



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110359965 A  
(43)申请公布日 2019.10.22

(21)申请号 201910280293.6

(22)申请日 2019.04.09

(30)优先权数据

15/948207 2018.04.09 US

(71)申请人 通用电气公司

地址 美国纽约州

(72)发明人 G.M.伊策尔 J.C.琼斯 J.W.维尔

(74)专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司 72001

代理人 蔡宗鑫 金飞

(51)Int.Cl.

F01D 5/18(2006.01)

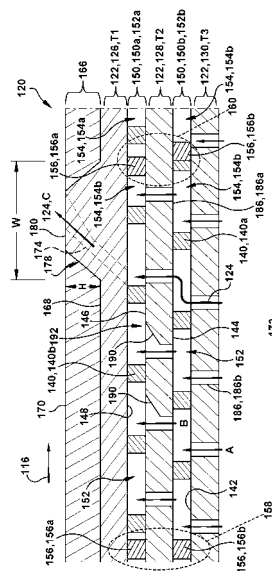
权利要求书1页 说明书15页 附图9页

(54)发明名称

涡轮翼型件多层外壁

(57)摘要

公开了一种翼型件,其具有用于改进冷却和寿命的包括多个间隔层的外壁。翼型件和外壁通过增材制造制成。外壁包括外层、中间层和内层,其各自通过多个隔断部件而与邻近层分开;在外层和中间层之间的多个第一冷却室,室通过第一分隔壁分隔;在中间层和内层之间的多个第二冷却室,室通过第二分隔壁分隔;在外层上的热障涂层;在中间层中的多个冲击开口和在内层中的第二多个冲击开口;和在外层中的多个冷却通路。外层还可包括在外面上的台部,冷却通路延伸穿过该台部。



1. 一种涡轮翼型件,所述涡轮翼型件包括:  
外壁,其包括:  
包括外层、中间层和内层的多个间隔层,其中所述多个间隔层中的各个通过多个隔断部件而与邻近的间隔层分开;  
限定第一冷却室的在所述外层和所述中间层之间的第一空间;  
限定第二冷却室的在所述中间层和所述内层之间的第二空间;  
第一分隔壁,其沿轴向将所述第一冷却室分隔成多个第一冷却室;  
第二分隔壁,其沿轴向将所述第二冷却室分隔成多个第二冷却室;  
热障涂层(TBC),其设置在所述外层的外面上,所述TBC具有构造成暴露于具有高温的工作流体的外面;  
所述内层内的第一多个冲击开口,所述第一多个冲击开口为冷却介质提供从所述涡轮翼型件的中心冷却室到所述多个第二冷却室中的至少一个的通道;  
所述中间层内的第二多个冲击开口,所述第二多个冲击开口为所述冷却介质提供从所述多个第二冷却室中的至少一个到所述多个第一冷却室中的至少一个的通道;以及  
所述外层内的多个冷却通路,所述多个冷却通路为所述冷却介质提供从所述多个第一冷却室中的至少一个到所述TBC的所述外面的通道。
2. 根据权利要求1所述的涡轮翼型件,其特征在于,所述第一分隔壁 沿着所述涡轮翼型件的径向长度从所述中间层的外面延伸至所述外层的内面。
3. 根据权利要求1所述的涡轮翼型件,其特征在于,所述第二分隔壁沿着所述涡轮翼型件的径向长度从所述内层的外面延伸至所述中间层的内面。
4. 根据权利要求1所述的涡轮翼型件,其特征在于,所述第一分隔壁和所述第二分隔壁共线。
5. 根据权利要求1所述的涡轮翼型件,其特征在于,所述涡轮翼型件还包括设置在所述外层的所述外面的多个台部,  
其中,所述多个冷却通路中的各个冷却通路设置成穿过所述多个台部中的一个台部,并且  
其中,所述多个台部中的各个台部的最上面没有所述TBC。
6. 根据权利要求1所述的涡轮翼型件,其特征在于,所述外层的厚度基本上等于所述中间层和所述内层中的至少一个的厚度。
7. 根据权利要求6所述的涡轮翼型件,其特征在于,所述外层的所述厚度为约20毫米至约80毫米。
8. 根据权利要求1所述的涡轮翼型件,其特征在于,所述中间层在所述中间层的外面和所述第二多个冲击开口中的冲击开口的侧壁的界面处包括倒角。
9. 根据权利要求1所述的涡轮翼型件,其特征在于,所述第一多个冲击开口不与所述第二多个冲击开口对齐。
10. 根据权利要求1所述的涡轮翼型件,其特征在于,所述多个隔断部件中的各个隔断部件的横截面几何形状包括圆形、椭圆形、跑道形、正方形、具有弯曲侧的正方形和矩形几何形状中的一种。

## 涡轮翼型件多层外壁

### 技术领域

[0001] 本公开大体上涉及构件的冷却,且更具体而言,涉及通过增材制造制成的热气体路径构件的多层壁的冷却。

### 背景技术

[0002] 暴露于在高温下的工作流体的热气体路径构件被广泛地用于工业机器中。例如,燃气涡轮系统包括具有多个级的涡轮,所述级具有从支承转子盘向外延伸的叶片。各个叶片包括暴露于热燃烧气体的流的翼型件。翼型件必须被冷却以经受住由燃烧气体产生的高温。不充分的冷却可在翼型件上导致脱开应力和氧化,并且可导致疲劳和/或损坏。因而,翼型件大体上为中空,其中一个或多个内部冷却回路导致多个冷却孔等。冷却空气通过冷却孔排出,以为翼型件的外表面提供膜冷却。其它类型的热气体路径构件和其它类型的涡轮构件可以相似的方式被冷却。

