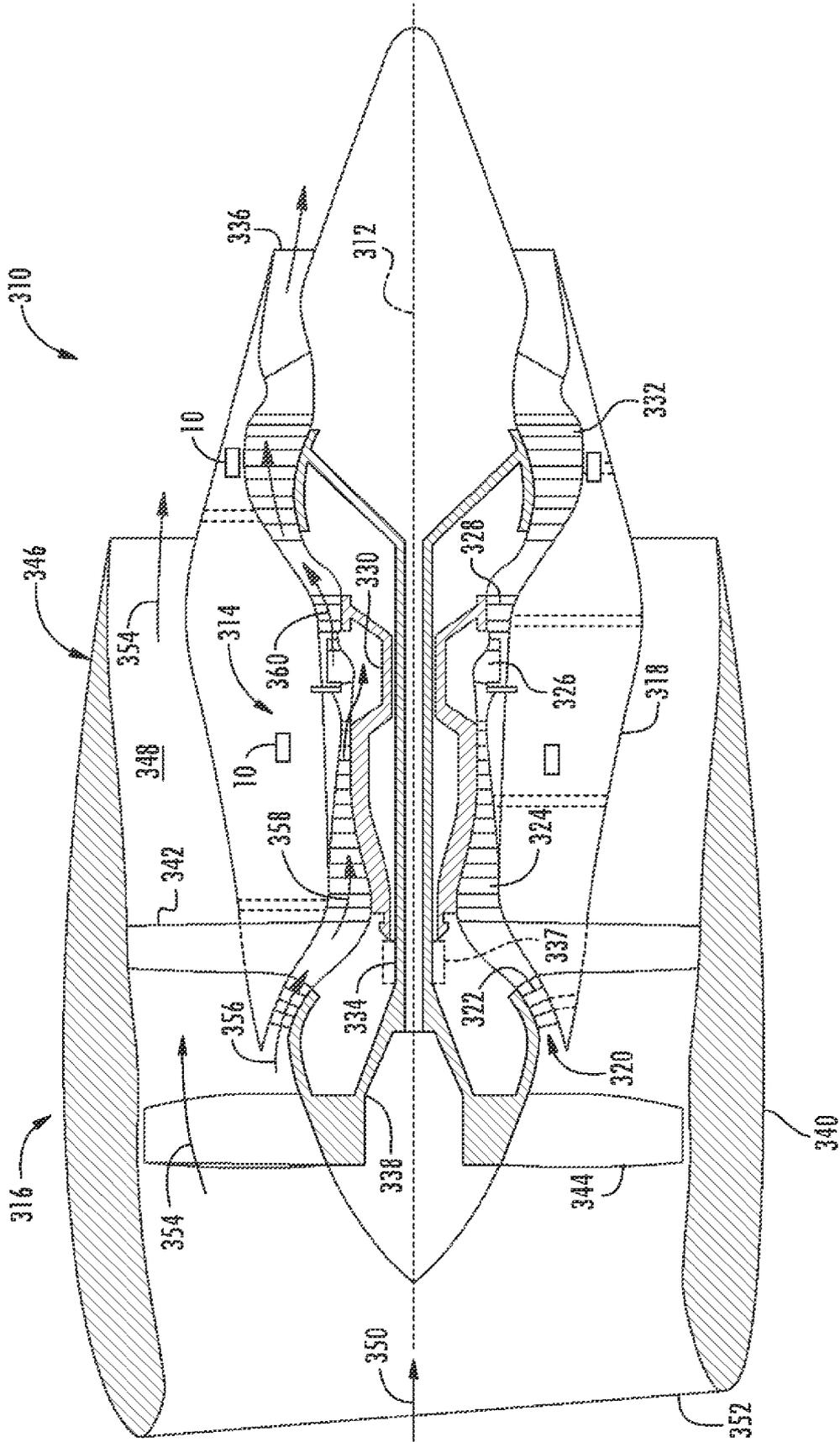


图 13