

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

F01D 25/24 (2006.01)

F02C 7/20 (2006.01)



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200910145409.1

[43] 公开日 2009 年 11 月 18 日

[11] 公开号 CN 101581237A

[22] 申请日 2009.5.18

[21] 申请号 200910145409.1

[30] 优先权

[32] 2008.5.16 [33] US [31] 12/122071

[71] 申请人 通用电气公司

地址 美国纽约州

[72] 发明人 B·路易斯 S·M·艾哈迈德

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

代理人 肖日松 杨松龄

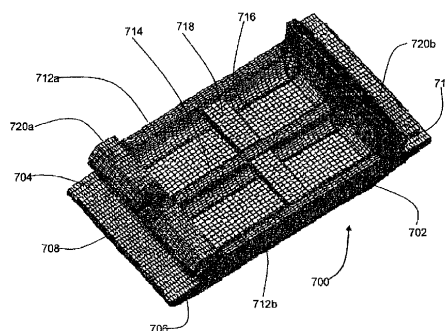
权利要求书 3 页 说明书 18 页 附图 12 页

[54] 发明名称

用于改变与透平相关的模态振动的系统和方法

[57] 摘要

本发明涉及用于改变与透平相关的模态振动的系统和方法，具体而言，描述了用于改变透平中护罩组件的内护罩的至少一个模态振动频率的方法和护罩组件。护罩组件包括内护罩和外护罩。内护罩包括主体，其带有第一端部部分、与第一端部部分相对的第二端部部分、上表面、以及下表面，其中，下表面邻近于多个旋转透平叶片。内护罩还包括至少两个轨条。本发明还提供了一种用于避免内护罩中的所不希望的模态激励的方法，至少两个轨条成形于上表面上且在第一端部部分和第二端部部分之间延伸，其中，在所述至少两个轨条之间限定了冲击冷却区域。另外，内护罩包括成形于上表面上且处在横向于该至少两个轨条的方向上的至少一个横向部件。



1. 一种用于透平(100)的护罩组件(214), 所述护罩组件(214)包括内护罩(700)和外护罩(304), 其中, 所述内护罩(700)包括:

包括第一端部部分(708)、与所述第一端部部分(708)相对的第二端部部分(710)、上表面(704)、以及下表面(706)的主体(702), 其中, 所述下表面(706)邻近于多个旋转透平叶片(204);

成形于所述上表面(704)上且延伸于所述第一端部部分(708)和所述第二端部部分(710)之间的至少两个轨条(712a,712b), 其中, 在所述至少两个轨条(712a,712b)之间限定了冲击冷却区域(716); 和

成形于所述上表面(704)上且处在横向于所述至少两个轨条(712a,712b)的方向上的至少一个横向部件(718)。

2. 根据权利要求 1 所述的护罩组件(214), 其特征在于, 所述至少一个横向部件(718)包括多个横向部件。

3. 根据权利要求 1 所述的护罩组件(214), 其特征在于, 所述至少一个横向部件(718)利于将所述内护罩(700)的至少一个模态振动频率偏移远离所述多个旋转透平叶片(204)的激励频率。

4. 根据权利要求 1 所述的护罩组件(214), 其特征在于, 所述至少一个横向部件(718)包括成形于所述内护罩(700)的上表面(704)上的突出形状。

5. 根据权利要求 1 所述的护罩组件(214), 其特征在于, 所述至少一个横向部件(718)将所述内护罩(700)的上表面(704)二分, 以将所述冲击冷却区域(716)分成两个部分。

6. 根据权利要求 1 所述的护罩组件(214), 其特征在于, 所述内护罩(700)的主体(702)包括带有弧形结构的主体。

7. 根据权利要求 1 所述的护罩组件(214), 其特征在于, 所述内护罩(700)包括由至少一种镍合金构造而成的内护罩。

8. 根据权利要求 1 所述的护罩组件(214), 其特征在于, 所述第

一端部部分(708)和所述第二端部部分(710)还包括一个或多个相应的安装部(720a,720b),其利于将所述内护罩(700)连接至所述外护罩。

9. 一种透平(100), 包括:

透平壳体(200);

转子;

自所述转子而延伸的多个旋转透平叶片(204); 和

护罩组件(214), 其中, 所述护罩组件(214)包括安装至所述透平壳体(200)的外护罩(304)和多个内护罩(700), 其中, 所述多个内护罩(700)中的各个包括:

利于所述护罩组件(214)的内护罩(700)和外护罩(304)之间的连接的一个或多个安装部(720a,720b);

包括第一端部部分(708)、与所述第一端部部分(708)相对的第二端部部分(710)、上表面(704)、以及下表面(706)的主体(702), 其中, 所述下表面(706)邻近于所述多个旋转透平叶片(204);

成形于所述上表面(704)上且延伸于所述第一端部部分(708)与所述第二端部部分(710)之间的至少两个轨条(712a,712b); 和

成形于所述上表面(704)上、处在横向于所述至少两个轨条(712a,712b)的方向上的至少一个横向部件(718)。

10. 一种用于改变透平(100)中的护罩组件(214)的内护罩(700)的至少一个模态振动频率的方法(1100), 所述方法(1100)包括:

提供(1102)所述内护罩(700)的主体(702), 所述主体(702)包括第一端部部分(708)、第二端部部分(710)、上表面(704)以及下表面(706), 其中, 所述下表面(706)邻近于多个旋转透平叶片(204);

提供(1104)沿着所述主体(702)的长而在所述第一端部部分(708)和所述第二端部部分(710)之间延伸的至少两个轨条(712a,712b), 其中, 所述至少两个轨条(712a,712b)限定了在所述上表面(704)上且在所述至少两个轨条(712a,712b)之间的冲击冷却区域(716); 和

提供(1106)在所述上表面(704)上、处在横向于所述至少两个轨条

(712a,712b)的方向上的至少一个横向部件(718)。

用于改变与透平相关的模态振动的系统和方法

技术领域

[0001]本发明大致涉及透平(turbine), 更具体地说, 涉及改变与透平相关的模态振动(modal vibrations)。

背景技术

[0002]在各种航空、工业和发电应用中都使用了透平。通常, 在相对较高的压力和相对较高的温度条件下运行的燃气透平(gas turbines)包括从转子延伸出的多个旋转的透平叶片。这些透平叶片可由一个或多个热气体(hot gas)所驱动。在一个或多个旋转透平叶端周围的任何的热气体的泄漏都可降低透平的效率。因而, 透平通常配备有护罩(shroud)组件, 以便最大限度地减小热气体的显著泄漏。护罩组件通常固定在透平壳体上且遮蔽住旋转透平叶片。在这点上, 护罩组件通常为旋转透平叶片提供环向的遮蔽。包括护罩组件的燃气透平可提供使热气体泄漏最小化的优势, 并因此提高透平效率。

[0003]传统上,透平的护罩组件具有外护罩和多个内护罩。外护罩通常固定到透平壳体或外壳上。典型的内护罩可包括上表面、下表面、第一(前)端部部分(end portion)和第二(后)端部部分。内护罩的下表面通常放置成邻近于旋转透平叶片。透平中的护罩组件的使用可防止或最大限度地减小热气体泄漏到二次流路径(secondary flow path)中, 并且可减少各个旋转透平叶片的叶端的振动。此外, 因为该多个内护罩中的每个都持续地与热气体相接触, 所以各个内护罩的上表面通常被覆有助于冷却各个内护罩的冲击冷却板(impingement cooling plate)。

[0004]在典型的运行和负载条件下, 多个旋转透平叶片以固定的每分钟转数来旋转。该多个透平叶片的旋转通常造成带一定激励频率

(excitation frequency)的该多个旋转透平叶片中的一个或多个的激励和振动。此外，内护罩具有振动的多个模态振动频率(modal vibration frequencies)和谐频(harmonic frequency)。内护罩的多个模态振动频率和谐频通常是其质量和设计或结构特征(例如，在第一端部部分和第二端部部分之间延伸的多个轨条(rail)的厚度或冲击冷却区域的厚度)的函数。当内护罩的模态振动频率中的至少一个接近于旋转透平叶片中的一个或多个的激励频率时，就会带来问题。这种情形可能导致内护罩中的模态激励(modal excitation)或共振。这种共振可能造成将二次流路径与热气体路径分开的密封件开裂，导致热气体泄漏到二次流路径中，并从而降低透平的效率。另外，可能发生热气体路径(HGP)的空气吸入(ingestion)，并降低对外护罩的冷却。因而，外护罩的温度还可能上升，增加了外护罩的结构损坏的风险。因此，热气体的泄漏可减少护罩组件的寿命周期(life cycle)，并增加与护罩组件相关的维护和修理费用。另外，热气体的泄漏可能对透平的性能产生负面影响。

[0005]因此，目前存在对改进的、有助于改变内透平护罩中的振动的内透平护罩设计的需求。

发明内容

[0006]根据本发明的一个实施例，公开了一种用于透平的护罩组件，其包括内护罩和外护罩。内护罩包括主体，该主体带有第一端部部分、与第一端部部分相对的第二端部部分、上表面、以及下表面，其中，下表面邻近于多个旋转的透平叶片。内护罩还包括至少两个成形于上表面上且延伸于第一端部部分和第二端部部分之间的轨条，其中，在该至少两个轨条之间限定有冲击冷却区域。另外，内护罩包括成形于该上表面上的、处在横向于(transverse to)该至少两个轨条的方向上的至少一个横向部件(cross-member)。