[0003] 尽管在本领域中,在将给定构件投入操作之前可执行许多模型和模拟,但构件或其任何区域可达到的精确温度由于构件特定的热和冷的位置而变化很大。具体地,构件可具有温度依赖性,其可受到过热的不利影响。结果,许多热气体路径构件可过冷以补偿可在构件上形成的局部热点。然而,这种过度过冷可对整个工业机器输出和效率产生负面影响。

[0004] 尽管存在冷却通路,但许多构件还依赖于施加到其外表面的热障涂层(TBC)来保护构件。如果在热气体路径构件的TBC中发生称为开裂的断裂、裂缝或损失,则开裂处的构件的局部温度可升高到有害温度。例如,开裂可使热气体路径构件的外壁暴露于高温流体,从而致使外表面氧化,缩短热气体路径构件的寿命。针对TBC开裂的一种办法在TBC下的冷却孔中提供塞子。当开裂发生时,典型地通过暴露于足以熔化塞子的热来移除塞子,冷却孔打开并且冷却介质可从流体地联接至冷却孔的内部冷却回路流动。塞子可为多孔的,以有助于它的移除。该工艺减少了过冷。然而,塞子的形成是复杂的,需要材料的精确机加工和/或精确热处理或化学处理来形成塞子。

### 发明内容

[0005] 本公开的第一方面提供了一种涡轮翼型件,该翼型件包括:外壁,其包括:包括外层、中间层和内层的多个间隔层,其中多个间隔层中的各个通过多个隔断(standoff)部件而与邻近的间隔层分开;限定第一冷却室的在外层和中间层之间的第一空间;限定第二冷却室的在中间层和内层之间的第二空间;第一分隔壁,其沿轴向将第一冷却室分隔成多个第一冷却室;第二分隔壁,其沿轴向将第二冷却室分隔成多个第二冷却室;热障涂层(TBC),其设置在外层的外面上,该TBC具有构造成暴露于具有高温的工作流体的外面;内层内的第一多个冲击开口,第一多个冲击开口为冷却介质提供从涡轮翼型件的多个第二冷却室中的至少一个的通道;中间层内的第二多个冲击开口,第二多个冲击开口为冷却介质提供从多个第二冷却室中的至少一个到多个第一冷却室中的至少一个的通道;和外层内的多个冷却通路,多个冷却通路为冷却介质提供从多个第一冷却室中的至少一个到TBC

的外面的通道。

[0006] 本公开的另一方面提供了一种热气体路径 (HGP) 构件, 该翼型件包括: 外壁, 其包括: 包括外层、中间层和内层的多个间隔层, 其中多个间隔层中的各个通过多个隔断部件而与邻近的间隔层分开; 限定第一冷却室的在外层和中间层之间的第一空间; 限定第二冷却室的在中间层和内层之间的第二空间; 第一分隔壁, 其沿轴向将第一冷却室分隔成多个第一冷却室; 第二分隔壁, 其沿轴向将第二冷却室分隔成多个第二冷却室; 热障涂层 (TBC), 其设置在外层的外面上, TBC 具有构造成暴露于具有高温的工作流体的外面; 内层内的第一多个冲击开口, 第一多个冲击开口为冷却介质提供从涡轮翼型件的中心冷却室到多个第二冷却室中的至少一个的通道; 中间层内的第二多个冲击开口, 第二多个冲击开口为冷却介质提供从多个第二冷却室中的至少一个到多个第一冷却室中的至少一个的通道; 设置在外层的外面上的多个台部 (plateau), 其中多个台部中的各个台部的最上面没有 TBC; 和外层内的多个冷却通路, 多个冷却通路中的各个冷却通路设置成穿过多个台部中的一个台部, 并且其中, 多个冷却通路为冷却介质提供从多个第一冷却室中的至少一个到 TBC 的外面的通道。

[0007] 本公开的第三方面提供了一种方法, 其包括: 增材制造涡轮翼型件, 涡轮翼型件包括: 外壁, 其具有: 包括外层、中间层和内层的多个间隔层, 其中多个间隔层中的各个通过多个隔断部件而与邻近的间隔层分开; 限定第一冷却室的在外层和中间层之间的第一空间; 限定第二冷却室的在中间层和内层之间的第二空间; 第一分隔壁, 其沿轴向将第一冷却室分隔成多个第一冷却室; 第二分隔壁, 其沿轴向将第二冷却室分隔成多个第二冷却室; 内层内的第一多个冲击开口, 第一多个冲击开口为冷却介质提供从涡轮翼型件的中心冷却室到多个第二冷却室中的至少一个的通道; 中间层内的第二多个冲击开口, 第二多个冲击开口为冷却介质提供从多个第二冷却室中的至少一个到多个第一冷却室中的至少一个的通道; 和外层内的多个冷却通路, 多个冷却通路为冷却介质提供从多个第一冷却室中的至少一个到外层的外面的通道; 以及将热障涂层 (TBC) 施加在外层的外面上, 该 TBC 具有构造成暴露于具有高温的工作流体的外面。

[0008] 本公开的示范性方面设计成解决本文描述的问题和/或未论述的其它问题。

[0009] 技术方案 1. 一种涡轮翼型件, 所述涡轮翼型件包括:

外壁, 其包括:

包括外层、中间层和内层的多个间隔层, 其中所述多个间隔层中的各个通过多个隔断部件而与邻近的间隔层分开;

限定第一冷却室的在所述外层和所述中间层之间的第一空间;

限定第二冷却室的在所述中间层和所述内层之间的第二空间;

第一分隔壁, 其沿轴向将所述第一冷却室分隔成多个第一冷却室;

第二分隔壁, 其沿轴向将所述第二冷却室分隔成多个第二冷却室;

热障涂层 (TBC), 其设置在所述外层的外面上, 所述 TBC 具有构造成暴露于具有高温的工作流体的外面;

