(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 102128551 B
(45)授权公告日 2014.10.15

(21)申请号 201010597799.9

(22)申请日 2010.12.21

(30)优先权数据
61/295,501 2010.01.15 US
12/834,614 2010.07.12 US

(73)专利权人 雷诺士工业股份有限公司
地址 美国得克萨斯

(72)发明人 S·S·马诺哈尔 G·W·科瓦尔德
F·E·彻林顿 H·J·帕勒
J·W·怀特西特 张建民

(74)专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利商标事务所 11038
代理人 王朝辉

(51)Int.Cl.
F28D 7/08(2006.01)
F24B 1/188(2006.01)
F24B 1/191(2006.01)

(56)对比文件
US 2002/0040777 A1,2002.04.11, 说明书第[0033]-[0047]段、附图1-14.
US 5359989 A,1994.11.01, 全文.
US 7096933 B1,2006.08.29, 全文.
CN 2300818 Y,1998.12.16, 全文.
CN 201289323 Y,2009.08.12, 全文.

审查员 喻倩萍

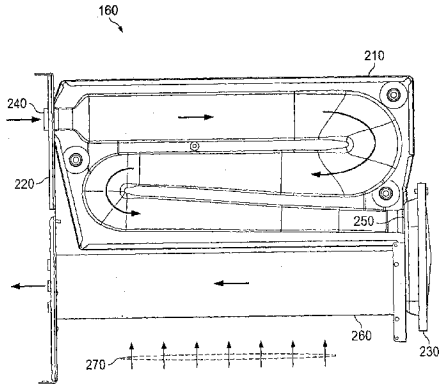
权利要求书2页 说明书14页 附图14页

(54)发明名称

蛤壳式热交换器

(57)摘要

本发明涉及蛤壳式热交换器，并且本发明提供一种蛤壳式热交换器，包括第一蛤壳式半部和第二蛤壳式半部。在接合时，第一蛤壳式半部和第二蛤壳式半部形成具有入口和出口的通道。通道具有高度和深度。高度与深度的比值是约0.5或更小。热交换器具有至少约70%的效率。



CN 102128551 B

1. 一种用在燃气直燃式炉子中的蛤壳式热交换器，包括：

第一蛤壳式半部；和

第二蛤壳式半部，在与所述第一蛤壳式半部接合时，形成具有入口和出口的通道，

其中，所述通道包括位于所述入口与所述出口之间的U形弯，其中所述通道包括位于所述U形弯和所述出口之间的第二U形弯，所述第二U形弯和所述U形弯一样位于所述蛤壳式热交换器的相对侧，并且，所述通道的横截面积在所述通道的在所述U形弯和所述第二U形弯之间的基本上整个长度上逐渐变窄，以及在所述通道的在所述第二U形弯和所述出口之间的基本上整个长度上进一步逐渐变窄。

2. 根据权利要求1所述的蛤壳式热交换器，其中，所述通道具有在经过所述U形弯到所述出口的方向变窄的截面轮廓区域。

3. 根据权利要求1所述的蛤壳式热交换器，其中，所述通道的横截面宽度与所述通道的最上部界限与最下部界限之间的距离的比值在0.10至0.14的范围内。

4. 根据权利要求1所述的蛤壳式热交换器，其中，所述通道包括在所述U形弯与所述出口之间的第二U形弯，以及，所述通道的横截面区域在所述通道的所述U形弯和所述第二U形弯之间的部分逐渐地变窄，并且在所述通道的所述第二U形弯和所述出口之间的另一部分进一步变窄。

5. 一种炉子，包括：

炉壳；

热交换器组件，位于所述炉壳内；

鼓风机，构造成使空气穿过炉壳和越过所述热交换器组件移动；及

蛤壳式热交换器，位于所述热交换器组件内，所述蛤壳式热交换器包括：

第一蛤壳式半部；和

第二蛤壳式半部，在与所述第一蛤壳式半部接合时，形成具有入口和出口的通道，

其中，所述通道包括位于所述入口与所述出口之间的U形弯，其中所述通道包括位于所述U形弯和所述出口之间的第二U形弯，所述第二U形弯和所述U形弯一样位于所述蛤壳式热交换器的相对侧，并且，所述通道的横截面积在所述通道的在所述U形弯和所述第二U形弯之间的基本上整个长度上逐渐变窄，以及在所述通道的在所述第二U形弯和所述出口之间的基本上整个长度上进一步逐渐变窄。

6. 根据权利要求5所述的炉子，其中，所述通道具有在经过所述U形弯到所述出口的方向变窄的截面轮廓区域。

7. 根据权利要求5所述的炉子，其中，所述通道包括在所述U形弯与所述出口之间的第二U形弯，以及，所述通道的横截面区域在所述通道的所述U形弯和所述第二U形弯之间的部分逐渐地变窄，并且在所述通道的所述第二U形弯和所述出口之间的另一部分进一步变窄。

8. 一种制造热交换器的方法，包括：

提供薄金属板坯料；

成形所述坯料，以形成第一蛤壳式半部和第二蛤壳式半部，所述第二蛤壳式半部在与所述第一蛤壳式半部接合时，形成具有入口和出口的通道，

其中，所述通道包括位于所述入口与所述出口之间的U形弯，其中所述通道包括位于

所述U形弯和所述出口之间的第二U形弯，所述第二U形弯和所述U形弯一样位于所述蛤壳式热交换器的相对侧，并且，所述通道的横截面积在所述通道的在所述U形弯和所述第二U形弯之间的基本上整个长度上逐渐变窄，以及在所述通道的在所述第二U形弯和所述出口之间的基本上整个长度上进一步逐渐变窄。

9. 根据权利要求8所述的方法，其中，所述通道具有在经过所述U形弯到所述出口的方向变窄的截面轮廓区域。

10. 根据权利要求8所述的方法，其中，所述通道包括在所述U形弯与所述出口之间的第二U形弯，以及，所述通道的横截面区域在所述通道的所述U形弯和所述第二U形弯之间的部分逐渐地变窄，并且在所述通道的所述第二U形弯和所述出口之间的另一部分进一步变窄。

蛤壳式热交换器

[0001] 相关申请的交叉参考

[0002] 本申请要求由 Shailesh S.Manohar 等在 2010 年 1 月 15 日提交的、标题为“An Improved Heating Furnace for HVAC System(用于 HVAC 系统的改进加热炉)”的美国临时申请序列第 61/295,501 号的权益,其全部内容结合于此作为参考。

技术领域

[0003] 本发明一般地涉及一种 HVAC 系统,并且特别是,涉及一种蛤壳式热交换器。

背景技术

[0004] 高效炉子典型地采用几个热交换器来加热通过炉子的空气流。热交换器可以包括通过成形薄金属板而形成的“蛤壳”式半部,该半部在蛤壳式组件中被紧固在一起,以形成通道,燃烧燃料和热烟道气体在炉子的操作期间通过该通道。

发明内容

[0005] 在一个方面,本公开提供一种蛤壳式热交换器,该蛤壳式热交换器可以用在燃气直燃式炉子(gas-fired direct combustion furnace)中。热交换器包括第一蛤壳式半部和第二蛤壳式半部。在接合时,第一蛤壳式半部和第二蛤壳式半部形成具有入口和出口的通道。通道具有高度和深度。高度与深度的比值是约 0.5 或更小。热交换器具有至少约 70% 的效率。

[0006] 在其它方面,本公开提供一种炉子。该炉子包括炉壳和设置在炉壳内的热交换器组件。鼓风机设置成使空气穿过炉壳和越过热交换器组件移动。蛤壳式热交换器设置在热交换器组件内。蛤壳式热交换器包括第一蛤壳式半部和第二蛤壳式半部。在接合时,第一蛤壳式半部和第二蛤壳式半部形成具有入口和出口的通道。通道具有高度和深度。高度与深度的比值是约 0.5 或更小,并且热交换器具有至少约 70%的效率。

[0007] 在又一个方面,提供一种制造热交换器的方法。该方法包括提供薄金属板坯料并成形坯料以形成第一蛤壳式半部和第二蛤壳式半部。在接合时,第一蛤壳式半部和第二蛤壳式半部形成具有入口和出口的通道。通道具有高度和深度。高度与深度的比值是约 0.5 或更小,并且热交换器具有至少约 70%的效率。

附图说明

[0008] 为了更彻底地理解本发明,现在参考结合附图进行的如下描述,在附图中 :

[0009] 图 1 表明本公开的炉子 ;

[0010] 图 2 表明本公开的热交换器组件,该热交换器组件可以用在例如图 1 的炉子中 ;

[0011] 图 3 表明本公开的蛇管式热交换器,例如在图 2 的组件中的热交换器中的一种 ;

[0012] 图 4A 和 4B 表明图 3 的蛇管式热交换器的通道的截面图 ;

[0013] 图 5、6A-6E 及 7A-7G 关于表 II 呈现蛇管式热交换器,例如图 3 的热交换器,的各

种示例性尺寸；

[0014] 图 8 表明根据热交换器，例如图 3 的热交换器，的一个实施例可能设置在密封区域的干涉模式；

[0015] 图 9 表明根据热交换器，例如图 3 的热交换器，的一个实施例的文丘里管 (venturi) 入口；

[0016] 图 10A-10B、11A-11C 及 12A-12E 关于表 IV 呈现 U 型热交换器的各种示例性尺寸；

[0017] 图 13 呈现制造炉子，例如图 1 的炉子 100，的方法；及

[0018] 图 14 表明两个蛤壳式半部，这两个蛤壳式半部被成形，以在接合时形成热交换器，如图 3 的热交换器。

具体实施方式

[0019] 初始参照图 1，表明的是本公开的炉子 100。炉子 100 描述成在燃气系统方面没有限制。本领域的技术人员将认识到，这里公开的原理可以延伸到使用其它燃料类型的炉子系统。炉子 100 包括可以是常规的各种子系统。炉壳 110 包围鼓风机 120、控制器 130、燃烧器组件 140、及助燃空气诱导器 150。燃烧器组件 140 可以可选择地包围在燃烧器盒中，如表明的那样。热交换器组件 160 构造成，与燃烧器组件 140 和助燃空气诱导器 150 一道操作，以燃烧加热燃料，例如天然气，并且使排出气体穿过热交换器组件 160。控制器 130 还可以控制鼓风机 120，以使空气越过热交换器组件 160 移动，由此将热量从排出气体传递到空气流。

[0020] 图 2 呈现热交换器组件 160 的侧视图。热交换器组件 160 作为例子表明，而没有对于多个热交换器 210 和相关部件的具体构造的限制。热交换器 210 代表多个热交换器 210 中的每一个热交换器。热交换器 210 接合到外罩面板 220 和集流盒歧管 230 上。燃烧燃料流在入口 240 处进入热交换器 210。排出气体在出口 250 处离开热交换器 210，并且由助燃空气诱导器 150 抽吸穿过辅助热交换器 260。多个热交换器 210 加热由鼓风机 120 强迫越过热交换器组件 160 的空气流 270。

[0021] 在一些情况下，炉子 100 的竖直尺寸（高度）受到约束，以便在诸如炉子炉室之类的有限空间中为其它 HVAC 部件提供空间。这样的其它部件可以包括例如空气过滤器、消毒器、或空气调节盘管。为了适应这样的安装选项，热交换器 210 的高度可能受到约束。这样一种约束限制从热交换器 210 回收热量可用的空间。这里描述的各个实施例使得回收能够由于这样的尺寸约束而可能损失的热量。

[0022] 不像本公开的热交换器，常规热交换器典型地具有相对不受如以前描述的因素约束的尺寸。因而，常规热交换器的制造商可以通过相对简单的技术，如增大热交换器通道的路径长度，来提供常规热交换器的高效率。然而，当热交换器尺寸受到约束时，通过常规手段可能难以、做不到或不可能获得希望的效率。

