



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101936191 B

(45) 授权公告日 2014. 05. 07

(21) 申请号 201010226967. 3

CN 1654786 A, 2005. 08. 17,

(22) 申请日 2010. 06. 30

JP 昭 59-226202 A, 1984. 12. 19,

(30) 优先权数据

审查员 池建军

12/494764 2009. 06. 30 US

(73) 专利权人 通用电气公司

地址 美国纽约州

(72) 发明人 D·J·卡斯珀斯基

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司
72001

代理人 朱铁宏 谭祐祥

(51) Int. Cl.

F01D 5/30(2006. 01)

(56) 对比文件

W0 2008/122492 A1, 2008. 10. 16,

US 2846183 A, 1958. 08. 05,

US 2006/0280611 A1, 2006. 12. 14,

US 6416282 B1, 2002. 07. 09,

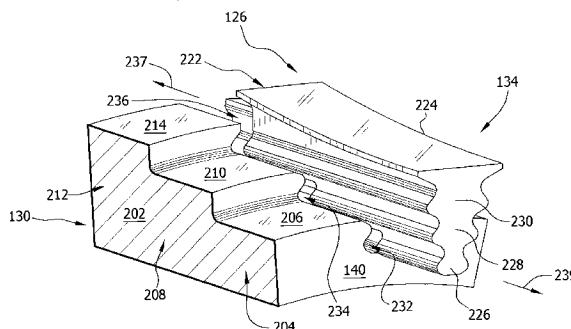
权利要求书3页 说明书14页 附图13页

(54) 发明名称

用于组装旋转机器的方法及设备

(57) 摘要

本发明涉及用于组装旋转机器的方法及设备。具体而言,用于旋转机器(100)的叶片附接机构(174)至少部分地形成在旋转元件内。旋转机器具有旋转元件(110),而该旋转元件(110)具有轴向中心线(111)。叶片附接机构限定第一燕尾槽(232),该第一燕尾槽(232)限定平行于轴向中心线的第一轴向长度(SL_1)。叶片附接机构还限定第二燕尾槽(234),该第二燕尾槽(234)限定平行于轴向中心线的第二轴向长度(SL_2)。第一轴向长度大于第二轴向长度,且第二燕尾槽的至少一部分延伸超过第一燕尾槽的至少一部分。



1. 一种用于组装旋转机器的方法,所述方法包括:

提供旋转元件;

在所述旋转元件的一部分内形成具有第一轴向长度的第一燕尾槽,其中,所述第一燕尾槽大致平行于所述旋转元件的轴向中心线;

在所述旋转元件的一部分内形成具有第二轴向长度的第二燕尾槽,所述第二燕尾槽大致平行于所述旋转元件的轴向中心线,所述第二燕尾槽的至少一部分处在所述第一燕尾槽的至少一部分的径向外侧,所述第一轴向长度大于所述第二轴向长度;

形成第一燕尾凸部,所述第一燕尾凸部具有短于所述第一轴向长度的第三轴向长度;以及

形成第二燕尾凸部,所述第二燕尾凸部具有短于所述第一轴向长度并长于所述第三轴向长度的第四轴向长度,其中,所述第二燕尾凸部的至少一部分处在所述第一燕尾凸部的至少一部分的径向外侧;以及

将所述旋转元件的至少一部分围在壳体的至少一部分内。

2. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于:

形成第一燕尾槽包括至少部分地形成离所述轴向中心线为第一径向距离的第一叶轮轮缘表面,其中,所述第一叶轮轮缘表面大致平行于所述旋转元件的轴向中心线;以及

形成第二燕尾槽包括至少部分地形成离所述轴向中心线为第二径向距离的第二叶轮轮缘表面,其中,所述第二叶轮轮缘表面大致平行于所述旋转元件的轴向中心线,以及所述第二径向距离大于所述第一径向距离。

3. 根据权利要求2所述的方法,其特征在于:

至少部分地形成第一叶轮轮缘表面包括至少部分地形成第一轴向梯级;以及

至少部分地形成第二叶轮轮缘表面包括至少部分地形成第二轴向梯级。

4. 根据权利要求3所述的方法,其特征在于,至少部分地形成第一叶轮轮缘表面和至少部分地形成第二叶轮轮缘表面包括以下各项中的至少一个:

形成用于压缩机的叶轮轮缘,所述压缩机的叶轮轮缘至少部分地限定大致会聚的轮毂;以及

形成用于涡轮的叶轮轮缘,所述涡轮的叶轮轮缘至少部分地限定大致发散的轮毂。

5. 根据权利要求4所述的方法,其特征在于,形成用于压缩机的叶轮轮缘或形成用于涡轮的叶轮轮缘包括:

形成多个燕尾凸部中的各个的至少一部分,所述燕尾凸部的各所述部分联接在一起且相对于彼此沿径向设置;以及

形成多个燕尾槽中的各个的至少一部分,所述燕尾槽的各所述部分在径向上彼此邻近;以及

将所述多个燕尾凸部中的各个的至少一部分插入所述多个燕尾槽中的各个的至少一部分中。

6. 根据权利要求5所述的方法,其特征在于:

形成用于压缩机的叶轮轮缘包括限定压缩机叶轮轮叶空隙;以及

形成用于压缩机的叶轮轮缘包括限定涡轮叶轮轮缘空隙。

7. 一种用于旋转机器的叶片附接机构,所述旋转机器具有带轴向中心线的旋转元件,

所述叶片附接机构至少部分地形成在所述旋转元件内,所述叶片附接机构限定:

第一燕尾槽,其限定平行于所述轴向中心线的第一轴向长度;以及

第二燕尾槽,其限定平行于所述轴向中心线的第二轴向长度,其中,所述第一轴向长度大于所述第二轴向长度,以及所述第二燕尾槽的至少一部分处在所述第一燕尾槽的至少一部分的径向外侧;

第一燕尾凸部,其具有短于所述第一轴向长度的第三轴向长度;以及

第二燕尾凸部,其具有短于所述第一轴向长度并长于所述第三轴向长度的第四轴向长度,其中,所述第二燕尾凸部的至少一部分处在所述第一燕尾凸部的至少一部分的径向外侧。

8. 根据权利要求7所述的叶片附接机构,其特征在于:

所述第一燕尾槽至少部分地限定第一叶轮轮缘表面,所述第一叶轮轮缘表面至少部分地限定离所述轴向中心线的第一径向距离,其中,所述第一叶轮轮缘表面大致平行于所述旋转元件的轴向中心线;以及

所述第二燕尾槽至少部分地限定第二叶轮轮缘表面,所述第二叶轮轮缘表面至少部分地限定离所述轴向中心线的第二径向距离,其中,所述第二叶轮轮缘表面大致平行于所述旋转元件的轴向中心线,所述第二径向距离大于所述第一径向距离。

9. 根据权利要求8所述的叶片附接机构,其特征在于,所述第一叶轮轮缘表面至少部分地限定第一轴向梯级,以及所述第二叶轮轮缘表面至少部分地限定第二轴向梯级。

10. 根据权利要求9所述的叶片附接机构,其特征在于,多个轴向梯级至少部分地限定以下中的至少一个:

用于压缩机的叶轮轮缘,所述压缩机的叶轮轮缘至少部分地限定大致会聚的轮毂;以及

用于涡轮的叶轮轮缘,所述涡轮的叶轮轮缘至少部分地限定大致发散的轮毂。

11. 根据权利要求10所述的叶片附接机构,其特征在于,所述大致会聚的轮毂包括轴向下游段,所述轴向下游段包括:

多个燕尾凸部中的各个的至少一部分,所述燕尾凸部的各所述部分联接在一起且相对于彼此沿径向设置;以及

多个燕尾槽中的各个的至少一部分,所述燕尾槽的各所述部分在径向上彼此邻近,所述多个燕尾凸部和所述多个燕尾槽至少部分地限定压缩机叶轮轮缘空隙。

12. 根据权利要求10所述的叶片附接机构,其特征在于,所述大致发散的轮毂包括轴向上游段,所述轴向上游段包括:

多个燕尾凸部中的各个的至少一部分,所述燕尾凸部的各所述部分联接在一起且相对于彼此沿径向设置;以及

多个燕尾槽中的各个的至少一部分,所述燕尾槽的各所述部分在径向上彼此邻近,所述多个燕尾凸部和所述多个燕尾槽至少部分地限定涡轮叶轮轮缘空隙。

13. 一种涡轮发动机,包括:

具有轴向中心线的旋转元件;以及

至少一个叶片附接机构,其至少部分地限定在所述旋转元件的至少一部分内,所述至少一个叶片附接机构限定:

第一燕尾槽,其限定平行于所述轴向中心线的第一轴向长度;以及

第二燕尾槽,其限定平行于所述轴向中心线的第二轴向长度,其中,所述第一轴向长度大于所述第二轴向长度,以及所述第二燕尾槽的至少一部分处在所述第一燕尾槽的至少一部分的径向外侧;

第一燕尾凸部,其具有短于所述第一轴向长度的第三轴向长度;以及

第二燕尾凸部,其具有短于所述第一轴向长度并长于所述第三轴向长度的第四轴向长度,其中,所述第二燕尾凸部的至少一部分处在所述第一燕尾凸部的至少一部分的径向外侧。

14. 根据权利要求 13 所述的涡轮发动机,其特征在于:

所述第一燕尾槽至少部分地限定第一叶轮轮缘表面,所述第一叶轮轮缘表面至少部分地限定离所述轴向中心线的第一径向距离,其中,所述第一叶轮轮缘表面大致平行于所述旋转元件的轴向中心线;以及

所述第二燕尾槽至少部分地限定第二叶轮轮缘表面,所述第二叶轮轮缘表面至少部分地限定离所述轴向中心线的第二径向距离,其中,所述第二叶轮轮缘表面大致平行于所述旋转元件的轴向中心线,以及所述第二径向距离大于所述第一径向距离。

15. 根据权利要求 14 所述的涡轮发动机,其特征在于,所述第一叶轮轮缘表面至少部分地限定第一轴向梯级,以及所述第二叶轮轮缘表面至少部分地限定第二轴向梯级。

16. 根据权利要求 15 所述的涡轮发动机,其特征在于,多个轴向梯级至少部分地限定用于压缩机的叶轮轮缘,所述压缩机的叶轮轮缘至少部分地限定大致会聚的轮毂,所述大致会聚的轮毂包括轴向下游段,所述轴向下游段包括:

多个燕尾凸部中的各个的至少一部分,所述燕尾凸部的各所述部分联接在一起且相对于彼此沿径向设置;以及

多个燕尾槽中的各个的至少一部分,所述燕尾槽的各所述部分在径向上彼此邻近,所述多个燕尾凸部和所述多个燕尾槽至少部分地限定压缩机叶轮轮缘空隙。

17. 根据权利要求 15 所述的涡轮发动机,其特征在于,多个轴向梯级至少部分地限定用于涡轮的叶轮轮缘,所述涡轮的叶轮轮缘至少部分地限定大致发散的轮毂,所述大致发散的轮毂包括轴向上游段,所述轴向上游段包括:

多个燕尾凸部中的各个的至少一部分,所述燕尾凸部的各所述部分联接在一起且相对于彼此沿径向设置;以及

多个燕尾槽中的各个的至少一部分,所述燕尾槽的各所述部分在径向上彼此邻近,所述多个燕尾凸部和所述多个燕尾槽至少部分地限定涡轮叶轮轮缘空隙。

用于组装旋转机器的方法及设备

技术领域

[0001] 本文所述的实施例主要涉及旋转机器,并且更具体地涉及用于组装涡轮发动机的方法及设备。

背景技术

[0002] 至少一些公知的涡轮发动机包括引导高温燃烧气流穿过燃气涡轮发动机或引导高温蒸汽穿过蒸汽涡轮发动机的多个旋转涡轮叶片或轮叶。公知的轮叶通常联接到涡轮发动机内的转子上,且与转子相配合来形成涡轮段。此外,这些公知的轮叶随在转子上的轴向位置变化而增大径向长度,从而在转子上至少部分地形成发散的涡轮轮毂。至少一些公知的燃气涡轮发动机还包括引导空气穿过燃气涡轮发动机的多个旋转的压缩机叶片。这些公知的压缩机叶片通常联接到转子上,且与转子相配合以形成压缩机段。此外,这些公知的压缩机叶片随在转子上的轴向位置变化而缩短径向长度,从而在转子上至少部分地形成发散的压缩机轮毂。

[0003] 这些公知的涡轮轮叶和压缩机叶片中的许多包括插入限定在转子内的燕尾凹槽中的燕尾段。这些燕尾凹槽和插入的燕尾段通常经组装而形成多排。各排轮叶限定了涡轮级,而各排叶片则限定了压缩机级。涡轮轮毂和压缩机轮毂两者均包括预定的延长长度,以有助于分别对轮叶和叶片进行轴向安装和轴向移除。这样延长的长度增大了涡轮段和压缩机段的总体长度和重量,且增加了建造的资金成本。此外,增大涡轮段和压缩机段的重量可引起在工作速度范围内作用在转子上的离心力的增大。这样增大作用在转子上的力会增加检查和维护成本。此外,增加重量会导致耗用额外的燃料用以加速和保持转子速度。这样增加燃料耗用会增加工作成本。

