[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
F02B 53/06 (2006.01)

[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 200480034472.3

[43] 公开日 2006 年 12 月 20 日

[11] 公开号 CN 1882768A

[22] 申请日 2004.11.22
[21] 申请号 200480034472.3
[30] 优先权
[32] 2003.11.26 [33] US [31] 10/723,845
[86] 国际申请 PCT/US2004/039378 2004.11.22
[87] 国际公布 WO2005/054642 英 2005.6.16
[85] 进入国家阶段日期 2006.5.22
[71] 申请人 尼尔·洛基特
地址 美国华盛顿州
[72] 发明人 尼尔·洛基特

[74] 专利代理机构 上海专利商标事务所有限公司
代理人 张兰英

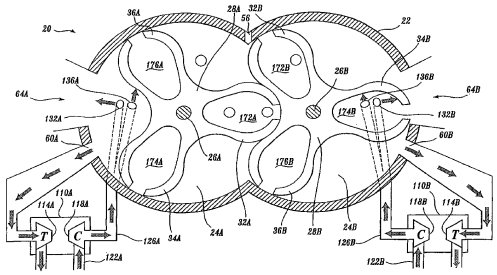
权利要求书 4 页 说明书 15 页 附图 12 页

[54] 发明名称

双转子内燃机

[57] 摘要

一内燃机包括一外壳，外壳形成有一对并排相交的大致圆柱形内腔，以及可转动地安装在内腔内的一对相对地转动的动力转子。 该对动力转子包括互相啮合的突耳，它们各形成敞开端部的燃烧室。



1. 一内燃机，包括：

一外壳，外壳包括一对端壁和一对相交的平行气缸壁，气缸壁具有内壁表面，所述内壁表面形成第一和第二互连的气缸内腔，相交的气缸壁形成间隔开的平行的第一和第二边缘；

第一和第二轴，所述第一和第二轴同轴地延伸在诸内腔中，并在端壁处被支承以便转动；以及

固定到所述第一和第二轴的第一和第二转子，以便在对应的内腔中转动，第一和第二转子各具有多个带有外端的径向延伸的突耳，各突耳形成一燃烧室，燃烧室在突耳外端处打开。

2. 如权利要求 1 所述的内燃机，其特征在于，第一和第二轴偶联在一起，以便沿相对的方向同步地转动。

3. 如权利要求 1 所述的内燃机，其特征在于，突耳是摆线形。

4. 如权利要求 1 所述的内燃机，其特征在于，还包括第一和第二吸气端口，所述第一和第二吸气端口分别与第一和第二内腔流体地连通。

5. 如权利要求 4 所述的内燃机，其特征在于，诸吸气端口连接到一流体源。

6. 如权利要求 5 所述的内燃机，其特征在于，由一装置供应给流体源，该装置选自以下的组群：涡轮增压器、鼓风机、增压器，以及风扇。

7. 如权利要求 5 所述的内燃机，其特征在于，流体选自以下的组群：空气和可燃流体。

8. 如权利要求 4 所述的内燃机，其特征在于，诸吸气端口的中心线定位成一转动角，其范围在离第一边缘约 45 度和约负 15 度之间。

9. 如权利要求 1 所述的内燃机，其特征在于，还包括至少两个排气端口，所述至少两个排气端口形成在外壳内并与第一和第二内腔流体地连通。

10. 如权利要求 9 所述的内燃机，其特征在于，排气端口对称地布置在与第一和第二边缘共面的对分平面的相对侧上。

11. 如权利要求 9 所述的内燃机，其特征在于，排气端口包括开始边缘和结束边缘，排气端口定位成：开始边缘分别定位在离第二边缘的一选定的顺时针转动角和一逆时针转动角。

12. 如权利要求 11 所述的内燃机，其特征在于，选定的转动角约为 110 度。

13. 如权利要求 11 所述的内燃机，其特征在于，选定的转动角约为 80 度。

14. 如权利要求 9 所述的内燃机，其特征在于，还包括第三和第四排气端口，所述第三和第四排气端口形成在外壳内并与成对的内腔流体地连通，第三和第四排气端口对称地布置在与第一和第二边缘共面的对分平面的相对侧上，并分别地与第一和第二排气端口间隔一选定的转动距离。

15. 如权利要求 14 所述的内燃机，其特征在于，选定的转动距离近似地等于或大于 10 度。

16. 如权利要求 1 所述的内燃机，其特征在于，还包括至少一个与外壳相连的点火装置。

17. 如权利要求 16 所述的内燃机，其特征在于，点火装置是一火花塞。

18. 如权利要求 1 所述的内燃机，其特征在于，还包括第一和第二空气吸入端口，所述第一和第二空气吸入端口形成在外壳内并与内腔流体地连通，第一和第二空气吸入端口连接成与一空气源流体地连通，以便将空气注入内腔。

19. 如权利要求 18 所述的内燃机，其特征在于，第一和第二空气吸入端口从一涡轮增压器中接受空气。

20. 如权利要求 19 所述的内燃机，其特征在于，还包括至少两个排气端口，所述至少两个排气端口形成在外壳内并与第一和第二内腔流体地连通，排气端口还与涡轮增压器流体地连通。

21. 如权利要求 19 所述的内燃机，其特征在于，第一和第二空气吸入端口从一由第一或第二轴之一驱动的泵中接受空气。

22. 如权利要求 18 所述的内燃机，其特征在于，还包括第一和第二燃料吸入端口，所述第一和第二燃料吸入端口形成在外壳内并与内腔流体地连通。

23. 如权利要求 22 所述的内燃机，其特征在于，第一和第二燃料吸入端口连接成与一燃料源流体地连通。

24. 如权利要求 23 所述的内燃机，其特征在于，燃料源是一有选择地控制的燃料注射器喷嘴。

25. 如权利要求 23 所述的内燃机，其特征在于，燃料源供应到内腔受转子的转动控制。

26. 在某种类型的内燃机中，包括一外壳，外壳形成一对平行的相交的气缸，以及一对附连到在所述气缸内同轴地延伸的平行轴的转子，各转子具有多个突耳，转子定位成其突耳互相啮合；其改进包括：

其中，各转子的各突耳形成一敞开端部的燃烧室。

27. 一内燃机，包括：

一外壳，外壳形成有一对并排相交的大致圆柱形内腔；

一对可转动地安装在内腔内的相对转动的动力转子，该对动力转子包括互相啮合的突耳，各突耳形成敞开端部的燃烧室；

至少两个形成在外壳内并与成对的内腔流体地连通的排气端口；

与内腔连通的点火装置；

第一和第二燃料吸入端口，设置在外壳内并连接成与内腔流体地连通；以及

第一和第二空气吸入端口，设置在外壳内并连接成与内腔流体地连通。

28. 如权利要求 27 所述的内燃机，其特征在于，还包括第三和第四燃料吸入端口，所述第三和第四燃料吸入端口形成在外壳内并连接成与内腔流体地连通。

29. 如权利要求 28 所述的内燃机，其特征在于，第三和第四燃料吸入端口可在选定的内燃机操作条件下操作而将燃料注入到内腔内。

30. 如权利要求 27 所述的内燃机，其特征在于，还包括第三和第四空气吸入端口，所述第三和第四空气吸入端口设置在外壳内并连接成与内腔流体地连通。

31. 一内燃机，包括：

一外壳，外壳形成平行的圆柱形形状的相交内腔；

一对可转动地安装在内腔内的平行轴，该对平行轴在外壳外延伸以形成至少一个驱动轴；以及

第一和第二互相啮合的转子，可转动地安装在外壳内，各个转子构造有一中心毂部分，偶联到其中一个轴上以便随轴转动，以及多个径向向外地延伸的突耳，以形成敞开端部的燃烧室。

32. 如权利要求 31 所述的内燃机，其特征在于，各转子还包括一用于各燃烧室的形成在中心毂部分内的流体供应通道，流体供应通道连接成与对应的燃烧室流体地连通，并有选择地连接成与一流体源流体地连通。

33. 如权利要求 32 所述的内燃机，其特征在于，流体是空气或燃料。

34. 一内燃机，包括：

一外壳，外壳形成有一对并排相交的大致圆柱形内腔；

一对可转动地安装在内腔内的相对转动的动力转子，该对动力转子包括互相啮合的突耳，各突耳形成敞开端部的燃烧室；

第一和第二吸气端口，形成在外壳内并连接成与内腔流体地连通，以及一用来将

空气注入各燃烧室的空气源；

第三和第四吸气端口，形成在外壳内并连接成与内腔流体地连通，以及一用来将燃料注入各充有空气的燃烧室内以形成空气/燃料混合物的燃料源；

一点火装置，偶联到外壳上并在转子突耳完全地互相啮合时与对应的燃烧室大致地对齐，点火装置适于点燃在对齐的燃烧室内的空气/燃料混合物，由此，因空气/燃料混合物的点燃而造成的燃烧气体作用在突耳上，从而转动转子；以及

至少两个排气端口，形成在外壳内并与成对的内腔流体地连通，其中，通过转子进一步转动，其后，燃烧的气体将通过排气端口排出。

35. 如权利要求 34 所述的内燃机，其特征在于，排气端口对称地布置在外壳的一对分平面的相对侧上，该对分平面在内腔的相交处对分外壳。

36. 如权利要求 35 所述的内燃机，其特征在于，第一和第二吸气端口构造成以径向向外的方式朝向排气端口将空气注入到内腔内。

37. 如权利要求 34 所述的内燃机，其特征在于，第三和第四吸气端口构造成朝向内腔的腔室壁将燃料注入到内腔内。

双转子内燃机

技术领域

本发明一般地涉及内燃机，具体来说，涉及双转子内燃机。

背景技术

内燃机已经问世多年，其用来将燃烧气体的能量转换为呈曲轴转动形式的机械能。本技术领域内公知的一种类型的内燃机是往复活塞式内燃机。传统的往复活塞式内燃机通常包括一外壳，其一般地称之为气缸体，它形成多个气缸排列，气缸布置成直线的 V 型或对置型。轴颈地支承在气缸下端处的是一曲轴。各个气缸容纳一活塞，曲轴通过对应的连杆往复地驱动活塞。气缸和活塞合作而形成工作腔室，以便对空气/燃料混合物实施吸入、压缩、燃烧和废气排出。内燃机还包括成对的凸轮轴，它们通过一链传动或其它传动装置可操作地连接到曲轴上，这样，它们被驱动而与曲轴转动同步地转动。

各气缸顶包括吸气端口和排气端口。吸气和排气端口通过对应的阀而打开和关闭。诸阀相反地安装在外壳内并通过曲轴致动。凸轮轴通过可枢转地安装在气缸头内的摇臂可操作地连接到各个阀，气缸头安装在内燃机气缸体上。诸阀通常通过弹簧偏置将吸气和排气端口密封在关闭的位置。弹簧还可操作来保持各阀顶部和对应摇臂的一枢转部分之间恒定的接合。尽管内燃机的该特殊结构合理地良好地工作，将燃烧气体的能量转换为转动的机械能，但由于其固有的设计它具有许多不足之处。首先，这些内燃机通常需要有大的位移来产生要求的工作量。这通常要求内燃机气缸体的物理尺寸相当大，这在对空间敏感的应用中会造成诸多问题。此外，根据连杆的偏移角、曲轴结构、凸轮、弹簧、往复活塞，内燃机在将活塞的往复运动转换为曲轴的转动方面不是非常有效。而且，这些内燃机需要过多的零件，它们会增加成本并降低可靠性。

发明内容

根据本发明的诸方面，提供一内燃机，其包括一外壳，外壳包括一对端壁和一对相交的平行气缸壁，气缸壁具有内壁表面，它们形成第一和第二互连的气缸内腔

。相交的气缸壁形成间隔开的平行的第一和第二边缘。内燃机还包括第一和第二轴，它们同轴地延伸在诸内腔中，并在端壁处被支承以便转动。内燃机还包括固定到所述第一和第二轴的第一和第二转子，以便在对应的内腔中转动。第一和第二转子各具有多个带有外端的径向延伸的突耳。各突耳形成一燃烧室，燃烧室在突耳外端处打开。

根据本发明的另一方面，提供一内燃机，其包括一外壳，外壳形成有一对并排相交的大致圆柱形内腔和一对可转动地安装在内腔内的相对转动的动力转子。该对动力转子包括互相啮合的突耳，它们各形成敞开端部的燃烧室。内燃机还包括至少两个形成在外壳内并与成对的内腔流体地连通的排气端口，以及与内腔连通的点火装置。内燃机还包括第一和第二燃料吸入端口，它们设置在外壳内并连接成与内腔流体地连通，而第一和第二空气吸入端口设置在外壳内并连接成与内腔流体地连通。

根据本发明的另一方面，提供一内燃机，其包括一外壳，外壳形成平行的圆柱形形状的相交内腔和一对可转动地安装在内腔内的平行轴。该对平行轴在外壳外延伸以形成至少一个驱动轴。内燃机还包括第一和第二互相啮合的转子，它们可转动地安装在外壳内。各个转子构造有一中心毂部分，其偶联到其中一个轴上以便随轴转动，以及多个径向向外地延伸的突耳，以形成敞开端部的燃烧室。