[0023] 图 3 没有限制地呈现可以用于热交换器 210 的热交换器 300 的示例性实施例。为了参考，表明了坐标 xyz 轴。有利地，热交换器 300 构造成提供至少约 70％的效率，意味着由进入入口 240 的燃烧燃料产生的至少约 70％的热量传递到空气流 270。热交换器 300 包括在入口 240 与出口 250 之间的通道 310。通道 310 包括燃烧区域 320，燃料和空气在该燃烧区域 320 中燃烧。排出气体流过第一排出区域 330a 和第二排出区域 330b，该第一排出区

域 330a 和第二排出区域 330b 统称为排出区域 330。热交换器 300 说明蛇管式通道的实施例，例如，其中通道 310 包括至少两次方向变化，如 U 形弯 340、350。

[0024] 这里，U 形弯是通道 310 的一段，这段构造成将借助于通道 310 将气流的整体方向改变至少约 120°。在各个实施例中，方向的改变优选地是至少约 150°，而在其它实施例中，180° 是较优选的。

[0025] 燃料燃烧的区域典型地超越燃烧区域 320 延伸到 U 形弯 340 中。因而，除非另外指出，U 形弯 340 为了本公开和本权利要求书的目的也当作燃烧区域。

[0026] 第一密封区域 360 基本上防止气体旁通过 U 形弯 340。第二密封区域 370 基本上防止气体旁通过 U 形弯 350。在一些实施例，如表明的那样，可选择的干涉模式 810 设置在第一密封区域 360 和 / 或第二密封区域 370 内。干涉模式 810 在这里相对于图 8 简短地讨论，并且在序列号为 12/834,145 的共同待决申请中更详细地讨论，该申请包括在这里作为参考。

[0027] 入口区域 380 为进入燃烧区域 320 的燃烧燃料 / 空气混合物提供初始路径。入口区域 380 在这里相对于图 9 简短地讨论，并且在序列号为 12/834,123 的共同待决申请中更详细地讨论，该申请包括在这里作为参考。

[0028] 热交换器 300 可以通过成形薄金属板坯料以形成两个”蛤壳”式半部而形成。本领域的技术人员熟知金属成形的细节，如通过冲压。在示例性实施例中，蛤壳式半部可以由 0.74mm(29 密耳)T1-40EDDS 镀铝钢、0.74mm(29 密耳)409 不锈钢、0.86-0.91mm(34-36 密耳) 镀铝型 1DQHT 钢、或 0.74mm(29 密耳) 镀铝型 1DQHT 钢。以上厚度中的每一种是近似的，允许典型的供应商公差。

[0029] 蛤壳式半部可以这样形成，使得一个蛤壳式半部的第一密封区域 360，如在图 7B 中指示的那样，与另一个蛤壳式半部的对应的第一密封区域 360 相会合。在某些情况下，可能优选的是，热交换器 300 这样形成，使得当蛤壳式半部接合时，相对的蛤壳式半部的第一密封区域 360 彼此干涉。干涉引起在第一密封区域 360 中的紧密金属对金属密封，限制气体从燃烧区域 320 到第一排出区域 330a 的泄漏。第二密封区域 370，指示在图 7E 中，可以类似地形成。

[0030] 如较早描述的那样，热交换器 300 可以由两个蛤壳式半部形成。简要地参照图 14，表明的是第一蛤壳式半部 1410 和第二蛤壳式半部 1420。示例性地，蛤壳式半部 1410、1420 可以由连续的薄金属板工件形成，如由以前描述的薄金属板类型中的任一种形成。蛤壳式半部 1410、1420 可以在剪切线处分离，并且通过例如边缘卷边而接合，以形成热交换器 300。蛤壳式半部 1410、1420 可以具有凸起和凹陷的任何组合，例如具有在图 5、6A-6E、7A-7G、8、9、10A、10B、11A-11C、及 12A-12E 描述的各种特征。

[0031] 返回参照图 3，热交换器 300 的特征可能在于纵横比，例如高度 390 除以深度 395。这里和为了权利要求书的目的，高度 390 是在通道 310 的最上部界限 (正 y- 方向) 与最下部界限 (负 y- 方向) 之间的距离。深度 395 是在入口 240 处通道 310 的开始与出口 250 处通道 310 的结束之间的距离 (在 x- 方向上)。

[0032] 尽管热交换器 300 的尺寸不限于任何具体值，但在各个实施例中，纵横比是约 0.5 或更小。再度声明，在这样的实施例中，高度 390 不大于深度 395 的约一半。在某些实施例中，热交换器 300 的各种尺寸与工业标准炉子炉壳尺寸相兼容。例如，在这样的实施例中，

深度 395 可以适应于炉壳 110 的标准深度。在某些实施例中，热交换器 300 的高度 390 是约 21.5cm（约 8.5 英寸），并且深度 D 是约 47cm（约 18.5 英寸）。在这个示例性实施例中，纵横比是约 0.46。

[0033] 本领域的技术人员将认识到，另外的热量可以从热交换器 300 下游的排出抽取。除从热交换器 300 回收的至少约 70％的热量之外，这样的以后热量回收在某些实施例中可以导致炉子 100 的至少约 90％的总效率。来自具有紧凑特征的热交换器 300 的炉子的这样一种高效率对于发明人是未知的，并且在现有技术的状态下代表高效炉子设计的显著进步。

[0034] 图 4A 表明通道 310 的横截面 A-A、B-B 及 C-C，该通道 310 具有在图 3 中所指示的尺寸基准。为了参考，表明了坐标 xyz 轴。表 I 没有限制地呈现横截面的示例性对应尺寸。表 I 包括用于每个尺寸基准的示范范围、优选范围及更优选范围。具体值仅作为热交换器 300 的示例性实施例的例子而呈现。本领域的技术人员将认识到，在表 I 中提供的值可以修改，如通过确定高度 390 和 / 或深度 395 的比例，而不脱离本公开和权利要求书的范围。

[0035] 表 I：图 4A 的示例性尺寸

[0036]

尺寸	额定值（cm）	示范公差（mm）	优选公差（mm）	更优选公差（mm）
W_1	2.57	±2.5	±1.3	±0.76
W_2	1.82	±2.0	±1.3	±0.76
W_3	2.18	±2.5	±1.3	±0.76
W_4	2.57	±2.0	±1.3	±0.76
W_5	2.34	±2.0	±1.3	±0.76
W_6	1.75	±2.0	±1.3	±0.76
W_7	2.57	±2.5	±1.3	±0.76
W_8	2.30	±2.0	±1.3	±0.76
W_9	2.57	±2.0	±1.3	±0.76
W_{10}	2.45	±2.0	±1.3	±0.76
H_1	10.16	±2.0	±1.3	±0.76
H_2	3.51	±2.0	±1.3	±0.76
H_3	2.22	±2.0	±1.3	±0.76
H_4	10.16	±2.0	±1.3	±0.76
H_5	3.05	±2.0	±1.3	±0.76
H_6	2.81	±2.0	±1.3	±0.76
H_7	9.01	±2.0	±1.3	±0.76
H_8	6.31	±2.0	±1.3	±0.76
H_9	3.80	±2.0	±1.3	±0.76
H_{10}	3.44	±2.0	±1.3	±0.76

[0037] 图 4B 表明横截面 A-A、B-B 及 C-C 的简化视图，这些横截面加注释以说明在通道 310 的诸部分之间的关系。箭头指示燃烧 / 排出气体穿过每个横截面的通过顺序。因而，气体按 i → ii → iii → iv → v → vi → vii → viii 的顺序通过截面。截面 i 和 ii 描述燃烧区域 320，并且截面 iii-viii 描述排出区域 330。

[0038] 这里注意截面 i-viii 的几个方面。首先，截面面积倾向于在穿过通道 310 的流动方向上越来越小。因而，例如，截面 v-vii 每个具有比截面 i 小的面积。而且，截面 viii 的面积小于截面 iv 的面积。第二，截面 iii 包括凹入轮廓，在该凹入轮廓中，截面宽度，例如在 z 方向上的宽度，在中央区域局部最小。第三，紧在 U 形弯 350 之前的截面 v 具有比紧随 U 形弯 350 后的截面 vi 小的面积。

[0039] 在截面 i-viii 的面积之间的关系被认为是导致热交换器 300 的有利热传递特性。例如，截面 iii 的凹入轮廓增大在 U 形弯 340 中用于到空气流 270 的热量传递的可用面积，并且可以有助于管道热气体到通道 310 的边缘用于空气流 270 的增加的热量传递。大面积是有利的，因为通道 310 的这个区域在操作期间在其最高温度下或附近。在另一个例子中，通道 310 在截面 iv 与截面 vi 之间的变窄可以导致在 U 形弯 350 内的流动特性，该流动特

性增加从排出气体到在 U 形弯 350 内的热交换器 300 的表面的热量传递，并由此增加到空气流 270 的热量传递。

[0040] 在一个方面，通道 310 具有宽度，例如其内部在图 3 和 4A 的 z 方向上的界限。参照图 4A，截面 A-A、B-B 及 C-C 分别具有 W_1、W_4 及 W_7 的最大宽度。宽度 W_1、W_4 及 W_7 不限于任何具体值，但可以由系统等级设计选择来约束，如要设置在热交换器组件 160 内的热交换器 210 的数量。在示例性实施例中，W_1、W_4 及 W_7 每个约等于 2.5cm。（见表 I）。在实施例中，W_1、W_4 及 W_7 每个落在从约 2.25cm 至约 2.75cm 包括端点的范围内。在相同情况下，约 2.35cm 至约 2.62cm 的范围是优选的，而在某些情况下，约 2.45cm 至约 2.55cm 的范围是更优选的。

[0041] 热交换器 300 的特征可以在于整体宽度，例如在图 3 的 z 方向上的最大尺寸。在某些情况下，整体宽度可以是 W_1、W_4 及 W_7 中的最大者。热交换器 300 的特征也可以在于整体宽度与高度 390 的宽度比值。在各个实施例中，这个比值可以在从约 0.10 至约 0.14 包括端点的范围内。例如，在以上描述的各个实施例中，H 可以是约 21.5cm，并且整体宽度可以是约 2.5cm。因而，整体宽度除以高度 390 在这个例子中是约 0.116。

[0042] 在各个实施例中，期望考虑到炉子 100 的有利紧凑和高效设计宽度比值在 0.10 与 0.14 之间并且纵横比≤ 0.5。这里描述的各种热交换器 300 的特征有利地能够实现热交换器 300 的≥ 70％效率，同时实现热交换器 300 的紧凑设计。在低于 0.15 的宽度比值使在给定空间内放置比关于常规热交换器设计可能的数量多的热交换器 210 成为可能。放置较大数量的热交换器 210 有利地保证，在比关于常规热交换器设计可能的更紧凑的设计中，具有高热量输出的炉子 100 的设计。

[0043] 图 5 表明热交换器 300 的另一种描绘，该热交换器 300 具有这里参考的各种尺寸基准和横截面位置。横截面 6A-6E 一般是水平的（在表明的坐标轴的 x 方向上），而横截面 7A-7G 一般是竖直的（在 y- 方向上）。横截面 6A-6E 分别在图 6A-6E 中表明，并且横截面 7A-7G 分别在图 7A-7G 中表明。

[0044] 表 II 没有限制地表明与在图 5、6A-6E 及 7A-7G 中的各种尺寸基准相对应的示例性尺寸。在一个实施例中，根据在表 II 中的值形成的热交换器 300 具有约 932cc（约 57in^3）的体积，例如通道 310 的内部体积。

[0045] 表 II 包括用于每个尺寸基准的示范范围、优选范围及更优选范围。具体值仅作为热交换器 300 的示例性实施例的例子而呈现。本领域的技术人员将认识到，在表 II 中提供的值可以修改，而不脱离本公开和权利要求书的范围。