发明内容

[0004] 本简要描述提供为用以介绍一种简化形式的原理选择,这将在下文的详细说明中进一步描述。本简要描述并非意图表明要求得到专利保护的的主题的关键特征或基本特征,也并非旨在用于帮助确定要求得到专利保护的的主题的范围。

[0005] 一个方面,提供了一种用于组装旋转机器的方法。该方法包括提供旋转元件。该方法还包括在旋转元件的一部分内形成具有第一轴向长度的第一燕尾槽。第一燕尾槽大致平行于旋转元件的轴向中心线。该方法还包括在旋转元件的一部分内形成具有第二轴向长度的第二燕尾槽。第二燕尾槽大致平行于旋转元件的轴向中心线。第二燕尾槽的至少一部分处在第一燕尾槽的至少一部分的径向外侧。第一轴向长度大于第二轴向长度。该方法还包括将旋转元件的至少一部分围在壳体的至少一部分内。

[0006] 另一方面,提供了一种用于旋转机器的叶片附接机构。该旋转机器具有旋转元件,而该旋转元件具有轴向中心线。叶片附接机构至少部分地形成在旋转元件内。叶片附接机构限定第一燕尾槽,而该第一燕尾槽限定了平行于轴向中心线的第一轴向长度。叶片附接机构还限定第二燕尾槽,而该第二燕尾槽限定了平行于轴向中心线的第二轴向长度。第一

轴向长度大于第二轴向长度,且第二燕尾槽的至少一部分延伸超过第一燕尾槽的至少一部分。

[0007] 另一方面,提供了一种涡轮发动机。该涡轮发动机包括具有轴向中心线的旋转元件。该发动机还包括至少部分地形成在旋转元件内的叶片附接机构。叶片附接机构限定第一燕尾槽,而该第一燕尾槽限定了平行于轴向中心线的第一轴向长度。叶片附接机构还限定第二燕尾槽,而该第二燕尾槽限定了平行于轴向中心线的第二轴向长度。第一轴向长度大于第二轴向长度,且第二燕尾槽的至少一部分延伸超过第一燕尾槽的至少一部分。

附图说明

[0008] 通过参照结合附图的以下描述,可更为清楚地理解本文所述的实施例。

[0009] 图 1 为示例性涡轮发动机的简图;

[0010] 图 2 为可结合图 1 中所示的燃气涡轮发动机使用且沿区域 2 所截取的压缩机的一部分的放大截面视图;

[0011] 图 3 为可结合图 1 中所示的燃气涡轮发动机使用且沿区域 3 所截取的涡轮的一部分的放大截面视图;

[0012] 图 4 为可结合图 2 中所示的压缩机使用的部分组装的压缩机叶片附接机构的一部分的透视图;

[0013] 图 5 为可结合图 2 中所示的压缩机使用的完全组装的压缩机叶片附接机构的一部分的透视图;

[0014] 图 6 为可结合图 2 中所示的压缩机使用的部分组装的压缩机叶片附接机构的一部分的透视图;

[0015] 图 7 为可结合图 2 中所示的压缩机使用的完全组装的压缩机叶片附接机构的一部分的透视图;

[0016] 图 8 为图 5 中所示的完全组装的压缩机叶片附接机构的一部分从该机构上游位置观测的透视图;

[0017] 图 9 为可结合图 3 中所示的涡轮使用的部分组装的涡轮轮叶附接机构的一部分的透视图;

[0018] 图 10 为可结合图 3 中所示的涡轮使用的完全组装的涡轮轮叶附接机构的一部分的透视图;

[0019] 图 11 为图 8 中所示的完全组装的涡轮轮叶附接机构的一部分从该机构上游位置观测的透视图;

[0020] 图 12 为示出组装图 1 中所示的燃气涡轮发动机的一部分的示例性方法的流程图;以及

[0021] 图 13 为示出组装图 1 中所示的燃气涡轮发动机的另一部分的示例性方法的流程图。

[0022] 零件清单

[0023] 100 燃烧涡轮发动机(旋转机器)

[0024] 102 压缩机

[0025] 104 燃烧器

- [0026] 106 燃料喷嘴组件
- [0027] 108 涡轮
- [0028] 110 转子
- [0029] 111 转子轴向中心线
- [0030] 112 压缩机转子组件
- [0031] 114 压缩机定子组件
- [0032] 116 压缩机壳体
- [0033] 118 流动通路
- [0034] 124 多个级
- [0035] 126 转子叶片组件
- [0036] 128 定子叶片组件
- [0037] 130 压缩机转子叶轮
- [0038] 132 转子叶片翼型部分
- [0039] 134 阶梯状叶片联接机构
- [0040] 136 转子叶片末梢部分
- [0041] 140 压缩机轮毂
- [0042] 148 压缩机上游（低压）区域
- [0043] 150 压缩机下游（高压）区域
- [0044] 152 涡轮转子组件
- [0045] 154 涡轮隔板组件
- [0046] 156 涡轮壳体
- [0047] 158 流动通路
- [0048] 164 多个级
- [0049] 166 轮叶组件
- [0050] 168 喷嘴组件
- [0051] 170 涡轮转子叶轮
- [0052] 174 阶梯状轮叶附接（叶片联接）机构
- [0053] 180 涡轮轮毂
- [0054] 188 涡轮上游（高压）区域
- [0055] 190 涡轮下游（低压）区域
- [0056] 201 低压（上游）区域
- [0057] 202 阶梯状轮缘段
- [0058] 204 第一轴向轮缘梯级
- [0059] 206 第一轮缘梯级表面
- [0060] 208 第二轴向轮缘梯级
- [0061] 210 第二轮缘梯级表面
- [0062] 212 第三轴向轮缘梯级
- [0063] 214 第三轮缘梯级表面
- [0064] 215 高压（下游）区域

- [0065] 216 压缩机轮毂表面
- [0066] 218 第一界面区域
- [0067] 220 第二界面区域
- [0068] RD_1 第一径向距离
- [0069] RD_2 第二径向距离
- [0070] RD_3 第三径向距离
- [0071] AL_1 第一轴向长度
- [0072] AL_2 第二轴向长度
- [0073] AL_3 第三轴向长度
- [0074] 222 燕尾段
- [0075] 224 翼型平台
- [0076] 226 第一燕尾凸部 (lobe)
- [0077] 228 第二燕尾凸部
- [0078] 230 第三燕尾凸部
- [0079] 232 第一燕尾槽
- [0080] 234 第二燕尾槽
- [0081] 236 第三燕尾槽
- [0082] SL_1 第一燕尾槽长度
- [0083] SL_2 第二燕尾槽长度
- [0084] SL_3 第三燕尾槽长度
- [0085] LL_1 第一燕尾凸部长度
- [0086] LL_2 第二燕尾凸部长度
- [0087] LL_3 第三燕尾凸部长度
- [0088] 237 轴向安装箭头
- [0089] 238 压缩机叶轮轮缘空隙 (void)
- [0090] 239 轴向移除箭头
- [0091] 240 阶梯状轮缘段的下游端
- [0092] 242 第一燕尾凸部的下游端
- [0093] 244 第二燕尾凸部的下游端
- [0094] 246 第三燕尾凸部的下游端
- [0095] 301 低压 (下游) 区域
- [0096] 302 阶梯状轮缘段
- [0097] 304 第四轴向轮缘梯级
- [0098] 306 第四轮缘梯级表面
- [0099] 308 第五轴向轮缘梯级
- [0100] 310 第五轮缘梯级表面
- [0101] 312 第六轴向轮缘梯级
- [0102] 314 第六轮缘梯级表面
- [0103] 315 高压 (上游) 区域

- [0104] 316 涡轮轮毂表面
- [0105] 318 第三界面区域
- [0106] 320 第四界面区域
- [0107] RD_4 第四径向距离
- [0108] RD_5 第五径向距离
- [0109] RD_6 第六径向距离
- [0110] AL_4 第四轴向长度
- [0111] AL_5 第五轴向长度
- [0112] AL_6 第六轴向长度
- [0113] 322 燕尾段
- [0114] 324 翼型平台
- [0115] 326 第四燕尾凸部
- [0116] 328 第五燕尾凸部
- [0117] 330 第六燕尾凸部
- [0118] 332 第一燕尾槽
- [0119] 334 第二燕尾槽
- [0120] 336 第三燕尾槽
- [0121] SL_4 第四燕尾槽长度
- [0122] SL_5 第五燕尾槽长度
- [0123] SL_6 第六燕尾槽长度
- [0124] 338 涡轮叶轮轮缘空隙
- [0125] LL_4 第四燕尾凸部长度
- [0126] LL_5 第五燕尾凸部长度
- [0127] LL_6 第六燕尾凸部长度
- [0128] 340 阶梯状轮缘段的上游端
- [0129] 342 第四燕尾凸部的上游端
- [0130] 344 第五燕尾凸部的上游端
- [0131] 346 第六燕尾凸部的上游端
- [0132] 400 示例性方法
- [0133] 402 形成第一燕尾槽...
- [0134] 404 形成第二燕尾槽...
- [0135] 406 形成第一燕尾凸部...
- [0136] 408 形成第二燕尾凸部...
- [0137] 410 形成第一叶轮轮缘梯级表面...
- [0138] 412 形成第二叶轮轮缘梯级表面...
- [0139] 414 形成第一轴向轮缘梯级...
- [0140] 500 示例性方法
- [0141] 502 形成第一燕尾槽...
- [0142] 504 形成第二燕尾槽...

- [0143] 506 形成第一燕尾凸部 ...
- [0144] 508 形成第二燕尾凸部 ...
- [0145] 510 形成第一叶轮轮缘梯级表面 ...
- [0146] 512 形成第二叶轮轮缘梯级表面 ...
- [0147] 514 形成第一轴向轮缘梯级 ...

具体实施方式

[0148] 图 1 为旋转机器也就是涡轮发动机、且更具体而言是示例性燃气涡轮发动机 100 的简图。发动机 100 包括压缩机 102 和多个燃烧器 104。各燃烧器 104 均包括燃料喷嘴组件 106。在示例性实施例中,发动机 100 还包括涡轮 108 和公共的压缩机/涡轮转子 110(有时称为转子 110)。转子 110 限定转子轴向中心线 111。在一个实施例中,发动机 100 为 MS9001E 发动机,有时称为 9E 发动机,其可从南卡罗来纳州格林维尔市 (Greenville, South Carolina) 的通用电气公司商购获得。

[0149] 图 2 为可结合燃气涡轮发动机 100 使用且沿区域 2(图 1 中所示)所截取的压缩机 102 的一部分的放大截面视图。压缩机 102 包括位于压缩机壳体 116 内的压缩机转子组件 112 和压缩机定子组件 114,压缩机壳体 116 至少部分地限定流动通路 118。在示例性实施例中,压缩机转子组件 112 形成转子 110 的一部分。此外,在示例性实施例中,压缩机 102 围绕转子轴向中心线 111 大致对称。同样,在示例性实施例中,压缩机 102 为燃气涡轮发动机 100 的一部分。作为备选,压缩机 102 为任何旋转的带叶片的多级流体输送设备,包括但不限于独立的流体压缩单元以及风扇。

[0150] 压缩机 102 包括多个级 124,其中,各级 124 均包括一排沿周向间隔开的转子叶片组件 126 和一排定子叶片组件 128,有时称为定子导叶。在示例性实施例中,转子叶片组件 126 通过阶梯状叶片联接或附接机构 134 联接到压缩机转子叶轮 130 上,使得各叶片组件 126 均从压缩机转子叶轮 130 沿径向向外延伸。同样,在示例性实施例中,多个压缩机转子叶轮 130 和多个阶梯状叶片附接机构 134 至少部分地限定大致会聚的压缩机轮毂 140。此外,各组件 126 均包括转子叶片翼型部分 132,该翼型部分 132 从内部叶片附接机构 134 沿径向向外延伸至转子叶片末梢部分 136。压缩机级 124 与运动流体或工作流体(包括但不限于空气)配合,使得运动流体在后续级 124 中受到压缩。

[0151] 在工作中,涡轮 108 通过转子 110 使压缩机 102 旋转。从低压或压缩机上游区域 148 经由多个级 124 收集到的流体由转子叶片翼型部分 132 朝定子叶片组件 128 引导。当流体受到引导而穿过流动通路 118 时,流体受到压缩,且流体的压力增大。更具体而言,流体继续流过随后的级 124,且流动通路 118 随着连续级 124 而大致变窄,以有助于在流体受到引导而穿过流动通路 118 时压缩流体和对其加压。压缩和加压的流体随后经引导通向高压或压缩机下游区域 150 中,以便在涡轮发动机 100 内使用。

[0152] 图 3 为可结合燃气涡轮发动机 100 使用且沿区域 3(图 1 中所示)所截取的压缩机 108 的一部分的放大截面视图。涡轮 108 包括涡轮转子组件 152。涡轮 108 还包括位于涡轮壳体 156 内的多个静止叶片或涡轮隔板组件 154,涡轮壳体 156 至少部分地限定流动通路 158。在示例性实施例中,涡轮转子组件 152 形成转子 110 的一部分。此外,在示例性实施例中,涡轮 108 围绕转子轴向中心线 111 大致对称。同样,在示例性实施例中,涡轮 108