[0007]根据本发明的另一实施例，公开了一种透平。该透平包括透平壳体，转子，从转子延伸出来的多个旋转透平叶片，以及护罩组

件。护罩组件包括安装到透平壳体上的外护罩，以及多个内护罩。该多个内护罩中的各个包括一个或多个安装部(mountings)，其利于护罩组件的内护罩和外护罩之间的连接。另外，该多个内护罩中的各个包括主体，该主体带有第一端部部分，与第一端部部分相对的第二端部部分，上表面，以及下表面，其中，下表面邻近多个旋转透平叶片。至少两个轨条形成在该上表面上且延伸于第一端部部分和第二端部部分之间，并且，至少一个横向部件在横向于该至少两个轨条的方向上形成于该上表面上。

[0008]根据本发明的又一实施例，公开了一种用于改变透平中的护罩组件的内护罩的至少一个模态振动频率的方法。其提供了内护罩的主体。该主体包括第一端部部分、第二端部部分、上表面、以及下表面，其中，下表面邻近于与该透平相关的多个旋转透平叶片。提供了至少两个轨条，其在第一端部部分和第二端部部分之间沿着主体的长而延伸，其中，该至少两个轨条在上表面上并且在该至少两个轨条之间限定了冲击冷却区域。在上表面上在横向于该至少两个轨条的方向上提供了至少一个横向部件。

[0009]本领域中的技术人员从以下详细说明、附图和所附权利要求中将明晰本发明的其它实施例、方面、特征和优点。

附图说明

[0010]上面已经概括地描述了本发明，现在将参考附图，这些附图并非一定按比例绘制，且其中：

[0011]图 1 是燃气透平的一个示例的横截面图，在该燃气透平中本发明的实施例可被应用。

[0012]图 2 是图 1 中所示的燃气透平的部分的横截面图，在其中，本发明的实施例可被应用。

[0013]图 3 是透平护罩的一个示例的横截面图，在其中，本发明的实施例可被应用。

[0014]图 4 是用于在透平护罩组件中被使用的传统的内护罩的示意性的透视图。

[0015]图 5 是图 4 中所示的传统内护罩的沿着线 A-A'截取的横截面图。

[0016]图 6 是图 4 中所示的传统的内护罩的坎贝尔图(Campbell Diagram)。

[0017]图 7 是根据本发明的说明性实施例的内护罩的一个示例的示意性透视图。

[0018]图 8A 是根据本发明的说明性实施例的内护罩的另一示例的透视图。

[0019]图 8B 是根据本发明的说明性实施例的内护罩的另一示例的透视图。

[0020]图 9 显示了根据本发明的各种说明性实施例的、可在内护罩中用作横向部件的各种类型的肋条(rib)的示例。

[0021]图 10 是根据本发明的说明性实施例的、图 7 的内护罩的坎贝尔图的一个示例。

[0022]图 11 是根据本发明的说明性实施例的、用于制造内护罩的方法的一个示例的流程图。

部件列表:

- 100 燃气透平;
- 102 进气段;
- 104 压缩机段;
- 106 燃烧器段;
- 108 透平段;
- 110 排气段;
- 200 透平壳体;
- 202 第一级喷管;
- 204 第一膨胀级叶片;

-
- 206 第二级喷管;
 - 208 第二膨胀级叶片;
 - 210 第三级喷管;
 - 212 第三膨胀级叶片;
 - 214 第一级护罩组件;
 - 216 第二级护罩组件;
 - 218 第三级护罩组件;
 - 302 内护罩;
 - 304 外护罩;
 - 306 冲击冷却板;
 - 308 内护罩主体;
 - 310 内护罩第一端部部分;
 - 312 内护罩第二端部部分;
 - 314a 内护罩第一安装器件;
 - 314b 内护罩第二安装器件;
 - 316a 外护罩下钩状物;
 - 316b 外护罩下钩状物;
 - 318a 外护罩安装部分;
 - 318b 外护罩安装部分;
 - 400 内护罩;
 - 402 内护罩上表面;
 - 404 内护罩下表面;
 - 406a 内护罩端部轨条;
 - 406b 内护罩端部轨条;
 - 408 内护罩中心轨条;
 - 410 内护罩冲击冷却区域;
 - 502 内护罩底座;
 - RT1 内护罩端部轨条厚度;

RT2 内护罩端部轨条厚度;
CT 内护罩中心轨条厚度;
BT 内护罩冲击冷却区域厚度;
700 内护罩;
702 内护罩主体;
704 内护罩上表面;
706 内护罩下表面;
708 内护罩第一端部部分;
710 内护罩第二端部部分;
712a 内护罩端部轨条;
712b 内护罩端部轨条;
714 内护罩中心轨条;
716 内护罩冲击冷却区域;
718 内护罩横向部件;
720a 内护罩安装器件;
720b 内护罩安装器件;
800a 内护罩;
802a 内护罩横向部件;
802b 内护罩横向部件;
804 内护罩上表面;
806a 内护罩端部轨条;
806b 内护罩端部轨条;
800b 内护罩;
808a 内护罩横向部件;
808b 内护罩横向部件;
808c 内护罩横向部件;
810 内护罩上表面;
812a 内护罩端部轨条;

- 812b 内护罩端部轨条;
- 900 用于横向部件的圆形肋条设计;
- 902a 用于横向部件的矩形肋条设计;
- 902b 用于横向部件的矩形肋条设计;
- 904 用于横向部件的椭圆形肋条设计;
- 906 用于横向部件的半圆形肋条设计;
- 1100 方法;
- 1102 方框;
- 1104 方框;
- 1106 方框;

具体实施方式

[0023]现在将在后文中参照附图更完整地描述本发明的说明性实施例，在附图中显示了本发明的一些但并非全部实施例。事实上，本发明可以多种不同的形式来体现，并且不应该被认为局限于这里所陈述的实施例；相反，提供这些实施例以使得本公开将满足可适用的法律要件。全篇中相似的标号表示相似的元件。

[0024]公开了用于制造内透平护罩以便改变内护罩的至少一个模态振动频率的方法以及内透平护罩的实施例。一个或多个横向部件可被包括于内护罩中，并且，所提供的一个或多个横向部件可促进内护罩的至少一个模态振动频率的、远离与透平相关的一个或多个旋转透平叶片的激励频率的偏移或改变。

[0025]图 1 显示了在其中本发明实施例可被应用的燃气透平 100 的一个示例的横截面图。虽然图 1 中显示了燃气透平 100，但是本发明的实施例可在广泛的各种不同的透平设计和透平类型(包括，但不局限于用于各种航空、工业和/或发电应用的透平)中被使用。

[0026]参看图 1，所示的燃气透平 100 可包括进气段 102、压缩机段 104、燃烧器段 106、透平段 108、以及排气段 110。在通常的运行

中,空气可通过进气段 102 而进入且可在压缩机段 104 中被压缩至预先限定的或预定的压力。来自压缩机段 104 的压缩空气的至少一部分可被供给燃烧段 106。在燃烧段 106 中,压缩空气可与燃料混合,之后,组合的空气和燃料混合物可燃烧。空气和燃料的混合物在燃烧段 106 中的燃烧可产生热气体,其具有相对较高的温度和相对较高的压力。从燃烧段 106 中出来的热气体可在燃气透平 100 的透平段 108 中膨胀。在透平段 108 中的热气体的膨胀之后,相对较低压的热气体可通过排气段 110 而被从燃气透平 100 中送出。从排气段 110 出来的相对较低压的热气体可被送出至大气、组合循环再生设备、和/或热交换器的再循环管道中。

[0027]在本发明的某些实施例中,所利用的燃气透平(例如燃气透平 100)在压缩机段 104 中可具有约 17.5 至约 18.5 的压缩比(*pressure ratio*)和高于约 2390°F 的燃烧温度(*firing temperature*, T_{fire})。根据透平的类型、透平的用途、应用要求和/或运行参数,燃气透平 100 可具有很宽范围的各种不同的压缩比和/或燃烧温度。

[0028]图 2 是燃气透平(例如图 1 中所示的透平 100)的部分的横截面图。图 2 显示了燃气透平 100 的透平段 108 中各种护罩组件的放置和定位的一个示例的放大横截面图。透平段 108 可包括透平壳体 200 和多个第一级喷管(*nozzle*),例如喷管 202。透平段 108 还可包括任意数量的膨胀级(*expansion stages*),例如三个膨胀级。各个膨胀级可包括相应的旋转透平叶片组。例如,第一组多个旋转透平叶片 204 可被包括在第一膨胀级中,第二组多个旋转透平叶片 208 可被包括在第二膨胀级中,且第三组多个旋转透平叶片 212 可被包括在燃气透平 100 的第三膨胀级中。该多个旋转透平叶片 204,208 和 212 可支撑在燃气透平 100 的转子(图中未显示)上。第二组多个旋转透平叶片 208 和第三组多个旋转透平叶片 212 之前可分别放有多个第二级喷管 206 和多个第三级喷管 210。第一级护罩组件 214 可定位成邻近于第一组多个旋转透平叶片 204。类似地,第二级护罩组件 216 和第三级护罩组件 218