[0046] 表 II：图 5、6 及 7 的示例性尺寸

[0047]

尺寸	额定值 (cm)	示范公差 (mm)	优选公差 (mm)	更优选公差 (mm)
L_1	39.65	±2.0	±1.3	±0.76
L_2	32.09	±2.0	±1.3	±0.76
L_3	0.12	±2.0	±1.3	±0.76
L_4	0.20	±2.0	±1.3	±0.76
H_1	9.97	±2.0	±1.3	±0.76
H_2	6.40	±2.0	±1.3	±0.76
H_3	5.67	±2.0	±1.3	±0.76
H_4	4.87	±2.0	±1.3	±0.76
H_5	1.22	+2.5 -0.2	+1.3 -1.3	+0.2 -0.0
α_1	86°	±4°	±1°	±0.5°
α_2	178°	±4°	±1°	±0.5°
$Ø_1$	1.45	±2.0	±1.5	±1.3
W_1	1.16	±2.0	±1.3	±0.8
W_2	1.22	±2.0	±1.3	±0.8
W_3	0.76	±1.5	±0.8	+0.8 -0.0
W_4	0.76	±1.5	±0.8	+0.8 -0.0
W_5	1.04	±2.0	±1.3	±0.8

[0048]

[0049]

W_6	1.24	+0.5 -0.5	+0.2 -0.2	+0.2 -0.0
W_7	0.83	±2.0	±1.3	±0.8
W_8	1.21	±2.0	±1.3	±0.8
W_9	1.21	±2.0	±1.3	±0.8
W_{10}	1.24	±2.0	±1.3	±0.8
W_{11}	0.79	±2.0	±1.3	±0.8
W_{12}	1.04	±2.0	±1.3	±0.8
W_{13}	0.79	±2.0	±1.3	±0.8
W_{14}	0.99	±2.0	±1.3	±0.8
W_{15}	1.24	±2.0	±1.3	±0.8
H_1	6.50	±2.5	±1.3	±0.8
H_2	5.92	±2.5	±1.3	±0.8
H_3	5.91	±2.0	±1.3	±0.8
H_4	5.63	±2.0	±1.3	±0.8
H_5	4.10	±2.5	±1.3	±0.8
H_6	4.28	±2.5	±1.3	±0.8
H_7	3.11	±2.5	±1.3	±0.8
H_8	2.75	±2.5	±1.3	±0.8
H_9	2.59	±2.5	±1.3	±0.8
R_1	0.71	±0.3	±0.2	±0.1
R_2	2.86	±0.5	±0.4	±0.2
R_3	1.21	±0.3	±0.2	±0.1
R_4	3.91	±0.5	±0.4	±0.2
R_5	2.85	±0.3	±0.2	±0.1
R_6	0.43	±0.3	±0.2	±0.1
R_{Y7}	2.86	±0.5	±0.4	±0.2
R_{Z8}	1.21	±0.3	±0.2	±0.1
R_9	1.03	±0.3	±0.2	±0.1
R_{Y10}	2.54	±0.3	±0.2	±0.1
R_{Z11}	1.19	±0.3	±0.2	±0.1
R_{12}	3.00	±0.5	±0.4	±0.2
R_{13}	2.63	±0.5	±0.4	±0.2
R_{14}	1.90	±0.3	±0.2	±0.1
R_{15}	1.37	±0.3	±0.2	±0.1
R_{16}	1.24	±0.3	±0.2	±0.1
R_{17}	0.21	±0.3	±0.2	±0.1

[0050] 通道 310 的一个有利特征由图 7A 至图 7G 的系列表明。随着燃烧和排出气体移动过通道 310，通道 310 的横截面面积随着气体冷却而减小。随着气体冷却，气体的密度增大。横截面面积随增加气体密度的减小可以保证，当气体流过通道 310 时相等恒定的气体速度。恒定气体流速可以有利地改进热交换器 300 的效率，和 / 或简化热交换器 300 的热流动特性的分析。

[0051] 图 8 表明干涉模式 810，该干涉模式 810 可以可选择地放置在密封区域 360、370 内，以减小在通道 310 的诸部分之间的气体泄漏。在某些情况下，密封区域 360、370 可能足够窄，使得甚至借助于在密封区域 360、370 之间的干涉，由此形成的密封因为穿过其的泄漏，也不足以提供热交换器 300 的希望效率。期望的是，这样的泄漏会典型地降低热交换器 300 的效率。在一个实施例中，干涉模式是 w 形卷曲，该 w 形卷曲包括蛤壳式半部 1410、1420 的互锁变形。想到的是，干涉模式 810 的多个波纹对于气体渗出提供比在蛤壳式半部之间的平会合表面大的阻力。干涉模式 810 可以例如由在接合蛤壳式半部之后的冲压操作而形成。

[0052] 图 9 表明入口区域 380(图 3) 的详细视图。如以前描述的那样，入口区域 380 为进入燃烧区域 320 的燃烧燃料 / 空气混合物提供初始路径。所表明的入口区域 380 包括第一部分 910、第二部分 920 及第三部分 930。在表明实施例中的第一部分 910 具有初始直径 Φ_1，并且在部分 910、920 之间的边界处变窄到第二较小直径 Φ_2。示例性地，部分 920 具有基本恒定的直径 Φ_2。示例性地，第三部分 930 从 Φ_2 加宽到 Φ_3。

[0053] 入口区域 380 可以具有在部分 910、920 内的大体圆形截面轮廓。第三部分 930 然后可以过渡到例如在图 3 中表明的表明坐标轴的 y- 方向轴线上由图 4B 的截面 i 示范的轮廓 - 该截面 i 具有竖直轴线，因而提供从入口 240 到燃烧区域 320 的平滑过渡。入口区域 380 的尺寸的示例性值没有限制地在表 III 中以表格形式列出。本领域的技术人员将认识到，可以进行诸如各种尺寸的定比例、和改变比值之类的修改，而不脱离本公开和权利要求书的范围。

[0054] 相信的是，入口区域 380 的说明轮廓特性，例如具有变窄到第二较小值的初始直径、然后过渡到燃烧区域 320 的横截面轮廓的通道，使入口区域 380 起文丘里管作用。这样一种轮廓在这里和在权利要求书中称作文丘里管轮廓。文丘里管轮廓期望当燃烧燃料进入通道 310 时加速燃烧燃料的流动。想到的是，这种加速、和到在较宽燃烧区域 320 内的较慢流态的以后过渡，导致燃烧燃料在燃烧区域 320 内的有利流动特性。还想到增大燃烧效率和到热交换器 300 的壁的热量传递的流动特性。

[0055] 尽管文丘里管轮廓的存在期望在各个实施例中是有益的，但本公开的实施例不限于文丘里管轮廓的存在。例如，在某些实施例中，Φ_1 大约等于 Φ_2，例如第一部分 910 具有大约恒定的直径。在某些实施例中，入口区域 380 的直径从在第一部分 910 的开始处的初始值平稳地减小到在部分 920 的结束处的最终值。在另一个实施例中，第一部分 910 的直径大约是恒定的，并且部分 920 的直径从在部分 920 的开始处的初始值减小到在部分 920 的结束处的较小值。

[0056] 表 III :图 9 的示例性尺寸

[0057]

尺寸	额定值（cm）	示范公差（mm）	优选公差（mm）	更优选公差（mm）
$\varnothing_1$	2.54	±1.5	±1.2	±0.7
$\varnothing_2$	2.00	±1.5	±1.2	±0.7
$\varnothing_3$	5.80	±1.5	±1.2	±0.7
910	0.66	±1.5	±1.2	±0.7
920	1.85	±1.5	±1.2	±0.7
930	2.21	±1.5	±1.2	±0.7

[0058] 现在转到图 10A，表明的是热交换器 1000，该热交换器 1000 代表本公开的热交换器的备选实施例。热交换器 1000 作为“U 型”热交换器的例证。通道 1010 包括入口 1020 和出口 1030。热交换器 1000 包括奇数个 U 形弯，例如一个 U 形弯。入口 1020 和出口 1030 因而设置在热交换器 1000 的同一侧上。热交换器 1000 的几何细节可以通过参考图 11A-11C 和图 12A-12E 而理解，这些图包括热交换器 1000 的诸部分的横截面图。图 11A-11C 提供在图 10A 中标记的示例性竖直（y- 方向）横截面，并且图 12A-12E 提供在图 10A 中标记的示例性水平（x- 方向）横截面。在各个实施例中，入口 1020 和出口 1030 具有大致圆形横截面，该圆形横截面具有约 2.5cm(1 英寸）的直径 Φ。在各个实施例中，热交换器 1000 凭借这里描述的设计方面以紧凑设计实现至少约 70％的效率。在某些实施例中，热交换器 1000 可以具有至少约 80％的效率。

[0059] 各个横截面 11A-11C 和 12A-12E 描述热交换器 1000 的示例性实施例，而没有对于本公开的范围的限制。表 IV 没有限制地呈现与在图 10、11A-11C 及 12A-12E 中的各个尺寸基准相对应的示例性尺寸。横截面可以表明各个线性尺寸、弯曲程度及结构特征，如热交换器 1000 的凸起和凹陷。本领域的技术人员将认识到，可以实施说明实施例的各种修改，而不脱离本公开和权利要求书的范围。

[0060]

尺寸	额定值 (cm)	示范公差 (mm)	优选公差 (mm)	更优选公差 (mm)
L_1	48.32	±2.0	±1.3	±0.8
L_2	44.29	±2.0	±1.3	±0.8
L_3	4.03	±2.0	±1.3	±0.8
L_4	11.42	±2.0	±1.3	±0.8
L_5	16.12	±2.0	±1.3	±0.8
L_6	35.25	±2.0	±1.3	±0.8
L_7	48.12	±2.0	±1.3	±0.8
L_8	13.21	±2.0	±1.3	±0.8
L_9	0.39	±2.0	±1.3	±0.8
L_{10}	29.51	±2.0	±1.3	±0.8
L_{11}	1.78	±2.0	±1.3	±0.8
H_1	16.08	±2.0	±1.3	±0.8
H_2	9.37	±2.0	±1.3	±0.8
H_3	4.75	±2.0	±1.3	±0.8
H_4	0.62	±2.0	±1.3	±0.8
H_5	5.76	±2.0	±1.3	±0.8
H_6	6.39	±2.0	±1.3	±0.8
H_7	20.26	±2.0	±1.3	±0.8
H_8	9.91	±2.0	±1.3	±0.8
H_9	15.60	±2.0	±1.3	±0.8
H_{10}	10.80	±2.0	±1.3	±0.8
H_{11}	13.31	±2.0	±1.3	±0.8
H_{12}	10.70	±2.0	±1.3	±0.8
W_1	1.21	±2.0	±1.3	±0.8
W_2	0.98	±2.0	±1.3	±0.8
W_3	0.25	±2.0	±1.3	±0.8
W_4	0.74	±2.0	±1.3	±0.8
W_5	0.53	±2.0	±1.3	±0.8
W_6	0.46	±2.0	±1.3	±0.8
W_7	0.53	±2.0	±1.3	±0.8
W_8	0.38	±2.0	±1.3	±0.8
W_9	0.23	±2.0	±1.3	±0.8

[0061] 表 IV :图 10A、11 及 12 的示例性尺寸

[0062]