根据本发明的另一方面，提供一内燃机，其包括一外壳，外壳形成有一对并排相交的大致圆柱形内腔和一对可转动地安装在内腔内的相对转动的动力转子。该对动力转子包括互相啮合的突耳，它们各形成敞开端部的燃烧室。内燃机还包括第一和第二吸气端口，它们形成在外壳内并连接成与内腔流体地连通，以及一用来将空气注入各燃烧室的空气源，以及第三和第四吸气端口，它们形成在外壳内并连接成与内腔流体地连通，以及一用来将燃料注入各充有空气的燃烧室内以形成空气/燃料混合物的燃料源。内燃机还包括一点火装置，其偶联到外壳上并在转子突耳完全地互相啮合时与对应的燃烧室大致地对齐。点火装置适于点燃在对齐的燃烧室内的空气/燃料混合物，由此，因空气/燃料混合物的点燃而造成的燃烧气体作用在突耳上，从而转动转子。内燃机还包括至少两个排气端口，它们形成在外壳内并与成对的内腔流体地连通。通过转子进一步转动，其后，燃烧的气体通过排气端口排出。

附图的简要说明

结合诸附图，参照以下详细的描述，将会更加容易地认识到本发明上述诸方面

和许多相随的优点，在诸附图中：

图 1 是根据本发明构造的一双转子内燃机的示意的截面图；

图 2 是图 1 的双转子内燃机的外壳的示意的截面图；

图 3 是图 1 内燃机的简化的立体图；

图 4 是图 1 双转子内燃机的一转子的侧视图；

图 5-12 示出当内燃机一燃烧室操作通过其六个循环时，图 1 内燃机的转子的相继的位置；

图 13 是根据本发明构造的内燃机的另一实施例的示意的截面图，其中，内燃机还包括附加的吸气端口；

图 14 是根据本发明构造的内燃机的另一实施例的示意的截面图，其中，内燃机还包括附加的燃料吸入端口和/或引入空气或其它增加内燃机输出的组分（诸如水或一氧化氮）的吸气端口；

图 15 是适用于根据本发明构造的内燃机的转子的替代实施例的侧视图；

图 16 是根据本发明构造的内燃机的另一实施例的示意的截面图，其中，转子各包括形成燃烧室的四个突耳；

图 17 是图 16 内燃机的外壳的示意的截面图；

图 18 是图 16 的双转子内燃机的一转子的侧视图。

具体实施方式

现将参照附图描述本发明，附图中相同的标号对应于相同的零件。本发明涉及到具有双逆向转动的转子的内燃机。具体来说，本发明涉及将由燃烧气体产生的能量转换为双转动的输出轴的一双转子内燃机。

根据本发明诸方面构造的一双转子内燃机 20 的合适的实施例示于图 1 中。为了便于图示，图 1 以截面图示出内燃机 20 的示意图。内燃机 20 包括一外壳 22，其形成具有相交区域的一对平行的圆柱形内腔 24A 和 24B。内燃机 20 还包括与一公共水平平面共面的一对平行轴 26A 和 26B。各轴 26A 和 26B 沿着外壳 22 的纵向轴线通过传统的轴承轴颈地被支承，以允许平行轴 26A 和 26B 在内腔 24A 和 24B 内转动。分别刚性地固定到轴 26A 和 26B 上以便随其转动的是第一和第二转子 28A 和 28B。在所示的实施例中，转子 28A 和 28B 分别具有三个突耳 32A、34A、36A 和 32B、34B、36B，它们围绕转子 28A 和 28B 的周缘等距离地间隔。突耳 32A-32B、34A-34B、36A-36B 分别形成燃烧室 172A-172B、174A-174B、176A-176B。突耳 32A、34A、36A

和 32B、34B、36B 显示为摆线形；然而，也可使用其它互相啮合的形状，例如，卵形。第一和第二转子 28A 和 28B 牢固地固定到轴 26A 和 26B，以便以偏移的方式随其转动，这样，转子 28A 的一个突耳啮合转子 28B 两个相邻突耳的中间，反之亦然。

为了能实现第一和第二转子几乎无摩擦或无接触的内啮合，一对齿轮 30A 和 30B 固定地布置在外壳 22 其中一个端壁 40 外面的轴 26A 和 26B 上（如图 3 清晰地所示）。为了图示的方便起见，图 3 所示内燃机是内燃机的简化视图；然而，应该认识到，图 3 所示内燃机包括其它的特征和部件，它们将在下文中作详细描述。齿轮 30A 和 30B 的尺寸和构造使其能够啮合，由此，形成一锁定连接的力，以便同步逆向转动轴 26A 和 26B 的转动。应该认识到，齿轮 30A 和 30B 可邻近于如图所示的外壳 22 一个端壁 40 定位，或可安装成离一个端壁 40 有一间隔开的距离，以便为其它的内燃机附件或部件提供空间，或确认为进入内燃机 20 的外壳 22 的通道。

轴 26A 和 26B 可分别随位于两个端壁 40 外面的驱动轴 52A、54A 和 52B、54B 延伸，如果需要的话，还可适于驱动辅助机构，例如，发电机、分配器、水泵、流体泵。驱动轴 52A、54A 和 52B、54B 还适于驱动发电机、双螺旋桨的航运工具、有轮的陆上工具，仅例举几个而已。此外，应该认识到，根据特殊的应用，可利用驱动轴来驱动单独的和不同的部件。例如，诸如建筑机械的车辆使用内燃机 20，其可利用一个驱动轴来提供车辆的推进动力，而利用另一个驱动轴来偶联到一驱动这种车辆的液压或气动系统的动力输出上。因此，根据所欲实现的应用，可使用任何数量的驱动轴。

现参照图 2，现将详细描述外壳 22。外壳 22 可由本技术领域内公知的任何合适的内燃机气缸体材料进行构造，诸如铝、铸铁或铸钢等，仅举几个例子而已，并使用任何传统的技术进行加工制造，例如，铸造、CNC（计算机数字控制）金加工或诸如此类的技术。外壳 22 包括一对平行的圆柱形壁部分 38A 和 38B，它们相交在一公共垂直平面 P 处，以形成纵向边缘，它们通常称之为空气腔顶点 42 和排气腔顶点 44。相交圆柱形壁部分 38A 和 38B 的内壁表面 48 连同端壁 40 的内表面（见图 3）一起形成成对并排相交的大致圆柱形内腔 24A 和 24B。轴 26A 和 26B 分别用传统的轴承通过孔（图 2 中被轴遮蔽）而轴颈地支承，所述孔通过端壁 40 设置（见图 3）并定位成与各内腔 24A 和 24B 的纵向轴线同轴。顶点 42 和 44 之间的距离可用角 50 来定义，该角顶是轴 26A 或 26B 的中心点。在所示实施例中，角 50 近似为 95°。外壳 22 构造成基本上关于垂直平面 P 对称。在顶点 42 的部位处，形成一压

力释放端口 56，其连接成与内腔 24A 和 24B 流体地连通，其可以是受一传统卸压阀（未示出）调节的阀，它在一选定的内腔压力（例如，200psi）下打开，以便在使用过程中释放积聚在内燃机内的压力。

外壳 22 还包括两个一次的排气端口 60A 和 60B，以及两个二次的排气端口 64A 和 64B，它们分别形成在第一和第二气缸壁部分 38A 和 38B 内，并关于公共垂直平面 P 对称地设置。或者，一次和二次排气端口可形成在任何内燃机气缸体表面内并可由多个端口组成。在所示的实施例中，一次排气端口 60A 和 60B 的起始边缘 70A 和 70B 开始在通过排气腔顶点 44 的转角 68 处，在此实施例中，它较佳地约为 110°。一次排气端口 60A 和 60B 的终端边缘 72A 和 72B 设置在转角 80 处，其较佳地约为 10 度，分别通过起始边缘 70A 和 70B。外壁部分或间隔 84A 和 84B 分别形成在一次和二次排气端口之间。间隔 84A 和 84B 的长度由形成在一次排气端口终端边缘 72A 和 72B 和二次排气端口起始边缘 90A 和 90B 之间的转角 88 定义。在此实施例中转角 88 近似为 10 度，并可对应于燃烧室开口的转角，这将在下文中描述。或者，如果需要的话，转角 88 可大于或小于 10 度。二次排气端口 64A 和 64B 终止在终端边缘 92A 和 92B 处，它们处于转角 96，通过起始边缘 90A 和 90B。在所示的实施例中，转角 96 较佳地约为 35°。这样，分别从二次排气端口 64A 和 64B 的终端边缘到空气腔顶点 42 的其余的转角近似为 100°。

根据本发明的诸方面，一次排气端口 60A 和 60B 的起始边缘 70A 和 70B 部位（定义为通过顶点 44 的转角 68）对应地可用以下方程式（1）确定。

（1） $L=(360/N)-X$ 其中

L＝一次排气端口 60A 和 60B 起始部位，其确定为离排气腔顶点 44 的转角 68；

N＝每个转子的燃烧室数量；以及

X＝转角（度），其定义各燃烧室的打开。

因此，在图 1－4 的实施例中，其中，N 等于 3，X 等于 10 度，L 或转角 68 等于 110 度（如上所述）。

回头参照图 1，一次排气端口 60A-60B 可将由内腔 24A-24B 内的空气/燃料混合物燃烧产生的废气运输到传统的涡轮增压器 110A 和 110B。涡轮增压器 110A 和 110B 包括与一次排气端口 60A 和 60B 流体地连通的涡轮 114A 和 114B。由废气驱动的涡轮 114A 和 114B 又驱动压缩机 118A 和 118B。新鲜空气通过空气管线 122A 和 122B 和通过涡轮增压器 110A 和 110B 的压缩机 118A 和 118B 吸入，并通过通道 126A

和 126B 由压缩机 118A 和 118B 供应到空气吸入端口 132A 和 132B。空气吸入端口 132A 和 132B 设置在外壳 22 内（一个端壁 40 内）并连接成与内腔 24A-24B 流体地连通。空气吸入端口 132A 和 132B 可分别设置成近似地介于 130－160 度之间的转动，离顶点 44 顺时针和逆时针转动，在所示实施例中，较佳地介于 145－150 度之间。空气吸入端口 132A 和 132B 较佳地构造成将空气从涡轮增压器 110A 和 110B 引入到内腔 24A 和 24B 内（如箭头所示沿径向向外的方向）。外壳 22 可供选择地构造有分别邻近空气吸入端口 132A 和 132B 定位的辅助吸气端口 136A 和 136B，它们连接成与通道 126A 和 126B 流体地连通。辅助吸气端口 136A 和 136B 较佳地构造成沿转子转动的方向将空气引入到内腔 24A 和 24B 内（如箭头所示），其好处将在下面作详细描述。

在一实施例中（未示出），其它端口可设置在与空气吸入端口 132A 和 132B 和可供选择的辅助吸气端口 136A 和 136B 相对的端壁内。本发明者认为，附加的端口将允许引入的空气吹过腔室，形成附加的涡流并增加冷却和排气的能力。

尽管一次排气端口 60A 和 60B 已在上文中描述和显示为连接到两个涡轮增压器 110A 和 110B，但本技术领域内的技术人员将会明白，一次排气端口 60A 和 60B 也可连接到一单一的涡轮增压器。此外，涡轮增压器显示为通过空气吸入端口 132A 和 132B 和可供选择的辅助吸气端口 136A 和 136B 将新鲜空气量引入内腔，但也可使用其它的装置来如此引入新鲜空气。例如，吸气端口可连接成与鼓风机、风扇、增压器（仅例举几个）流体地连通，它们都是本技术领域内公知的。

二次排气端口 64A 和 64B 通过废气通道将燃烧过的气体运输到大气中。本技术领域内的技术人员将会明白，废气通道可以传统的方式连接到催化净化器、消声器、废气管或它们的任何组合等。或者，为了进一步利用废气的能量，二次排气端口 64A 和 64B 可连接成与涡轮增压器流体地连通，该涡轮增压器构造有第二涡轮，其结合连接在一次排气端口 60A 和 60B 的第一涡轮一起驱动一修改的两涡轮的涡轮增压器的压缩机。

现参照图 2，诸如火花塞 142A 和 142B 的两个点火装置以任何传统的方式分别通过孔 144A 和 144B 连接到外壳 22。火花塞 142A 和 142B 可以凹入地安装或齐平地安装在孔 144A 和 144B 内，以便不干扰转子的转动。火花塞孔 144A 和 144B 可形成到外壳的一个或两个端壁 40 内（见图 3）。为了点火的目的，火花塞 142A 和 142B 适于连接到本技术领域内公知的任何电源上，火花塞 142A 和 142B 将一电荷提供给内腔 24A 和 24B，以启动燃料/空气混合物的燃烧。火花塞孔 144A 和 144B 间隔开，

并可如图所示地与轴 26A 和 26B 共面，或者，可与垂直平面 P 共面。尽管图中仅示出两个火花塞孔，但应该认识到，多组的火花塞孔和因此多组的火花塞可用于本发明中，以提供空气-燃料混合物更加完全的燃烧（如果要求的话）。此外，应该认识到，当转子处于图 1 所示位置中时，火花塞孔和因此火花塞可定位在与燃烧室 172A 连通的任何地方。

此外，形成在外壳 22 内的一个或两个端壁 40 处（见图 3）的是燃料喷射器端口 154A 和 154B，其适于连接到一燃料源并与内腔 24A 和 24B 流体地连通，以便对内腔供应燃料。本发明的实施例可利用节气门段或多端口的（相继的）电子燃料喷射器，以本技术领域内公知的方式，通过燃料喷射器端口 154A 和 154B 将燃料注入到内腔。然而，应该认识到，燃料或燃料/空气混合物可使用传统的汽化器或其它的机械装置注入到腔室内，这将在下文中作详细地描述，传统的汽化器或其它的机械装置的使用，可连同电子燃料喷射器或与电子燃料喷射器分离。本发明中使用的燃料可以是任何可燃流体，例如，汽油、酒精，或氢（仅举几个例子而已）。