可分别定位成邻近于第二组和第三组多个旋转透平叶片 208 和 212。第一级护罩组件 214 可限定路径,该路径用于来自燃气透平 100 的燃烧段 104(如图 1 中所示)并通过多个第一级喷管 202 而进入的一个或多个热气体。穿过该多个第一级喷管 202 而来的该一个或多个热气体可使该多个旋转透平叶片 204 旋转。在燃气透平 100 的第一膨胀级之后,该一个或多个热气体可通过用于燃气透平 100 的第二膨胀级的该多个第二级喷管 206 而被定向至该第二组多个旋转透平叶片 208,并使第二组多个旋转透平叶片 208 旋转。最后,该一个或多个热气体可通过用于燃气透平 100 的第三膨胀级的该多个第三级喷管 210 被定向至该第三组多个旋转透平叶片 212,且之后,被定向至燃气透平 100 的排气段 110 中。该多个旋转透平叶片 204,208 和 212 的旋转可通过燃气透平 100 的转子而产生输出量(work output)。虽然燃气透平 100 被显示为带有三个级的膨胀,但是各种其它透平可包括任意数量的膨胀级和护罩组件。

[0029]图 3 是这样的透平护罩的一个示例的横截面图,在该透平护罩中,本发明的实施例可被采用。图 3 显示了燃气透平的第一级护罩组件(例如图 2 中所示的护罩组件 214)的横截面图。类似的护罩组件可在各种其它透平中被使用。第一级护罩组件 214 可包括内护罩 302 和外护罩 304。冲击板 306 可被定位于或置于内护罩 302 和外护罩 304 之间。内护罩 302 可包括主体 308、第一端部部分 310 和第二端部部分 312。在本发明的某些实施例中,主体 308 可为弧形结构(arcuate structure)或包括一个或多个弧形的部分和/或表面。内护罩 302 还可包括分别定位在第一端部部分 310 和第二端部部分 312 处的第一安装器件 314a 和第二安装器件 314b。该第一安装器件和第二安装器件可以是,并且/或者,可包括利于内护罩 302 至外护罩 304 的连接的任何合适的安装机构和/或安装装置。例如,安装器件 314a, 314b 可包括钩状部分,其可操作,以便与相应的下钩状物 316a, 316b(其与外护罩相关)相接合或可移除地(removably)与之相连接。其它类型的合适的安

装器件可包括但不局限于其它类型的钩状物、螺栓、卡扣、螺钉等等。外护罩 304 还可包括多个安装部分,例如安装部分 318a 和 318b,其利于将外护罩 304 安装到透平壳体(例如图 2 中所示的壳体 200)上。安装部分 318a 和 318b 可通过一个或多个设于透平壳体 200 上的钩状物(未显示)而利于外护罩 304 至透平壳体 200 的可移除的附连。外护罩 304 还可包括一个或多个冷却孔(未显示),其利于冷却流体的循环,以便将外护罩 304 的温度保持在预先限定的范围内。冷却流体可为冷却空气或任何其它类型的冷却气体或冷却剂。

[0030]外护罩 304 可例如通过锻造工艺制造而成。内护罩 302 可例如通过锻造工艺和/或熔模铸造工艺制造而成。在一个实施例中,内护罩 302 可由带有占多数或占最大份的镍成分(包括大约 50%或更多的镍)的镍合金制成;然而,在本发明的其它实施例中,内护罩 302 可由广泛的多种不同的纯的或相组合的金属、合金、复合物和/或其它材料所制成或构成。

[0031]图 4 是用于在透平护罩组件中被使用的传统的内护罩 400 的示意性透视图。举例而言,图 4 中所示的内护罩 400 可在图 3 所示的护罩组件中被利用。参看图 4,内护罩 400 可包括上表面 402、下表面 404、第一端部部分 420,和/或第二端部部分 425。两个端部轨条 406a,406b 和中心轨条 408 可从第一端部部分 420 延伸至第二端部部分 425。在燃气透平中,例如在图 1 所示的透平 100 中,内护罩 400 的下表面 404 可放置成或定位成邻近于多个旋转透平叶片(例如,图 2 所示的叶片 204)。就此而言,内护罩 400 可形成或限定用于来自多个喷管(例如图 2 中所示的第一级喷管 202)的一个或多个热气体的热气体路径。两个端部轨条 406a, 406b 和中心轨条 408 可为内护罩 400 提供结构刚度。另外,两个端部轨条 406a, 406b 和中心轨条 408 可沿着内护罩 400 的上表面 402 限定冲击冷却区域 410,以容纳冲击冷却板(例如图 3 中所示的冲击冷却板 306)。冷却气体可撞击(strike)该冲击冷却板 306,以便冷却内护罩 302,并将温度保持在预先限定的范围

内。在内护罩 400 中还可设有冷却孔(图中未显示),以便提供或促进相关的护罩组件(例如图 2 中所示的护罩组件 214)的有效且效率高的冷却。

[0032]图 5 是沿着图 4 中所示的传统内护罩 400 的参考线 A-A' 所截取的横截面图。图 5 进一步地分别地显示了两个端部轨条 406a 和 406b 的相应的轨条厚度 RT1 和 RT2、中心轨条 408 的中心轨条厚度 CT、以及冲击冷却区域 410 的底座 502 的浴盆(bath tub)厚度 BT。浴盆底座 502 的底部可为弯曲的,并因此,可为内护罩 400 提供弧形的形状或弧形的结构。轨条厚度 RT1 和 RT2、中心轨条厚度 CT 和浴盆厚度 BT 可为控制内护罩 400 的模态振动频率的主要参数中的三个。用于轨条厚度 RT1, RT2、中心轨条厚度 CT 和/或浴盆厚度 BT 的值的范围可依赖于各种的参数和/或特性,例如,对于内护罩 400 的应用和刚度要求。根据燃气透平(例如图 1 中所示的燃气透平 100)的各种运行条件、尺寸和应用,用于轨条厚度 RT1, RT2、中心轨条厚度 CT 和/或浴盆厚度 BT 的值的范围可根据需要而变化。传统地,在设计内护罩和/或透平 100 时,可考虑内护罩 400 的模态分析,因为模态分析可便于与内护罩 400 相关的一个或多个振动频率的确定。对于图 4 中所描绘的内护罩 400,从模态分析的一个示例所获得的内护罩 400 的模态振动频率在以下表 1 中被提供。

模式	模态频率(Hz)
1	876.5
2	1444.1
3	3050.6
4	3495.1
5	4534.8
6	4776.1
7	5675.5
8	6310.8
9	6914.2
10	6978.1

表 1

[0033]图 6 是用于图 4 中所示的传统内护罩 400 的坎贝尔图 600。坎贝尔图 600 显示了在内护罩 400 的模态振动频率与采用内护罩 400 的透平的第一级旋转透平叶片(例如图 2 中所示的第一组多个旋转透平叶片 204)的激励频率之间的共振的重合(coincidence of a resonance)。在坎贝尔图中,水平轴线可指示燃气透平(例如图 1 中所示的透平 100)的转子的每分钟转数(rpm)的运行范围,且垂直轴线可指示该第一组多个旋转透平叶片 204 的激励频率。内护罩的模态振动频率绘制在右侧垂直轴线上。在燃气透平 100 中,第一膨胀级中的多个旋转透平叶片 204 可包括任意数量的叶片,例如 92 个叶片。在约为 3600 rpm 的转子运行范围中,第一组多个旋转透平叶片 204 的激励频率可靠近内护罩 400 的第 7 模态振动频率。这种情况可在内护罩 400 中导致共振或模态激励。这种共振可促使或导致内护罩 400 和该第一组多个旋转透平叶片之间的密封件(例如编织物密封件或蜂巢式密封件)的开裂。这可能导致热气体泄漏到二次流路径中,其降低了燃气透平 100 的效率。此外,可能发生热气体路径(HGP)的空气吸入,并降低对相关的外护罩(例如图 3 中所示的外护罩 304)的冷却。由于这种冷却中的减弱,与外护罩 304 相关的温度可能上升,促使或导致外护罩 304 的结构损坏。因而,热气体的泄漏可能降低透平护罩组件(例如护罩组件 214)的寿命周期,可能增加护罩组件 214 的维护与修理成本,并且可能对燃气透平 100 的性能产生负面影响。

[0034]前面的对图 4-图 6 的描述涉及燃气透平 100 和可结合该燃气透平 100 一起被使用的传统内护罩 400 的一种实施例。在本发明的其它实施例中,可利用不同的燃气透平或其它类型的透平。这些不同的透平可包括不同的构件和/或运行特征。例如,不同的透平可在膨胀级内包括任意数目的叶片。作为另一示例,不同的透平可具有不同的转子的运行范围(例如, rpm),而这些不同的运行范围又可能导致被考虑的不同激励频率。

[0035]在前面的对图 4-图 6 的描述中,已连同内护罩 400 中所遇

到的某些问题而详细地描述了内护罩 400。为了减轻迄今所描述的这些问题，在图 7-图 10 中描述了本发明的各种实施例。对于下面所描述的本发明的某些实施例，若干设计变型被加以考虑并实验性地加以尝试，其带有在以下方面的有所改善的结果，即，增加透平运行范围中的所关心的内护罩模态频率与叶片振动频率之间的差额(gap)。

[0036]图 7 显示了根据本发明实施例的内护罩 700 的示意性的透视图。内护罩 700 可包括主体 702、上表面 704、下表面 706、第一端部部分 708、以及与第一端部部分 708 相对的第二端部部分 710。内护罩 700 还可包括两个端部轨条 712a,712b 和中心轨条 714,其从第一端部部分 708 延伸至第二端部部分 710。在使用中，下表面 706 可被放置成邻近于多个旋转透平叶片(例如图 2 中所示的第一组多个旋转透平叶片 204)，并且下表面 706 可形成或限定热气体路径，该热气体路径用于来自多个相关的第一级喷管(例如图 2 中所示的喷管 202)的热气体。该两个端部轨条 712a,712b 和该中心轨条 714 可为内护罩 700 提供结构刚度。另外，内护罩 700 可为弧形结构，或者备选地，可包括一个或多个弧形的部分和/或表面。在一个实施例中，该两个端部轨条 712a,712b 和该中心轨条 714 可限定沿着上表面 704、用于容纳冲击冷却板(例如图 3 中所示的冲击冷却板 306)的冲击冷却区域 716。