W_{10}	1.21	±2.0	±1.3	±0.8
W_{11}	1.24	±2.0	±1.3	±0.8
W_{12}	1.03	±2.0	±1.3	±0.8
W_{13}	0.93	±2.0	±1.3	±0.8
W_{14}	0.51	±2.0	±1.3	±0.8
W_{15}	0.68	±2.0	±1.3	±0.8
W_{16}	0.79	±2.0	±1.3	±0.8
W_{17}	0.52	±2.0	±1.3	±0.8
W_{18}	0.36	±2.0	±1.3	±0.8
W_{19}	0.49	±2.0	±1.3	±0.8
W_{20}	0.32	±2.0	±1.3	±0.8
W_{21}	0.45	±2.0	±1.3	±0.8
W_{22}	0.33	±2.0	±1.3	±0.8
W_{23}	1.24	±2.0	±1.3	±0.8
R_1	7.77	±2.0	±1.3	±0.8
R_2	1.27	±2.0	±1.3	±0.8
R_{Y3}	2.86	±2.0	±1.3	±0.8
R_4	0.43	±2.0	±1.3	±0.8
R_{Z5}	1.21	±2.0	±1.3	±0.8
R_6	1.27	±2.0	±1.3	±0.8
R_7	0.53	±2.0	±1.3	±0.8
R_8	3.41	±2.0	±1.3	±0.8
R_9	0.43	±2.0	±1.3	±0.8
R_{10}	0.48	±2.0	±1.3	±0.8
R_{11}	0.48	±2.0	±1.3	±0.8
R_{12}	4.32	±2.0	±1.3	±0.8
R_{13}	0.48	±2.0	±1.3	±0.8
R_{14}	0.48	±2.0	±1.3	±0.8
R_{15}	2.98	±2.0	±1.3	±0.8
R_{16}	0.18	±2.0	±1.3	±0.8
R_{17}	0.48	±2.0	±1.3	±0.8
R_{18}	4.52	±2.0	±1.3	±0.8

[0063]

R_{19}	0.48	±2.0	±1.3	±0.8
R_{20}	0.48	±2.0	±1.3	±0.8
R_{21}	5.98	±2.0	±1.3	±0.8
R_{22}	0.48	±2.0	±1.3	±0.8
R_{23}	0.48	±2.0	±1.3	±0.8
R_{24}	5.51	±2.0	±1.3	±0.8
ϕ	2.54	±2.0	±1.0	±0.5

[0064] 图 10B 为了清楚按简化形式表明热交换器 1000。在热交换器 1000 的特征中是 U 形弯 1040，该 U 形弯 1040 将燃烧区域 1050 与排出区域 1060 连接。U 形弯 1040 具有宽度 1045。燃烧区域 1050 具有初始宽度 1055，该初始宽度 1055 在表明的实施例中在燃烧区域 1050 的长度上是基本恒定的。排出区域 1060 具有宽度 1065。在各个实施例中，U 形弯 1040 构造成，如通过从宽度 1045 到宽度 1055 的示例性加宽，减小从燃烧区域 1050 进入 U 形弯 1040 的排出气体的速度。相信通过这样减慢的速度，增加排出气体的驻留时间，允许空气流较长时间，例如空气流 270，从排出气体除去热量。在各个实施例中，宽度 1045 除以宽度 1055 的弯曲比值是至少约 1.5。在某些实施例中，弯曲比值具有在约 1.5 至约 2.0 包括两者的范围内的优选值。在某些实施例中，弯曲比值具有约 2 的优选额定值。在非限制例子中，宽度 1045 大约等于 L_4，并且 W_2 大约等于 H_5（图 10A 和表 IV）。使用来自表 IV 的示例性值产生约 1.98 的弯曲比值。

[0065] 通道 1010 具有高度 1070 和深度 1080。高度 1070 如对于热交换器 300 那样定义，例如定义为从通道 1010 的底部竖直界限到顶部竖直界限（y- 方向）。在热交换器 1000 的上下文中的深度 1080 是在入口 1020 或出口 1030 与通道 1010 的水平（x- 方向）界限之间的距离，该水平界限例如大约在基准线 1090 处（图 10B）。在热交换器 1000 的上下文中，纵横比可以定义为高度 1070 除以深度 1080。在各个实施例中，纵横比是约 0.5 或更小。在非限制例子中，高度 1070 大约等于 $H_9+1/2\ H_5+1/2\ \phi$，并且深度 1080 大约等于 L_7。参考表 IV，H/D 对于这个例子是约 0.47。

[0066] 在某些实施例中，如在图 11A 中表明的实施例中，排出区域 1060 的横截面宽度从与同燃烧区域 1050 相对的侧 1110 相邻的初始宽度 W_3 单调地增大到在与燃烧区域 1050 相邻的侧 1120 处的大约 W_2。换句话说，排出区域 1060 的横截面宽度在正 -y 方向上增大。在某些实施例中，如在图 11B 中表明的实施例中，排出区域 1060 包括一个或多个凸起 1130，以限定子通道，例如限定在排出区域 1060 内的大致平行通道，这些大致平行通道按在子通道之间很少或没有混合地引导排气。这样的子通道可以有利地起作用，以增大热交换器 1000 的热传递表面面积。

[0067] 这里所描述的各种革新设计特征使得有可能实现热交换器 210 的高效率、紧凑设计。这样的设计特征的使用使得在某些实施例中可能的是，蛇管式热交换器，诸如热交换器 300，借助于约 0.5 或更小的纵横比具有最小 70％的效率。这里描述的一个实施例，例如蛇管式热交换器 300，可以具有约 21.3cm(8.4 英寸）的高度和约 46.2cm(18.2 英寸）的深度。这里描述的另一个实施例，例如 U 型热交换器 1000，可以具有约 23.2cm(9.1 英寸）的高度

和约 50.6cm(19.9 英寸）的深度，具有约 80％的效率。

[0068] 转到图 13，叙述制造热交换器，例如热交换器 300，的方法 1300。在步骤 1310 中，提供薄金属板坯料。这里和在权利要求书中，术语“提供”意味着，机械部件、结构元件等可以由执行所公开的方法的个人或业务实体制造，或者由此从除该个人或实体之外的源得到，包括另一个个人或业务实体。薄金属板坯料可以是例如以前描述的薄金属板类型中的任一种，例如是 0.73mm 镀铝钢。

[0069] 在步骤 1320 中，薄金属板坯料被成形，以形成第一蛤壳式半部和第二蛤壳式半部，例如蛤壳式半部 1410、1420。成形可以通过任何常规或新方法，如通过冲压。蛤壳式半部每个都包括通道半部，这些蛤壳式半部在接合时形成具有入口和出口的通道。蛤壳式半部 1410、1420 可以具有凸起和凹陷的任何组合，例如，这里在图 5、6A-6E、7A-7G、8、9、10A、10B、11A-11C、及 12A-12E 中描述的各种特征。通道具有高度和深度。高度与深度的比值是约 0.5 或更小，并且热交换器具有至少约 70％的效率。

[0070] 可选择地，通道包括蛇形路径。可选择地，通道包括具有凹入截面轮廓的燃烧区域。可选择地，通道包括在入口处的文丘里管。可选择地，通道的横截面面积在通道中气流的方向上减小。可选择地，通道具有宽度，其中宽度与高度的比值在约 0.10 至约 0.14 的范围内。可选择地，干涉模式设置在通道的各部分之间的密封区域中。可选择地，区域包括将燃烧区域与排出区域连接的 U 形弯，使 U 形弯具有是燃烧区域的宽度的至少 1.5 倍的宽度。