燃料喷射器端口 154A 和 154B 设置在外壳 22 的端壁 40 内（见图 3），这样，各燃料喷射器端口 154A 和 154B 的对分线定位在转角 160 处（见图 2），较佳地约为 30 度，分别离空气腔顶点 42 逆时针和顺时针转动。应该认识到，转角 160 可小于 30 度，并可在离顶点 42 约 30 度或以上（例如，45 度）至约负 15 度转动的范围内，以便延长二次排气端口的排气循环。燃料喷射器端口 154A 和 154B 较佳地构造成沿下燃烧室壁的方向引入燃料（或燃料/空气混合物），以帮助阻止燃料因转子的转动而离心地甩出燃烧室，并形成涡流和燃料和空气的循环，由此，改进注入的燃料和存在于燃烧室内空气之间的混和过程。应该认识到，燃料喷射器端口 154A 和 154B 沿径向在轴 26A 和 26B 的外面间隔一足够的距离，这样，当燃料喷射器端口 154A 和 154B 与转子突耳对齐时，燃料可注入到燃烧室内。

现参照图 4，现将详细地描述第一和第二转子。由于第一和第二转子在结构上基本上相同，所以，这里将只详细地描述第一转子 28A。如以上简要地讨论的，第一转子 28A 形成有三个径向地延伸的摆线形突耳 32A、34A 和 36A，它们分别形成燃烧室 172A、174A 和 176A。摆线形突耳 32A、34A 和 36A 等距离间隔设置，这样，对分相邻突耳的纵向轴线之间形成的角 168 是 120°。转子中心点和突耳自由端之间的长度略小于内腔的半径，这样，转子可在内腔内自由地转动，但在突耳和气缸部分的内壁表面之间提供足够的密封（例如，突耳自由端和气缸壁部分的内表面之间的公差可考虑为百分之几英寸或甚至千分之几英寸）。

燃烧室 172A、174A 和 176A 分别在突耳 32A、34A 和 36A 的自由端处敞开。诸开口的宽度由角 180 定义（也称之为转角并在上述方程（1）中用“X”表达），该角 180 由两个虚线形成，它们从转子 28A 的转动中心点（RCP）延伸并分别延伸通过外突耳前导边缘和尾部边缘 184A 和 188A。在一实施例中，角 180 较佳地约为 10°，并较佳地与间距 84A 和 84B 以及一次排气端口 60A 和 60B 的宽度对应。然而，其它大于或小于 10 度的角也被认为纳入本发明范围之内。而且，角 180 可具有不同于间距和/或一次排气端口 60A 和 60B 的宽度的值。

燃烧室的特殊形状不是本发明的一部分，因此，将不作任何更详细的描述。然而，应该认识到，只要转子突耳侧壁保持足够的刚度，以包含燃烧的空气/燃料混合物的膨胀而没有不希望的转子弯曲，则本发明可使用任何的形状和尺寸。在一实施例中，如图 15 所示，转子突耳可供选择地用加强杆 178 支撑或加强，以阻止突耳侧壁弯曲。应该认识到，加强杆 178 的直径小于燃烧室开口纵向的尺寸，以允许燃烧后的气体退出燃烧室。该加强杆 178 的固定可通过在突耳侧壁内钻孔并对钻孔进行攻丝（即，攻螺纹）而接纳杆 178，但也可使用诸如焊接之类的其它技术。此外，燃烧室可形成有邻近于燃烧室开口处的突出部 182。突出部 182 可呈杯状或中空结构并沿着突耳的前导和尾部边缘延伸，以有助于在转动过程中将燃料保持在燃烧室内。突出部 182 可构造成不锈钢内衬，其从转子侧插入到燃烧室内。

现将特别地参照图 5－12，描述根据本发明的内燃机 20 的操作。为了图示的方便和以下描述的清晰起见，涡流增压器未示出；然而，应该认识到涡流增压器可以是本发明一实施例的部分并可如图 1 所示地进行构造。在图 5－12 中，转子 28A 和 28B 显示为八个（8）相继发生的位置。通过轴 26A 和 26B 一个全周的转动，这些位置遵从一转子突耳 32A（在全部的图 5 和 12 中显示为截面图）的循环。一般地来说，转子 28A 和 28B 的各个突耳以及由此的各燃烧室操作通过六个循环，就如以下将详细地解释的，它们可重叠。这些循环是：1）换气；2）燃料喷射；3）位移复合压缩；4）燃烧；5）膨胀；以及 6）排气。

在该特殊的描述中，内燃机 20 的循环将从图 5 开始。如图 5 清晰地所示，转子 28A 定位成使突耳 32A 的纵向轴线近似地与外壳 22 的二次排气端口 64A 的对分轴线同轴，突耳 34A 的尾部边缘 188A 接近于顶点 42，而突耳 34B 互相啮合在突耳 34A 和 36A 之间。在此位置，由前个排气循环排出的废气所驱动的涡流增压器（见图 1）将新鲜空气注入到内腔 24A 内，这将在下文中作详细地描述，具体来说，通过吸气端口 132A 和可供选择的吸气端口 136A 进入燃烧室 172A 内。或者，也可使

用诸如传统的增压器、鼓风机、风扇，或压缩空气之类的其它手段注入空气，以代替涡流增压器，或结合涡流增压器一起使用。由于较佳结构的端口 132A，空气沿径向向外朝向二次排气端口 64A 引入。这致使引入的空气将仍存在于燃烧室 172A 内的废气（用点显示）流通到二次排气端口 64A 内，同时，用新鲜空气填充燃烧室 172A。不仅新鲜空气流入燃烧室 172A，而且还起到冷却外壳 22 和转子的作用。这样，引导到吸气端口的新鲜空气可在引入到内腔内之前首先引入到一传统的中间冷却器以便进一步冷却内燃机。

这就完成了换气的循环，其中，新鲜空气注入到燃烧室 172A 内，并从燃烧室移去剩余的燃烧过的气体。在此情形中，涡轮增压器起作一气泵将大量空气泵入和通过燃烧室 172A，以从燃烧室内置换燃烧过的气体，同时对其供应新鲜空气。因此，涡轮增压器一般地可称之为涡轮换气器。应该认识到，换气循环在吸气端口 132A 和/或 136A 与燃烧室 172A 流体地连通时开始，而大约在吸气端口 132A 和/或 136A 停止与燃烧室 172A 流体地连通时结束。还应认识到，前一个突耳的排气循环可与换气循环同时发生，这将在下文中作详细地描述。

从图 5 中可见，由于另一燃烧室的燃烧气体的膨胀力，使得转子 28A 和 28B 沿箭头的方向转动到一如图 6 所示的位置。图 6 示出转子 28A 处于某一位置，以使燃料喷射器端口 154A 与燃烧室 172A 流体地连通，而突耳 34A 的前导边缘 184A 接近顶点 44。在此位置上，燃料喷射器端口 154A 将燃料注射到已填充新鲜空气的燃烧室 172A 内，其瞬时蒸发而形成一空气/燃料混合物。这一般地称之为燃料喷射循环。本发明的实施例可使用电子燃料喷射装置将燃料注入到燃烧室内，就如本技术领域内所公知的。然而，应该认识到，燃料或一燃料/空气混合物可使用一传统的汽化器或其它机械装置注入到燃烧室，这将在下面作更详细地描述，传统的汽化器或其它机械装置的使用，可连同电子燃料喷射器或与电子燃料喷射器分离。

在内燃机操作过程中，转子 28A 和 28B 继续从图 6 所示位置转动到图 7 所示的位置。当转子从图 6 转动到图 7 时，位于腔室 200（它也可含有来自前一循环的燃烧过的气体）内的空气可通过沿逆时针方向朝向燃烧室 172A 转动的突耳 32B 的外壁的泵送作用强制地送入燃烧室 172A 内。应该认识到，该泵送作用可压缩空气/燃料混合物和/或增大存在于燃烧室 172A 内空气的体积。这一般地称之为位移复合压缩循环。此外，应该认识到，在位移复合压缩循环过程中，由邻近于顶点 42 并与端口 56 流体地连通的突耳 32B 和 32A 的互相啮合而形成的腔内的压力可足够地提高，以通过端口 56 换气。在端口由卸压阀控制的实施例中，如果压力超过一预

选的阈值（例如，200psi），则积聚在所形成腔室内的压力将被排放。

图 7 示出处于某一位置的转子 28A 和 28B，其中，突耳 32A 定向成使突耳 32A 的纵向轴线基本上与互连轴 26A 和 26B 的水平线共轴，由于突耳 32A 的自由端并置在转子 28B 的突耳 32B 和 36B 之间的外表面，燃烧室 172A 基本上关闭，火花塞通过火花塞孔 144A 和 144B 与燃烧室 172A 连通，而燃烧室 172A 包含空气/燃料混合物用于其后的燃烧。此时，火花塞以传统的方式从分配器或其它装置中接受电荷并点火，由此，点燃含在燃烧室 172A 内的空气/燃料混合物。燃烧气体（图中显示为许多点）产生一膨胀力，其通常称之为轴向力并用双头的箭头 F1 表示。由于燃烧气体继续由轴向力 F1 对相对的转子 28B 的凹陷部分施加压力，且气体其后膨胀，所以转子 28B 逆时针方向转动，由于同步齿轮，它又将转子 28A 转动到图 8 所示的位置。尽管在突耳 32A 的纵向轴线与轴 26A 和 26B 同轴的瞬间，火花塞可被控制点火，这样，一旦燃烧，轴可帮助接受膨胀力，但应该认识到，火花塞可被控制成在公共轴线之前或之后的几度（例如，约 10 度）转动时点火。

当转子 28A 和 28B 从图 7 所示位置转动到图 8 所示位置时，由于突耳 32A 的前导边缘 184A 与相对的转子 28B 的凹陷部分分离，所以，燃烧气体从燃烧室 172A 跑逸，并膨胀到一由燃烧室 172A 形成的腔室 204 内，该空间界限在突耳 32A 和 34A 的外壁与起始于突耳 34A 的尾部边缘 188A 终止在顶点 44 的气缸部分 38A 的内壁表面 48 之间，该空间还界限在突耳 32B 和 36B（面对突耳 32A）的外壁与起始于突耳 36B 的尾部边缘 188B 终止在顶点 44 的气缸部分 38B 的内壁表面 48 之间。当燃烧气体从燃烧室 172A 跑逸到新形成的腔室 204 内时，燃烧气体体积膨胀，它又复合地压缩来自另一循环现存在于腔室内（且已经增压）的燃烧气体，由此，形成一如图 8 所示的第二力 F2。因此，气体占据腔室 204 时的二次膨胀以及存在的气体的同时复合地压缩，将力 F2 作用在转子突耳 36B 的侧面，它又致使转子 28B 逆时针方向转动。这一般地称之为膨胀循环，由此，进一步控制燃烧循环产生的能量来转动转子 28A 和 28B。正如继续将会解释的，在转子继续转动时膨胀循环可继续操作。膨胀循环的时间长度可依赖于若干个变量，诸如存在于燃烧循环中的空气/燃料混合物量。

转子 28A 和 28B 因膨胀循环而继续转动到图 9 的位置。当突耳 32A 的前导边缘 184A 接近排气腔顶点 44 时（如图 9 清晰地所示），突耳 34A 的尾部边缘 188A 接近于一次排气端口的起始边缘 70A，腔室 204（图 8）划分而形成腔室 206 和 208。腔室 206 界限在转子 28A 的相邻突耳 32A 和 34A 的外表面与顶点 44 和一次排气

端口 60A 的起始边缘 70A 之间的气缸壁的毗邻内表面 48 内。腔室 208 界限在燃烧室 172A 和转子 28B 的相邻突耳 34B 和 36B 的外表面与从突耳 36B 的尾部边缘 188B 延伸到顶点 44 的气缸壁部分 38B 的毗邻内表面 48 内。此时，包含在腔室 208 内的燃烧气体处于高压下，来自复合压缩燃烧气体的其余的力 F2 作用在转子 28B 的突耳 36B 上，这又沿逆时针方向转动转子 28B。

当转子从图 9 所示位置转到图 10 所示位置时，突耳 34A 的尾部边缘 188A 通过一次排气端口 60A 的起始边缘 70A 到结束边缘 72A，突耳 32A 的尾部边缘 188A 邻近于顶点 44，造成以下情况的发生。首先，这在腔室 206 和一次排气端口 60A 之间建立流体的连通，这又开始横贯一次排气端口 60A 的腔室 206 的排气循环的一次排气部分。由于排气端口 60A 燃烧气体的压力低于腔室 206 的压力，所以，燃烧的气体退出腔室 206 进入一次排气端口 60A 内。如上所述，燃烧气体通过端口 60A 排出，并引导到涡轮增压器的涡轮，或引导到大气中。

其次，其中包含排出气体的燃烧室 172A 与腔室 208 分离。最后，腔室 208 内的复合压缩的气体可继续将力 F2 作用在突耳 36B 的外壁上，因此，延长如上所述的膨胀循环。应该认识到，腔室 208 的体积现被以下表面界限：相邻突耳 32B 和 36B 外表面、突耳 36B 的尾部边缘 188B 和顶点 44 之间的气缸壁的毗邻内表面，以及从突耳 32A 的尾部边缘 188A 到突耳 32A 和突耳 32B 之间接口突耳 32A 的毗邻的外壁部分，腔室 208 的体积随着转子转动继续放大，因此，降低其中的压力。