[0037]另外，根据本发明的一方面，内护罩 700 可包括成形于该上表面上和/或连接至该上表面的横向部件 718。举例而言，横向部件 718 可为放置在或成形于内护罩 700 的上表面 704 上的突出形状(protruded shape)。横向部件 718 可被设于横向于该两个端部轨条 712a,712b 及该中心轨条 714 的方向上，并且，该横向部件可将该冲击冷却区域 716 划分成和/或二分(bisect)成两个部分。

[0038]在本发明的一个实施例中，内护罩 700 可利用熔模铸造工艺而由(含至少约 50%的镍的)镍合金所构造成。另外，内护罩 700 可包括相应地设于第一端部部分 710 和第二端部部分 712 处的安装器件 720a 和 720b。安装器件 720a 和 720b 可以是和/或包括任何便于将内

护罩 700 安装到燃气透平的外护罩(例如图 3 中所示的外护罩 304)上的合适的安装机构和/或装置。安装器件 720a 和 720b 可以类似于上面参照图 3 所显示和所描述的安装器件 314a 和 314b。

[0039]在本发明的各种其它实施例中, 横向部件 718 的尺寸可被加以改变。举例而言, 可至少部分地基于燃气透平 100 的各种要素, 例如, 用于燃气透平 100 的转子的正常运行范围(以 rpm 为单位)、燃气透平 100 的膨胀级中的叶片的数量、内护罩 700 的材料等等, 而确定该横向部件的尺寸。在一个实施例中, 横向部件 718 可具有在横向于该两个端部轨条 712a, 712b 的方向上延伸的约为 0.446 英寸(1.32cm)的长和大约 0.145 英寸(0.37cm)的宽。

[0040]在本发明的各种实施例中, 在内护罩 700 的上表面 704 上设置至少一个横向部件 718 可便于内护罩 700 的模态振动频率的改变且可有助于避免内护罩 700 的模态激励或共振。在一个实施例中, 在燃气透平 100 的护罩组件(例如图 2 中所示的护罩组件 214)中可利用多个内护罩 700。该多个内护罩 700 中的各个内护罩的该至少一个横向部件 718 可利于使该多个内护罩 700 中的各个内护罩的第 7 模态振动频率偏移远离多个旋转透平叶片(例如图 2 中所示的第一组多个旋转透平叶片 204)的激励频率。在本发明的各种实施例中, 采用该多个内护罩 700 的燃气透平 100 还可根据需要而采用多个其它的内护罩设计。这里描述了一些可被采用的额外的内护罩设计的示例。

[0041]根据本发明的一个方面, 内护罩 700 可使该多个内护罩 700 中的一个或多个内护罩的至少一个模态振动频率偏离多个旋转透平叶片(其与燃气透平的膨胀级相关)的激励频率。举例而言, 在一个实施例中, 内护罩的至少一个模态振动频率可以大约 $\pm 10\%$ 的程度被偏移远离燃气透平 100 的多个旋转透平叶片的激励频率。在其它实施例中, 内护罩的至少一个模态振动频率可根据需要而按任何其它量或百分率(例如 $\pm 5\%$, $\pm 7\%$, $\pm 15\%$ 等等)被偏移远离与燃气透平 100 相关的激励频率。

[0042]当在具有以 3600 rpm 的转速运行的转子的燃气透平中被应用时，发现内护罩 700 的模态振动频率被充分地偏移远离多个旋转叶片的激励频率。举例而言，内护罩 700 的第 7 模态振动被偏移远离图 1 和图 2 中所示的透平 100 的该第一组多个旋转叶片 204 的激励振动频率。在下面的表 2 中提供了由模态分析获得的内护罩 700 的模态振动频率的示例性的一个示例。

模式	模态频率(Hz)
1	870.0
2	1418.40
3	3002.1
4	3418.1
5	4531.4
6	4787.0
7	5924.2
8	6830.7
9	6958.6
10	7040.2

表 2

[0043]虽然图 7 的实施例以使用两个端部轨条和中心轨条连同横向部件的方式被描述，但是包括两个端部轨条及至少一个横向部件的实施例也属于本发明的精神和范围内。

[0044]图 8A 是根据本发明的说明性实施例的内护罩 800a 的另一示例的透视图。参看图 8A，内护罩 800a 显示为带有两个置于内护罩 800a 的上表面 804 上的横向部件 802a 和 802b。该两个横向部件 802a 和 802b 可以是在横向于两个端部轨条 806a 和 806b 的方向上的突出形状。

[0045]图 8B 是根据本发明的说明性实施例的内护罩 800b 的另一示例的透视图。参看图 8B，内护罩 800b 显示为带有三个置于内护罩 800b 的上表面 810 上的横向部件 808a，808b 和 808c。这三个横向部

件 808a, 808b 和 808c 可以为在横向于内护罩 800b 的两个端部轨条 812a 和 812b 的方向上的突出形状。在各种实施例中, 在不同的运行条件下, 根据燃气透平的尺寸和应用, 内护罩 800a 或 800b 中任一者都可改变相应的内护罩的至少一个模态振动频率并避免归因于该多个旋转透平叶片的激励频率的内护罩的共振或模态激励。

[0046]另外, 在本发明的各种实施例中, 一个或多个横向部件可在众多不同的方向上沿该上表面而延伸。举例而言, 一个或多个横向部件可于该两个端部轨条之间在一个或多个并非横向于该两个端部轨条的方向上(例如, 在一个或多个倾斜方向上和/或在一个或多个相对于该两个端部轨条中的一个或多个端部轨条的弧形方向上)延伸。

[0047]图 9 显示了根据本发明的各种说明性实施例的各种类型的、可在内护罩中用作横向部件的肋条的示例。图 9 显示了可在燃气透平中被采用以改变内护罩(例如图 7 中所示的内护罩 700)的一个或多个模态振动频率的备选的横向部件设计。根据本发明各种实施例的横向部件设计可包括大致呈圆形的肋条 900、大致呈矩形的肋条 902a 和 902b、大致椭圆形的肋条 904, 和/或大致呈半圆形的肋条 906。根据需要可利用其它的肋条形状和尺寸, 以在如下方面中实现的相似的结果, 即, 以适合于相关的设计目标和/或设计要求(例如, 将模态振动频率偏移得充分远离透平叶片激励频率)的方式来改变内护罩模态振动频率。

[0048]图 10 是根据本发明的说明性实施例的、针对图 7 的内护罩 700 的坎贝尔图的一个示例。坎贝尔图 1000 显示了多个旋转透平叶片(例如图 2 中所示的第一组多个旋转透平叶片 204)的激励频率和内护罩 700 的模态振动频率之间的共振的重合。在一个实施例中, 在转子的大约 3600 rpm 的运行范围中, 该第一组多个旋转透平叶片 204 的激励频率可位于或落在充分远离内护罩 700 的第 7 模态振动频率处。通过使用内护罩 700, 在燃气透平的护罩组件(例如图 2 中所示的护罩组件 214)中可降低和/或避免内护罩 700 中的模态激励或共振。燃气透平

(例如图 1 中所示透平 100)的效率以及护罩组件 214 的寿命周期可得以增加,且燃气透平 100 的总体性能可被改善。

[0049]图 11 是根据本发明的说明性实施例的、用于制作、生产和/或制造内护罩的方法 1100 的一个示例流程图。方法 1100 还可以是用于改变燃气透平中的护罩组件的内护罩(例如图 7 中所示的内护罩 700)的至少一个模态振动频率的方法。该方法可开始于方框 1102。

[0050]在方框 1102 处,可提供内护罩 700 的主体。该主体可包括第一端部部分和第二端部部分。另外,在某些实施例中,主体可为内护罩 700 提供弧形的结构。提供主体之后,该操作可于方框 1104 处继续。

[0051]在方框 1104 处,可提供至少两个轨条,其在内护罩 100 的第一端部部分和第二端部部分之间延伸。提供了该至少两个轨条之后,该操作可于方框 1106 处继续,并且,可在上表面上提供至少一个横向部件。该至少一个横向部件可在横向于该至少两个轨条的方向上形成在该上表面上或设在该上表面上。另外,在某些实施例中,该至少一个横向部件可包括成形于横向于该至少两个轨条的方向上的突出形状。另外,在某些实施例中,设于该上表面上的该至少一个横向部件可具有各种设计和尺寸,例如图 9 中所示的那些设计和尺寸。所提供的该至少一个横向部件可利于与内护罩 700 相关的一个或多个频率的改变。举例而言,该至少一个横向部件可利于将内护罩 700 的至少一个模态频率偏移远离与透平内的相对应的多个旋转透平叶片相关的激励频率。

[0052]方法 1100 可于方框 1106 之后终止。

[0053]图 11 的方法 1100 中所描述的操作不一定必须按照图 11 中所陈述的顺序来执行,而是,可按照任何合适的顺序来执行。另外,在本发明的某些实施例中,可执行比图 11 中所陈述的全部操作更多或更少的操作。

[0054]在本发明的各种实施例中可根据需要采用广泛的各种不同

类型和形状的横向部件。所使用的横向部件可以如下方式而利于内护罩的谐频及其它模态频率的改变，即，使这些频率中的各个频率落在透平转子叶片激励频率周围的所不希望的区域之外，例如，落在透平转子叶片激励频率的 $\pm 10\%$ 内的区域之外。透平转子叶片中的激励可由透平转子(叶片固定在该转子上)的旋转而引起，且可能是无法避免的。