为燃气涡轮发动机 100 的一部分。作为备选,涡轮 108 为任何旋转的带叶片的多级能量转换设备,包括但不限于蒸汽轮机。

[0153] 涡轮 108 包括多个级 164,其中,各级 164 均包括一排沿周向间隔开的转子叶片或轮叶组件 166,以及一排隔板组件 154 或喷嘴组件 168。在示例性实施例中,涡轮 108 包括三个连续的级 164。作为备选,涡轮 108 包括能使涡轮发动机 100 起到如本文所述作用的任意数目的级 164。同样,在示例性实施例中,轮叶组件 166 通过阶梯状的叶片联接或轮叶附接机构 174 联接到涡轮转子叶轮 170 上,使得各轮叶组件 166 从涡轮转子叶轮 170 沿径向向外延伸。多个涡轮转子叶轮 170 和多个阶梯状轮叶附接机构 174 至少部分地限定大致发散的涡轮轮毂 180。涡轮级 164 与运动流体或工作流体(包括但不限于燃烧气体、蒸汽和压缩空气)配合,使得运动流体在后续级 164 中膨胀。

[0154] 在工作中,在示例性实施例中,涡轮 108 接收由燃料喷嘴组件 106 所产生的高压燃烧气体。从高压或涡轮上游区域 188 经由喷嘴组件 168 收集到的燃烧气体由轮叶组件 166 朝隔板组件 154 引导。当燃烧气体经引导而穿过流动通路 158 时,燃烧气体至少部分地减压,且燃烧气体的压力至少部分地降低。更具体而言,燃烧气体继续流过随后的级 164,且流动通路 158 随着连续的级 164 而大致扩张,以有助于在燃烧气体受到引导而穿过流动通路 158 时使燃烧气体解压和减压。解压和减压的燃烧气体随后排放到低压区域 150 中,以便在涡轮发动机 100 内进一步使用,或从涡轮发动机 100 排放出。

[0155] 图 4 为可结合压缩机 102(图 2 中所示)使用的部分组装的压缩机叶片附接机构 134 的一部分的透视图。压缩机叶片附接机构 134 包括位于低压或上游区域 201 的上游的压缩机叶轮 130 的轮缘段 202。轮缘段 202 包括多个在轴向上成阶梯状的区域,也就是说:第一轴向轮缘梯级 204,其具有至少部分地限定该梯级 204 的第一轮缘梯级表面 206;第二轴向轮缘梯级 208,其具有至少部分地限定该梯级 208 的第二轮缘梯级表面 210;以及第三轴向轮缘梯级 212,其具有至少部分地限定该梯级 212 的第三轮缘梯级表面 214。在示例性实施例中,各轮缘梯级表面 206,210 和 214 均大致平行于转子轴向中心线 111(图 1、图 2 和图 3 中所示)。作为备选,各轮缘梯级表面 206,210 和 214 均具有能使压缩机叶片附接机构 134 起到如本文所述作用的任何定向。

[0156] 第一轴向轮缘梯级 204 和第一轮缘梯级表面 206 位于低压区域或上游区域 201 的轴向下流。此外,第一轮缘梯级表面 206 位于压缩机轮毂表面 216 径向外侧的第一径向距离 RD_1 处。同样,第一轴向轮缘表面 206 从上游区域 201 沿轴向向下流延伸第一轴向长度 AL_1 。在示例性实施例中,第一轴向长度 AL_1 和第一径向距离 RD_1 具有能使压缩机叶片附接机构 134 起到如本文所述作用的任何值。

[0157] 第二轴向轮缘梯级 208 和第二轮缘梯级表面 210 位于第一轮缘梯级 204 和第一轮缘梯级表面 206 的轴向下流。此外,第二轮缘梯级表面 210 位于压缩机轮毂表面 216 径向外侧的第二径向距离 RD_2 处,其中, RD_2 大于 RD_1 。同样,第二轮缘表面 210 从第一轮缘梯级表面 206 沿轴向向下流延伸第二轴向长度 AL_2 。第一轮缘梯级表面 206 和第二轮缘梯级表面 210 限定第一界面区域 218。在示例性实施例中,第一界面区域 218 为略微圆形,以有助于流体流过第一轴向轮缘梯级 204 和第二轴向轮缘梯级 208。同样,在示例性实施例中,第二轴向长度 AL_2 和第二径向长度 RD_2 具有能使压缩机叶片附接机构 134 起到如本文所述作用的任何值。

[0158] 第三轴向轮缘梯级 212 和第三轮缘梯级表面 214 位于第二轮缘梯级 208 和第二轮缘梯级表面 210 的轴向下流。此外,第三轮缘梯级表面 214 位于压缩机轮毂表面 216 径向外侧的第三径向距离 RD_3 处,其中, RD_3 大于 RD_2 。同样,第三轮缘表面 214 从第二轮缘梯级表面 210 沿轴向向下游延伸第三轴向长度 AL_3 。第三轮缘梯级表面 214 和第二轮缘梯级表面 210 限定第二界面区域 220。在示例性实施例中,第一界面区域 220 为略微圆形,以有助于流体流过第三轴向轮缘梯级 212 和第二轴向轮缘梯级 208。同样,在示例性实施例中,第三轴向长度 AL_3 和第三径向距离 RD_3 具有能使压缩机叶片附接机构 134 起到如本文所述作用的任何值。此外,在示例性实施例中,轴向轮缘梯级 204,208 和 212 相配合,以将压缩机轮毂表面 216 限定为上升且会聚的压缩机轮毂表面 216。此外,在示例性实施例中,阶梯状轮缘段 202 包括如上文所述的三个阶梯状区域。作为备选,阶梯状轮缘段 202 包括能使压缩机叶片附接结构 134 起到如本文所述作用的任意数目的阶梯状区域。

[0159] 在示例性实施例中,压缩机叶片附接机构 134 包括一个转子叶片组件 126 的燕尾段 222。燕尾段 222 包括收容至少一个转子叶片翼型部分 132(图 2 中所示)的翼型平台 224。燕尾段 222 还包括多个燕尾凸部,也就是说,第一燕尾凸部 226、第二燕尾凸部 228,以及第三燕尾凸部 230。同样,在示例性实施例中,燕尾段 222 包括三个燕尾凸部 226,228 和 230。作为备选,燕尾段 222 包括能使压缩机叶片附接结构 134 起到如本文所述作用的任意数目的燕尾凸部。

[0160] 此外,在示例性实施例中,压缩机叶片附接机构 134 包括收容燕尾凸部 226,228 和 230 的多个燕尾槽。更具体而言,轮缘段 202 限定第一燕尾槽 232、第二燕尾槽 234,以及第三燕尾槽 236。各燕尾槽 232,234 和 236 分别收容各燕尾凸部 226,228 和 230。

[0161] 同样,在示例性实施例中,第一燕尾槽 232 具有第一轴向槽距离或长度 SL_1 ,其大致等于第一轴向长度 AL_1 、第二轴向长度 AL_2 和第三轴向长度 AL_3 的总和。第二燕尾槽 234 具有第二轴向槽距离或长度 SL_2 ,其大致等于第二轴向长度 AL_2 和第三轴向长度 AL_3 的总和。第三燕尾槽 236 具有第三轴向槽距离或长度 SL_3 ,其大致等于第三轴向长度 AL_3 。第一轴向槽长度 SL_1 、第二轴向槽长度 SL_2 和第三轴向槽长度 SL_3 分别大致平行于轴向中心线 111。此外,第一轴向槽长度 SL_1 大于第二轴向槽长度 SL_2 ,而第二轴向槽长度 SL_2 大于第三轴向槽长度 SL_3 。因此,第二轴向槽长度 SL_2 与第一轴向槽长度 SL_1 的一部分重叠大致等于第二轴向长度 AL_2 和第三轴向长度 AL_3 的总和的距离,而第三轴向槽长度 SL_3 与第二轴向槽长度 SL_2 的一部分重叠大致等于第三轴向长度 AL_3 的距离。燕尾槽 232,234 和 236 沿径向限定为彼此邻近,以便至少部分地限定压缩机叶轮的轮缘空隙 238。此外,在示例性实施例中,轴向槽长度 SL_1 , SL_2 和 SL_3 具有能使压缩机叶片附接机构 134 起到如本文所述作用的任何值。

[0162] 在示例性实施例中,燕尾凸部 226,228 和 230 联接在一起,且相对于彼此沿径向设置。第一燕尾凸部 226 具有第一轴向凸部长度 LL_1 ,该长度 LL_1 小于第一轴向槽长度 SL_1 且大于或等于第一轴向长度 AL_1 。第二燕尾凸部 228 具有第二轴向凸部长度 LL_2 ,该长度 LL_2 小于第一轴向槽长度 SL_1 且大于第二轴向长度 AL_2 。第三燕尾凸部 230 具有第三轴向凸部长度 LL_3 ,该长度 LL_3 小于或等于第一轴向槽长度 SL_1 且大于第三轴向长度 AL_3 。第一轴向凸部长度 LL_1 、第二轴向凸部长度 LL_2 和第三轴向凸部长度 LL_3 分别大致平行于轴向中心线 111。此外,在示例性实施例中,第二轴向凸部长度 LL_2 与第一轴向凸部长度 LL_1 的部分重叠大致等于第一轴向凸部长度 LL_1 的距离,而第三轴向凸部长度 LL_3 与第二轴向凸部长度 LL_2

的部分重叠大致等于第二轴向凸部长度 LL_2 的距离。同样,在示例性实施例中,轴向凸部长度 LL_1 , LL_2 和 LL_3 具有能使压缩机叶片附接机构 134 起到如本文所述作用的任何值。燕尾凸部 226, 228 和 230 与燕尾槽 232, 234 和 236 以及阶梯状轮缘段 202 相配合,用以限定压缩机叶轮的轮缘空隙 238。

[0163] 图 5 为可结合压缩机 102(图 2 中所示)使用的完全组装的压缩机叶片附接机构 134 的一部分的透视图。在示例性实施例中,燕尾凸部 226, 228 和 230 分别完全插入燕尾槽 232, 234 和 236 中,使得燕尾凸部 228 和 229 从阶梯状轮缘段 202 朝低压或上游区域 201 沿轴向延伸。因此,第一轴向凸部长度 LL_1 、第二轴向凸部长度 LL_2 和第三轴向凸部长度 LL_3 分别示为延伸穿过第一轴向轮缘梯级 204、第二轴向轮缘梯级 208 和第三轴向轮缘梯级 212, 且从阶梯状轮缘段 202 朝低压或上游区域 201 延伸。

[0164] 在示例性实施例中,压缩机叶片附接机构 134 通过缩短对于转子叶片组件 126 的轴向安装和轴向移除所需的轴向长度而有助于组装压缩机 102 和燃气涡轮发动机 100。缩短该种安装/移除长度有助于减小压缩机 102 的总体长度和重量,从而有助于降低建造燃气涡轮发动机 100 的资金成本。此外,减小压缩机 102 的重量有助于在工作速度范围内减小作用在转子 110 上的离心力,从而降低增加检查和维护成本的潜在可能。此外,减小重量有助于减少用以加速和保持转子 110 速度的燃料耗用,从而降低工作成本。

[0165] 图 6 为可结合压缩机 102(图 2 中所示)使用的部分组装的压缩机叶片附接机构 134 的一部分的透视图。图 6 有助于目视判定燕尾段 222 的特征相对于阶梯状轮缘段 202 的特征的关系。具体而言,轴向安装箭头 237 示出了在燃气涡轮发动机 100(图 1、图 2 和图 3 中所示)组装期间、且更具体而言是在压缩机 102(图 1 和图 2 中所示)组装期间,燕尾段 222 相对于压缩机轮毂 140 的运动方向。轴向移除箭头 239 示出了在燃气涡轮发动机 100 拆卸期间、且更具体而言是在压缩机 102 拆卸期间,燕尾段 222 相对于压缩机轮毂 140 的运动方向。

[0166] 图 7 为可结合压缩机 102(图 2 中所示)使用的完全组装的压缩机叶片附接机构 134 的一部分的透视图。图 7 有助于目视判定燕尾段 222 的特征相对于阶梯状轮缘段 202 的特征的关系。具体而言,在组装燃气涡轮发动机 100(图 1、图 2 和图 3 所示)之后、且更具体而言是在组装压缩机 102(图 1 和图 2 所示)之后,燕尾段 222 完全插入在压缩机轮毂 140 内。

[0167] 图 8 为从机构 134 上游的位置、或更具体而言是从高压或下游区域 215 观测的完全组装的压缩机叶片附接机构 134 的一部分的透视图。压缩机叶轮的轮缘空隙 238 由第三燕尾凸部 230、第二燕尾凸部 228、第一燕尾凸部 226、第一梯级 204、第二梯级 208 和第三梯级 212 中的各个的至少一部分至少部分地限定。在示例性实施例中,阶梯状轮缘段 202 的下游端 240 提供对于第一燕尾凸部 226 下游端 242 的基准,该下游端 242 在第一燕尾槽 232 内的下游端 240 的轴向上游凹入预定距离(未示出)。作为备选,下游端 242 与下游端 240 大致齐平。