由于部分地通过其它突耳燃烧室内的其后的燃烧循环，转子从图 10 所示位置转动到图 11 所示位置。在图 11 中，突耳 34A 的尾部边缘 188A 通过二次排气端口 64A 的结束边缘 92A。当突耳 34A 的尾部边缘 188A 从其图 10 中位于一次排气端口 60A 的结束边缘 72A 处的位置转动到通过二次排气端口 64A 的结束边缘 92A 的位置时，腔室 206 建立与二次排气端口 64A 流体地连通，这又横贯二次排气端口 64A 开始腔室 206 的排气循环的二次排气部分。由于排气端口 64A 的燃烧气体压力低于腔室 206 的压力，所以，燃烧气体退出腔室 206 进入二次排气端口 64A。燃烧气体通过端口 64A 排出并引导到大气中，或者，引导到涡轮增压器的涡轮。因此，此时，先前包含在腔室 206 内的燃烧气体分别通过一次和二次端口 60A 和 64A 排出。

内燃机的操作将转子 28A 和 28B 继续转动到图 12 所示的位置。如图 12 清晰地所示，突耳 36B 的尾部边缘 188B 已转过二次排气端口 64B 的起始边缘 90B，因此，建立腔室 208 与一次排气端口 60B 和二次排气端口 64B 之间的流体连通。这开始了横贯一次和二次排气端口 60B 和 64B 的腔室 208 的排气循环的一次和二次排气部分

。由于排气端口 60B 和 64B 的燃烧气体压力低于腔室 208 的压力，所以，燃烧气体退出腔室 208 进入一次和二次排气端口 60B 和 64B。燃烧气体通过端口 60B 和 64B 排出并引导到大气中，或者，引导到上述涡轮增压器的涡轮。在废气从腔室 208 排出的同时，腔室 206 的燃烧气体横贯一次和二次排气端口 60A 和 64A 继续排气循环的一次和二次排气部分。当排气循环发生时，新鲜空气通过吸气端口 132A 和可供选择的吸气端口 136A 注入到外壳内。如上所述，可供选择的吸气端口较佳地构造成沿转子转动方向将空气引入到外壳内。沿转子转动方向引入的空气对转子突耳 34A 的外壁作用一力 F3。因此，注入的空气有助于转子的转动，同时，帮助燃烧室的排气循环。

从图 12 所示的转子位置到图 5 的转子开始位置，腔室 206 和 208 继续分别通过一次和二次排气端口 60A、64A 和 60B、64B 排出燃烧气体。此外，当突耳 32A 的燃烧室 172A 通过一次排气端口 60A 到二次排气端口 64A 时，其间建立了流体连通，因此，燃烧室 172A 开始其排气循环的一次和二次部分。因此，当腔室 206 和 208 建立与一次排气端口 60A 和 60B 的流体连通时，排气循环开始，而当突耳 32A 的尾部边缘 188A 通过二次排气端口 64A 的结束边缘 92A 且突耳 36B 的尾部边缘 188B 通过二次排气端口 64B 的结束边缘 92B 时，排气循环结束。

尽管在内燃机 20 的操作中只详细地描述了突耳 32A 的循环，但应该理解到，其它的突耳通过其对应的循环与突耳 32A 同时地在进行操作。

在本发明的另一实施例中，内燃机 20 可供选择地分别包括位于燃料喷射器端口 154A 和 154B 和火花塞孔 144A 和 144B 之间的吸气端口 240A 和 240B，以便从供应导管将空气或可燃气体喷射到燃烧室内（如图 13 清晰地所示）。注入的空气可操作而提高空气/燃料混合物的压缩比，和/或提高包含在燃烧室内的空气的总体积，由此，增加内燃机的输出。从供应导管供应到吸气端口 240A 和 240B 的空气可以用传统的控制器电子地予以控制，传统控制器诸如与电磁阀那样的阀机构连通的内燃机控制单元（ECU）。应该认识到，供应到吸气端口 240A 和 240B 的空气源可合适地利用机械地连接到其中一个驱动轴的传统气泵、鼓风机或压缩机来进行注射。

在操作中，当转子 28A 和 28B 的各燃烧室转动到相对于吸气端口 240A 或 240B 对齐时，通过从 ECU 接受一控制信号的操作阀机构（未示出）将空气注入到对应的燃烧室内。

或者，从刚才所描述的可供选择的吸气端口将注入的空气供应到燃烧室内，也

可用机械方法进行控制，现将详细地解释该种机械方法。现转到图 14，内燃机包括从图 13 所示实施例沿径向向内定位的吸气端口 240A 和 240B。具体来说，吸气端口 240A 和 240B 设置在其中一个端壁 40 内（图 3）并对中在半径为 R 的一假想圆 IC 上，且与轴 26A 和 26B 同轴。选择假想圆 IC 的半径 R，使吸气端口 240A 和 240B 能位于燃烧室的内端和轴的外表面之间。结合吸气端口 240A 和 240B 的放置，转子 28A 和 28B 还包括形成在转子 28A 和 28B 中心毂部分内并与各燃烧室相连的槽 262A-262B、264A-264B 和 266A-266B。各槽纵向地延伸通过全部的毂部分并构造和布置成与对应燃烧室流体地连通。

在操作中，当转子 28A 和 28B 的各槽转动到相对于吸气端口 240A 或 240B 对齐时，空气通过其相关的槽自动地注入到对应的燃烧室内。当与对应燃烧室相连的槽转动通过对应的吸气端口时，空气的供应被对应转子的中心毂部分的端面切断。应该认识到，注入的空气量可用以下各种方法的组合进行计量：供应导管内的干线压力、吸气端口和/或槽的尺寸和形状。此外，如果需要的话，空气供应导管也可用阀进行控制。

尽管在此实施例中介绍了用空气可提高内燃机的输出，但空气不是用来可实现这样结果的唯一组分。例如，水，或一氧化氮或其它可挥发的气体或液体组分可注入到吸气端口 240A 和 240B 内，可提高内燃机的作功输出。

根据本发明另一实施例，内燃机 20 可使用类似于刚才所述的机械地控制空气供应的机械技术，将燃料和/或空气/燃料混合物注入到燃烧室内。为此目的，内燃机 20 还可包括从吸气端口 154A 和 154B 向内沿径向定位的吸气端口 280A 和 280B，并近似地对中在半径为 R 的假想圆 IC 上。吸气端口 280A 和 280B 适于连接到一燃料源或空气/燃料混合物。应该指出的是，在此实施例中，吸气端口 240A 和 240B 和吸气端口 154A 和 154B 可以省略（如果需要的话）。如果吸气端口 240A 和 240B 被图 14 所示内燃机的实施例利用，则应该认识到，吸气端口 280A 和 280B 离吸气端口 240A 和 240B 间隔开一距离（以转动的度数计）。或者，根据本发明的另一实施例，一组端口，吸气端口 240A 和 240B 或吸气端口 280A 和 280B 可用来注射燃料/空气混合物和空气，或如上所述的提高内燃机输出的其它组分，而其它端口则被省略。在此特定的实施例中，诸端口可连接到单独的燃料源和空气源（或如上所述的提高内燃机输出的其它组分）且用一阀机构进行控制。这样一结构可由本技术领域内的技术人员用本技术领域内公知的部件进行构造。

在操作中，当转子 28A 和 28B 的一槽转动到与燃料喷射器端口 280A 或 280B 对

齐时，燃料或空气/燃料混合物自动地注入到对应的燃烧室内，且当槽转动通过对应的燃料喷射器端口时，燃料或空气/燃料混合物的供应被对应转子的端面切断。应该认识到，对于内燃机停车时的情形可使用一控制阀。根据本发明的另一实施例，喷射器端口 280A-280B 可结合图 14 所示的喷射器端口 154A 和 154B 一起使用，以在变化的内燃机运行状态中，为燃料供应给燃烧室提供灵活性。例如，第一组喷射器端口 280A 和 280B 可连接到燃料源，并在正常运行条件下操作。第二组燃料吸入端口 154A 和 154B 可连接到传统的电子燃料喷射器，并可在内燃机峰值条件下操作。当内燃机在正常运行条件下运行时，吸气端口 280A 和 280B 用来将燃料输入到燃烧室内。当内燃机需要更大的输出时，燃料吸入端口 154A 和 154B 可结合吸气端口 280A 和 280B 一起使用以将更多的燃料供应到燃烧室。

在图 1－14 所示和上述的内燃机 20 的实施例中，转子包括三个突耳，各突耳形成一个燃烧室。然而，本发明的其它实施例可使用具有任何数量的同样标号突耳的转子。现转向图 16－18，图中示出根据本发明诸方面的一双转子内燃机 320 的另一实施例。图 16－18 中的内燃机 320 在结构和操作上基本上等同于图 1 所示内燃机 20，例外的差异将在下面描述。为了使后续描述清晰明了，同样的或类似的元件将具有以前缀 300 或 400 开头的相同的标号。例如，在此实施例中，外壳现在的标号是 322。

如图 16 和 17 清晰地所示，转子 328A 和 328B 具有四个摆线形的突耳 332A、334A、336A、337A 和 332B、334B、336B、337B，它们分别围绕转子 328A 和 328B 的周缘等距离地间隔。摆线形突耳 332A、334A、336A 和 337A 等距离间隔开地设置，这样，形成在对分相邻突耳的纵向轴线之间的角 468（见图 18）是 90°。转子 328A 的各个突耳 332A、334A、336A、337A 分别形成有燃烧室 472A、474A 和 476A 和 477A，而转子 328B 的各个突耳 332B、334B、336B、337B 分别形成有燃烧室 472B、474B、476B 和 477B。

现参照图 17，外壳 322 构造成使顶点 342 和顶点 344 之间的角 350 近似地为 88 度。外壳 322 还包括两个一次排气端口 360A 和 360B，以及分别形成在第一和第二气缸壁部分 338A 和 338B 内的两个二次排气端口 364A 和 364B，它们关于公共垂直平面 P 对称地设置。一次排气端口 360A 和 360B 的起始边缘 370A 和 370B 开始在通过顶点 44 的转角 368 处。一次排气端口的起始边缘 370A 和 370B 的转角 368 可由上述方程（1）求得。因此，令 X 较佳地为 10 度，则转角 368 等于 80 度（（360 度/4）－10 度＝80 度）。

一次排气端口 360A 和 360B 的终端边缘 372A 和 372B 设置在转角 380 处，其较佳地约为 10 度，分别通过起始边缘 370A-370B。一外壁部分或间隔 384 分别设置在一次和二次排气端口之间。间隔 384 的长度分别由形成在一次排气端口终端边缘 372A 和 372B 和二次排气端口起始边缘 390A 和 390B 之间的转角 388 定义。在此实施例中转角 388 近似为 10 度，但如果需要的话也可大于并或小于 10 度。二次排气端口 364A 和 364B 终止在终端边缘 392A 和 392B 处，它们处于转角 396，通过起始边缘 390A 和 390B。在所示的实施例中，转角 396 较佳地约为 35°；然而，可采用高达约 70 度的角。

尽管已经图示和描述了本发明代表性的实施例，但应该认识到，在不脱离所主张的本发明的精神和范围的前提下，可以作出各种变化。例如，如果需要的话，燃料喷射器可设置在其它区域内。此外，在某些实施例中，可省略间距以使一次和二次端口变成一个尺寸可变化的大的端口。

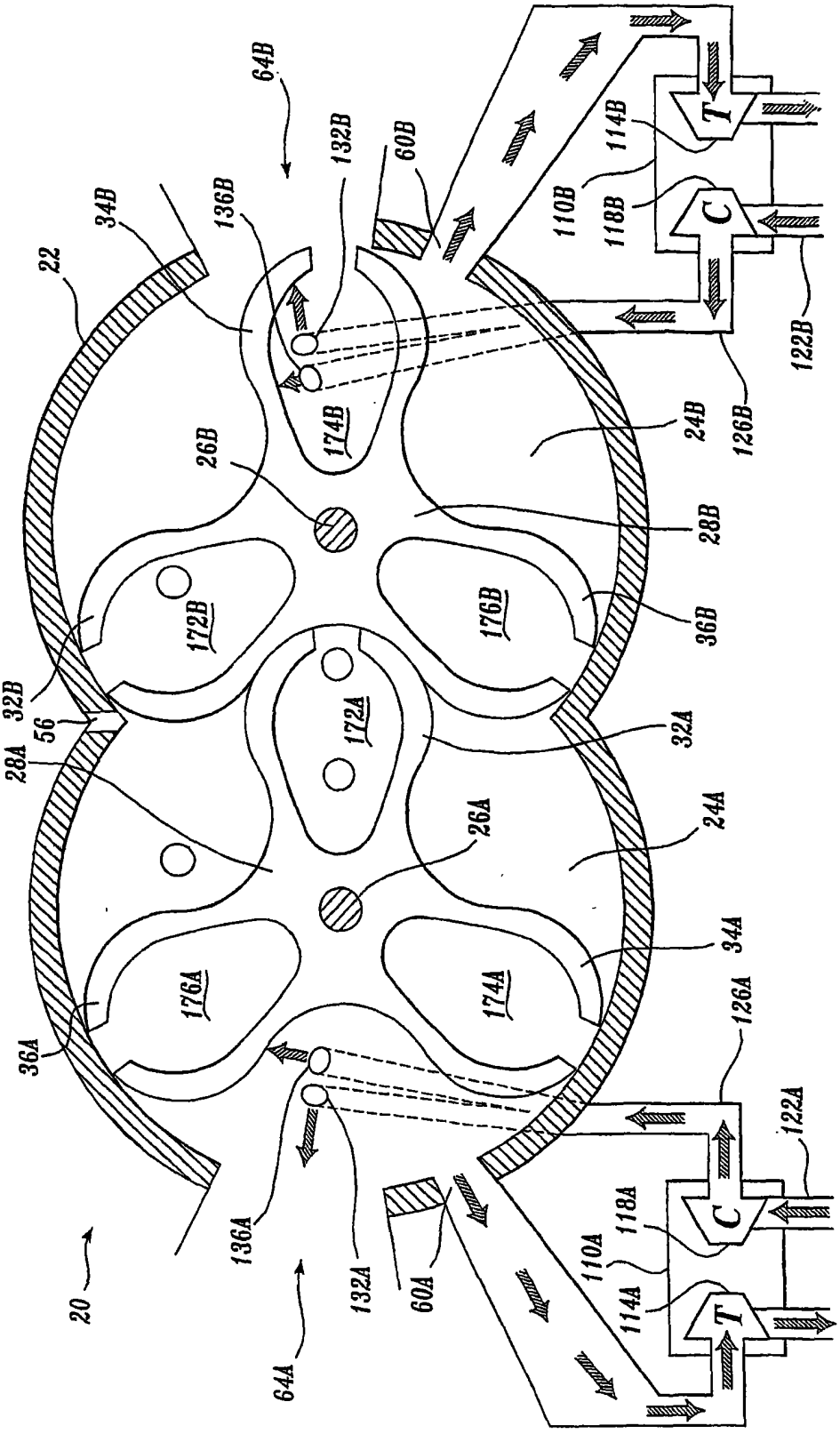

20
22
24A
24B
26A
26B
28A
28B
32A
32B
34A
34B
36A
36B
56
60A
60B
64A
64B
110A
110B
114A
114B
118A
118B
122A
122B
126A
126B
132A
132B
136A
136B
172A
172B
174A
174B
176A
176B
C
T