[0055]虽然已经结合目前被认为是最恰实际的多个的实施例而描述了本发明，但是应该懂得本发明并不局限于所公开的实施例，相反，其意图覆盖包括在所附权利要求的精神和范围内的各种变型和等效设计。

[0056]本说明书使用示例来公开本发明，包括最佳模式，并且还可使本领域技术人员能够实践本发明，包括制造和利用任何装置或系统并执行任何所含方法。本发明可取得专利的范围在权利要求中限定，且可包括本领域中的技术人员所想到的其它示例。如果这些其它示例具有并非不同于权利要求的文字语言的结构元件，或者，如果其包括与权利要求的文字语言无实质差异的等效的结构元件，那么这些其它示例都属于权利要求的范围内。

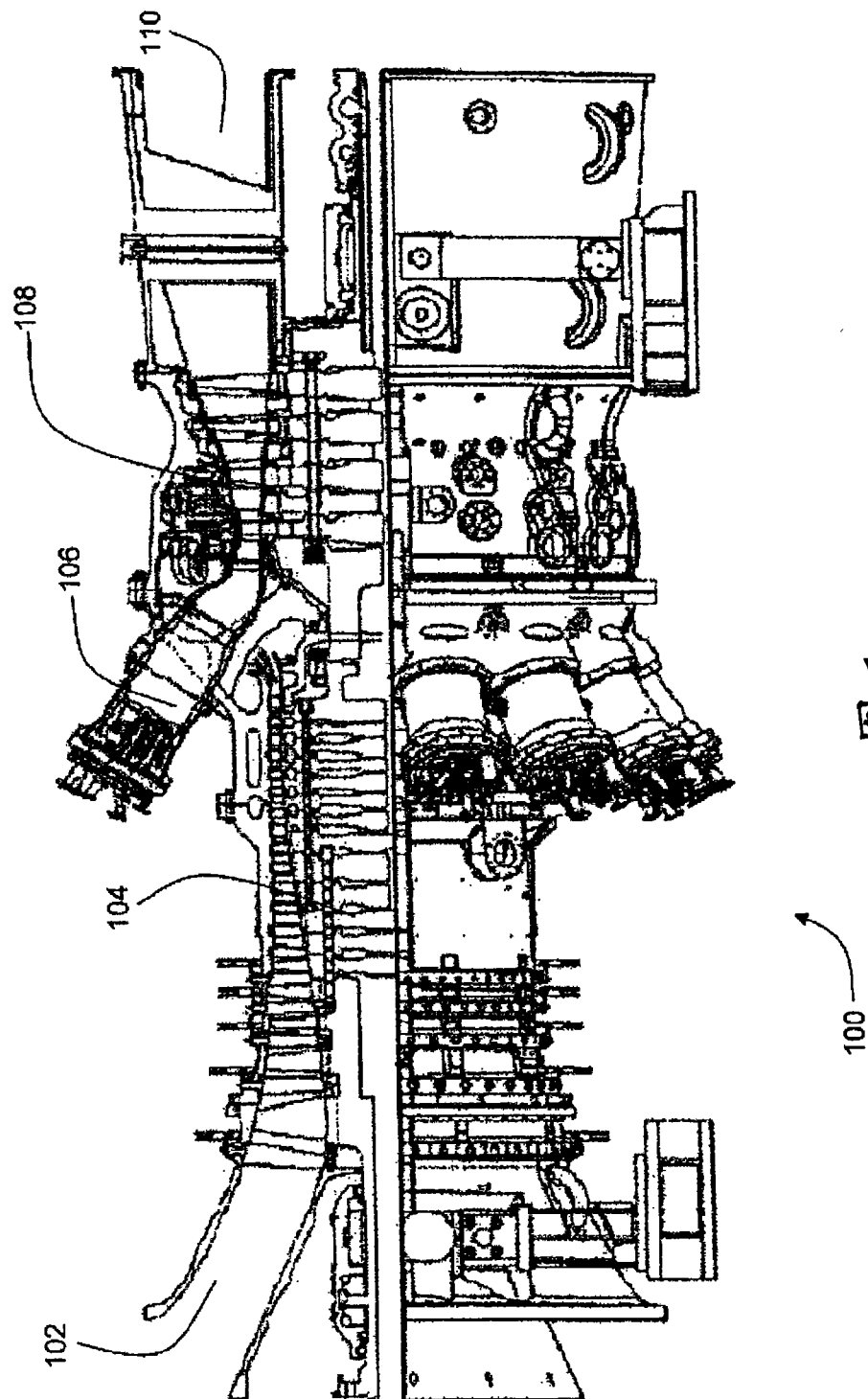


图 1
(现有技术)

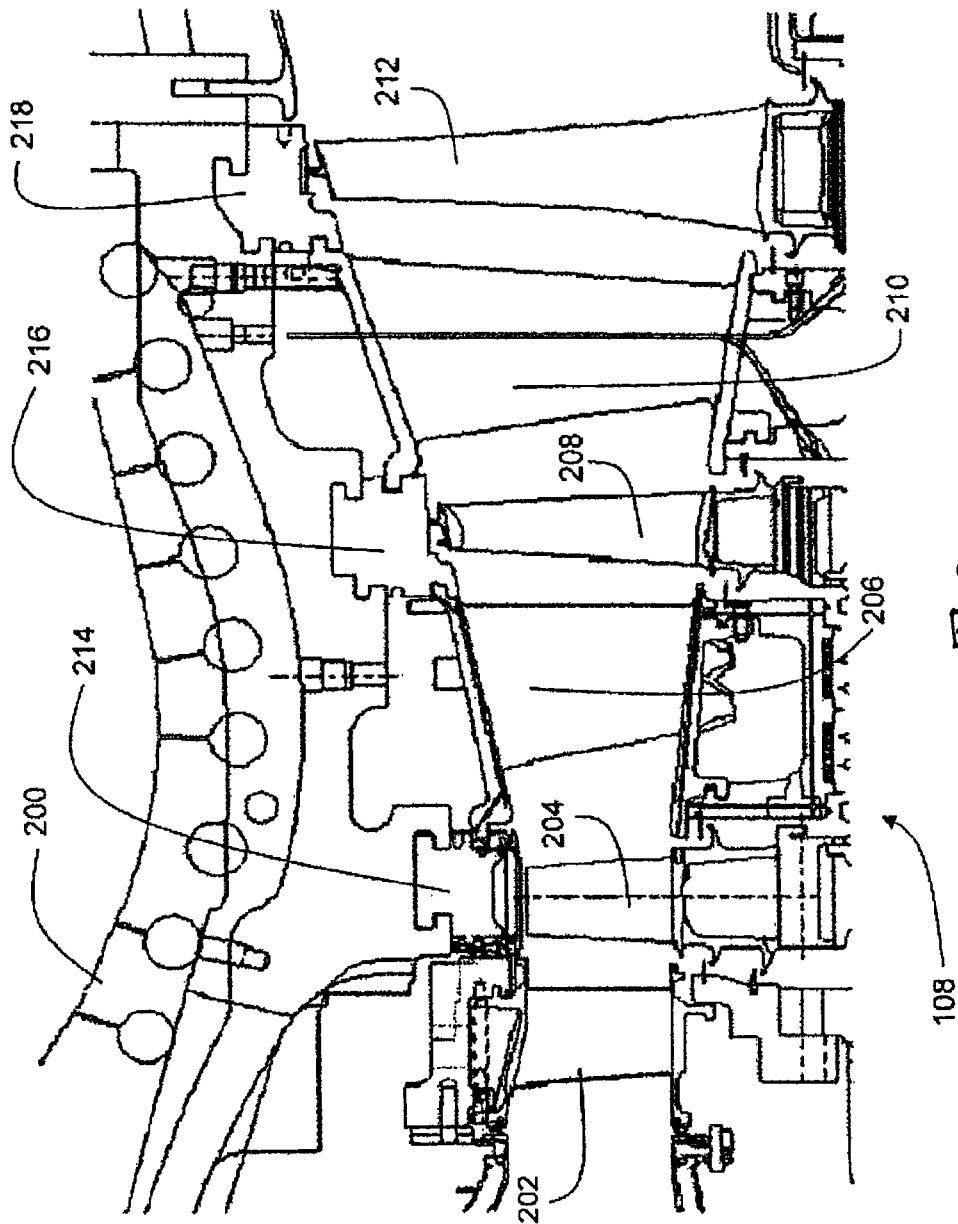
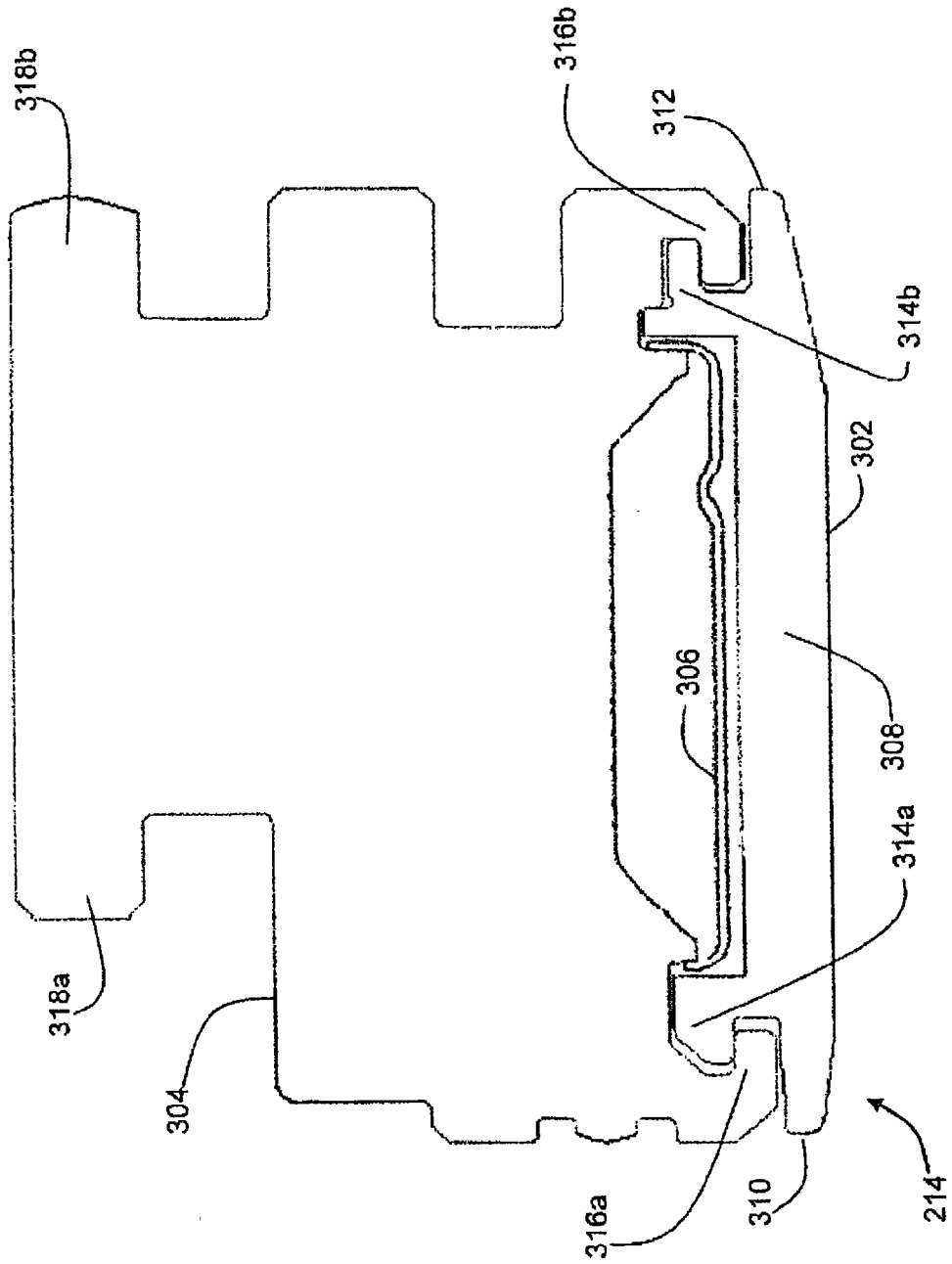