[0168] 同样,在示例性实施例中,第二燕尾凸部 228 的下游端 244 在第二燕尾槽 234 内的下游端 240 的轴向上游凹入预定距离(未示出)。作为备选,下游端 244 与下游端 240 大致齐平。此外,在示例性实施例中,第三燕尾凸部 230 的下游端 246 与下游端 240 大致齐平。作为备选,下游端 246 在第三燕尾槽 236 内的下游端 240 的轴向上游凹入预定距离(未示出)。

出)。增大压缩机叶轮轮缘空隙 238 的体积有助于减小压缩机 102 重量且具有如上文所述的相关益处。

[0169] 在示例性实施例中,压缩机叶片附接机构 134 包括对于每一梯级有一个槽和一个凸部。作为备选,压缩机叶片附接机构 134 包括对于每一梯级具有能使机构 134 起到如本文所述作用的任意数目的槽和凸部。例如,但不限于,机构 134 包括两个梯级,其中,各梯级均包括两个槽和两个凸部(所有都未示出),以及机构 134 包括两个梯级,其中,各梯级均包括一个槽和一个凸部(所有都未示出)。此外,例如但不限于,机构 134 包括两个梯级,其中,第一梯级包括延伸穿过机构轴向长度的大约 $2/3$ 的两个槽和两个凸部,而第二梯级延伸穿过机构轴向长度(所有都未示出)的大约 $1/3$ 。

[0170] 图 9 为可结合涡轮 108(图 3 中所示)使用的部分组装的涡轮轮叶附接机构 174 的一部分的透视图。涡轮轮叶附接机构 174 包括位于低压或下游区域 301 上游的涡轮轮叶 170 的轮缘段 302。轮缘段 302 包括多个在轴向上为阶梯状的区域,也就是说,具有至少部分地限定梯级 304 的第四轮缘梯级表面 306 的第四轴向轮缘梯级 304,具有至少部分地限定梯级 308 的第五轮缘梯级表面 310 的第五轴向轮缘梯级 308,以及具有至少部分地限定梯级 312 的第六轮缘梯级表面 314 的第六轴向轮缘梯级 312。第一轴向轮缘梯级 204、第二轴向轮缘梯级 208 和第三轴向轮缘梯级 212(所有都在图 4 和图 5 中示出)和第一轮缘梯级表面 206、第二轮缘梯级表面 210 和第三轮缘梯级表面 214(所有在图 4 中示出)分别与压缩机叶片附接机构 134(图 2、图 4、图 5 和图 6 中所示)相关联。轮缘梯级表面 306,310 和 314 中的各个大致平行于转子轴向中心线 111(图 1、图 2 和图 3 中所示)。作为备选,各轮缘梯级表面 306,310 和 314 均具有能使涡轮轮叶附接机构 174 起到如本文所述作用的任何定向。

[0171] 第四轴向轮缘梯级 304 和第四轮缘梯级表面 306 位于低压区域或下游区域 301 的轴向下流。此外,第四轮缘梯级表面 306 位于涡轮轮毂表面 316 径向外侧的第四径向距离 RD_4 处,其中,第一径向距离 RD_1 、第二径向距离 RD_2 和第三径向距离 RD_3 (所有都在图 4 和图 5 中示出)分别与压缩机叶片附接机构 134 相关联。同样,第四轴向轮缘表面 306 从下游区域 301 沿轴向向下游延伸第四轴向长度 AL_4 。第一轴向长度 AL_1 、第二轴向长度 AL_2 和第三轴向长度 AL_3 (所有都在图 4 和图 5 中示出)与压缩机叶片附接机构 134 相关联。在示例性实施例中,第四轴向长度 AL_4 和第四径向距离 RD_4 具有能使涡轮轮叶附接机构 174 起到如本文所述作用的任何值。

[0172] 第五轴向轮缘梯级 308 和第五轮缘梯级表面 310 位于第一轮缘梯级 304 和第一轮缘梯级表面 306 的轴向下流。此外,第五轮缘梯级表面 310 位于涡轮轮毂表面 316 径向外侧的第五径向距离 RD_5 处,其中, RD_5 大于 RD_4 。同样,第五轮缘表面 310 从第一轮缘梯级表面 306 沿轴向向下游延伸第五轴向长度 AL_5 。第一轮缘梯级表面 306 和第五轮缘梯级表面 310 限定第三界面区域 318。第一界面区域 218 和第二界面区域 220(两者均在图 4 中示出)分别与压缩机叶片附接机构 134 相关联。在示例性实施例中,第三界面区域 318 为略微圆形,以有助于流体流过第一轴向轮缘梯级 304 和第五轴向轮缘梯级 308。同样,在示例性实施例中,第五轴向长度 AL_5 和第五径向距离 RD_5 具有能使涡轮轮叶附接机构 174 起到如本文所述作用的任何值。

[0173] 第六轴向轮缘梯级 312 和第六轮缘梯级表面 314 位于第二轮缘梯级 308 和第二轮

缘梯级表面 310 的轴向下游。此外,第六轮缘梯级表面 314 位于涡轮轮毂表面 316 的径向外侧的第六径向距离 RD_6 处,其中, RD_6 大于 RD_5 。同样,第六轮缘表面 314 从第二轮缘梯级表面 310 沿轴向向下游延伸第六轴向长度 AL_6 。第六轮缘梯级表面 314 和第二轮缘梯级表面 310 限定第四界面区域 320。在示例性实施例中,第四界面区域 320 为略微圆形,以有助于流体流过第六轴向轮缘梯级 312 和第二轴向轮缘梯级 308。同样,在示例性实施例中,第六轴向长度 AL_6 和第六径向距离 RD_6 具有能使涡轮轮叶附接机构 174 起到如本文所述作用的任何值。此外,在示例性实施例中,轴向轮缘梯级 304,308 和 312 相配合,以便将涡轮轮毂表面 316 限定为下降且发散的涡轮轮毂表面 316。此外,在示例性实施例中,阶梯状轮缘段 302 包括如上文所述的三个阶梯状区域。作为备选,阶梯状轮缘段 302 包括能使涡轮轮叶附接结构 174 起到如本文所述作用的任意数目的阶梯状区域。

[0174] 在示例性实施例中,涡轮轮叶附接机构 174 包括一个轮叶组件 166 的燕尾段 322。燕尾段 322 包括收容至少一个轮叶翼型部分(未示出)的翼型平台 324。燕尾段 322 还包括多个燕尾凸部,也就是说,第四燕尾凸部 326、第五燕尾凸部 328 和第六燕尾凸部 330。第一燕尾凸部 226、第二燕尾凸部 228 和第三燕尾凸部 230(所有都在图 4 和图 5 中示出)分别与压缩机叶片附接机构 134 相关联。同样,在示例性实施例中,燕尾段 322 包括三个燕尾凸部 326,328 和 330。作为备选,燕尾段 322 包括能使涡轮轮叶附接结构 174 起到如本文所述作用的任意数目的燕尾凸部。

[0175] 此外,在示例性实施例中,涡轮轮叶附接机构 174 包括收容燕尾凸部 326,228 和 330 的多个燕尾槽。更具体而言,轮缘段 302 限定第四燕尾槽 332、第五燕尾槽 334 和第六燕尾槽 336。第一燕尾槽 232、第二燕尾槽 234 和第三燕尾槽 236(所有都在图 4 和图 5 中示出)分别与压缩机叶片附接机构 134 相关联。各燕尾槽 332,334 和 336 分别收容各燕尾凸部 326,328 和 330。

[0176] 同样,在示例性实施例中,第四燕尾槽 332 具有大致等于第四轴向长度 AL_4 、第五轴向长度 AL_5 和第六轴向长度 AL_6 的总和的第四轴向槽长度 SL_4 。第一轴向槽长度 SL_1 、第二轴向槽长度 SL_2 和第三轴向槽长度 SL_3 (所有都在图 4 和图 5 中示出)分别与压缩机叶片附接机构 134 相关联。第五燕尾槽 334 具有大致等于第五轴向长度 AL_5 和第六轴向长度 AL_6 的总和的第五轴向槽长度 SL_5 。第六燕尾槽 336 具有大致等于第六轴向长度 AL_6 的第六轴向槽长度 SL_6 。第四轴向槽长度 SL_4 、第五轴向槽长度 SL_5 和第六轴向槽长度 SL_6 分别大致平行于轴向中心线 111。此外,第四轴向槽长度 SL_4 大于第五轴向槽长度 SL_5 ,而第五轴向槽长度 SL_5 大于第六轴向槽长度 SL_6 。因此,第五轴向槽长度 SL_5 与第四轴向槽长度 SL_4 的一部分重叠大致等于第五轴向长度 AL_5 和第六轴向长度 AL_6 的总和的距离,而第六轴向槽长度 SL_6 与第五轴向槽长度 SL_5 的一部分重叠大致等于第六轴向长度 AL_6 的距离。燕尾槽 332,234 和 336 沿径向限定为彼此邻近,以便至少部分地限定涡轮叶轮的轮缘空隙 338。在示例性实施例中,轴向槽长度 SL_1 , SL_2 和 SL_3 具有能使涡轮轮叶附接机构 174 起到如本文所述作用的任何值。

[0177] 同样,在示例性实施例中,燕尾凸部 326,328 和 330 联接在一起,且相对于彼此沿径向设置。第四燕尾凸部 326 具有小于第四轴向槽长度 SL_4 且大于或等于第四轴向长度 AL_4 的第四轴向凸部长度 LL_4 。第五燕尾凸部 328 具有小于第四轴向槽长度 SL_4 且大于第五轴向长度 AL_5 的第五轴向凸部长度 LL_5 。第六燕尾凸部 330 具有小于或等于第四轴向槽长度 SL_4

且大于第六轴向长度 AL_6 的第六轴向凸部长度 LL_6 。第四轴向凸部长度 LL_4 、第五轴向凸部长度 LL_5 和第六轴向凸部长度 LL_6 大致平行于轴向中心线 111。此外,在示例性实施例中,第五轴向凸部长度 LL_5 与第四轴向凸部长度 LL_4 的部分重叠大致等于第四轴向凸部长度 LL_4 的距离,而第六轴向凸部长度 LL_6 与第五轴向凸部长度 LL_5 的部分重叠大致等于第五轴向凸部长度 LL_5 的距离。另外,在示例性实施例中,轴向凸部长度 LL_1 , LL_2 和 LL_3 具有能使涡轮轮叶附接机构 174 起到如本文所述作用的任何值。燕尾凸部 326, 328 和 330 与燕尾槽 332, 334 和 336 以及阶梯状轮缘段 302 相配合,用以限定涡轮叶轮的轮缘空隙 338。

[0178] 图 10 为可结合涡轮 108(图 3 中所示)使用的完全组装的涡轮轮叶附接机构 174 的一部分的透视图。燕尾凸部 326, 328 和 330 分别完全插入燕尾槽 332, 334 和 336 中,使得燕尾凸部 328 和 330 从阶梯状轮缘段 302 朝低压或下游区域 301 沿轴向延伸。因此,轴向凸部长度 LL_1 , LL_2 和 LL_3 示为分别延伸穿过第四轴向轮缘梯级 304、第五轴向轮缘梯级 308 和第六轴向轮缘梯级 312,且从阶梯状轮缘段 302 朝低压或下游区域 301 延伸。

[0179] 在示例性实施例中,涡轮轮叶附接机构 174 通过缩短对于轮叶组件 166 的轴向安装和轴向移除所需的轴向长度而有助于组装涡轮 108 和燃气涡轮发动机 100。缩短该种安装/移除长度有助于减小涡轮 108 的总体长度和重量,从而有助于降低建造燃气涡轮发动机 100 的资金成本。此外,减小涡轮 108 的重量有助于在工作速度范围内减小作用在转子 110 上的离心力,从而降低增加检查和维护成本的潜在可能。此外,减小重量有助于减少加速和保持转子 110 速度的燃料耗用,从而降低工作成本。

[0180] 同样,在示例性实施例中,涡轮轮叶附接机构 174 包括对于每一梯级有一个槽和一个凸部。作为备选,涡轮轮叶附接机构 174 包括对于每一梯级具有能使机构 174 起到如本文所述作用的任意数目的槽和凸部。例如,但不限于,机构 174 包括两个梯级,其中,各梯级均包括两个槽和两个凸部(所有都未示出),以及机构 174 包括两个梯级,其中,各梯级均包括一个槽和一个凸部(所有都未示出)。此外,例如但不限于,机构 174 包括两个梯级,其中,第一梯级包括延伸穿过机构轴向长度的大约 2/3 的两个槽和两个凸部,而第二梯级延伸穿过机构轴向长度(所有都未示出)的大约 1/3。

[0181] 图 11 为从机构 174 上游的位置、或更具体而言是从高压或上游区域 315 观测的完全组装的涡轮轮叶附接机构 174 的一部分的透视图。涡轮叶轮的轮缘空隙 338 由第六燕尾凸部 330、第五燕尾凸部 328、第四燕尾凸部 326、第四梯级 304、第五梯级 308 和第六梯级 312 中的各个的至少一部分至少部分地限定。在示例性实施例中,阶梯状轮缘段 302 的上游端 340 提供对于第四燕尾凸部 326 的上游端 342 的基准,该上游端 342 在第四燕尾槽 332 内的上游端 340 的轴向下游凹入预定距离(未示出)。作为备选,上游端 342 与上游端 340 大致齐平。