图 1

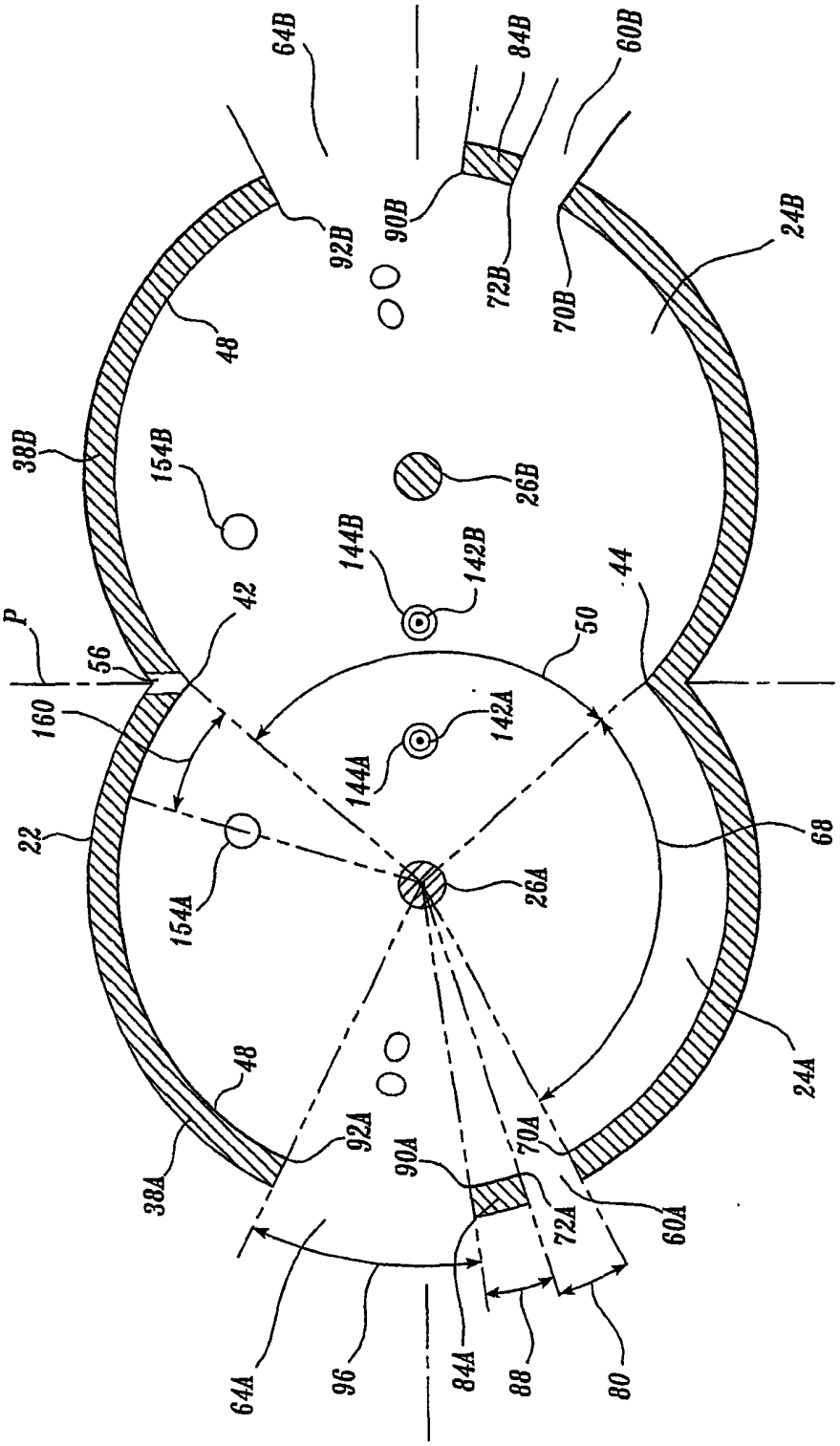

64B
84B
60B
92B
90B
72B
70B
24B
48
38B
154B
26B
144B
142B
44
42
P
56
50
160
142A
144A
22
68
154A
26A
48
24A
92A
90A
70A
38A
60A
72A
64A
96
84A
88
80

图 2

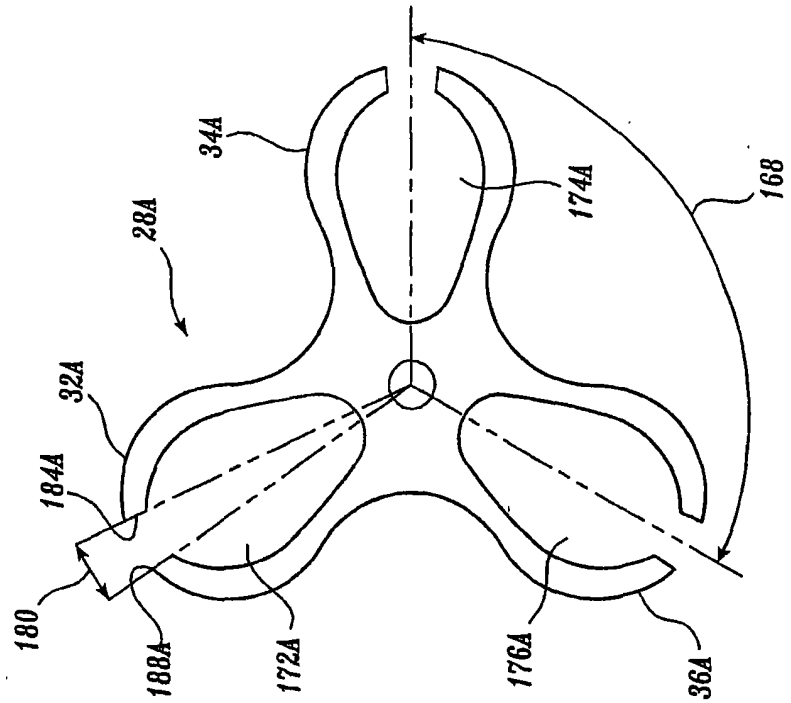

34A
28A
174A
168
32A
184A
180
188A
172A
176A
36A

图 4

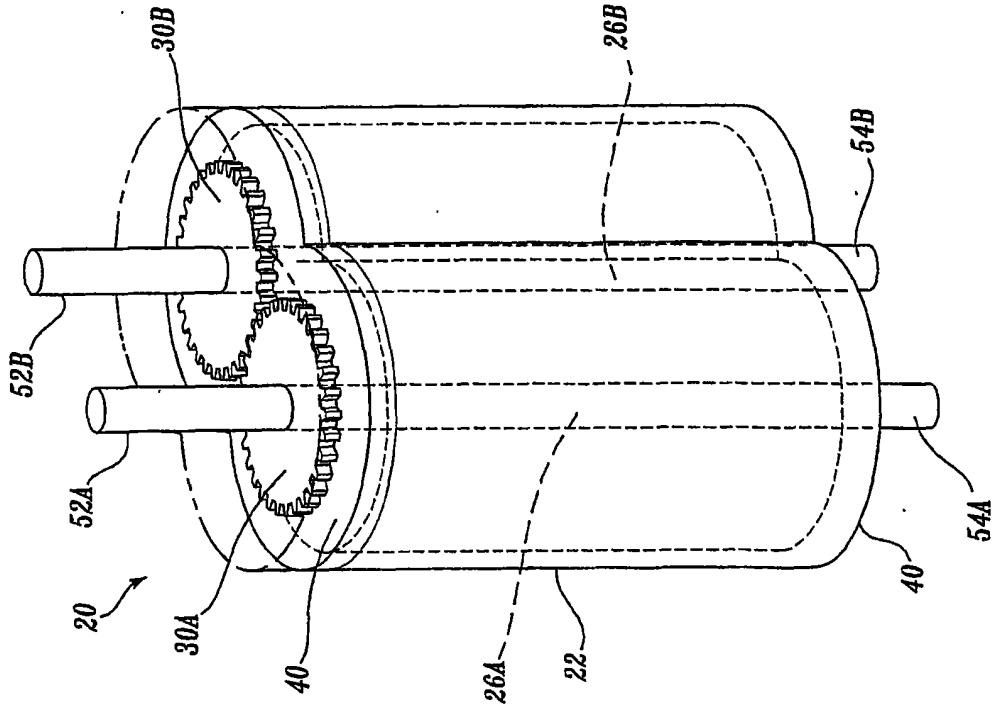

30B
26B
54B
52B
52A
20
30A
40
26A
22
54A
40

图 3

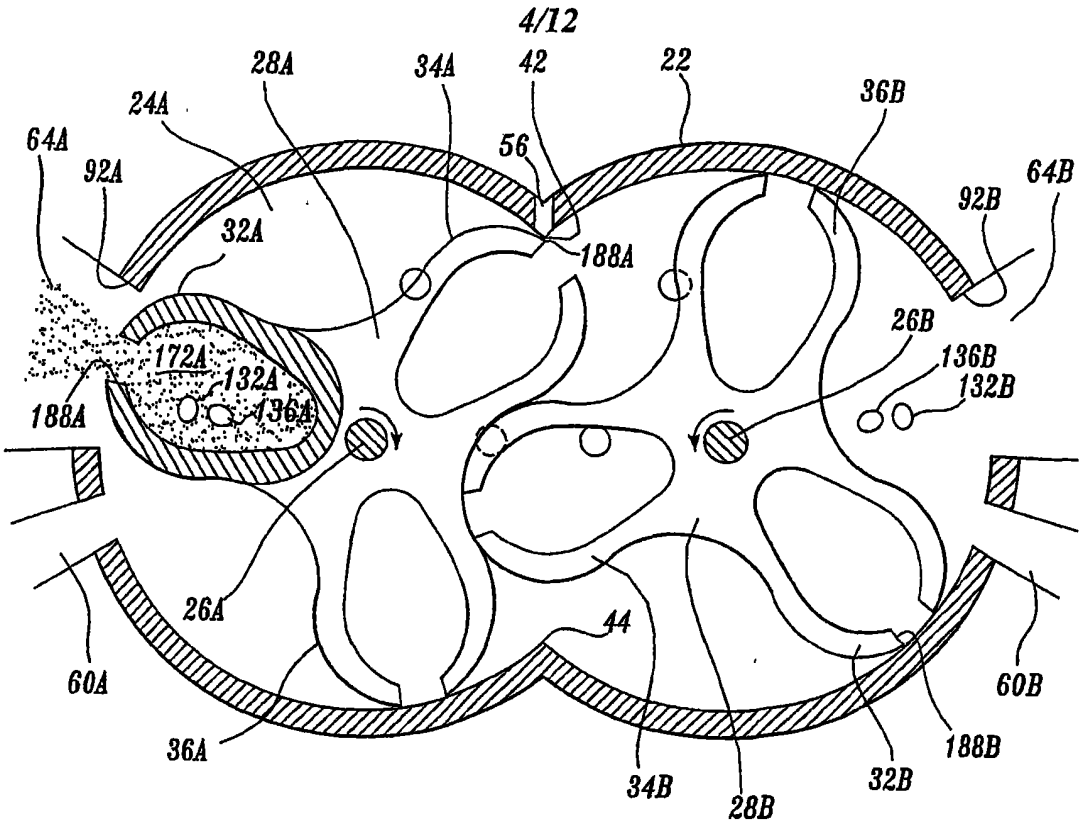

4/12
28A
34A
42
22
24A
36B
64A
56
92A
64B
92B
32A
188A
26B
172A
136B
132A
132B
188A
136A
26A
44
60A
60B
36A
188B
34B
32B
28B