[0071] 尽管已经详细地描述了本发明，但本领域的技术人员应该理解，它们在这里可进行各种变化、替代及变更，而不脱离本发明的处于其最广义形式的精神和范围。

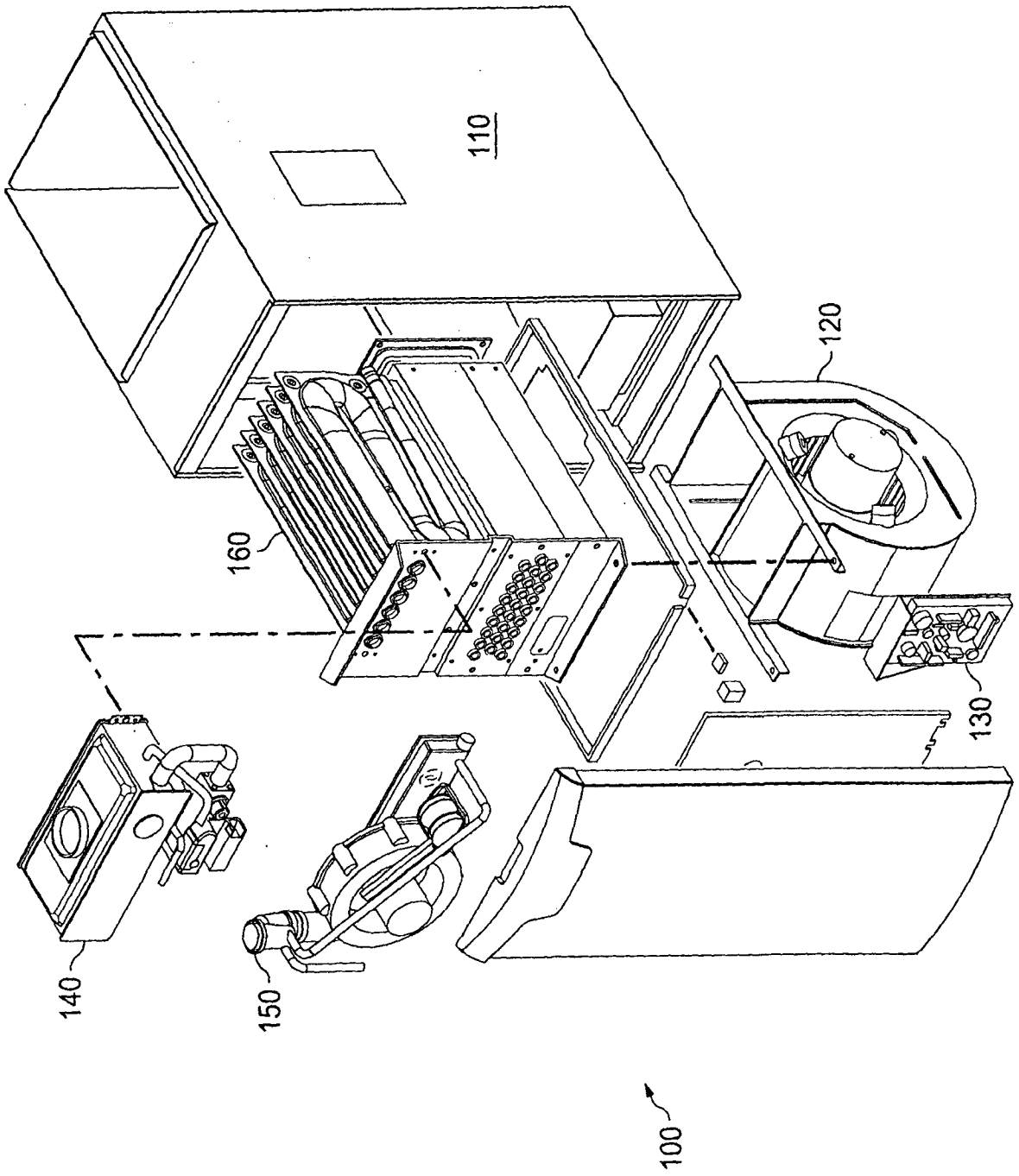


图 1

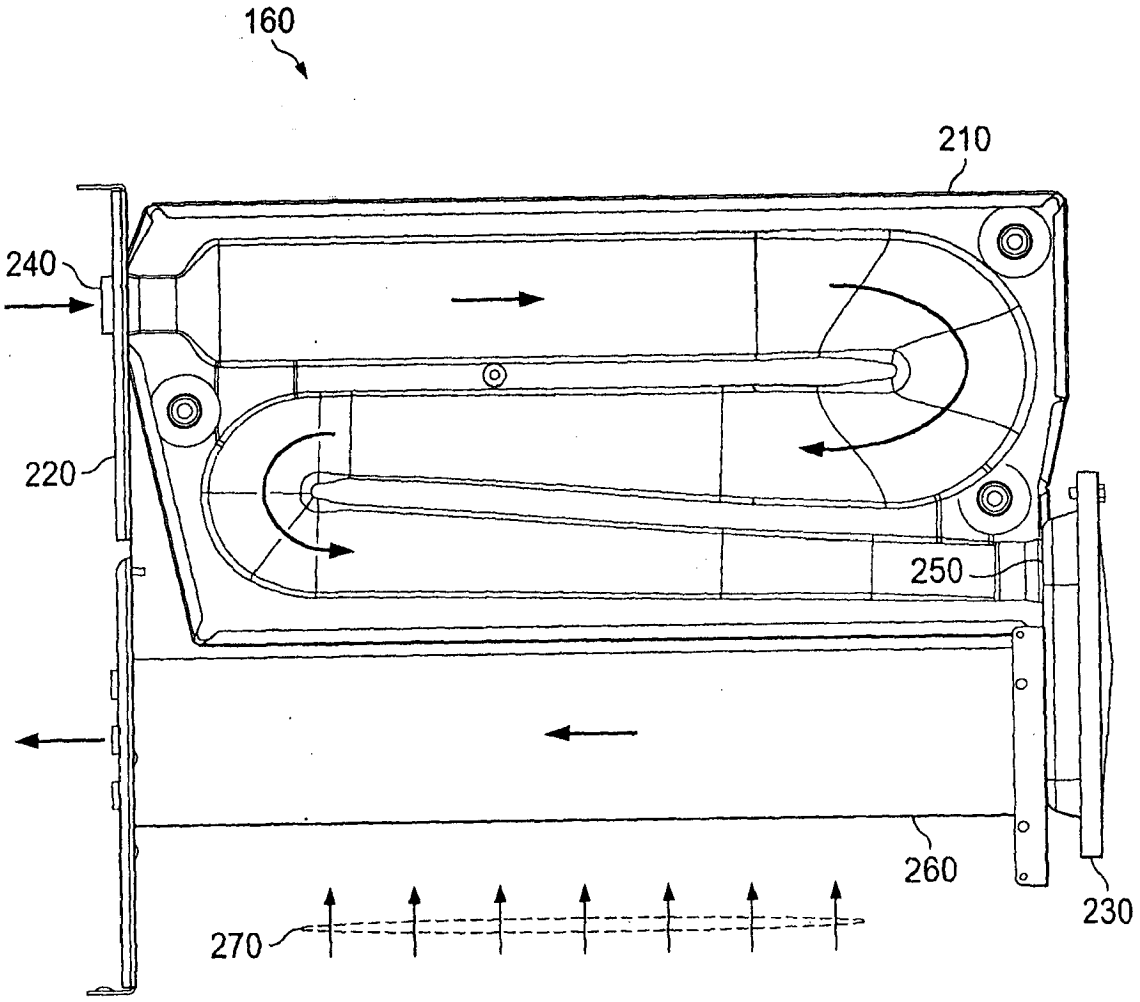


图 2

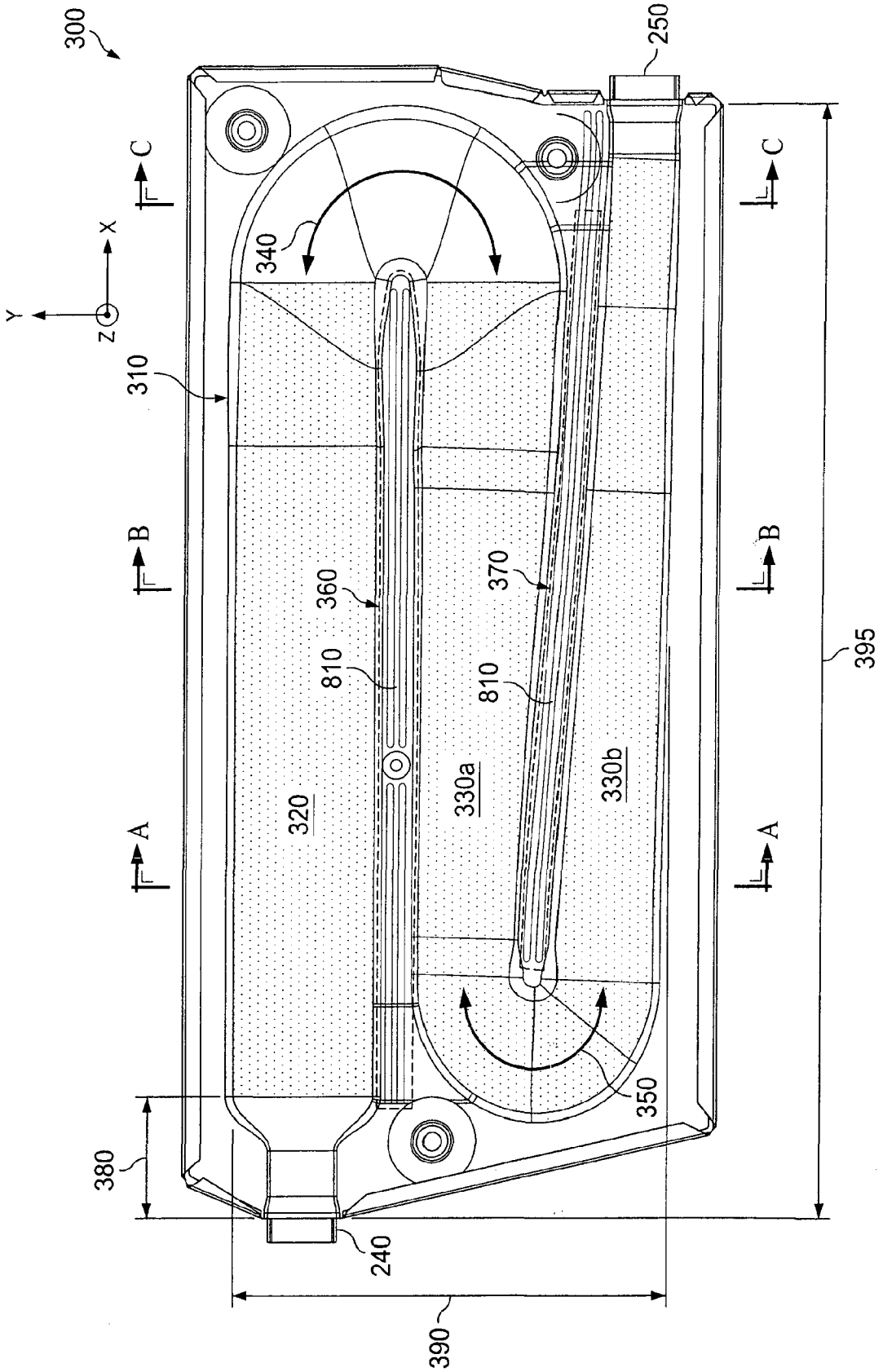

300
250
C
C
X
Y
Z
340
310
B
B
360
370
810
810
320
330a
330b
A
A
395
350
380
240
390

图 3

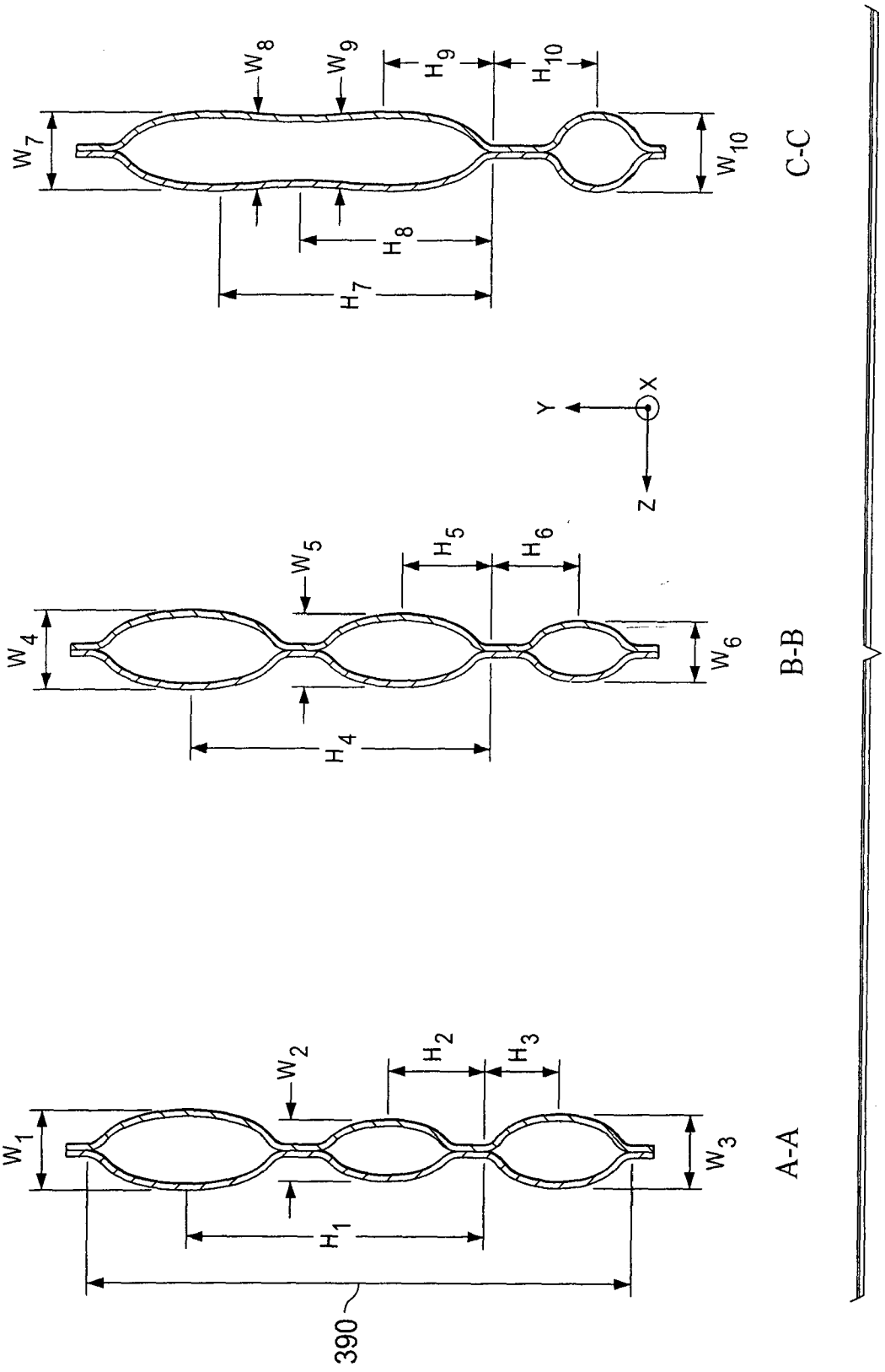

W8
W9
H9
H10
W7
W10
C-C