[0182] 同样,在示例性实施例中,第五燕尾凸部 328 的上游端 344 在第五燕尾槽 334 内的上游端 340 的轴向下游凹入预定距离(未示出)。作为备选,上游端 344 与上游端 340 大致齐平。此外,在示例性实施例中,第六燕尾凸部 330 的上游端 346 与上游端 340 大致齐平。作为备选,上游端 346 在第六燕尾槽 336 内的上游端 340 的轴向下游凹入预定距离(未示出)。增大涡轮叶轮轮缘空隙 338 的体积有助于减小涡轮 108 重量且具有如上文所述的相关益处。

[0183] 图 12 为示出组装燃气涡轮发动机 100 的一部分即压缩机 102(两者均在图 2 中示

出)的示例性方法 400 的流程图。在示例性实施例中,形成 402 第一燕尾槽 232(图 4、图 6 和图 8 中所示),该第一燕尾槽 232 在旋转元件即压缩机转子叶轮 130(图 2、图 4、图 5、图 6 和图 7 中所示)的至少一部分内具有第一轴向长度或第一燕尾槽长度 SL_1 (图 4 和图 5 中所示)。第一燕尾槽 232 大致平行于轴向中心线 111(图 1、图 2 和图 3 中所示)。形成 404 第二燕尾槽 234(图 4、图 6 和图 8 中所示),该第二燕尾槽 234 在压缩机转子叶轮 130 的至少一部分内具有第二轴向长度或第二燕尾槽长度 SL_2 (图 4 和图 5 中所示)。第二燕尾槽 234 大致平行于轴向中心线 111。第二燕尾槽 234 的至少一部分处在第一燕尾槽 232 的至少一部分的径向外侧。第一轴向长度或第一燕尾槽长度 SL_1 大于第二轴向长度或第二燕尾槽长度 SL_2 。燕尾槽 232 和 234 在径向上彼此邻近。

[0184] 同样,在示例性实施例中,形成 406 第一燕尾凸部 226(图 4、图 6、图 7 和图 8 中所示),该第一燕尾凸部 226 具有小于第一轴向长度或第一燕尾槽长度 SL_1 的第三轴向长度或第一燕尾凸部长度 LL_1 (图 4 和图 5 中所示)。形成 408 第二燕尾凸部 228(图 4、图 6、图 7 和图 8 中所示),该第二燕尾凸部 228 具有小于第一轴向长度或第一燕尾槽长度 SL_1 的第四轴向长度或第二燕尾凸部长度 LL_2 (图 4 和图 5 中所示)。第四轴向长度或第二燕尾凸部长度 LL_2 大于第三轴向长度或第一燕尾凸部长度 LL_1 。第二燕尾凸部 228 的至少一部分延伸超过第一燕尾凸部 226 的至少一部分,以及燕尾凸部 226 和 228 的各部分联接在一起,且相对于彼此沿径向设置。

[0185] 此外,在示例性实施例中,至少部分地形成 410 第一叶轮轮缘梯级表面 206 和第一轴向轮缘梯级 204(两者在图 4、图 6 和图 7 中示出),该第一叶轮轮缘梯级表面 206 和第一轴向轮缘梯级 204 离轴向中心线 111 为第一径向距离 RD_1 (图 4 和图 5 中所示)。至少部分地形成 412 第二叶轮轮缘梯级表面 210 和第二轴向梯级 208(两者在图 4、图 5、图 6 和图 7 中示出),该第二叶轮轮缘梯级表面 210 和第二轴向梯级 208 离轴向中心线 111 为第二径向距离 RD_2 (图 4 和图 5 中示出)。第二径向距离 RD_2 大于第一径向距离 RD_1 。

[0186] 此外,在示例性实施例中,第一轴向轮缘梯级 204、第一叶轮轮缘梯级表面 206、第二轴向梯级 208 和第二叶轮轮缘梯级表面 210 至少部分地限定 412 大致会聚的轮毂表面 216(图 4 和图 5 中所示)、叶轮轮缘或阶梯状轮缘段 202,以及叶轮的轮缘空隙 238(图 4 和图 8 中所示)。

[0187] 图 13 为示出组装燃气涡轮发动机 100 的另一部分即涡轮 108(两者均在图 1 和图 3 中示出)的示例性方法 500 的流程图。在示例性实施例中,形成 402 第四燕尾槽 332(图 9 和图 11 中所示),该第四燕尾槽 332 在旋转元件即涡轮转子叶轮 170(图 3、图 9 和图 10 中所示)的至少一部分内具有第四轴向长度或第四燕尾槽长度 SL_4 (图 9 和图 10 中所示)。第四燕尾槽 332 大致平行于轴向中心线 111(图 1、图 2 和图 3 中所示)。形成 504 第五燕尾槽 334(图 9 和图 11 中所示),该第五燕尾槽 334 在涡轮转子叶轮 170 的至少一部分内具有第五轴向长度或第五燕尾槽长度 SL_5 (图 9 和图 10 中所示)。第五径向距离 RD_5 大于第四径向距离 RD_4 。第五燕尾槽 334 大致平行于轴向中心线 111。第五燕尾槽 334 的至少一部分处在第四燕尾槽 332 的至少一部分的径向外侧。第四轴向长度或第四燕尾槽长度 SL_4 大于第五轴向长度或第五燕尾槽长度 SL_5 。燕尾槽 332 和 334 在径向上彼此邻近。

[0188] 同样,在示例性实施例中,形成 506 第四燕尾凸部 326(图 9 和图 11 中所示),该第四燕尾凸部 326 具有小于第四轴向长度或第四燕尾槽长度 SL_4 的第四轴向长度或第四燕尾

凸部长度 LL_4 (图 9 和图 10 中所示)。第五燕尾凸部 328 (图 9 和图 11 中所示) 形成 508 为具有小于第四轴向长度或第四燕尾槽长度 SL_4 的第五轴向长度或第五燕尾凸部长度 LL_5 (图 9 和图 10 中所示)。第五轴向长度或第五燕尾凸部长度 LL_5 大于第四轴向长度或第四燕尾凸部长度 LL_4 。第五燕尾凸部 328 的至少一部分延伸超过第四燕尾凸部 326 的至少一部分, 并且燕尾凸部 326 和 328 的各部分联接在一起, 且相对于彼此沿径向设置。

[0189] 此外, 在示例性实施例中, 至少部分地形成 510 第四叶轮轮缘梯级表面 306 和第四轴向轮缘梯级 304 (两者在图 9 中示出), 该第四叶轮轮缘梯级表面 306 和第四轴向轮缘梯级 304 离轴向中心线 111 有第四径向距离 RD_4 (图 9 和图 10 中所示)。至少部分地形成 512 第五叶轮轮缘梯级表面 310 和第五轴向梯级 308 (两者在图 9 中示出), 该第五叶轮轮缘梯级表面 310 和第五轴向梯级 308 离轴向中心线 111 有第五径向距离 RD_5 (图 9 和图 10 中所示)。

[0190] 此外, 在示例性实施例中, 第四轴向轮缘梯级 304、第四叶轮轮缘梯级表面 306、第五轴向梯级 308 和第五叶轮轮缘梯级表面 310 至少部分地限定 514 大致发散的轮毂表面 316 (图 9 和图 10 中所示)、叶轮轮缘或阶梯状轮缘段 302, 以及叶轮的轮缘空隙 338 (图 9 和图 11 中所示)。

[0191] 本文描述的是多种方法和系统的示例性实施例, 该方法和系统有助于组装旋转设备, 且更具体而言是组装压缩机和涡轮, 包括蒸汽轮机和燃气轮机。此外, 具体而言, 压缩机叶片附接机构和涡轮轮叶附接机构两者分别通过缩短对于叶片和轮叶组件的轴向安装和轴向移除所需的轴向长度而分别有助于组装压缩机和涡轮以及燃气涡轮发动机。缩短该种安装 / 移除长度有助于减小压缩机和涡轮的总体长度和重量, 从而有助于降低建造燃气涡轮发动机的资金成本。此外, 减小压缩机和涡轮的重量有助于在工作速度范围内减小作用在对于压缩机和涡轮两者的公共转子上的离心力, 从而降低增加检查和维护成本的潜在可能。此外, 减小重量有助于减少加速和保持转子速度的燃料耗用, 从而降低工作成本。同样, 增大压缩机和涡轮叶轮轮缘空隙的体积有助于进一步减小燃气涡轮发动机的重量。与减小重量和长度相关的此类益处也可在蒸汽轮机中实现。

[0192] 本文所述的方法和系统不限于本文所述的特定实施例。例如, 各系统的构件和 / 或各方法的步骤可与本文所述的其它构件和 / 或步骤独立和分开地使用和 / 或实施。此外, 各构件和 / 或步骤还可结合其它组件包和方法来使用 and / 或实施。