所述内层内的第一多个冲击开口, 所述第一多个冲击开口为冷却介质提供从所述涡轮翼型件的中心冷却室到所述多个第二冷却室中的至少一个的通道;

所述中间层内的第二多个冲击开口, 所述第二多个冲击开口为所述冷却介质提供从所

述多个第二冷却室中的至少一个到所述多个第一冷却室中的至少一个的通道;以及

所述外层内的多个冷却通路,所述多个冷却通路为所述冷却介质提供从所述多个第一冷却室中的至少一个到所述TBC的所述外面的通道。

[0010] 技术方案2. 根据技术方案1所述的涡轮翼型件,其特征在于,所述第一分隔壁沿着所述涡轮翼型件的径向长度从所述中间层的外面延伸至所述外层的内面。

[0011] 技术方案3. 根据技术方案1所述的涡轮翼型件,其特征在于,所述第二分隔壁沿着所述涡轮翼型件的径向长度从所述内层的外面延伸至所述中间层的内面。

[0012] 技术方案4. 根据技术方案1所述的涡轮翼型件,其特征在于,所述第一分隔壁和所述第二分隔壁共线。

[0013] 技术方案5. 根据技术方案1所述的涡轮翼型件,其特征在于,所述涡轮翼型件还包括设置在所述外层的所述外面的多个台部,

其中,所述多个冷却通路中的各个冷却通路设置成穿过所述多个台部中的一个台部,并且

其中,所述多个台部中的各个台部的最上面没有所述TBC。

[0014] 技术方案6. 根据技术方案1所述的涡轮翼型件,其特征在于,所述外层的厚度基本上等于所述中间层和所述内层中的至少一个的厚度。

[0015] 技术方案7. 根据技术方案6所述的涡轮翼型件,其特征在于,所述外层的所述厚度为约20毫米至约80毫米。

[0016] 技术方案8. 根据技术方案1所述的涡轮翼型件,其特征在于,所述中间层在所述中间层的外面和所述第二多个冲击开口中的冲击开口的侧壁的界面处包括倒角。

[0017] 技术方案9. 根据技术方案1所述的涡轮翼型件,其特征在于,所述第一多个冲击开口不与所述第二多个冲击开口对齐。

[0018] 技术方案10. 根据技术方案1所述的涡轮翼型件,其特征在于,所述多个隔断部件中的各个隔断部件的横截面几何形状包括圆形、椭圆形、跑道形、正方形、具有弯曲侧的正方形和矩形几何形状中的一种。

[0019] 技术方案11. 一种热气体路径(HGP)构件,所述HGP构件包括:

外壁,其包括:

包括外层、中间层和内层的多个间隔层,其中所述多个间隔层中的各个通过多个隔断部件而与邻近的间隔层分开;

限定第一冷却室的在所述外层和所述中间层之间的第一空间;

限定第二冷却室的在所述中间层和所述内层之间的第二空间;

第一分隔壁,其沿轴向将所述第一冷却室分隔成多个第一冷却室;

第二分隔壁,其沿轴向将所述第二冷却室分隔成多个第二冷却室;

热障涂层(TBC),其设置在所述外层的外面上,所述TBC具有构造成暴露于具有高温的工作流体的外面;

所述内层内的第一多个冲击开口,所述第一多个冲击开口为冷却介质提供从所述涡轮翼型件的中心冷却室到所述多个第二冷却室中的至少一个的通道;

所述中间层内的第二多个冲击开口,所述第二多个冲击开口为所述冷却介质提供从所述多个第二冷却室中的至少一个到所述多个第一冷却室中的至少一个的通道;

设置在所述外层的所述外面的多个台部,其中所述多个台部中的各个台部的最上面没有所述TBC;以及

所述外层内的多个冷却通路,所述多个冷却通路中的各个冷却通路设置成穿过所述多个台部中的一个台部,并且其中,所述多个冷却通路为所述冷却介质提供从所述多个第一冷却室中的至少一个到所述TBC的所述外面的通道。

[0020] 技术方案12. 根据技术方案11所述的HGP构件,其特征在于,所述外层的厚度基本上等于所述中间层和所述内层中的至少一个的厚度。

[0021] 技术方案13. 根据技术方案12所述的HGP 构件,其特征在于,所述外层的所述厚度为约20毫米至约80毫米。

[0022] 技术方案14. 根据技术方案11所述的HGP构件,其特征在于,在所述TBC和外层中的开裂引起的开口暴露于所述第二多个冲击开口的第一部分的情形中,所述外壁中的所述冷却介质构造成在由所述开裂引起的开口暴露的所述外壁的一部分上形成槽冷却膜。

[0023] 技术方案15. 一种方法,包括:

增材制造涡轮翼型件,所述涡轮翼型件包括:

外壁,其具有:

包括外层、中间层和内层的多个间隔层,其中所述多个间隔层中的各个通过多个隔断部件而与邻近的间隔层分开;

限定第一冷却室的在所述外层和所述中间层之间的第一空间;

限定第二冷却室的在所述中间层和所述内层之间的第二空间;

第一分隔壁,其沿轴向将所述第一冷却室分隔成多个第一冷却室;

第二分隔壁,其沿轴向将所述第二冷却室分隔成多个第二冷却室;

所述内层内的第一多个冲击开口,所述第一多个冲击开口为冷却介质提供从所述涡轮翼型件的中心冷却室到所述多个第二冷却室中的至少一个的通道;