图 2
(现有技术)



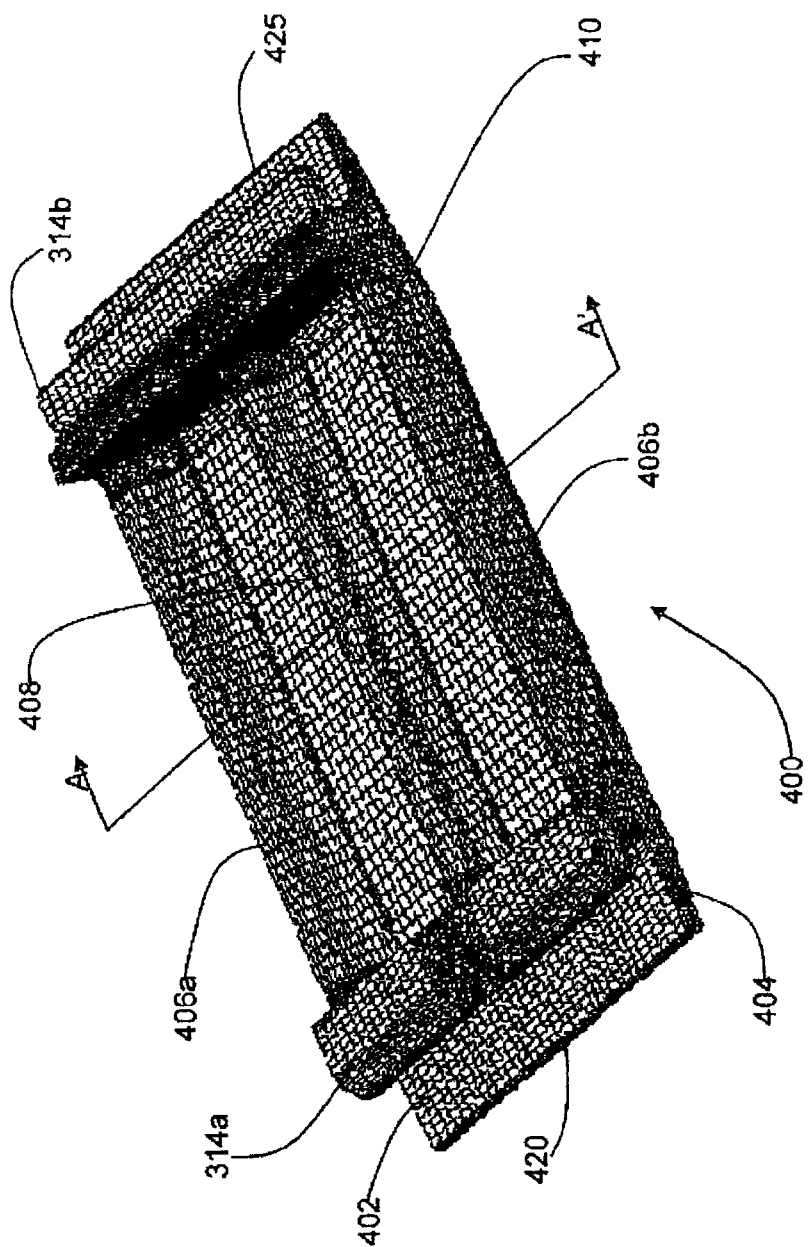


图 4
(现有技术)

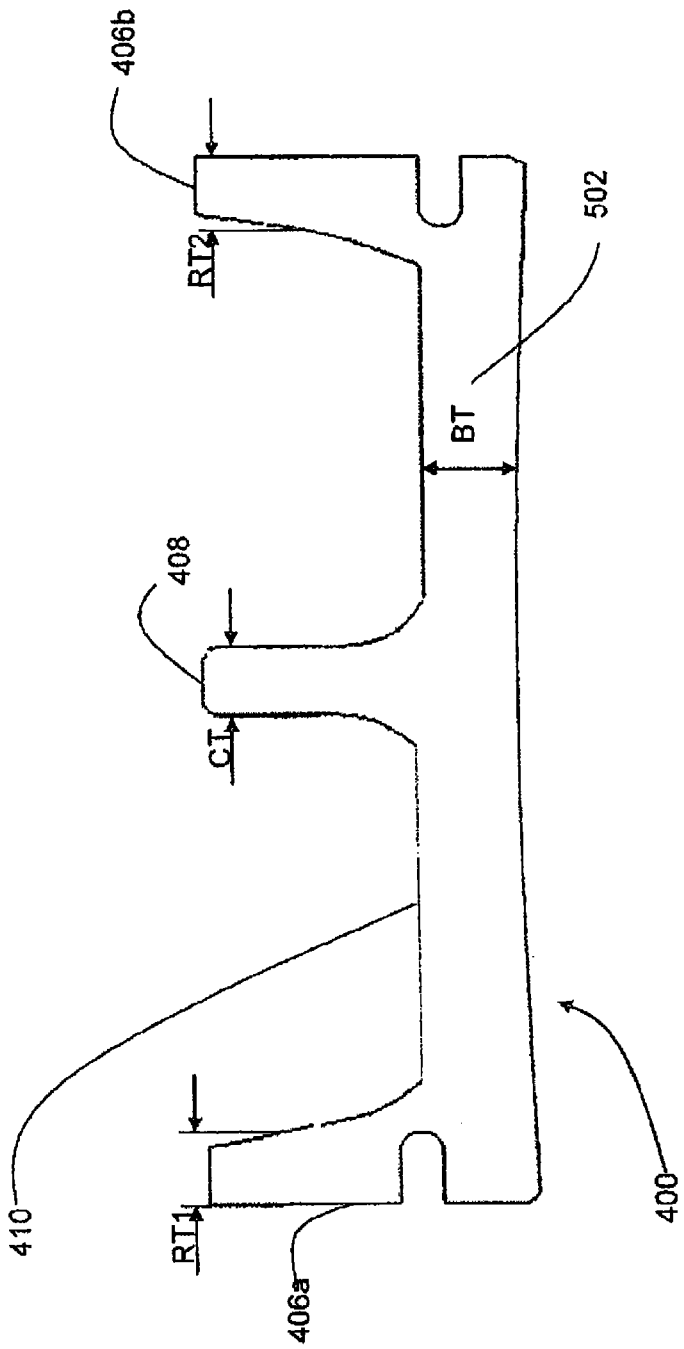


图 5
(现有技术)