[0193] 尽管已根据各种具体实施例描述了本发明, 但本领域普通技术人员将认识到, 本发明可利用处在权利要求的精神和范围内的修改而予以实施。

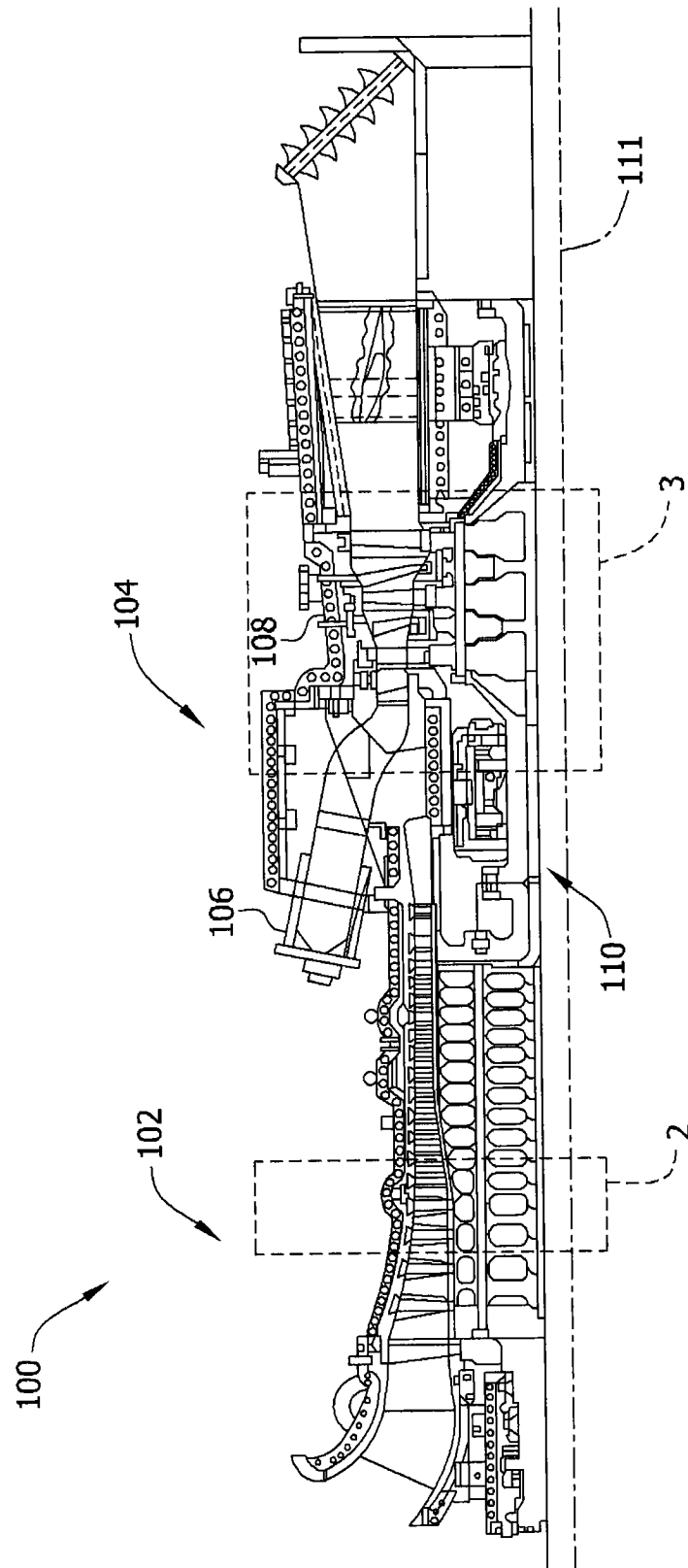


图 1

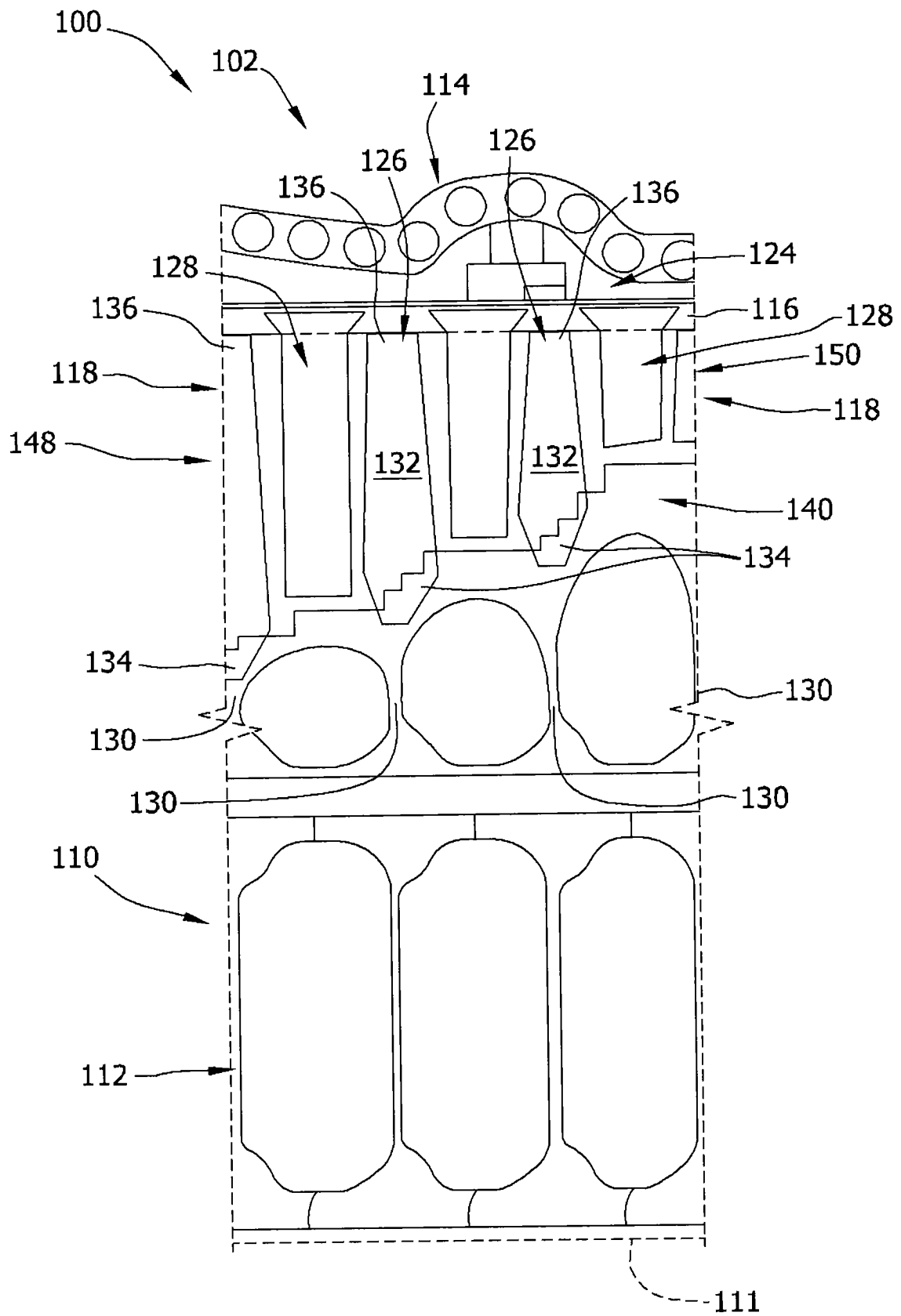


图 2

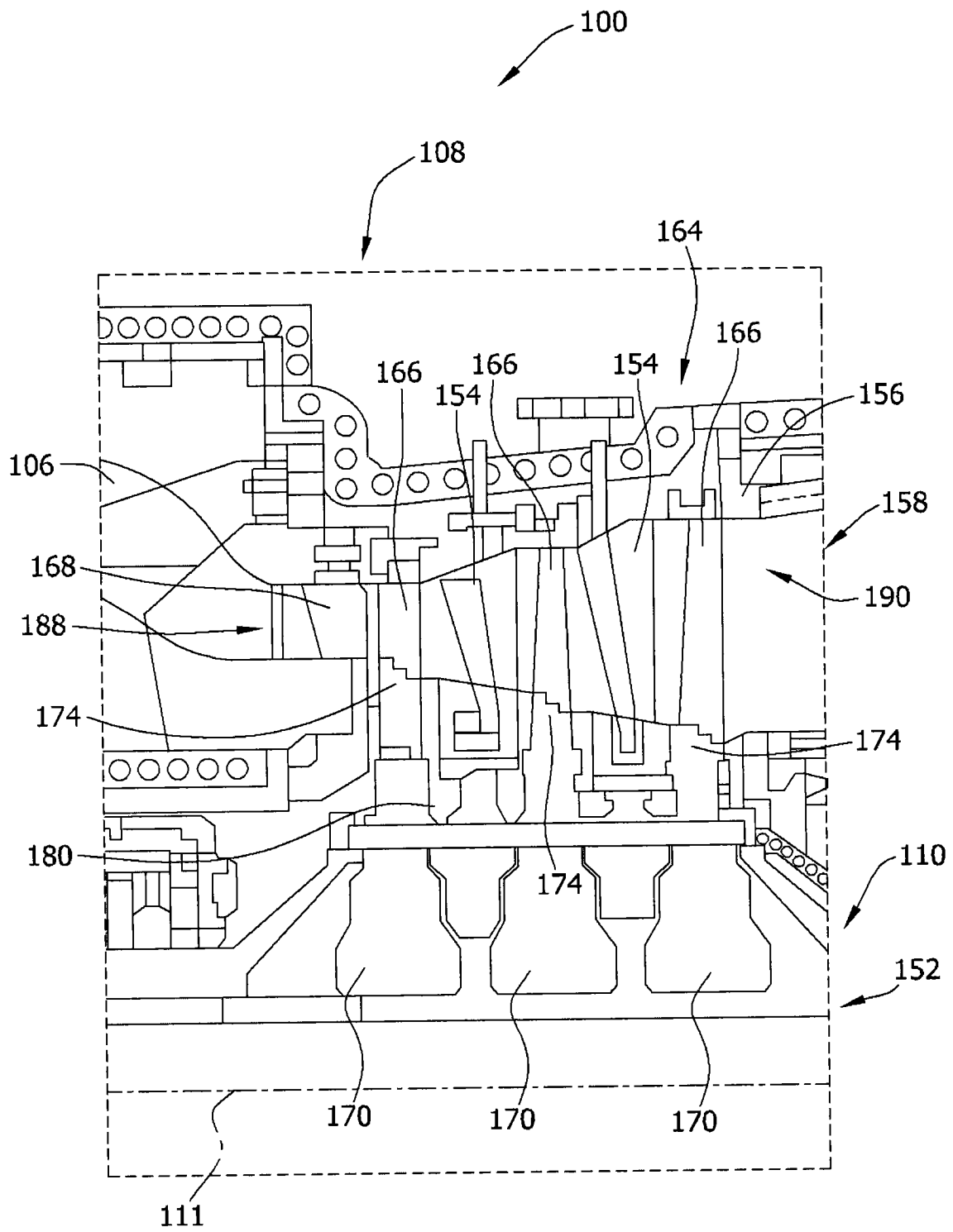


图 3