所述中间层内的第二多个冲击开口,所述第二多个冲击开口为所述冷却介质提供从所述多个第二冷却室中的至少一个到所述多个第一冷却室中的至少一个的通道;和

所述外层内的多个冷却通路,所述多个冷却通路为所述冷却介质提供从所述多个第一冷却室中的至少一个到所述外层的外面的通道;以及

将热障涂层(TBC)施加在所述外层的所述外面上,所述TBC具有构造成暴露于具有高温的工作流体的外面。

[0024] 技术方案16. 根据技术方案15所述的方法,其特征在于,所述方法还包括响应于在所述涡轮翼型件的所述外层中的开裂引起的开口,允许所述冷却介质在由所述开裂引起的开口暴露的所述外壁的一部分上形成槽冷却膜。

[0025] 技术方案17. 根据技术方案16所述的方法,其特征在于,所述槽冷却膜通过离开由所述开裂引起的开口暴露的所述第二多个冲击开口的第一部分的第一自适应冷却介质和离开所述第二多个冲击开口的第二部分的第二自适应流体流形成,所述第二多个冲击开口的所述第二部分邻近所述第一部分并在所述第一部分上游,其中所述第二自适应流体流接触所述第一自适应流体流以沿平行于所述外层的内面的方向引导所述第一自适应流体流。

[0026] 技术方案18. 根据技术方案16所述的方法,其特征在于,所述第一分隔壁防止所

述工作流体进入所述开裂引起的开口,并且其中所述第一隔壁防止所述槽冷却膜重新进入所述开裂引起的开口。

[0027] 技术方案19. 根据技术方案15所述的方法,其特征在于,所述方法还包括响应于所述TBC中的开裂使所述外层的所述外面的一部分暴露,自适应冷却流从所述中心冷却室行进至所述外层的内面以大大降低所述外层的氧化。

[0028] 技术方案20. 根据技术方案15所述的方法,其特征在于,所述中间层在所述中间层的外面和所述第二多个冲击开口中的冲击开口的侧壁之间的界面处包括倒角,并且还包  
括允许所述倒角将所述冷却介质引导成基本上平行于所述中间层的所述外面。

## 附图说明

[0029] 根据结合附图进行的的本公开的各个方面的以下详细描述,将更容易地理解本公开的这些及其它特征,附图描绘了本公开的各种实施例,在附图中:

图1为具有呈燃气涡轮系统形式的热气体路径构件的示范性工业机器的示意图。

[0030] 图2为呈涡轮翼型件形式的已知热气体路径构件的透视图。

[0031] 图3为根据本公开的实施例的呈涡轮翼型件形式的热气体路径构件的透视图。

[0032] 图4为根据本公开的实施例的涡轮翼型件的多层外壁的一部分的横截面视图。

[0033] 图5-10为根据本公开的实施例的涡轮翼型件的多层外壁的隔断部件的各种几何形状的横截面视图。

[0034] 图11为根据本公开的实施例的在壁的外层上包括TBC开裂的涡轮翼型件的多层外壁的一部分的横截面视图。

[0035] 图12为根据本公开的实施例的在壁的外层中包括开裂引起的开口的涡轮翼型件的多层外壁的一部分的横截面视图。

[0036] 图13为根据本公开的实施例的增材制造工艺的框图,该增材制造工艺包括非暂时性计算机可读存储介质,其存储表示呈涡轮翼型件形式的热气体路径构件的代码。

[0037] 注意,本公开的附图并未按比例绘制。附图意在仅描绘本公开的典型方面,且因此不应被认作是限制本公开的范围。在附图中,相同编号表示在附图之间的相同元件。

[0038] 部件列表

18 涡轮

30 HGP 构件

32, 100 翼型件

34, 120 外壁

62, 124 冷却介质

116 工作流体

122 间隔层

126 外层

128 中间层

130 内层

140 隔断部件

144, 148 内面

142, 146, 168, 170 外面  
150 空间  
152 冷却室  
156 分隔壁  
166 TBC  
172 中心室  
174 冷却通路  
178 台部  
186 冲击开口  
190 倒角  
191 侧壁  
191 界面  
200 开裂  
202 部分  
210 开口  
214 槽冷却膜  
310 室  
150a 第一空间  
150b 第二空间  
152a 第一冷却室  
152b 第二冷却室。

### 具体实施方式

[0039] 作为初始的问题,当参照和描述诸如燃气涡轮系统的工业机器内的相关机器构件时,为了清楚地描述本公开,将有必要选择某些术语。当这样做时,如果可能的话,常用的工业术语将以与其可接受的含义一致的方式而被使用和采用。除非另外陈述,否则这种术语应当被给予与本申请的上下文和所附权利要求书的范围一致的宽泛解释。本领域普通技术人员将认识到,通常可使用若干不同或重叠的用语来指代特定构件。本文中可描述为单个部分的内容可包括多个构件并可在另一背景下被引用为由多个构件组成。备选地,本文中可描述为包括多个构件的内容可在别处被称为单个部分。

[0040] 此外,本文中可有规律地使用若干描述性用语,并且在本节开始时限定这些用语应当认为是有帮助的。除非另外陈述,否则这些用语及其定义如下所述。用语“径向”是指垂直于轴线的移动或位置。在诸如此类的情况下,如果第一构件比第二构件更靠近轴线而定位,则将在本文中陈述为第一构件在第二构件的“径向内部”或“内侧”。另一方面,如果第一构件定位成比第二构件更远离轴线,则可在本文中陈述为第一构件在第二构件的“径向外侧”或“外侧”。将认识到的是,这种用语可相对于涡轮的中心轴线而被应用。

[0041] 如上文指示的,本公开提供了呈涡轮翼型件形式的热气体路径(HGP)构件,其包括具有多个层的外壁。涡轮翼型件的外壁的层可间隔开以在其间形成冷却室。冷却室可各自通过在层之间延伸的分隔壁沿轴向分隔成多个冷却室。涡轮翼型件的外壁的外层可包括多