H8
H7
Y
X
Z
W5
H5
H6
W4
W6
B-B
H4
W2
H2
H3
W1
W3
A-A
H1
390

图 4A

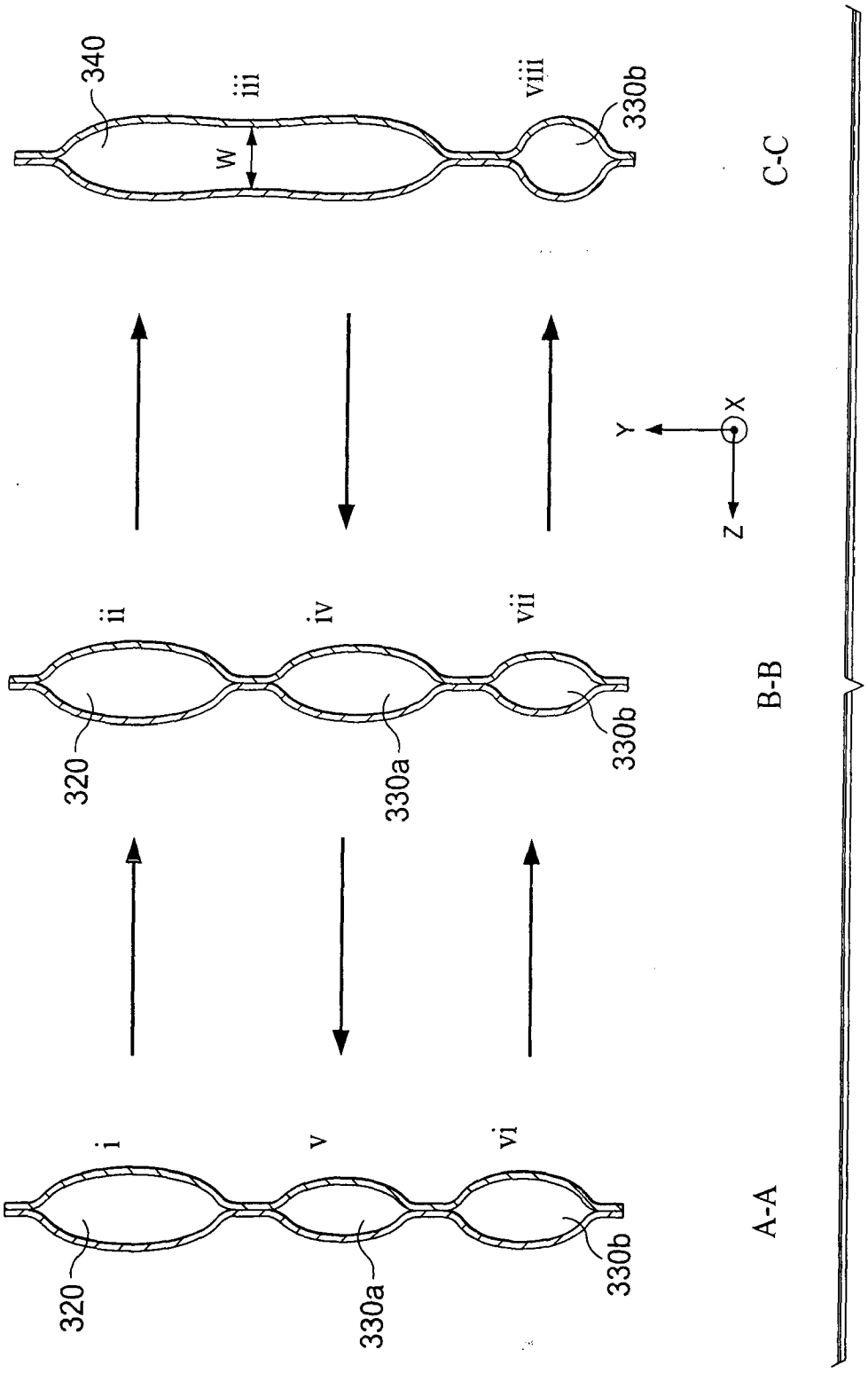

340
iii
viii
330b
W
C-C
Y
X
Z
ii
iv
vii
320
330a
330b
B-B
i
v
vi
320
330a
330b
A-A

图 4B

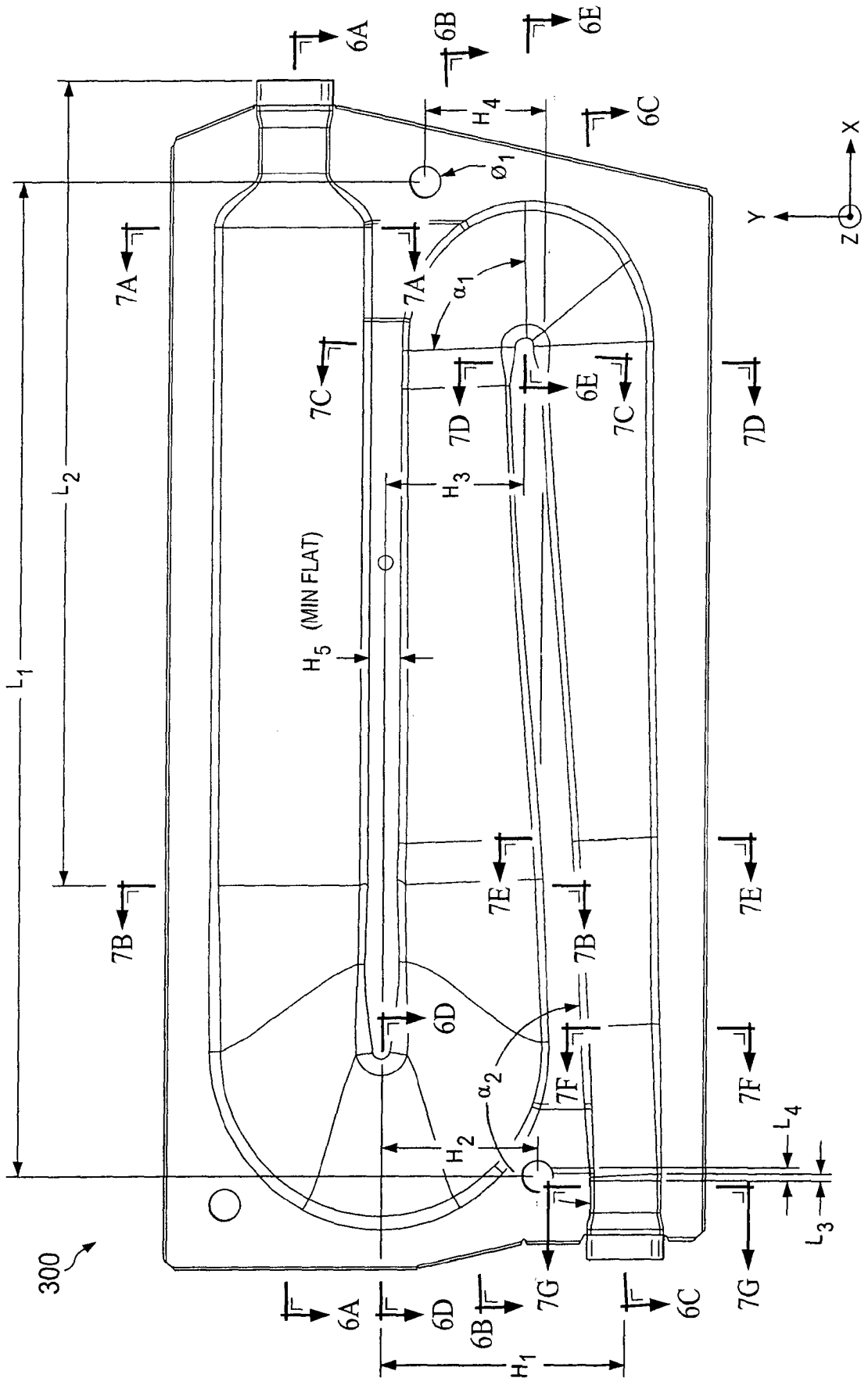

6A
6B
6E
6C
H4
Ø1
X
Y
Z
7A
7A
α1
7C
7D
6E
7C
7D
H3
L2
L1
H5 (MIN FLAT)
7E
7E
7B
7B
6D
α2
7F
7F
L4
H2
L3
300
6A
6D
6B
7G
6C
7G
H1