图 5

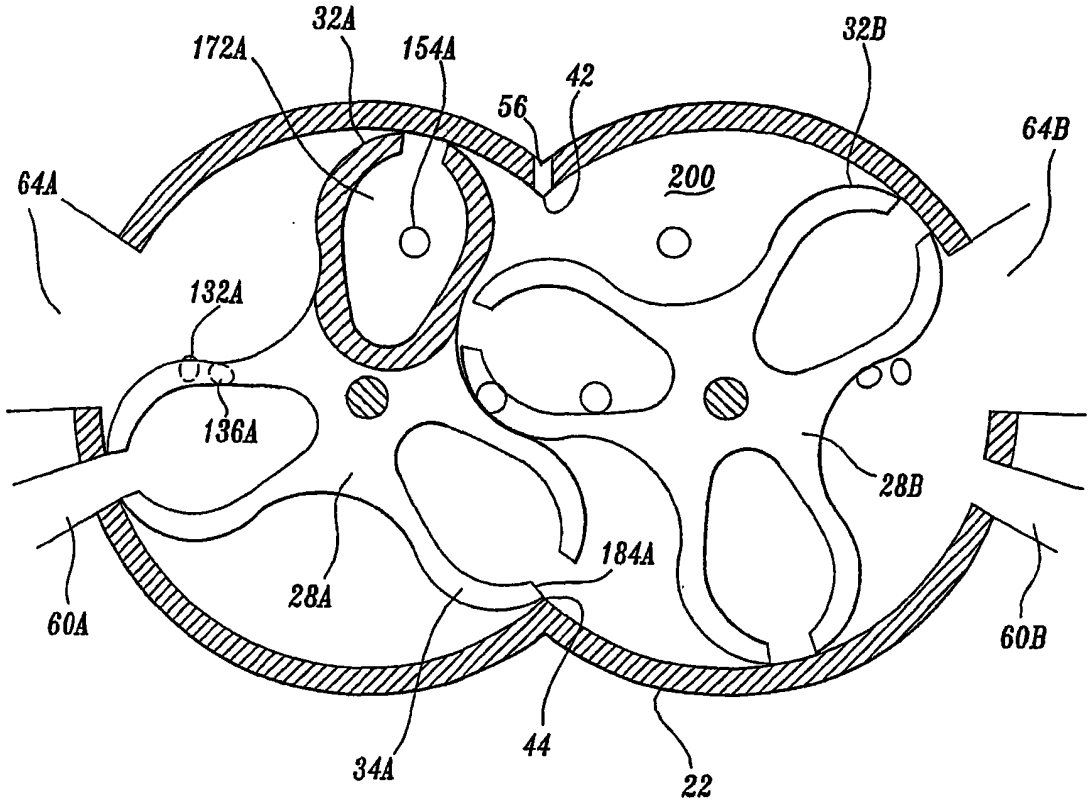

32A
172A
154A
32B
42
56
64B
64A
200
132A
136A
28B
184A
28A
60A
60B
34A
44
22

图 6

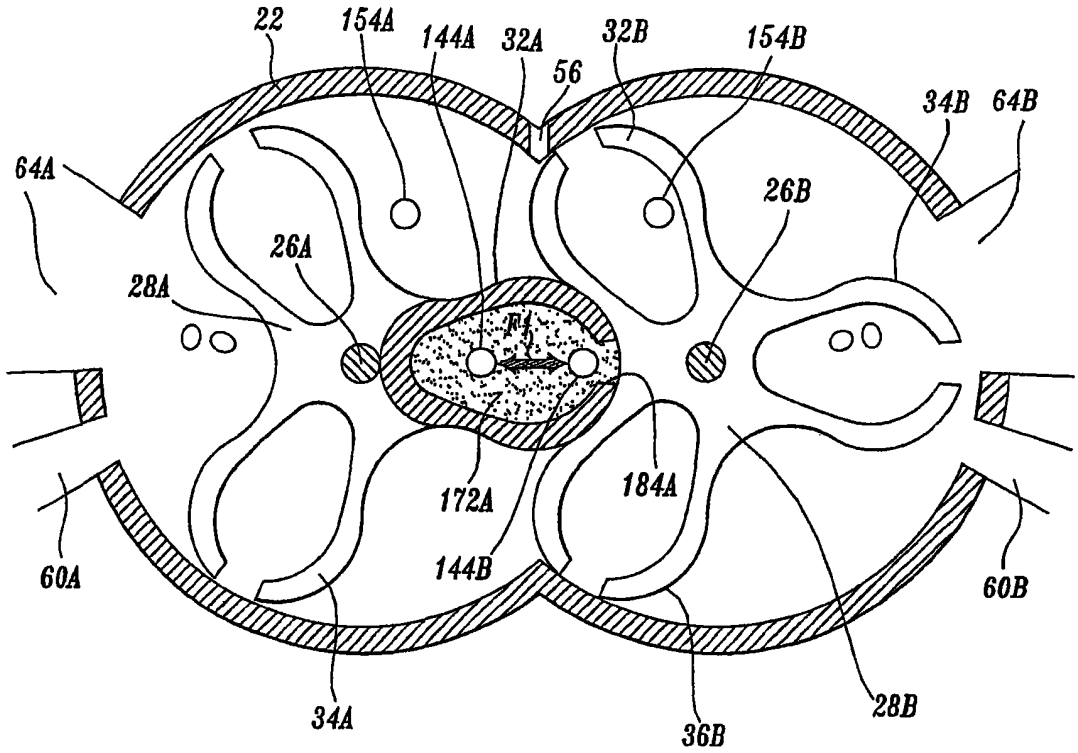

22
154A
144A
32A
56
32B
154B
34B
64B
64A
26B
26A
28A
F1
172A
184A
144B
60A
60B
34A
36B
28B

图 7

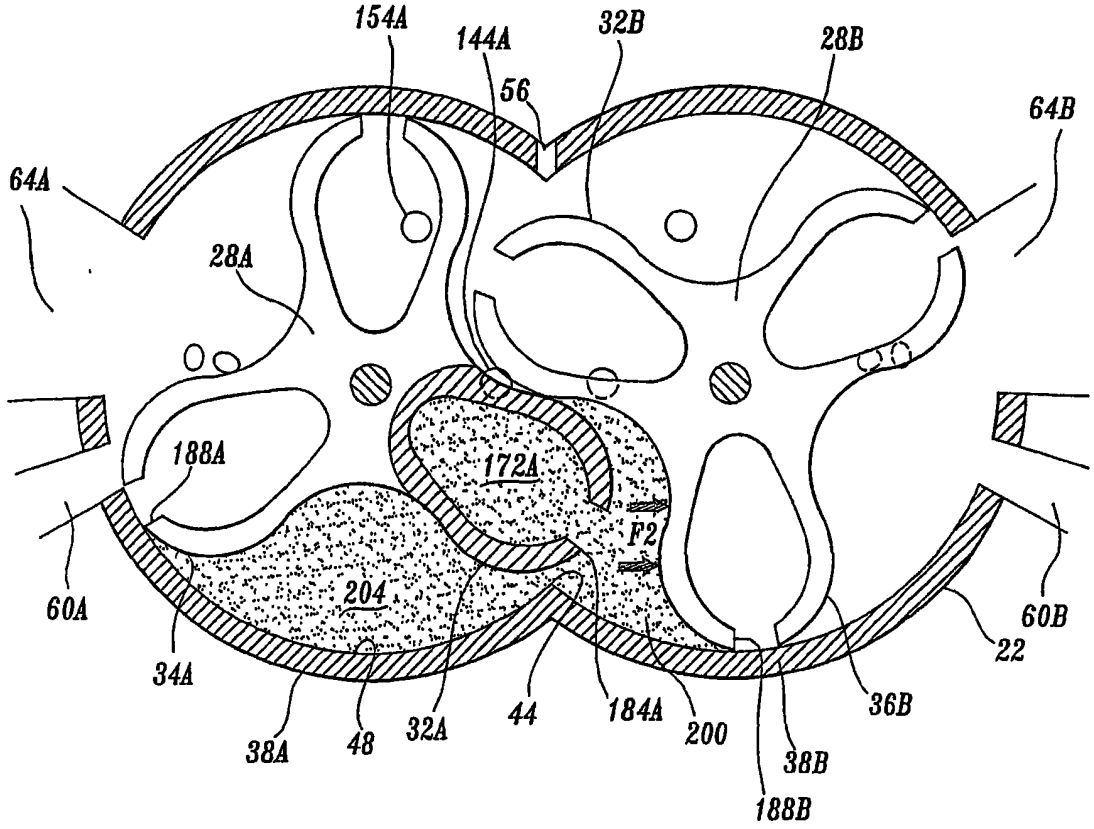

154A
144A
32B
28B
56
64B
64A
28A
188A
172A
F2
204
60A
60B
22
34A
36B
44
184A
200
38A
48
32A
38B
188B

图 8

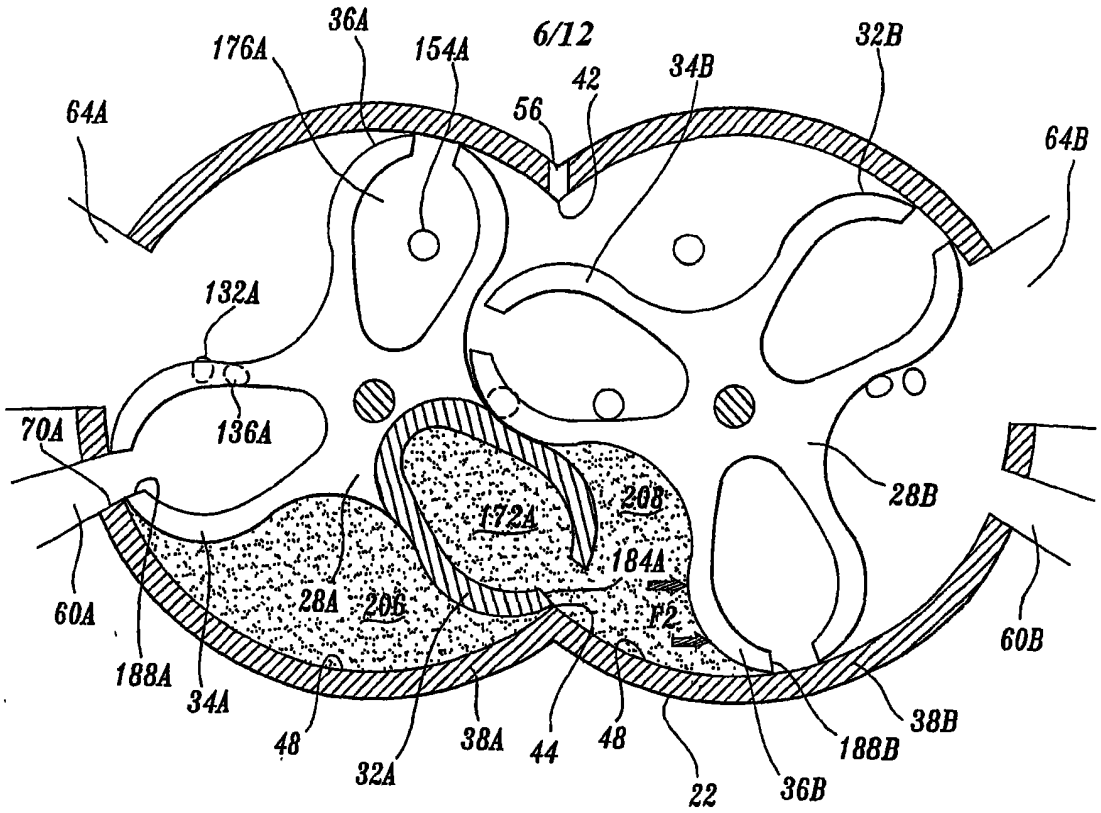

6/12
36A
176A
154A
32B
34B
42
56
64A
64B
132A
136A
70A
28B
172A
208
184A
28A
206
F2
60A
60B
188A
34A
48
38A
44
48
38B
188B
32A
22
36B