个冷却通路,其允许有从至少一个冷却室至涡轮翼型件的外表面的冷却流体流。外层还可在其外表面上包括热障涂层(TBC)。外壁的除了外层之外的可各自包括允许冷却流体在涡轮翼型件的中心室和冷却室的至少一个之间流动的多个冲击开口。

[0042] 涡轮翼型件外壁及其结构可由增材制造形成。当热障涂层(TBC)中的开裂将多层外壁的外层暴露于高温环境时,壁的结构允许冷却流体流从涡轮翼型件的中心室穿过冷却室到达外层的内面,以减缓暴露的外层的氧化。在通过外层的氧化使壁的其他层中的至少一个暴露后,冷却室和冲击开口可允许冷却流体流在暴露的外层中的开口上形成槽膜。在形成开裂之前,冷却室和冲击开口允许冷却流体流与外层的内面接触以冷却层。如本文论述的涡轮翼型件外壁及其结构可增加翼型件在TBC中形成开裂的情形下的寿命。

[0043] 现在参照附图,在附图中相同的标号遍及若干视图指代相同的元件,图1示出呈燃气涡轮系统2形式的示范性工业机器的示意图。虽然本公开将关于燃气涡轮系统2而被描述,但强调的是,本公开的教导可适用于具有需要冷却的热气体路径构件的任何工业机器。燃气涡轮系统2可包括压缩机4。压缩机4压缩进入的空气流8,并将压缩的空气流8输送到燃烧器10。燃烧器10将压缩的空气流8与加压的燃料流12混合并点燃混合物以产生燃烧气体流16。虽然仅示出了单个燃烧器10,但燃气涡轮系统2可包括任何数量的燃烧器10。燃烧气体流16又被输送到涡轮18。燃烧气体流16驱动涡轮18以产生机械功。在涡轮18中产生的机械功经由轴20驱动压缩机4,并驱动外部负载24(诸如发电机等)。

[0044] 燃气涡轮系统2可使用天然气、液体燃料、各种类型的合成气和/或其它类型的燃料及其共混物。燃气涡轮系统2可例如为由纽约州的斯卡奈塔第(Schenectady, N.Y.)的通用电气公司提供的许多不同燃气涡轮发动机中的任何一种。燃气涡轮系统2的可具有不同的构造并可使用其它类型的构件。本公开的教导可适用于使用热气体路径的其它类型的燃气涡轮系统和/或工业机器。多个燃气涡轮系统,或涡轮的类型,和/或发电设备的类型也可本文中一起被使用。

[0045] 图2示出具有涡轮翼型件32的热气体路径(HGP)构件30的示例,其可在涡轮18(图1)的热气体路径(HGP)等中使用。虽然本公开将关于涡轮翼型件32并且更具体而言是其外壁34而被描述,但强调的是,本公开的教导可适用于需要冷却的任何热气体路径(HGP)构件。一般而言,HGP构件30可包括翼型件32、柄部部分36和设置在翼型件32和柄部部分36之间的平台40。翼型件32大体上从平台40沿径向向外延伸并包括前缘42和后缘44。翼型件32还可包括限定压力侧48的凹面和限定吸力侧46的相反的凸面。平台40可为大体上水平且平面的。柄部部分36可从平台40沿径向向下延伸,使得平台40大体上限定翼型件32和柄部部分36之间的界面。柄部部分36可包括柄腔52。柄部部分36还可包括一个或多个天使翼54和根部结构56(诸如燕尾榫等)。根部结构56可构造成与其它结构HGP构件30一起固定到轴20(图1)。可围绕轴20(图1)沿周向布置任何数量的HGP构件30。本文中也可使用其它构件和构造。

[0046] 涡轮翼型件32可包括延伸穿过其中的一个或多个冷却回路60,以使来自压缩机4(图1)或来自另一个源的冷却介质62(诸如空气)流动。也可在本文中使用蒸汽和其它类型的冷却介质62。冷却回路60和冷却介质62可以任何顺序、方向或路线至少循环通过翼型件32的部分、柄部部分36和平台40。许多不同类型的冷却回路和冷却介质可在本文中以任何定向被使用。冷却回路60可导致用于围绕翼型件32或其它地方的膜冷却的多个冷却通道66

或其它类型的冷却通道。可使用其它类型的冷却方法。也可在本文中使用的其它构件和/或构造。

[0047] 图3-4示出如可在本文中描述的呈涡轮翼型件100(下文称翼型件100)形式的HGP构件的示例。图3是翼型件100的透视图,且图4是翼型件100的外壁120的一部分的横截面视图。尽管在图4中示出翼型件100的一部分,但理解的是,外壁120及其结构可沿翼型件100的周边的一部分或整体延伸。

[0048] 如本文描述的外壁120及其结构不限于翼型件100。如上文论述的,尽管本文关于翼型件100进行了描述,但本公开的结构可为叶片的部分;导叶;或任何类型的空气冷却构件,包括柄部、平台或任何类型的热气体路径构件。本文中可使用其它类型的HGP构件和其它构造。本公开的结构也可适用于喷嘴(例如,定子喷嘴、喷嘴侧壁等)、护罩、隔热罩和/或燃烧构件。

[0049] 类似于上面描述的翼型件,翼型件100可包括前缘108和后缘110。同样,翼型件100可包括压力侧112和吸力侧114。工作流体116可沿着翼型件100的暴露的热障涂层(TBC)166而从前缘流到后缘。工作流体116可包括高温。如本文中使用的,“高温”取决于工业机器的形式,例如,针对燃气涡轮系统2,高温可为大于100摄氏度(°C)的任何温度。