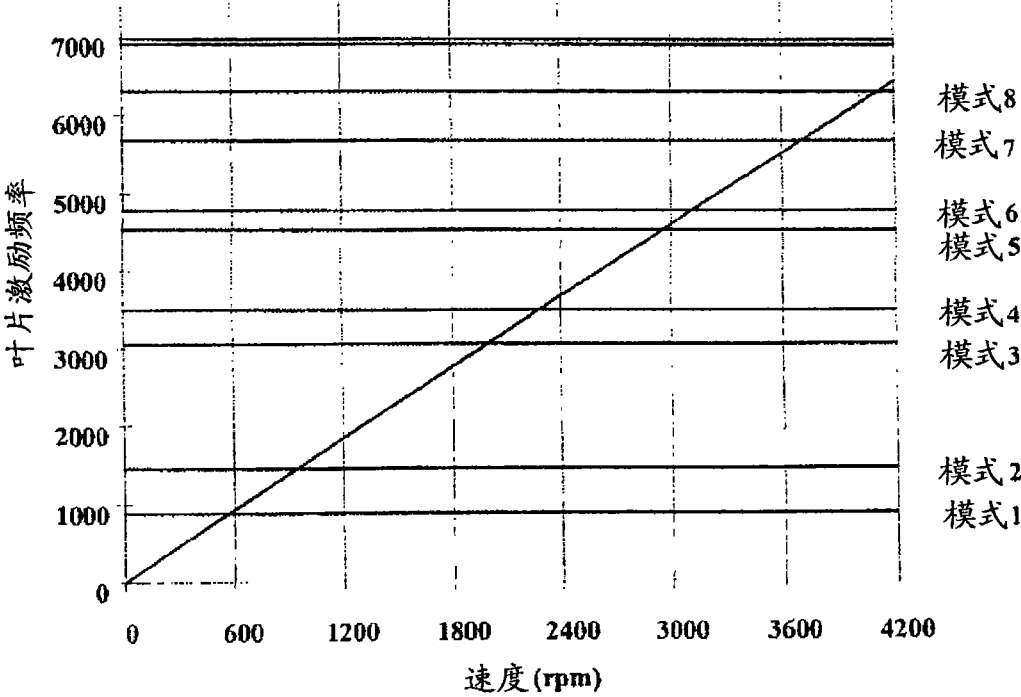


图 6

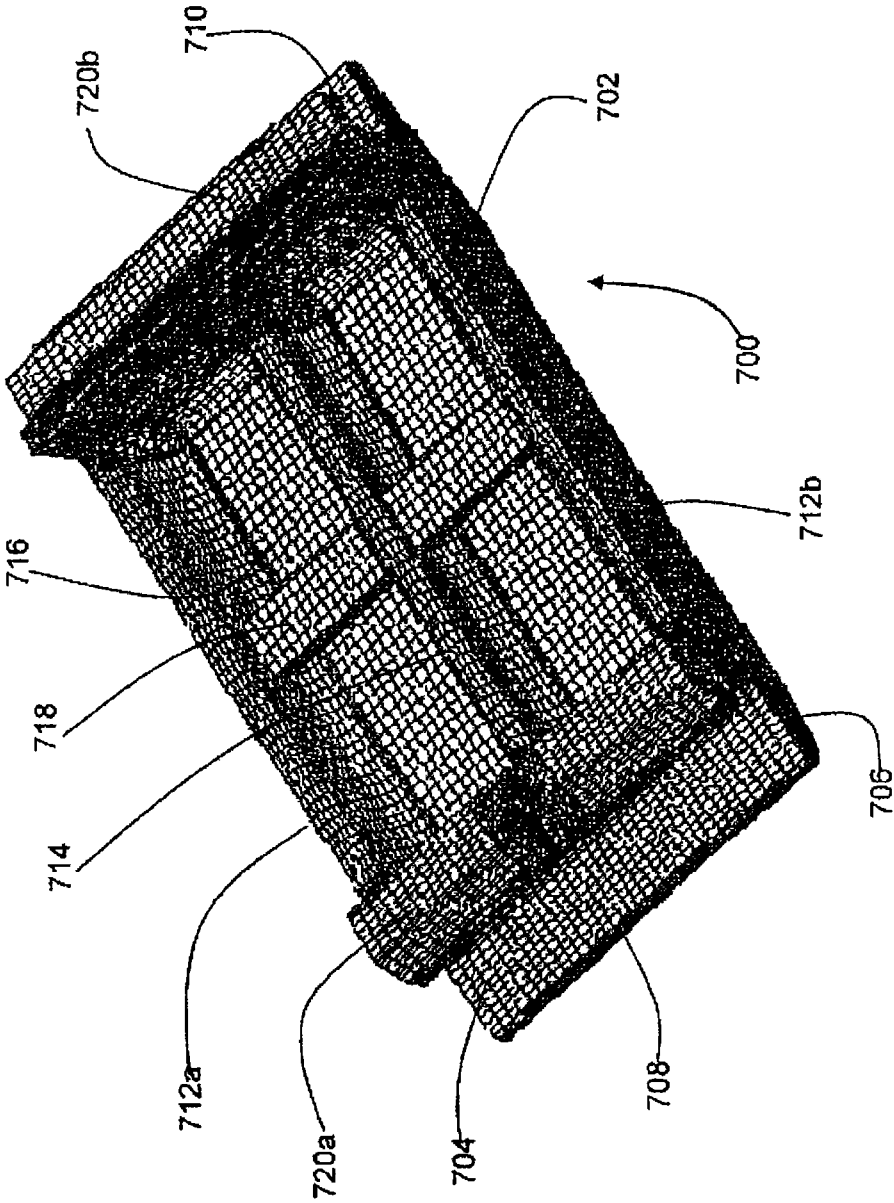


图 7

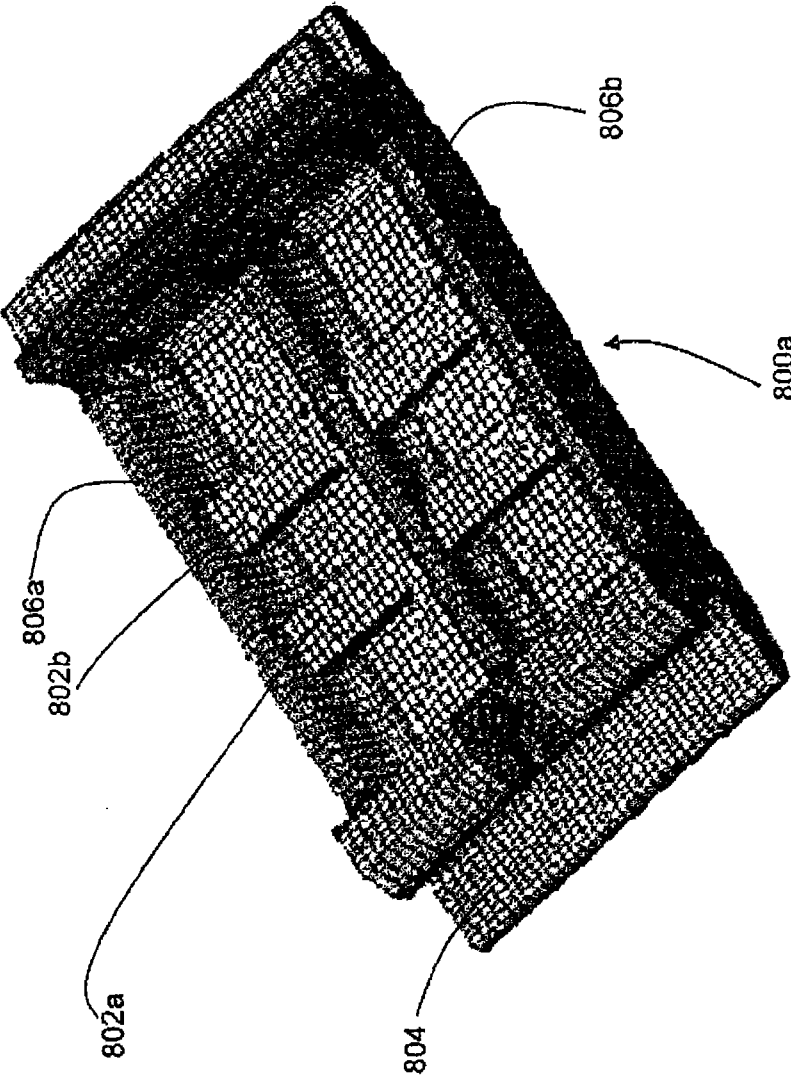


图 8A

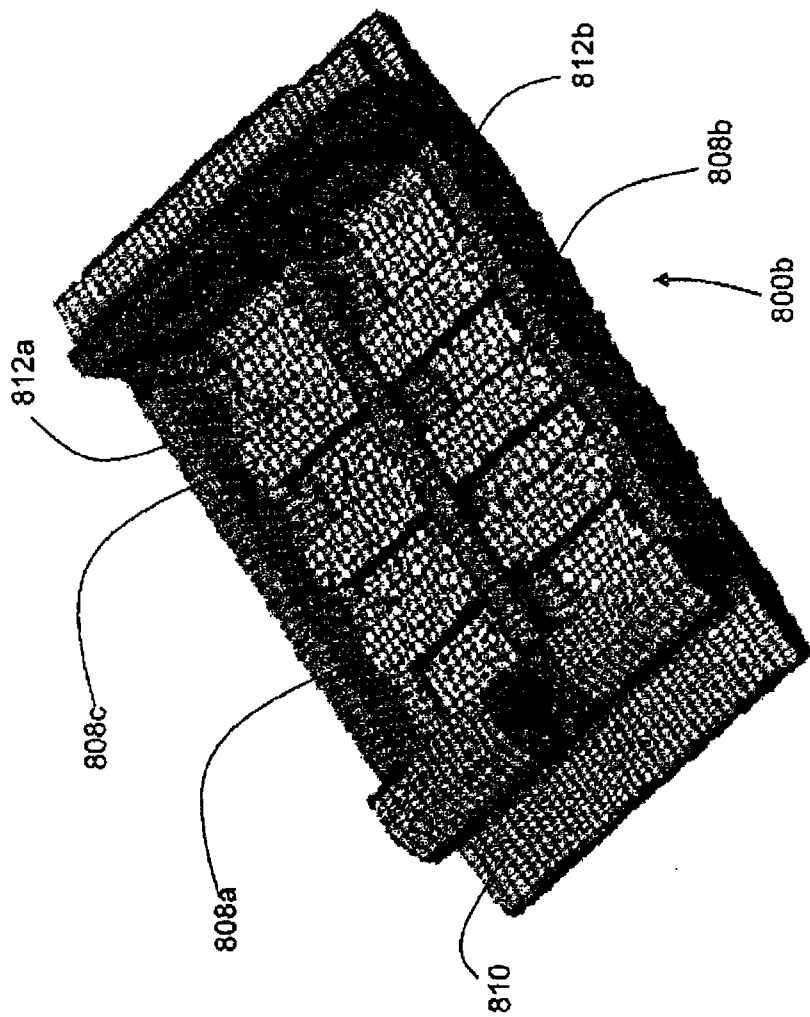