图 9

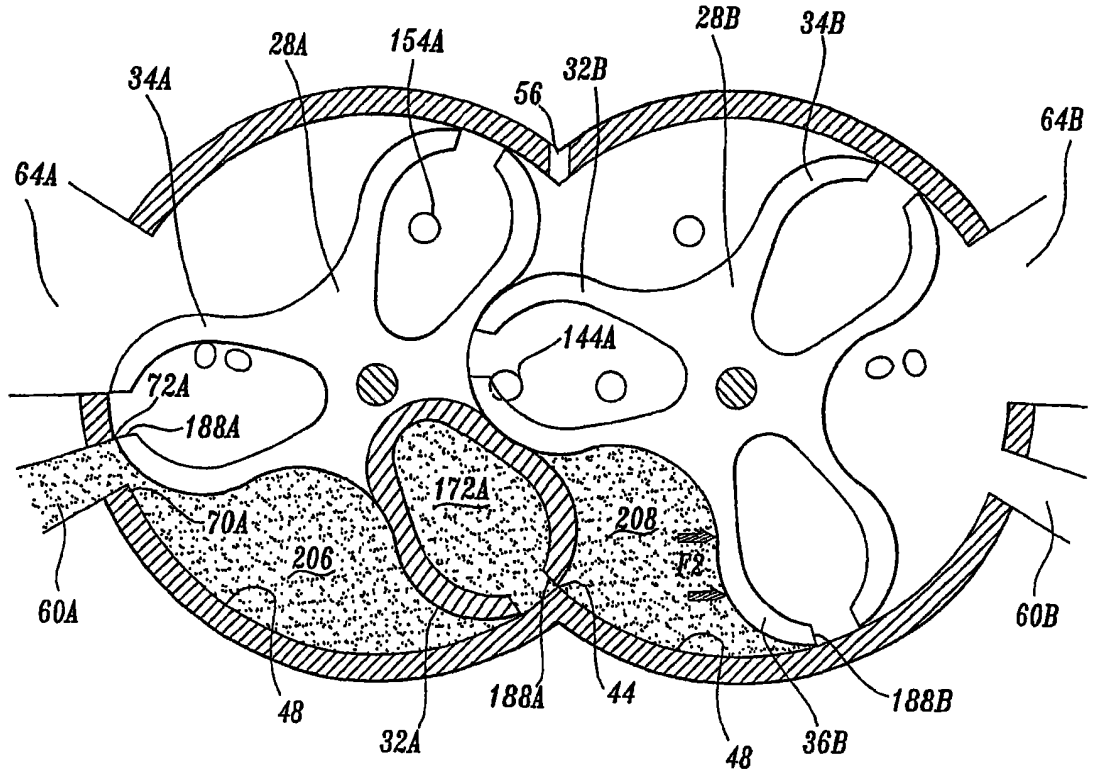

28B
34B
28A
154A
34A
32B
56
64B
64A
144A
72A
188A
172A
70A
208
206
F2
60A
60B
48
188A
44
188B
32A
48
36B

图 10

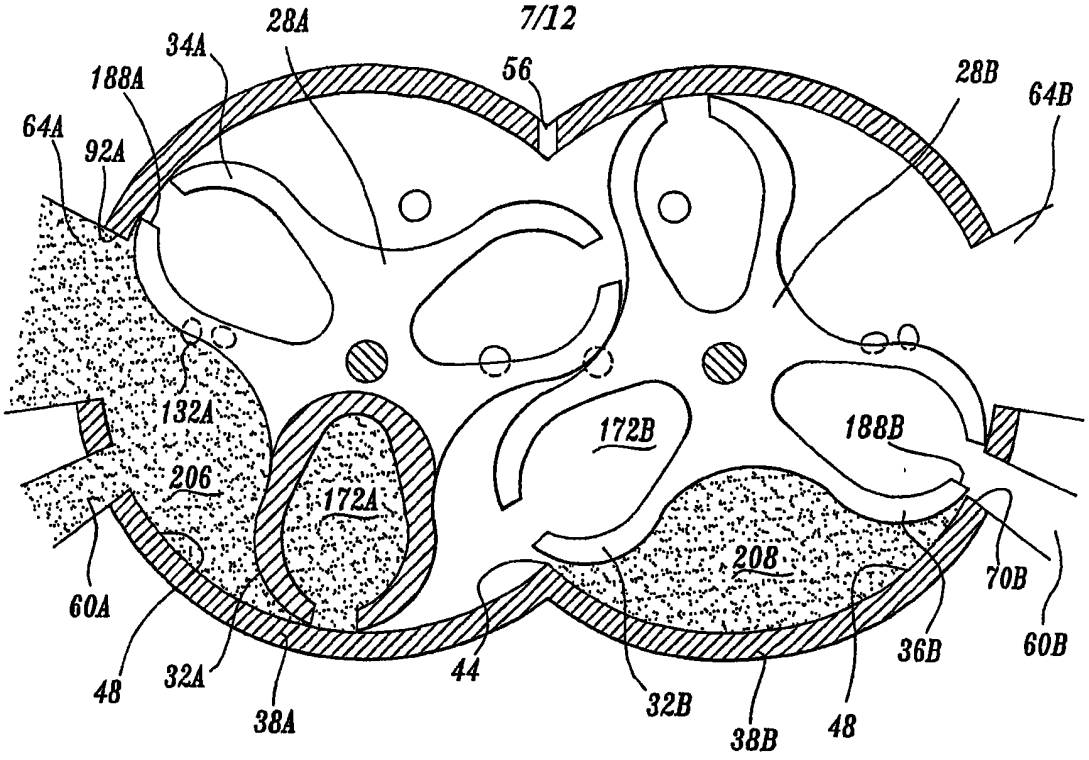

28A
34A
56
188A
28B
64B
64A
92A
132A
206
172B
188B
172A
208
70B
60A
36B
60B
48
32A
44
32B
38A
38B
48

图 11

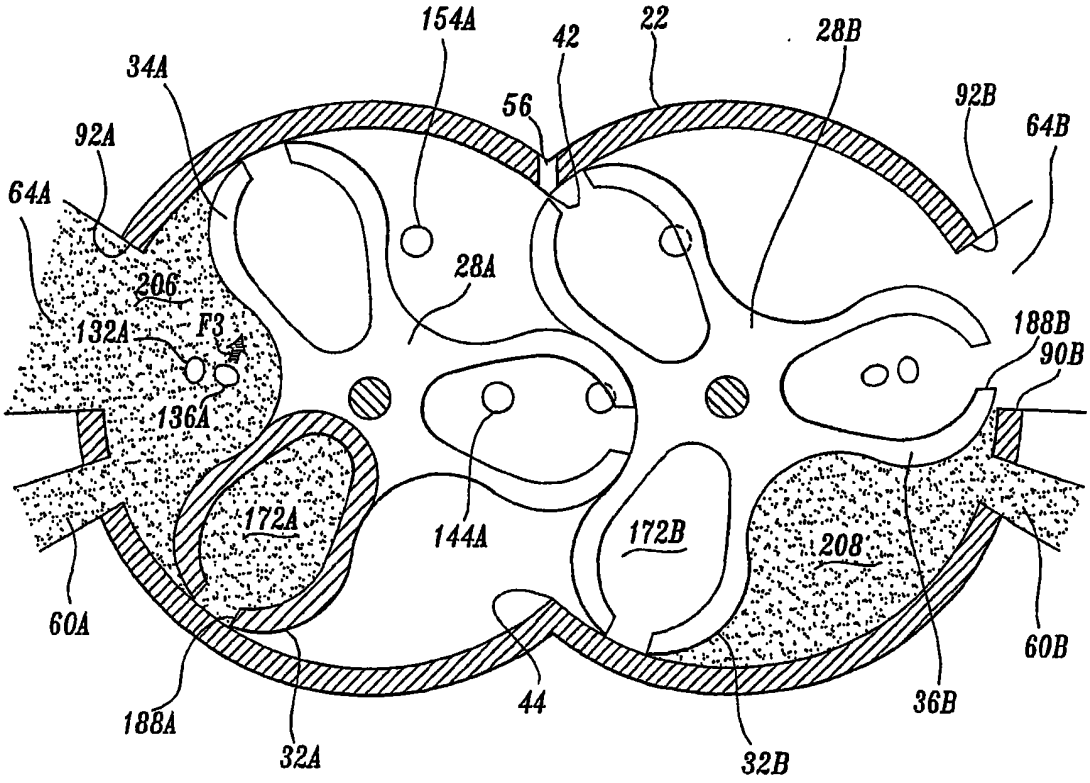

154A
42
22
28B
34A
56
92B
64B
92A
64A
28A
206
188B
F3
132A
90B
136A
172A
144A
172B
208
60A
60B
188A
44
36B
32A
32B

图 12

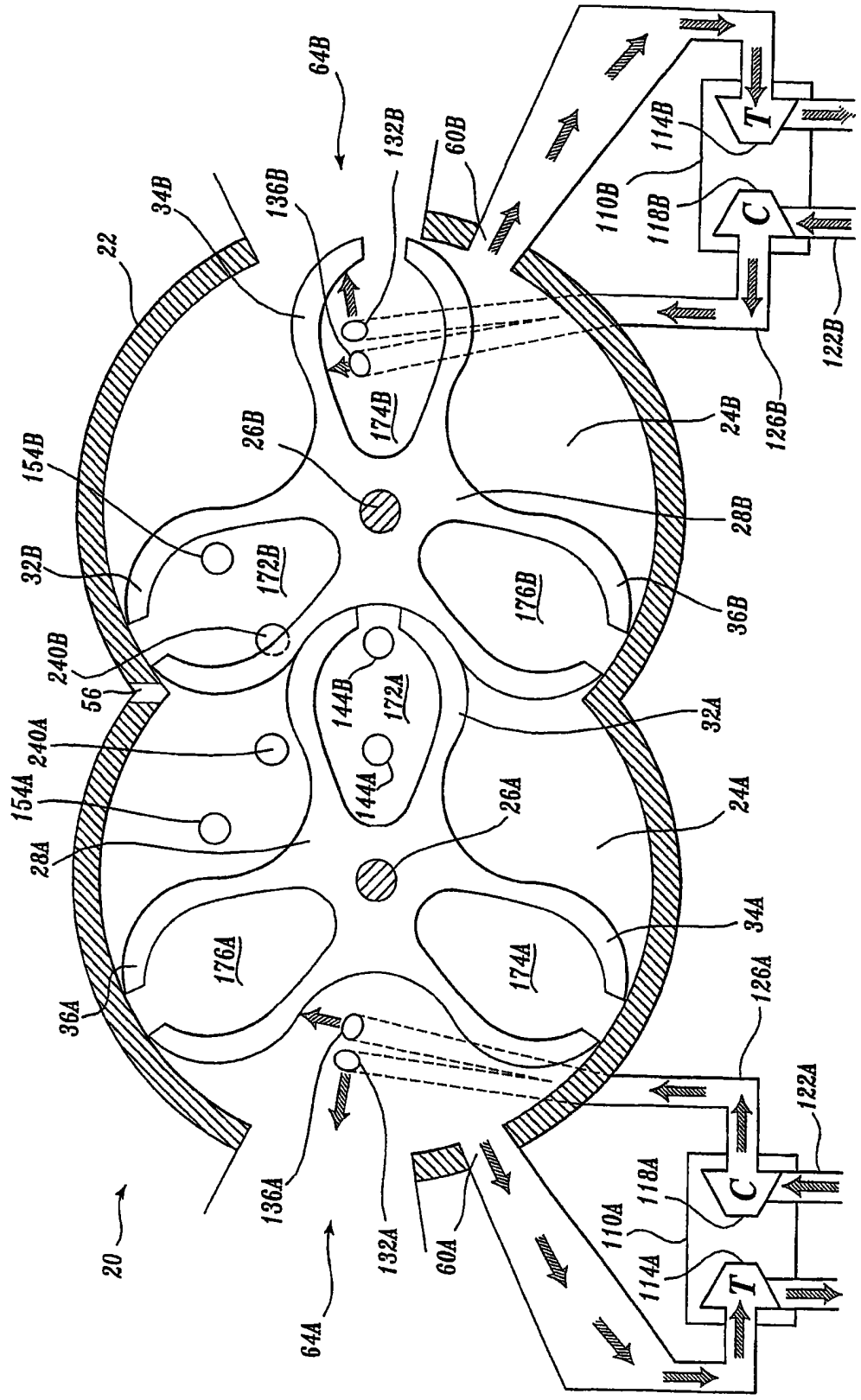

20
22
24A
24B
26A
26B
28A
28B
32A
32B
34A
34B
36A
36B
56
60A
60B
64A
64B
110A
110B
114A
114B
118A
118B
122A
122B
126A
126B
132A
132B
136A
136B
144A
144B
154A
154B
172A
172B
174A
174B
176A
176B
240A
240B
C
T

图 13

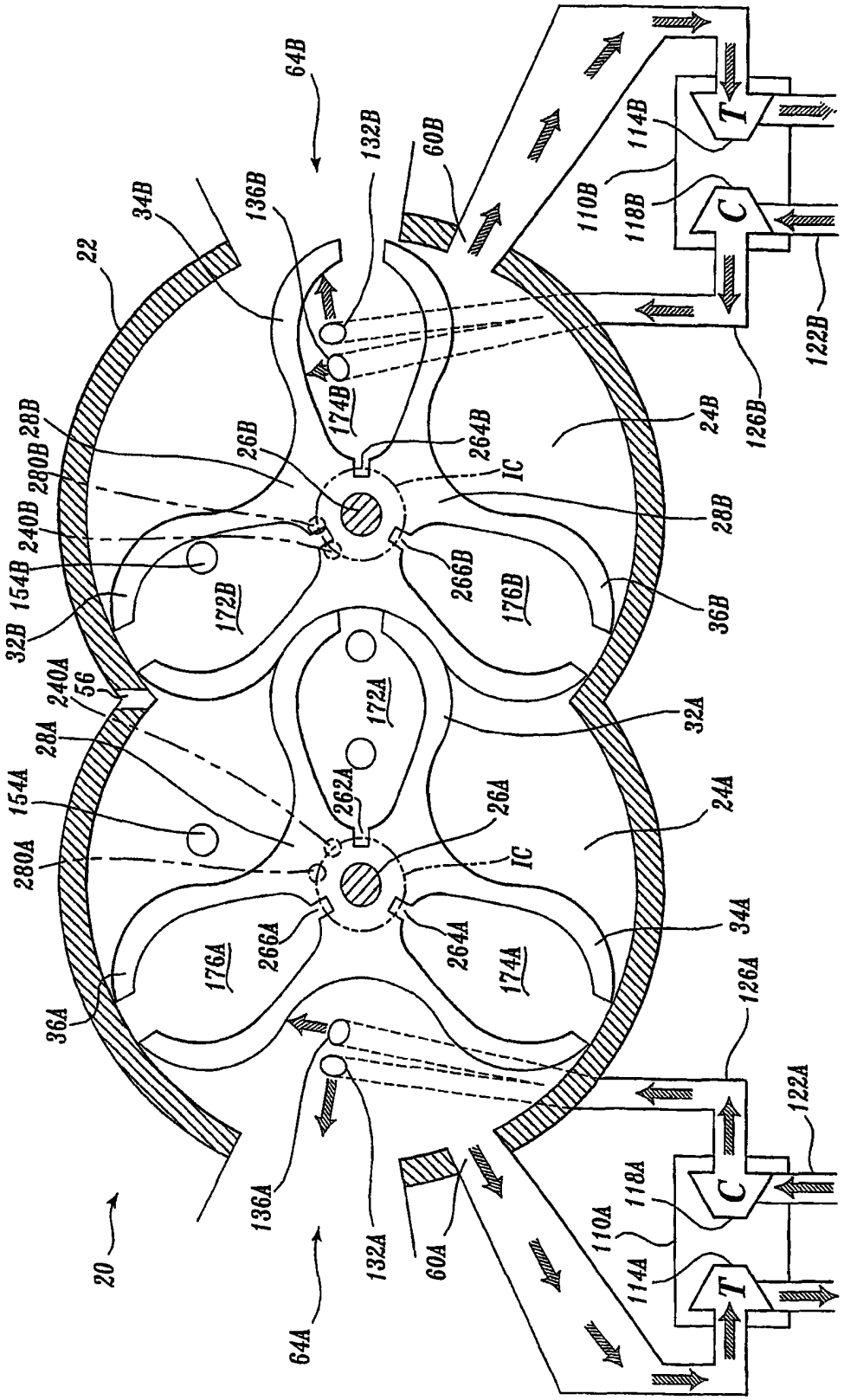

64B
132B
60B
34B
136B
22
114B
110B
118B
T
C
122B
126B
174B
264B
IC
24B
26B
28B
280B
240B
154B
32B
172B
266B
176B
36B
172A
32A
240A
56
28A
154A
262A
26A
24A
280A
IC
176A
266A
264A
174A
34A
36A
126A
122A
136A
132A
60A
64A
20
118A
110A
114A
T
C