图 5

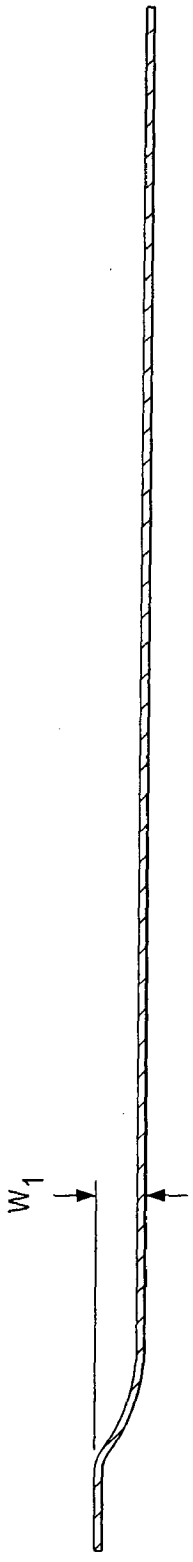


图 6A

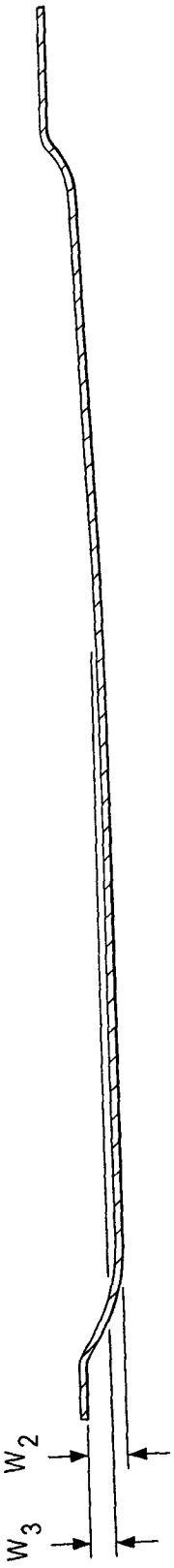


图 6B

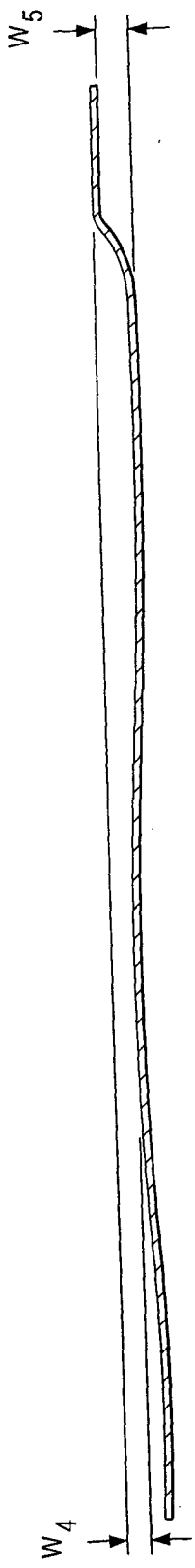


图 6C

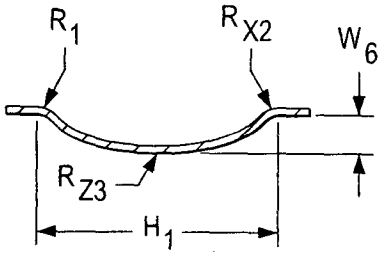


图 6D

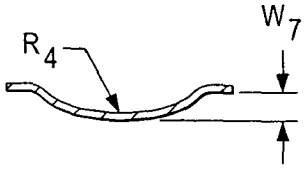


图 6E

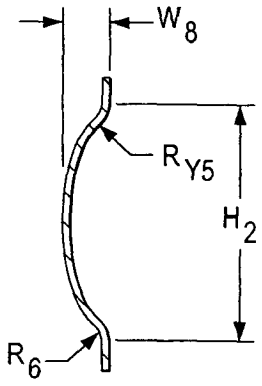


图 7A

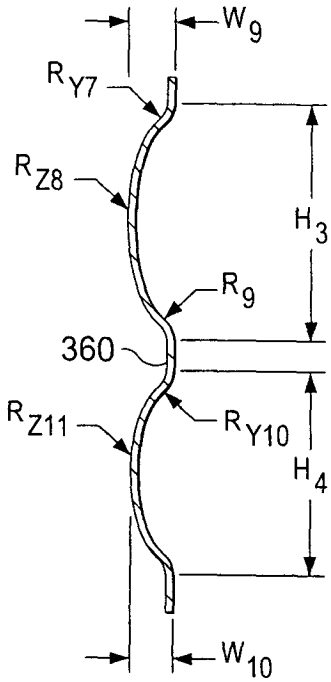


图 7B

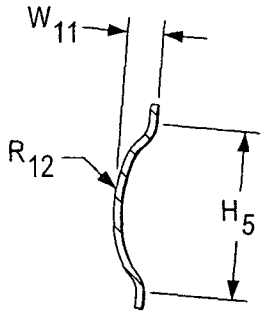


图 7C

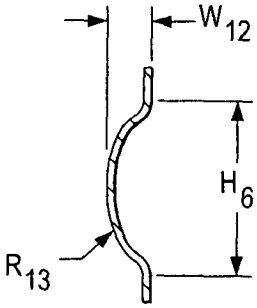


图 7D

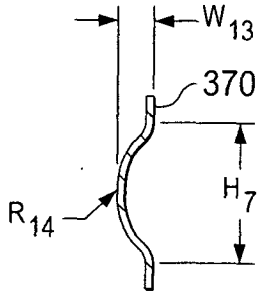


图 7E

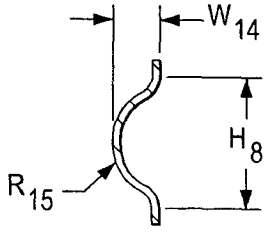


图 7F

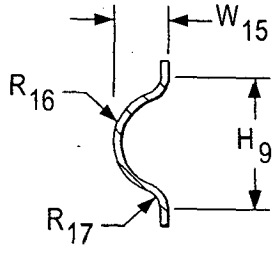


图 7G

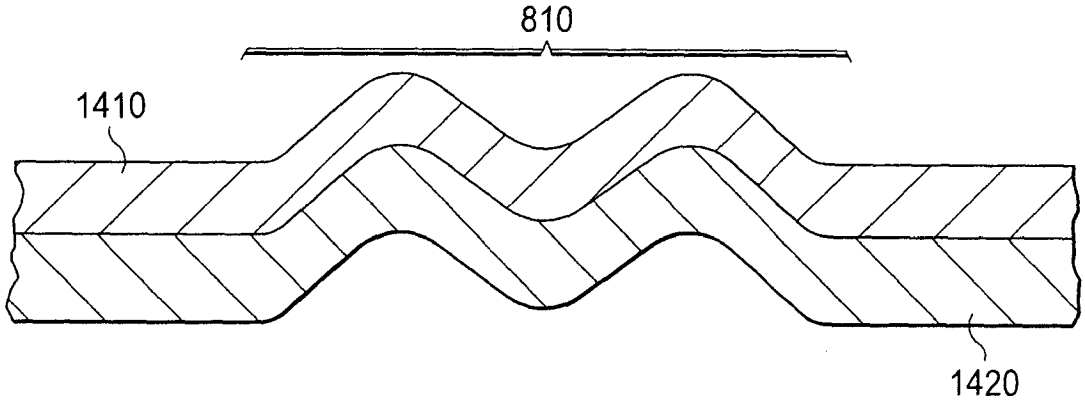


图 8

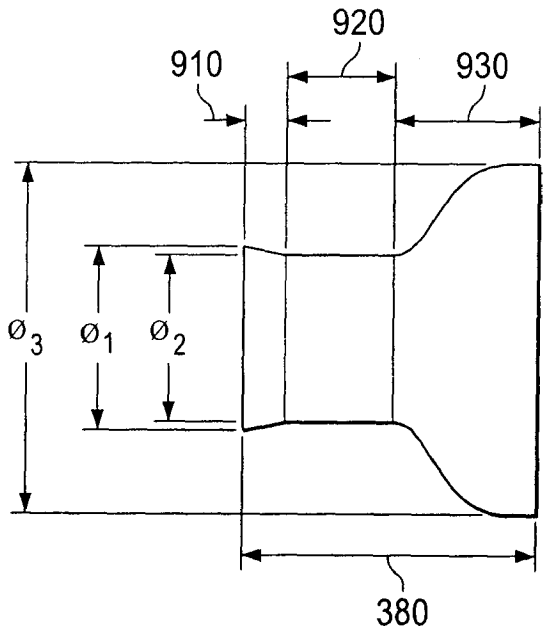


图 9

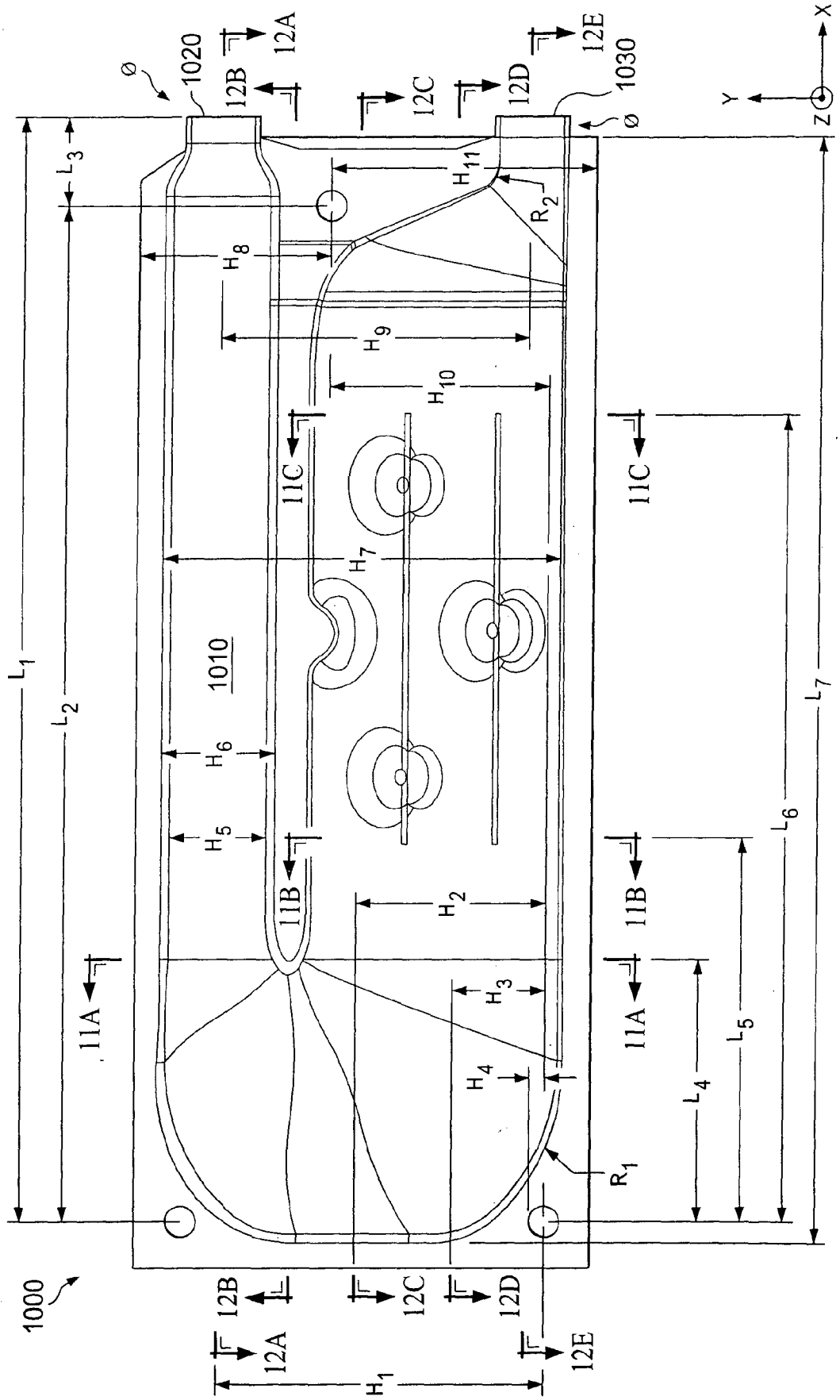

1020
1030
1010
1000
12A
12B
12C
12D
12E
11A
11B
11C
X
Y
Z
L_1
L_2
L_3
L_4
L_5
L_6
L_7
H_1
H_2
H_3
H_4
H_5
H_6
H_7
H_8
H_9
H_{10}
H_{11}
R_1
R_2