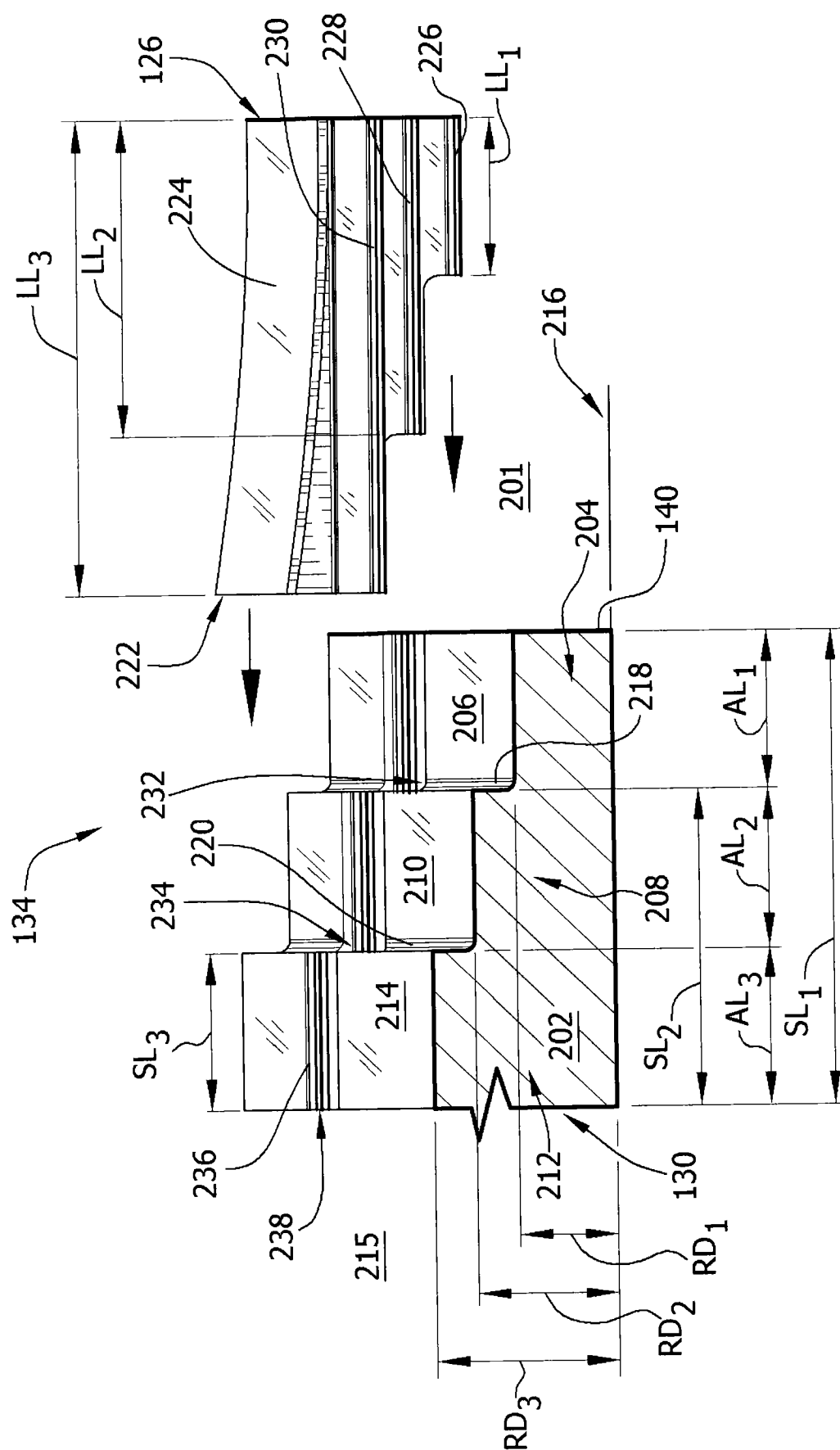


图 4

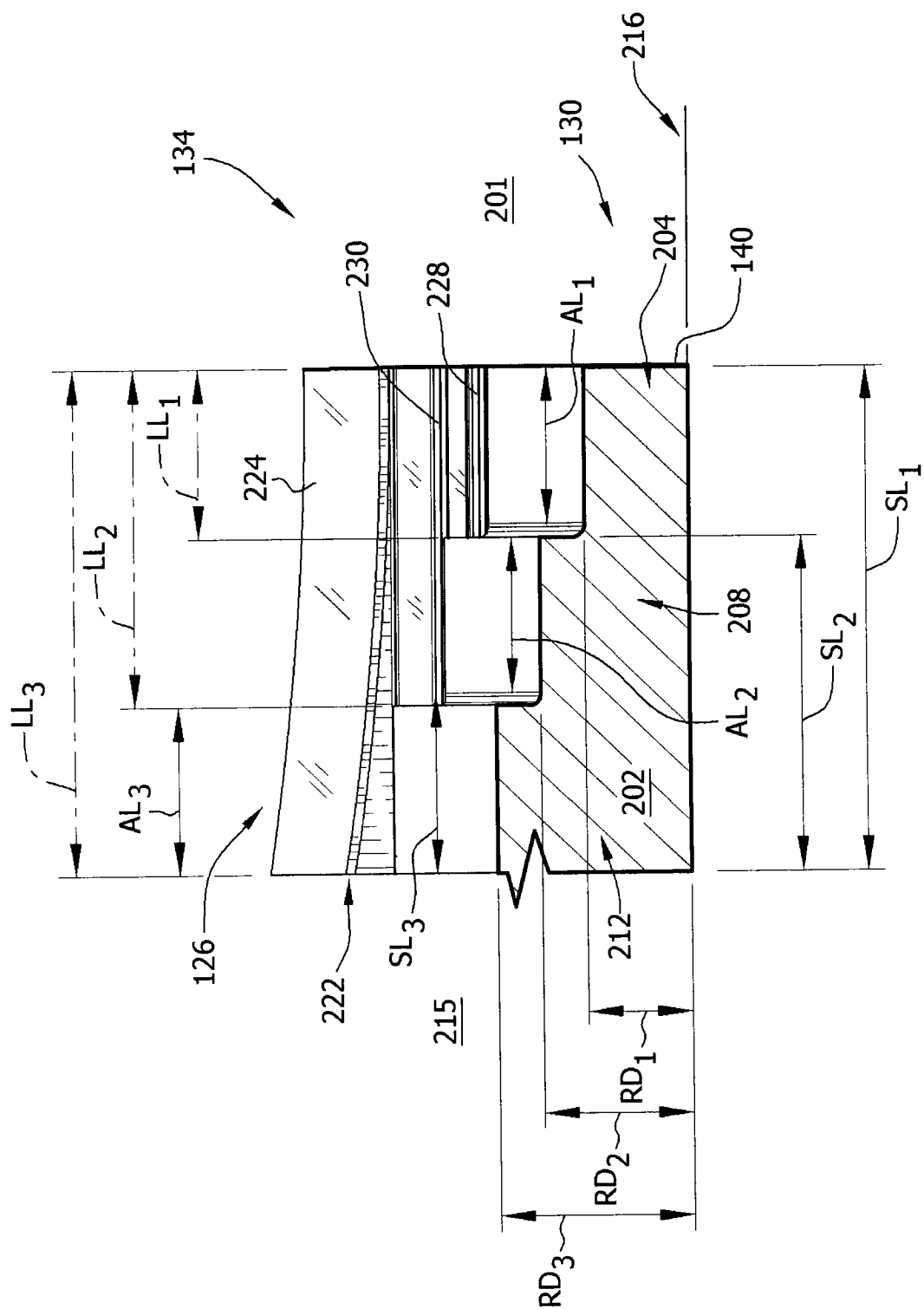


图 5

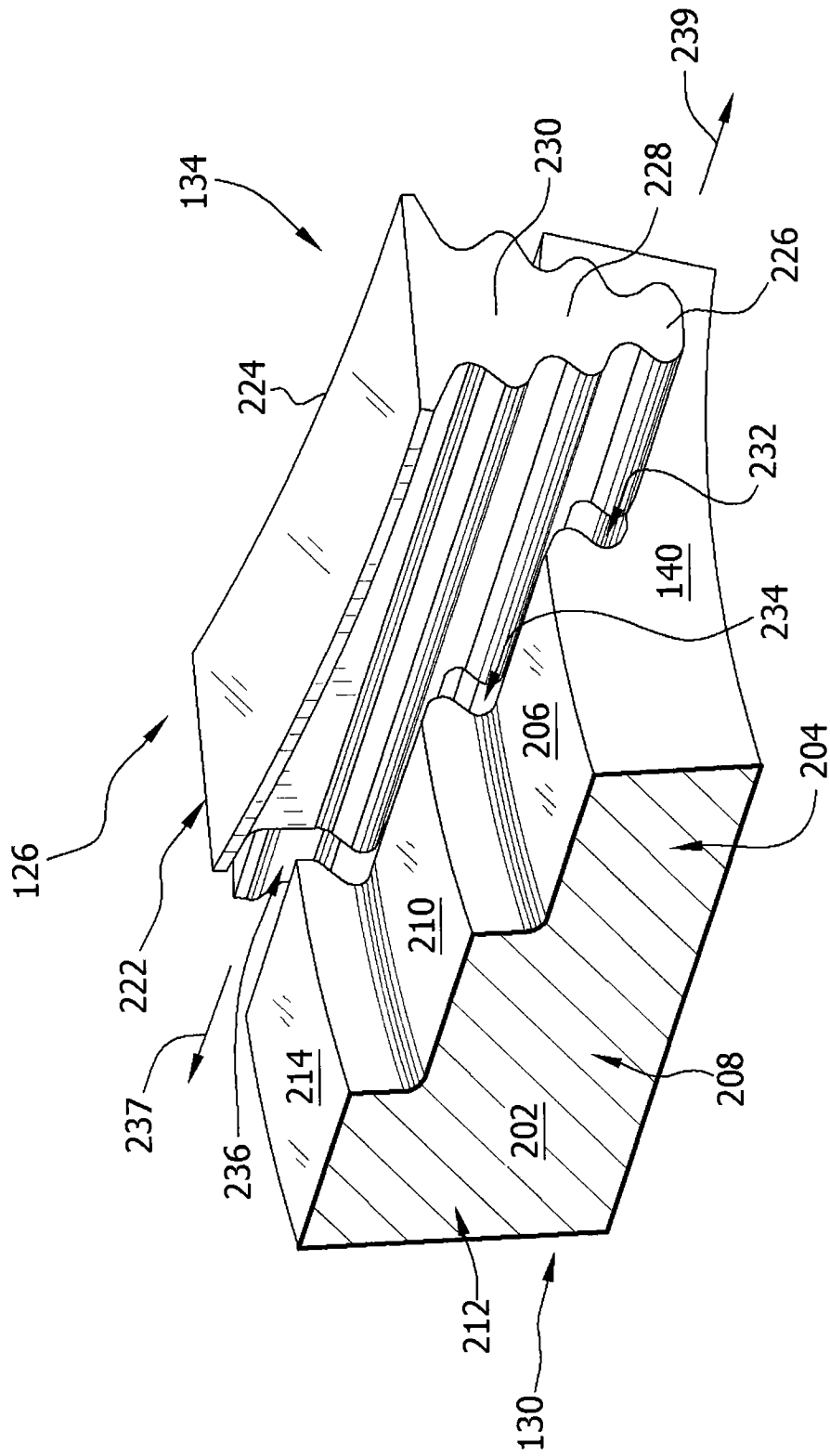


图 6

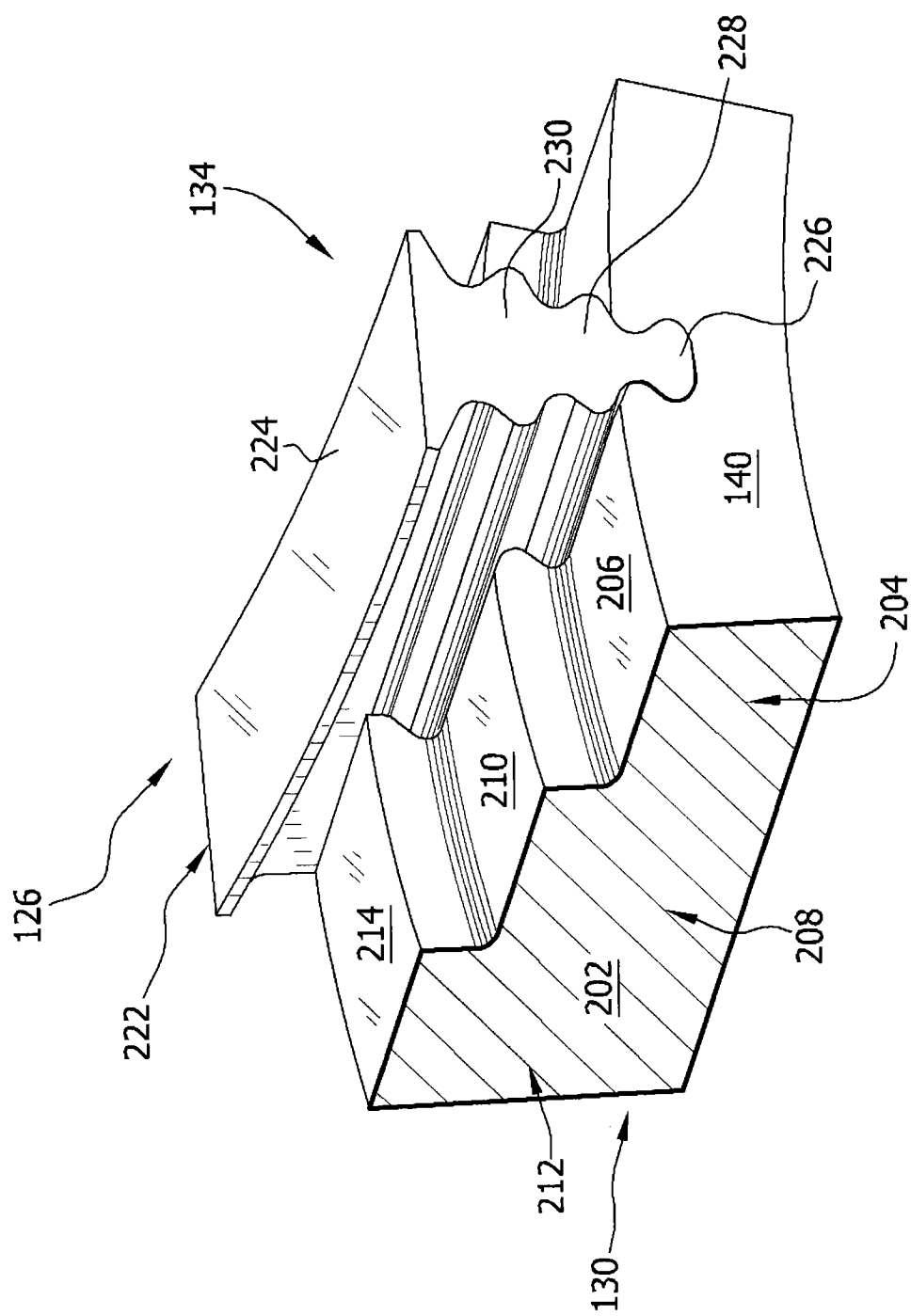


图 7

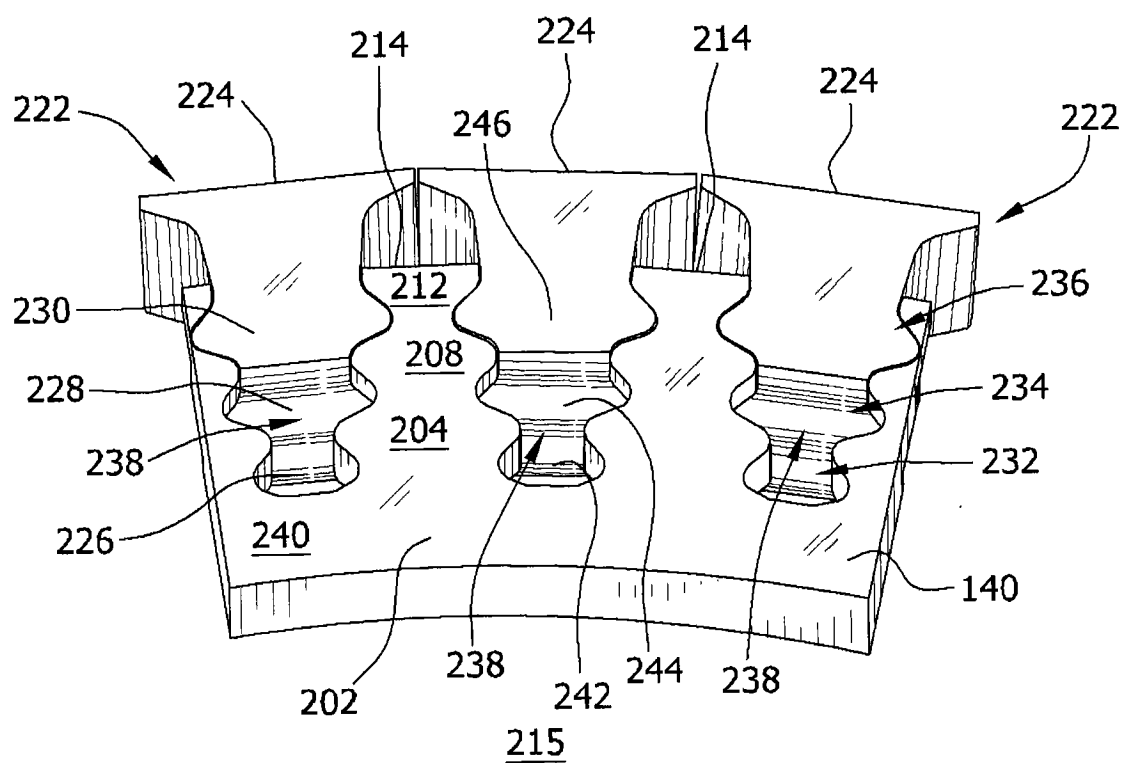