[0050] 如在图3和图4中示出的,根据本公开的实施例,翼型件100可包括外壁120。如图4中最佳示出,外壁120包括多个间隔层122。如将在本文中进一步详细论述的,多个间隔层122可通过流过翼型件100的冷却介质124改进外壁120和/或翼型件100的冷却。翼型件100的外壁120可包括外层126、中间层128和内层130。各个间隔层122可包括约0.020英寸至约0.100英寸的厚度。两个或更多个间隔层122可形成为包括相同和/或不同的厚度。在图4的示例中,外层126可包括厚度T1,该厚度T1基本上等于中间层128的厚度T2和/或内层130的厚度T3。尽管示出了三个层,但理解的是,外壁120可包括任何所需数量(例如,五层、十层、二十层等)的间隔层122,即,具有不止一个中间层128。

[0051] 外壁120可包括多个隔断部件140,其将各个间隔层122与邻近间隔层分开。各个隔断部件140可由导热材料(例如,一种或多种金属)形成。隔断部件140可使热传导通过外壁120并帮助在操作期间引导冷却介质124的流穿过外壁120。如图4中示出的,隔断部件140a可从内层130的外面142延伸到中间层128的内面144。隔断部件140b可从中间层128的外面146延伸到外层126的内面148。隔断部件140可例如基于其中采用翼型件100的特定涡轮机和/或在采用该涡轮机情况下的流动路径的特性而将间隔层122分开任何距离。例如,隔断部件140可将各个间隔层122分开如下距离:等于本文后面论述的如形成在一个或多个间隔层内的冲击开口的直径的约一半到五倍。以该距离形成间隔层122可减少在操作期间可在外壁120的层122之间变得停滞的冷却介质124的量。

[0052] 简要地转到图5-10,示出了用于(一个或多个)隔断部件140的各种几何轮廓的横截面视图。隔断部件140可包括任何期望的横截面几何形状,用于在操作期间传导热并引导冷却介质124的流通过外壁120。也可例如基于其中采用翼型件100的特定涡轮机和/或在采用该涡轮机情况下的流动路径的特性来选择横截面几何形状。例如,如图5和图6中示出的,隔断部件140可包括圆形或椭圆形横截面几何形状。如图7和图8中示出的,隔断部件140可包括正方形或矩形横截面几何形状。如图9中示出的,隔断部件140可包括具有弯曲侧的多边形(例如正方形)横截面几何形状。如图10中示出的,隔断部件140可包括曲线和/或混合

式(即,跑道形)横截面几何形状。尽管在图5-10中示出为包括特定的几何形状和定向,但理解的是,隔断部件可包括任何期望的横截面几何形状和/或定向。尽管在图4中示出特定布局 and 数量的隔断部件140,但理解的是,在不超出本公开的范围的情况下,任何期望数量和/或布局的隔断部件可用来分开间隔层122。另外,理解的是,任何数量的隔断部件140可包括相同和/或不同的横截面几何形状。

[0053] 外壁120的多个间隔层122可允许多个冷却室152形成在翼型件100的外壁120内。如本文将论述的,多个室152可在操作期间改进外壁120和/或翼型件100的冷却。如图4中示出的,在间隔层122之间的空间150可限定冷却室152。例如,在外层126和中间层128之间的第一空间150a可限定第一冷却室152a。在中间层128和内层130之间的第二空间150b可限定第二冷却室152b。如上面论述的,任何数量的间隔层122可包括在外壁120中并且因此在其间由空间150限定的任何数量的冷却室152可包括在外壁120中。

[0054] 外壁120还可包括至少一个分隔壁156,其沿轴向将一组间隔层122之间的各个冷却室152分成若干个冷却室154。(一个或多个)分隔壁156可延伸到图4的页面中和延伸出图4的页面,这与隔断部件140相反。如本文中将进一步论述的,分隔壁156可在开裂引起的开口(例如,图12的开裂引起的开口210)形成在外壁120的外层126中的情形下防止冷却介质124重新进入翼型件100并防止工作流体116进入翼型件100。如图中4示出的,第一组分隔壁156a可沿轴向将第一冷却室152a分成多个第一室154a。第一组分隔壁156a中的各个分隔壁156可从中间层128的外面146延伸到外层126的内面148。如还在图4中示出的,第二组分隔壁156b可沿轴向将第二冷却室152b分成多个第二室154b。第二组分隔壁156b中的各个分隔壁156可从内层130的外面142延伸到中间层128的内面144。

[0055] 各个分隔壁156可基本上沿着翼型件100的整个径向长度L(图3)延伸。例如,各个分隔壁156可延伸到图4的页面中和延伸出图4的页面以用于翼型件的整个长度、在另一个非限制性示例中,各个分隔壁156可沿着翼型件100的径向长度L(图3)的不同部分延伸。如图4中进一步示出的,邻近的第一分隔壁156a和第二分隔壁156b,例如邻近组158(以虚线表示),可基本上彼此对齐。备选地,邻近的第一分隔壁156a和第二分隔壁156b,例如邻近组160(以虚线表示),可彼此不对齐。尽管在图4的示例中示出了四个分隔壁156,但理解的是,任何期望数量的分隔壁可沿翼型件100的外壁120的压力侧112和/或吸力侧114而被包括。

[0056] 如上文论述的,翼型件100可包括设置在外壁120上以暴露于工作流体116的TBC 166。TBC 166可在构件暴露于高温工作流体116期间保护翼型件100。例如,TBC 166的外面170可构造成经得住暴露于工作流体116。如图3和图4中示出的,TBC 166可设置在翼型件100的外壁120的外层126的外面168上。TBC 166可包括构造成保护外壁120的外表面168免受热损坏(例如,蠕变、热疲劳、裂化和/或氧化)的任何现在已知的或以后开发的层或材料。TBC 166可包括例如陶瓷毯、氧化锆、氧化钇稳定的氧化锆、贵金属-铝化物(诸如铂铝)、MCrAlY合金(其中M可为钴、镍或钴-镍合金且Y是氧化钇或另一稀土元素),和/或任何其它现在已知的或以后开发的TBC材料。