图 14

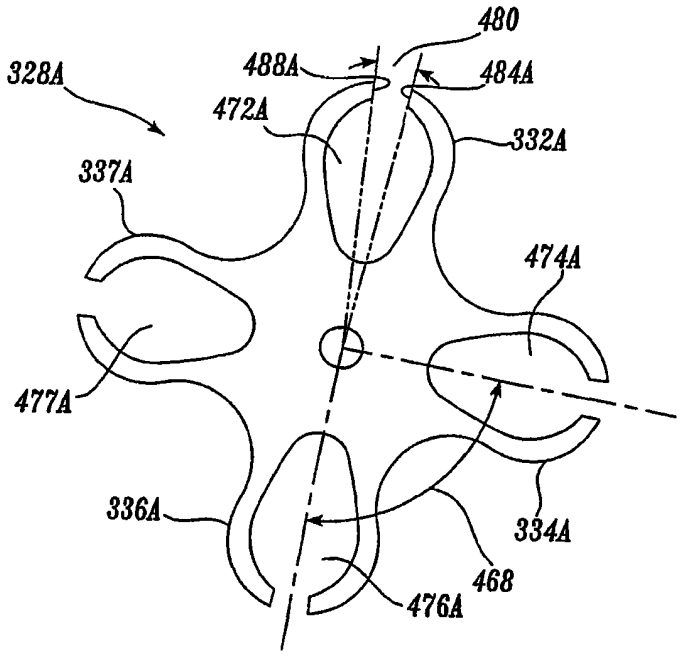

480
488A
484A
328A
472A
332A
337A
474A
477A
336A
334A
468
476A

图 18

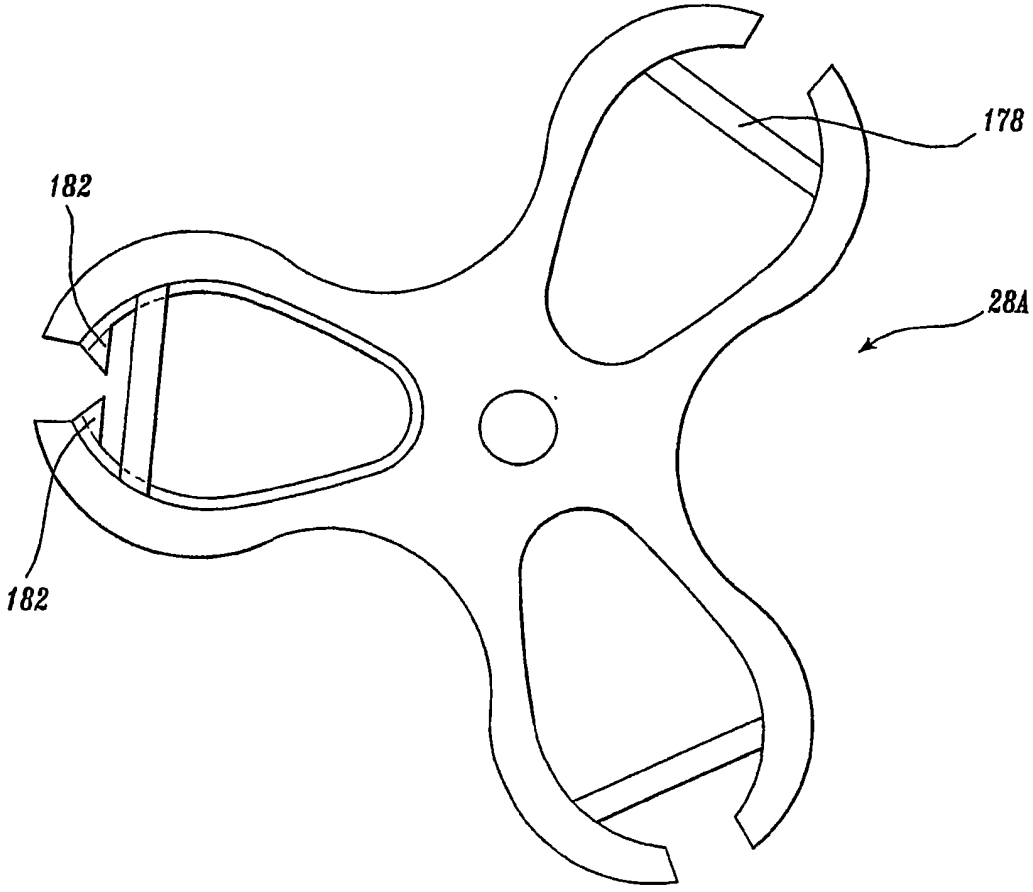

178
182
28A
182

图 15

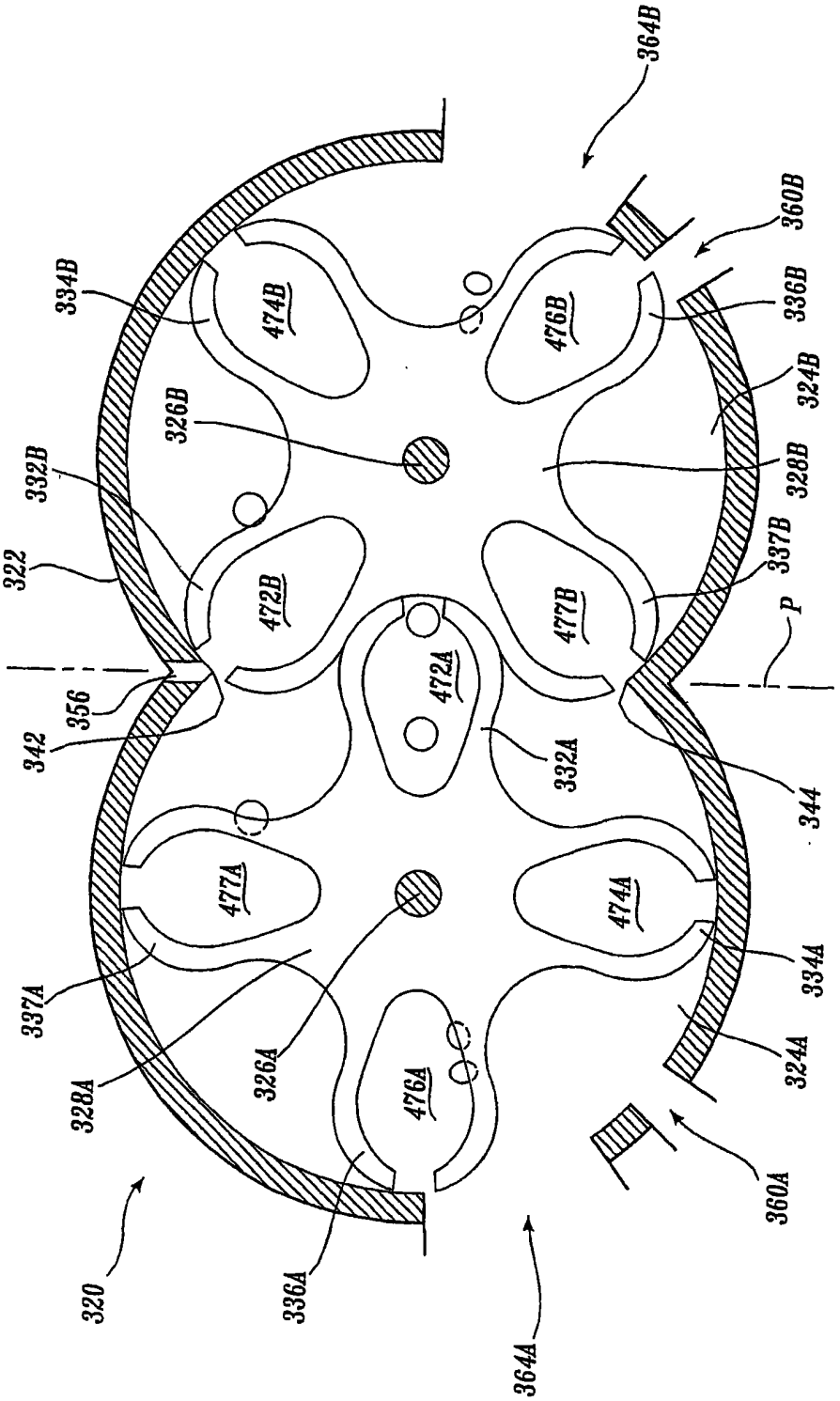

364B
360B
334B
336B
474B
476B
326B
324B
332B
328B
322
472B
337B
477B
P
356
472A
342
332A
344
477A
474A
337A
334A
326A
324A
328A
476A
360A
320
336A
364A

图 16

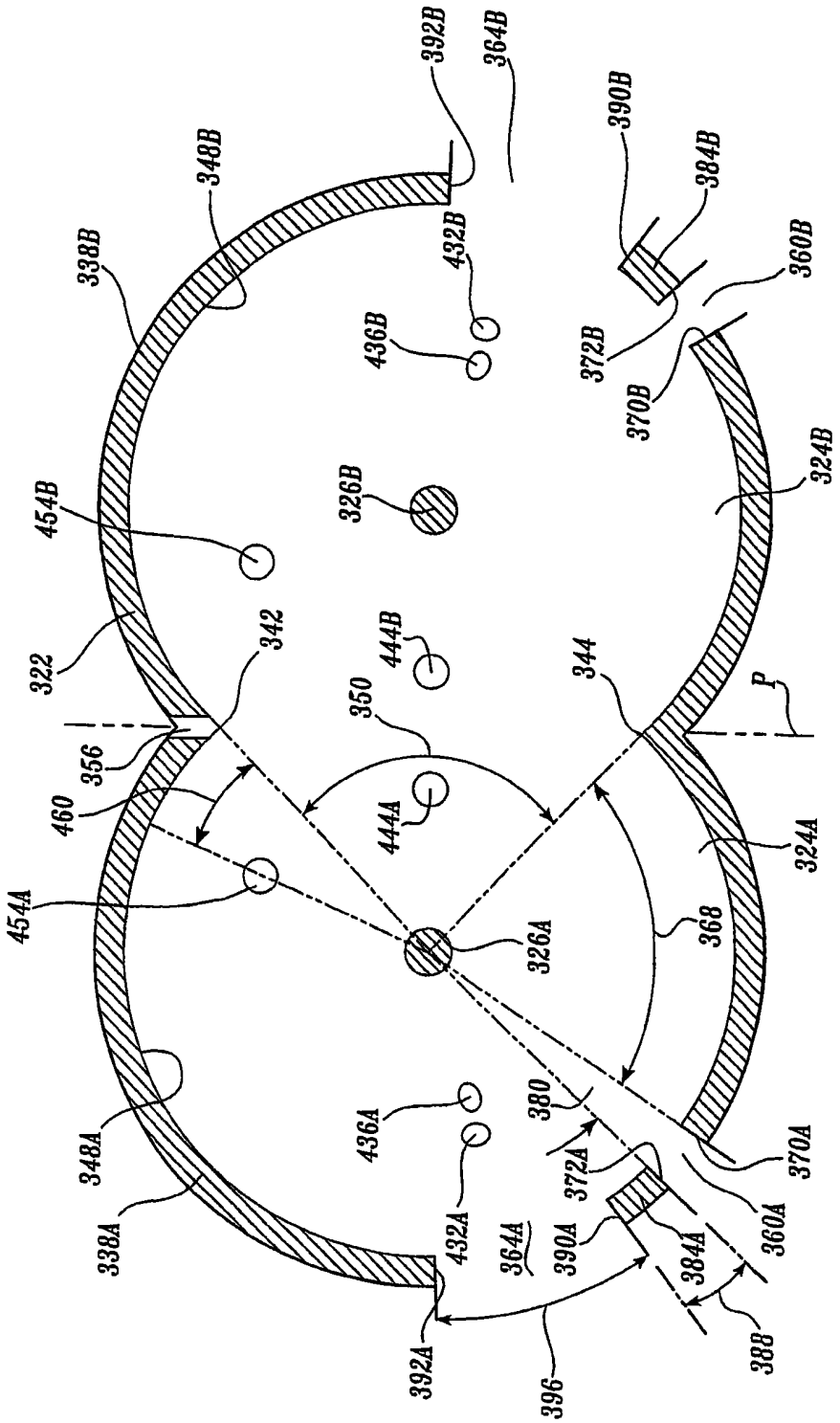

392B
364B
348B
390B
384B
338B
360B
432B
436B
372B
370B
326B
324B
454B
322
342
444B
350
344
356
460
444A
324A
454A
326A
368
348A
436A
380
370A
372A
338A
432A
364A
390A
360A
384A
392A
396
388

图 17