图 8

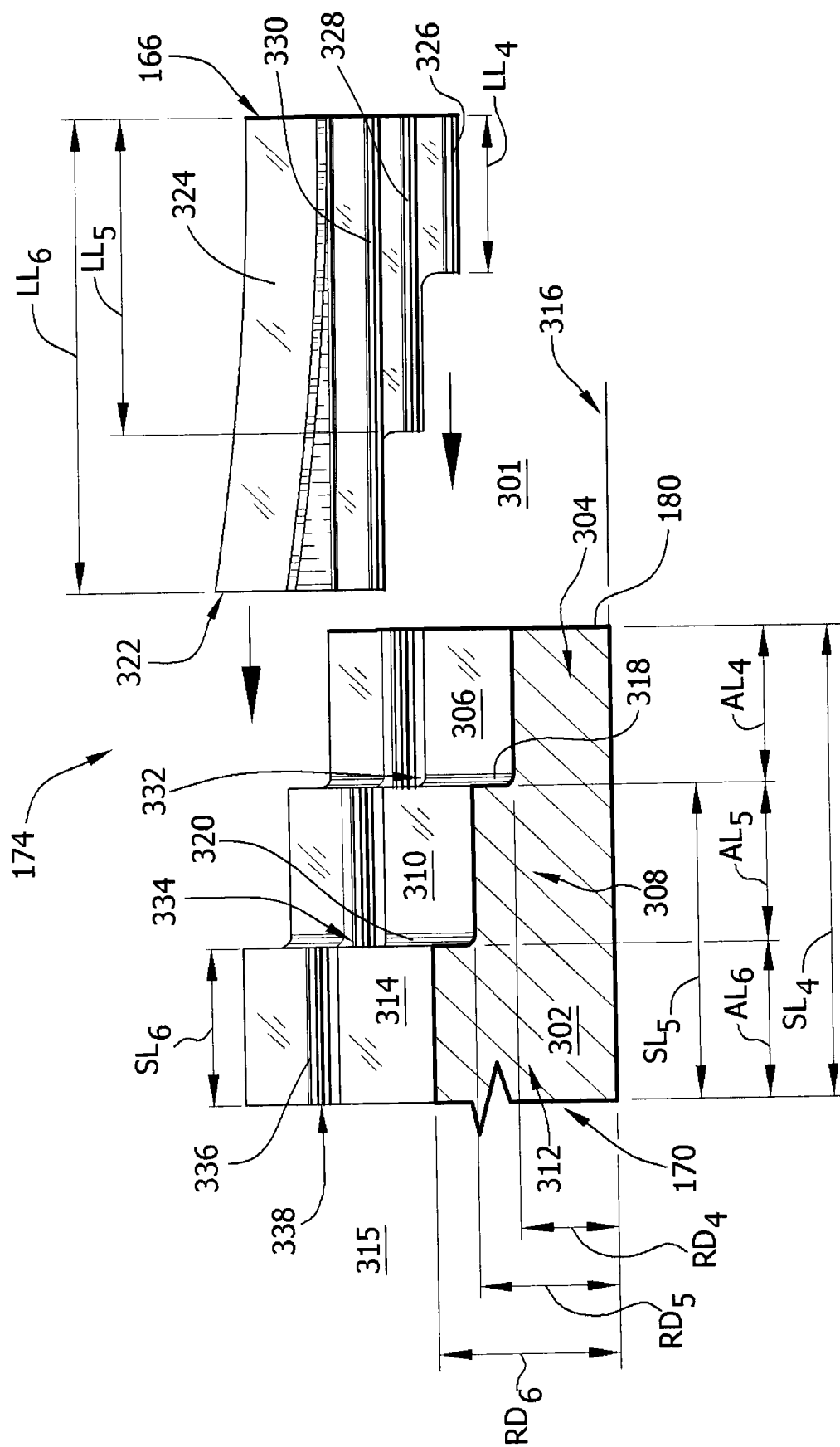


图 9

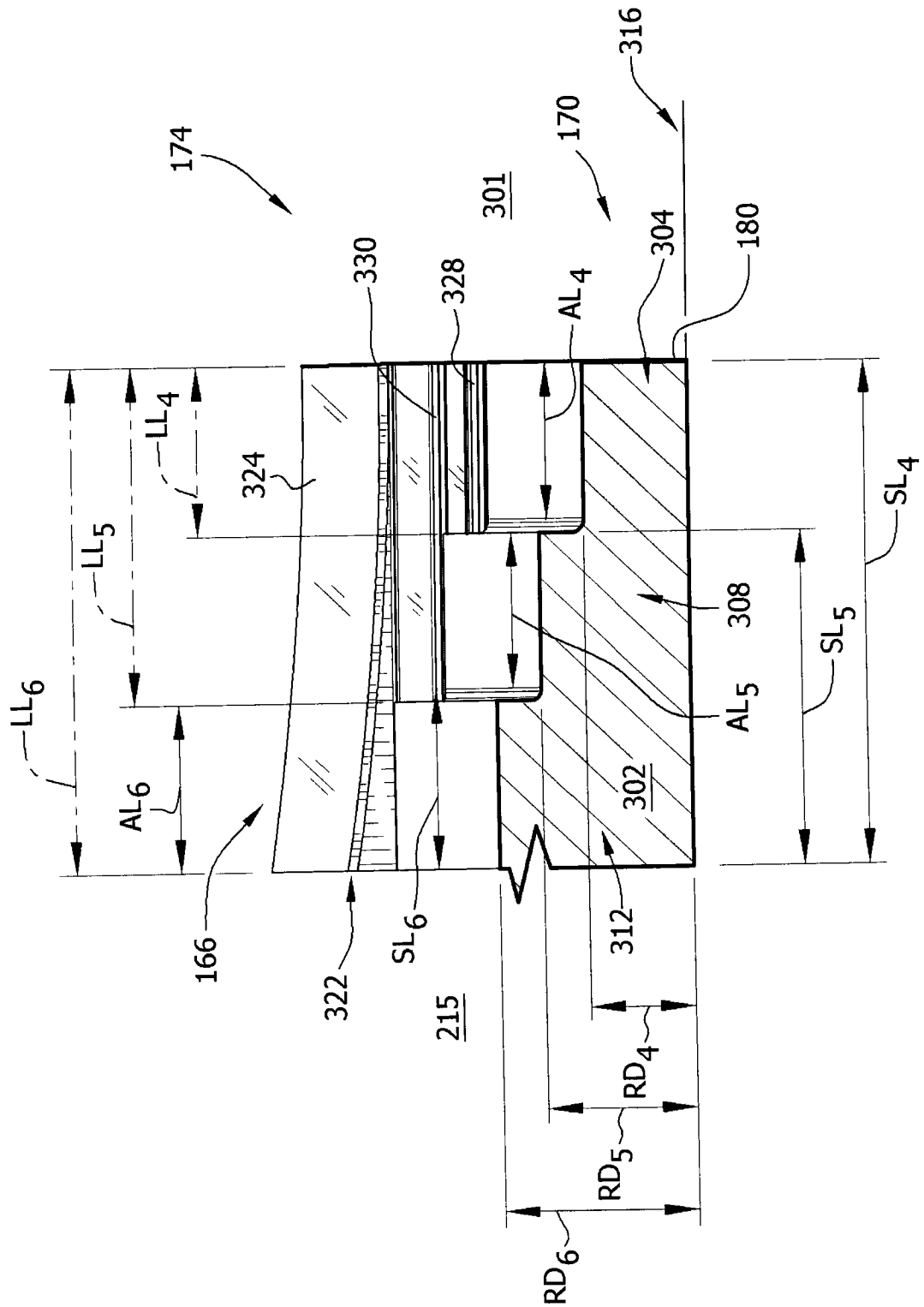


图 10

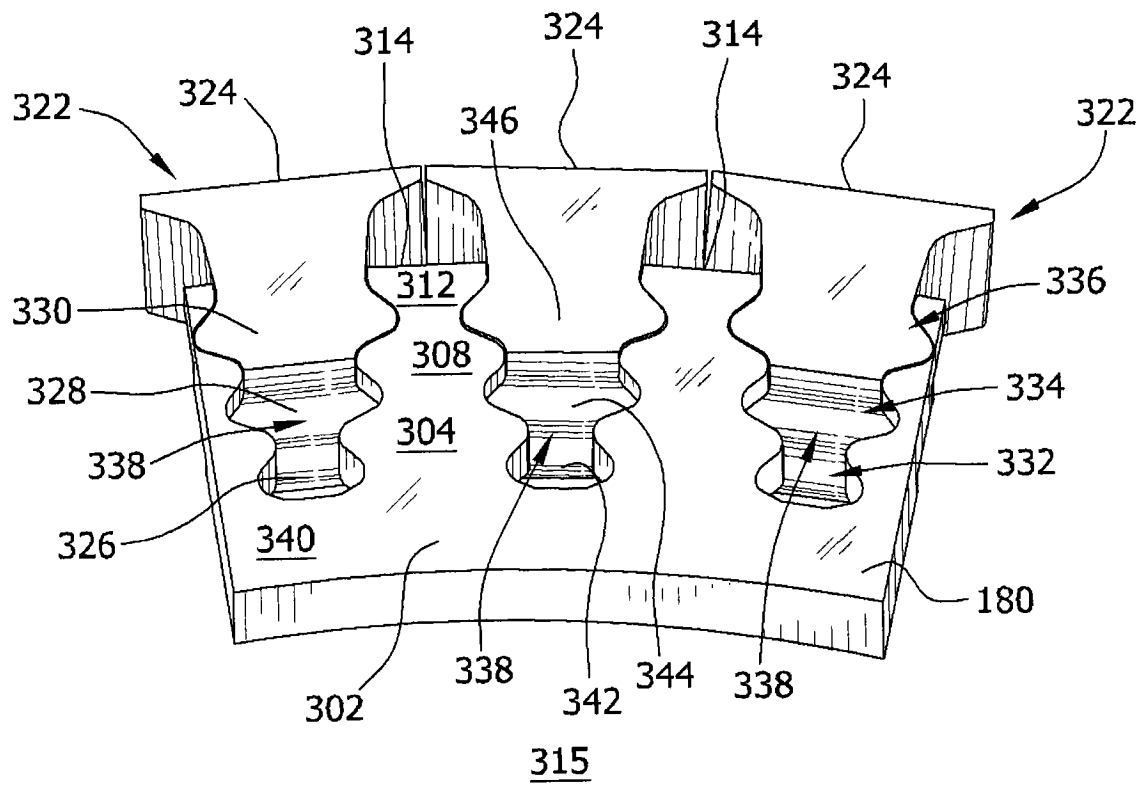


图 11

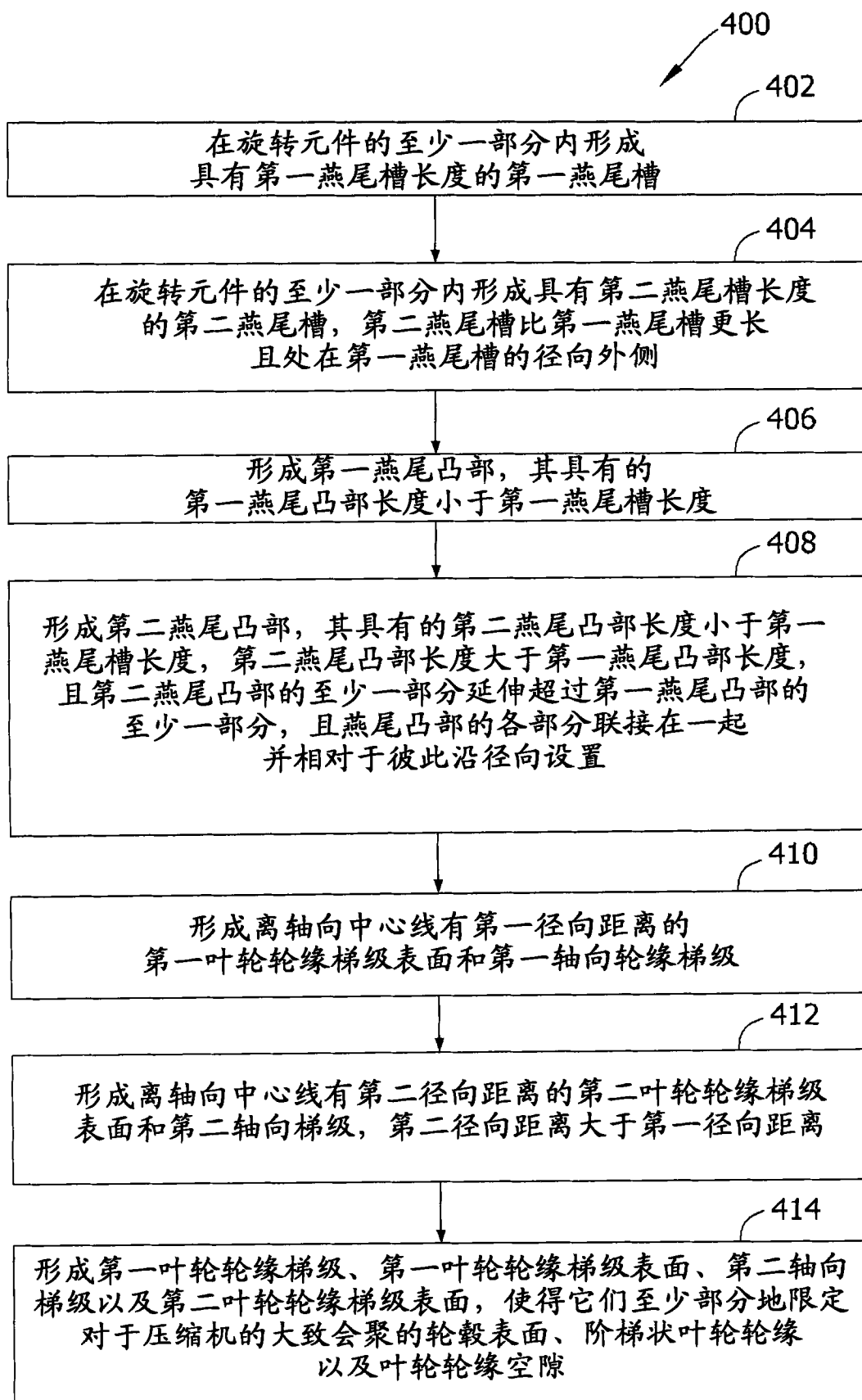


图 12



图 13