[0057] TBC 166可包括一种或多种材料组合物中的一个或多个层。例如,TBC 166可包括在热障层下的粘合涂层。在另一个未示出的非限制性示例中,TBC 166可包括粘合涂层层;位于粘合涂层层上的中间层;和位于中间层上的外层或绝缘层。在TBC 166包括粘合涂层层(未示出)的示例中,粘合涂层层可包括:富含铝的材料,其包括扩散铝化物;MCrAlY,其中M

是铁、钴或镍且Y是氧化钇或另一种稀土元素；或任何其它合适的粘合涂层材料。在TBC包括中间层的示例中，中间层可包括氧化钇稳定的氧化锆或任何其它TBC中间层材料。在TBC 166包括外层或绝缘层的示例中，绝缘层可包括超低导热率的陶瓷材料，其包括例如锆或钆基的氧化物晶格结构( $ZrO_2$ 或 $HfO_2$ )和氧化物稳定剂化合物(有时被称为氧化物“掺杂剂”)，其包括氧化镱( $Yb_2O_3$ )、氧化钇( $Y_2O_3$ )、氧化钆( $HfO_2$ )、氧化镧( $La_2O_3$ )、氧化钽( $Ta_2O_5$ )和氧化锆( $ZrO_2$ )中的一种或多种，或任何其它期望的TBC绝缘材料。

[0058] 可通过沉积和/或任何其它现在已知或以后开发的用于在表面上形成TBC的工艺而在外面168上形成TBC 166。TBC 166可在完成翼型件100之后在外层126的外面168上形成。在另一个非限制性示例中，TBC 166可在外层126内形成冷却通路172之前形成在外面168上。

[0059] 如图4中最佳示出的，并且如将在本文中更详细论述的，外壁120的间隔层122可各自在其中包括多个开口，以引导冷却介质124从翼型件100的中心室172通过外壁120流至TBC 166的外面170。例如，在操作期间，冷却介质124可被引导成从中心室172沿路径A、B和/或C流动。冷却介质124可在暴露于高温工作流体116期间冷却翼型件100。例如，流过外壁120的冷却介质124可吸收来自外壁120、TBC 166和/或翼型件100的其它部分的热。

[0060] 先转到外层126，多个冷却通路174可包括在其中。冷却通路174可允许冷却介质124在TBC 166暴露于高温工作流体116时离开外壁120以冷却TBC 166。例如，冷却介质124可沿着路径C从多个第一冷却室154a中的一个或多个流到TBC 166的外面170。冷却通路174可具有例如基于特定涡轮机和/或在采用该涡轮机情况下的流动路径的特性而选择的任何尺寸、形状或构造。本文中可使用任何数量的冷却通路 174。冷却通路174可以正交或非正交的方式延伸到TBC 166的外层126的外面168和/或TBC 166的外面170。

[0061] 如图3和图4中示出的，外层126可任选地包括设置在外层126的外表面168上的多个台部178或凸出特征。台部178可为外层126的部分提供额外的厚度。台部178的存在可允许冷却通路174的长度增加，并从而可改进通过其中的冷却介质124的流。一个或多个冷却通路174可延伸穿过台部178而到达其最上表面180。在各种实施例中，在图4中示出的设置中，各个台部178可具有约0.1英寸至1.5英寸的宽度W和约0.04英寸至约0.15英寸的高度H。尽管在图3和图4的示例中示出特定数量的台部178，但理解的是，任何数量的台部都可包括在外层126的外表面168上。如图4中进一步示出的，在其中外层126包括设置在其上的台部178的示例中，TBC 166可包括小于或等于台部178的高度的厚度。例如，如图3和图4二者中示出的，台部178的最上表面180可保持没有TBC 166。尽管表面180在图3中被示出为包括正方形几何形状，但理解的是，表面180可包括任何期望的形状，例如，圆形、菱形、矩形、卵形等。

[0062] 接下来转向间隔层122的中间层128和内层130，各个层可包括多个冲击开口186。冲击开口186可引导冷却介质124的流从翼型件100的中心室172进入外壁120的冷却室152并通过外壁120的冷却室152。例如，如图4中示出的，中间层128可包括形成于其中的第一多个冲击开口186a。在操作期间，冷却介质124可被引导成沿路径A从中心室172通过第二多个冲击开口186b流到多个第二冷却室154b中的一个或多个冷却室中。内层130可包括形成于其中的第二多个冲击开口186b。在操作期间，冷却介质124也可被引导成沿路径B从多个第二冷却室的154b中的一个或多个冷却室流动通过第一多个冲击开口186a，并且到达多个第

一冷却室154a中的一个或多个冷却室。如图4中示出的,沿路径B流动的冷却介质124可接触内面148,从中吸收热并冷却外层126。

[0063] 冲击开口186可具有基于其中可采用翼型件100的特定涡轮机和/或在采用该涡轮机情况下的流动路径的特性而选择的任何尺寸、形状或构造。例如,各个冲击开口186可包括约0.012英寸至约0.10英寸的直径,并且可相互间隔开口直径的约3倍至约12倍的等同距离。如上文论述的,在关于隔断部件140的一个示例中,各个间隔层122可分开冲击开口直径的约一半到五倍的距离,这可减少在操作期间可在冷却室中变得停滞的离开冲击开口的冷却介质124的量。本文中可使用任何数量的冲击开口186。冲击开口186可分别以正交方式或非正交方式延伸到内层130的外面142和/或中间层128的外面146。第一多个冲击开口186a相对于邻近组的冲击开口(例如,第二多个冲击开口186a)的位置可基于所需的通过外壁120的冷却介质124的流而变化。例如,冲击开口在邻近间隔层122中的相对位置可调节以改变外壁120内的冷却介质124的流动剖面、湍流等。如图4的示例中示出的,第一多个冲击开口186a可不与第二多个冲击开口186b对齐。在邻近间隔层122中形成未对齐的冲击开口可例如沿较长的路径引导冷却介质124,这可允许冷却介质从外壁120吸收更多的热。尽管未示出,但在另一个非限制性示例中,第一多个冲击开口186a中的一些或全部开口可与第二多个冲击开口186b基本对齐。