图 8B

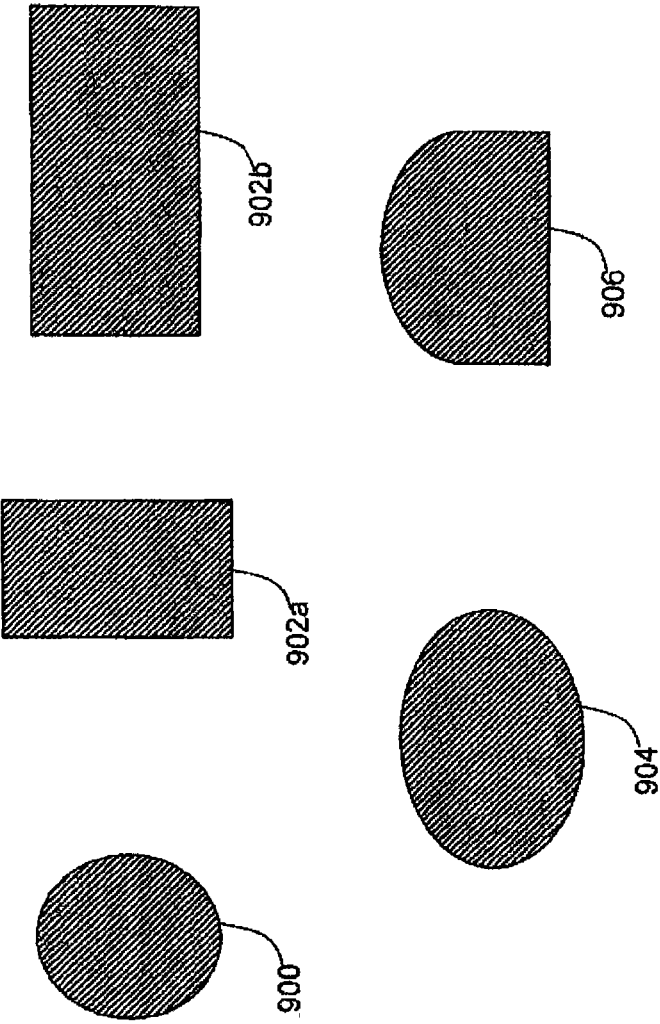


图 9

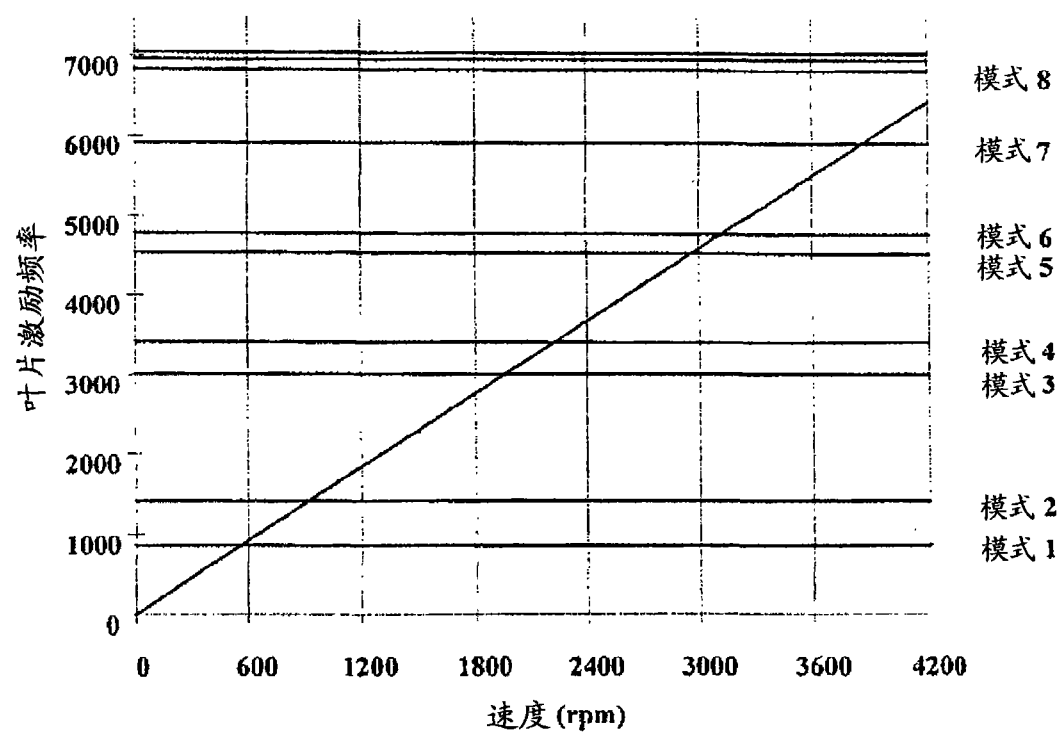


图 10

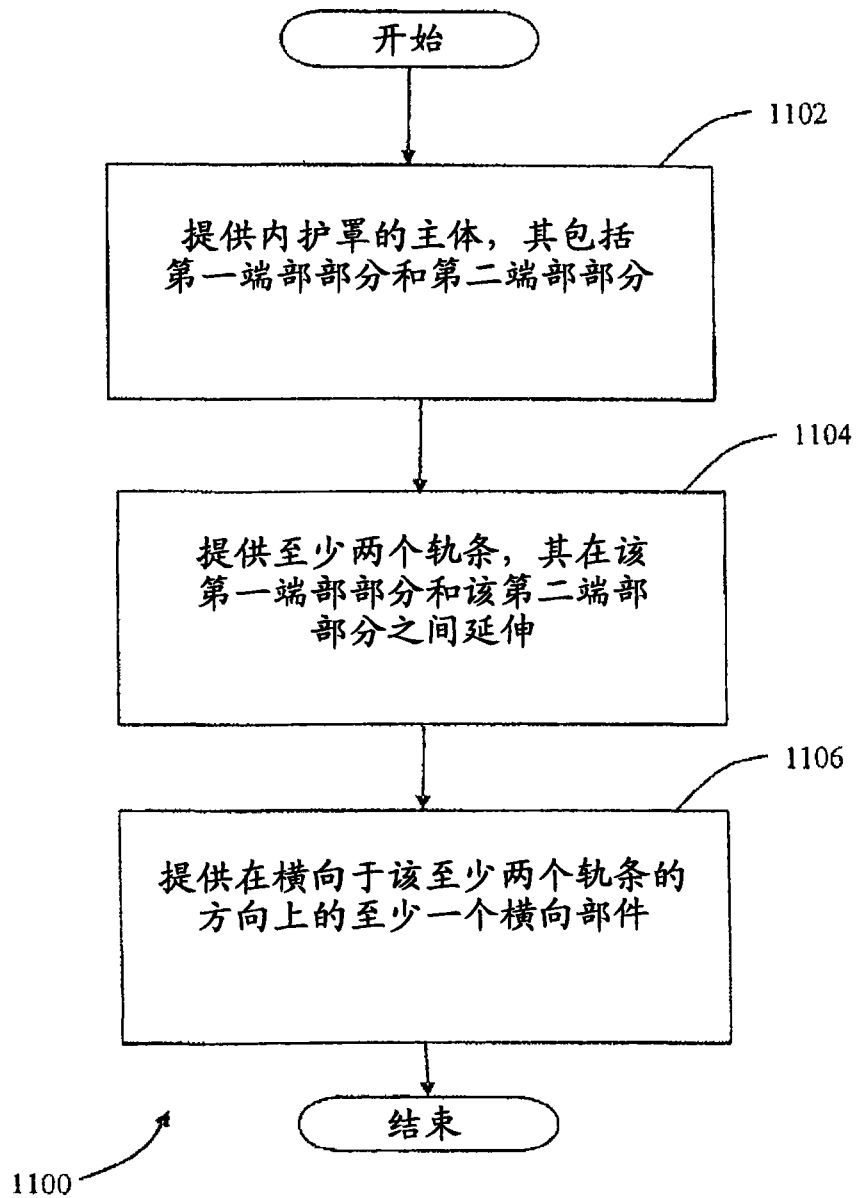


图 11