图 10A

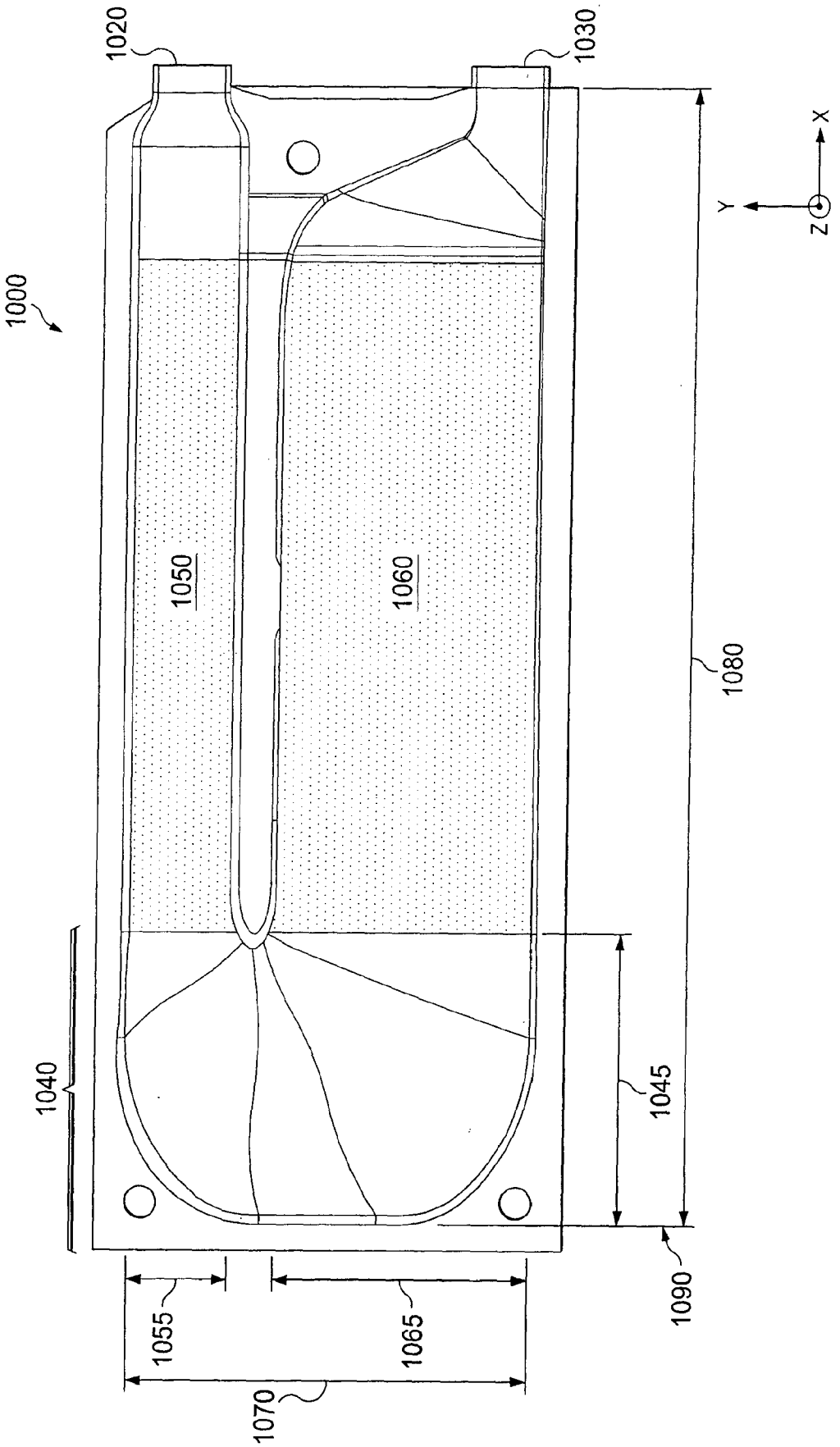

1020
1030
X
Y
Z
1000
1050
1060
1080
1040
1045
1090
1055
1065
1070

图 10B

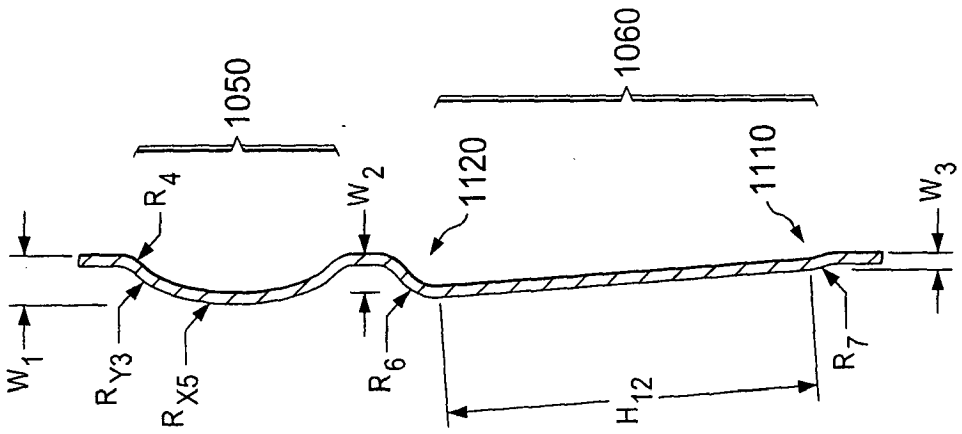


图 11A

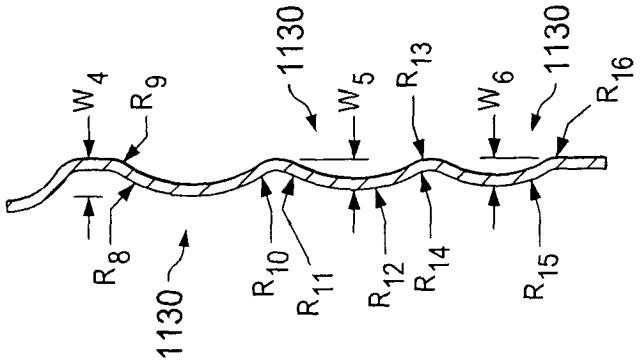


图 11B

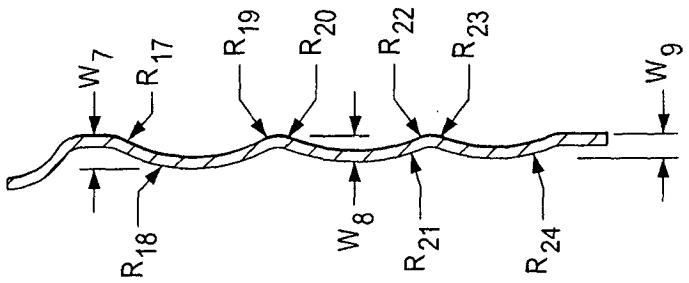


图 11C

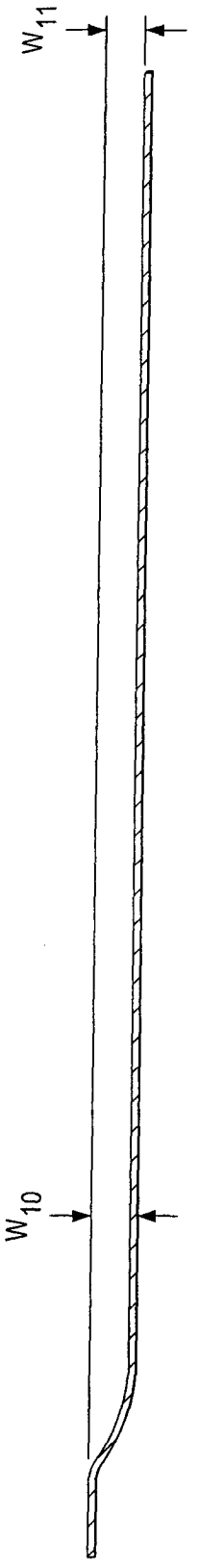


图 12A

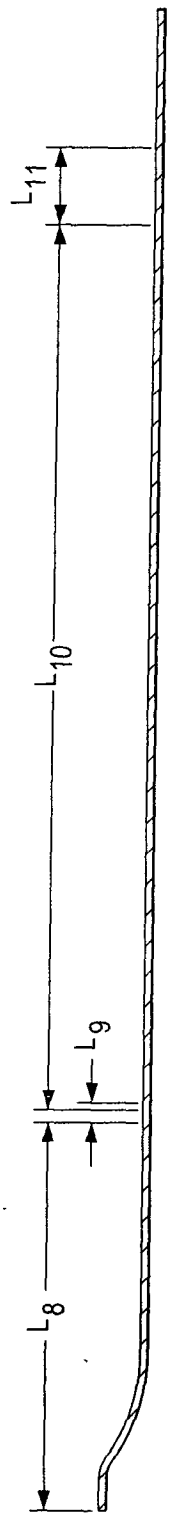


图 12B

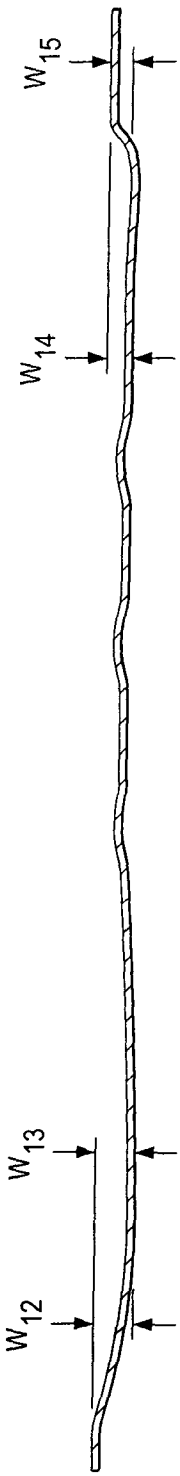


图 12C

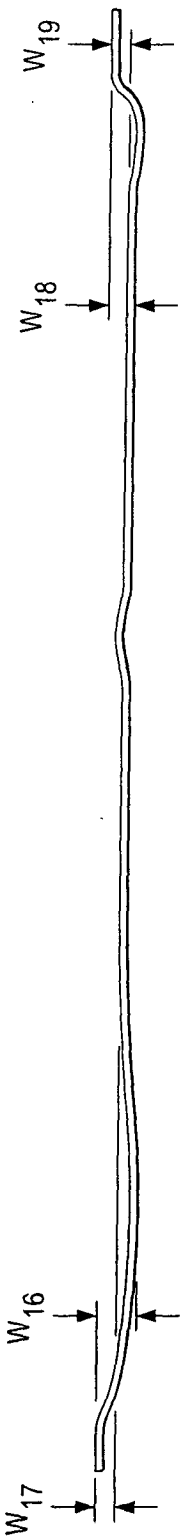


图 12D

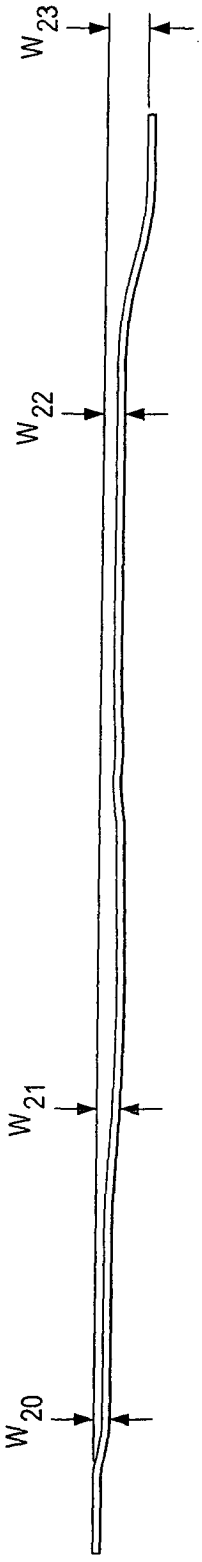

W23
W22
W21
W20

图 12E

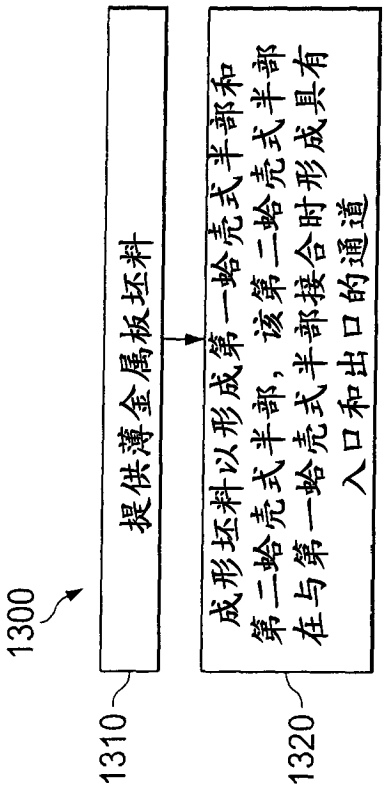

1300
提供薄金属板坯料
成形坯料以形成第一蛤壳式半部和第二蛤壳式半部，该第二蛤壳式半部在与第一蛤壳式半部接合时形成具有入口和出口的通道
1310
1320

图 13

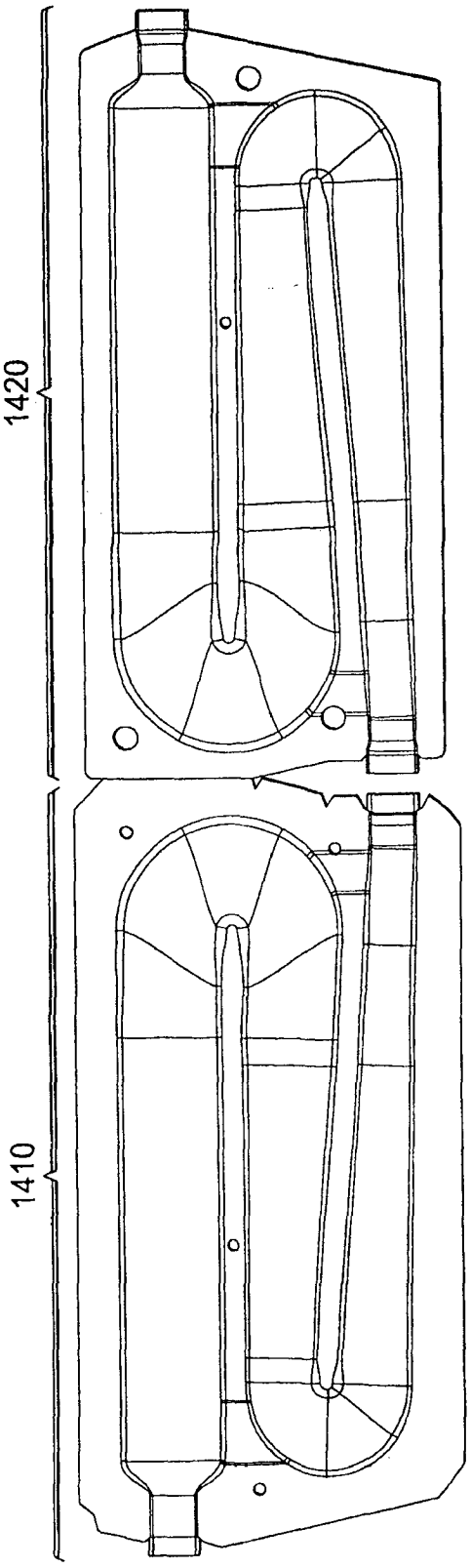

1420
1410

图 14