[0064] 如图4中进一步示出的,中间层128和/或内层130可在冲击开口186和层的面之间的界面192处任选地包括倒角或扩散器部分190(下文中称为(一个或多个)倒角190)。例如,中间层128可在冲击开口186a的侧壁192和中间层的外面146之间的界面192处包括倒角190。倒角190可直接将冷却介质124引导成在冷却室152a,152b和中心室172之间更自由地流动。例如,在外壁120的使壁的层和其中的冲击开口186(例如,如图12中示出的中间壁122和暴露的冲击开口220)暴露的部分中发生破裂的情况下,相对于气体路径流动方向(例如,工作流体116),在(一个或多个)暴露的冲击开口的下游侧上的倒角,可迫使冷却介质124沿着外壁120的暴露层的暴露表面流动而不是从该表面喷出。倒角可例如改进冷却介质124的流。尽管示出了两个倒角190,但理解的是,中间层128和/或内层130可包括任何数量、尺寸、形状和/或构造的倒角190。例如分别在中间层128和内层130中形成冲击开口186a、186b期间可形成倒角190。例如,在增材制造外壁120的情况下,在增材制造工艺期间,可通过在所需倒角的位置处不进行沉积和烧结材料而形成倒角190。在另一个非限制性示例中,在TBC开裂的情况下,可在外壁120暴露于工作流体116期间形成室190。例如,尽管未示出,但中间层128和/或内层130可形成为在界面192处包括材料,其构造成在暴露于冷却介质124和/或工作流体116期间分解以形成倒角190。例如,该材料可设计成由于暴露于冷却介质124和工作流体116中的一者或两者而导致物理分解(例如,熔化)。该材料可在一暴露时或在连续暴露的一段时间内分解。另外,该材料可构造成部分或完全分解。在暴露于工作流体116期间形成倒角190的示例中,倒角190可与冲击开口186一起形成,并且随后在增材制造工艺中填充具有热特性的材料,该材料设计成在预定温度(例如,约1800华氏度(°F)至约2100(°F))下分解并使倒角暴露。例如,用于填充倒角的材料相比于用于形成中间层128和/或内层130的其余部分的材料具有更低熔点。材料可包括如本领域中已知的镍、钴或铬基合金。

[0065] 与常规的翼型件设计相比,本文中论述的外壁120的结构可允许包括外壁120的翼型件100的冷却改进。如图4中示出的,在操作期间,冷却介质124可沿着路径A、B和C行进,以

冷却外层126,该外层126具有在其外面上定位的TBC 166。外壁120的多个间隔层122可增加壁的表面积并增加与沿着路径A、B和C流过冷却室152的冷却介质124接触的表面积。外壁120的结构也可允许减小各个间隔层122的厚度,同时保持壁的结构完整性。减小层122的厚度并增加与冷却介质124接触的外壁120的表面积可减小跨过外壁120的温度梯度并增加冷却介质124能够从翼型件100吸收的热量的量。使外壁120的间隔层122分开的隔断部件140也可帮助传导热通过外壁120并引导期望的冷却介质124的流通过外壁120。

[0066] 外壁120的结构和由此提供的改进的冷却可增加在其上包括TBC (例如,TBC 166)的翼型件 (例如,翼型件100) 的寿命。例如,如将在本文中关于图11进一步论述的,外壁120的结构可在使外层的部分暴露的TBC 166中发生开裂的情况下减缓壁的外层126的氧化。另外,如将在本文中关于图12进一步论述的,外壁120的结构可在操作之后在延长的时间内包括一个或多个开裂和/或开裂引起的开口。外壁120可通过重新导送冷却介质124的流通过开裂引起的开口而作为冷却槽膜214来解决开裂和/或开裂引起的开口的最终形成。重新导送的冷却介质124也可接触工作流体116,以防止工作流体116通过(一个或多个)开裂引起的开口进入翼型件100和/或减少通过开裂引起的开口进入翼型件100的工作流体116的量。

[0067] 图11示出了在TBC 166中包括开裂200的翼型件100的外壁120的一部分的横截面视图。开裂200可包括TBC 166的如下的任何变化:产生到外壁120的外面168的用于工作流体116的热路径(这之前未被呈现)。例如,开裂200可包括产生到外壁120的外面168的热路径的TBC 166的断裂或裂缝,或者移位。当开裂200发生时,翼型件100(图3)的外壁120的外面168的一部分202暴露于高温和工作流体116的其它极端环境,其中在开裂200发生之前,外面168的部分202受到TBC 166的保护。在操作期间发生开裂200之后,沿着路径A、B和C流过外壁120的冷却介质124继续接触外壁120的间隔层122中的各个(包括外层126的内面148)。如上文描述的,具有多个间隔层122的外壁120可允许用于减小层的厚度并增加冷却介质124可接触的表面面积。冷却介质124可因此接触和吸收来自间隔层122中的各个的热,并降低外壁120(包括在暴露于工作流体116的部分202以下的部分)的温度。另外,接触外层126的内面148的冷却流体可基本上冷却直到直接暴露于工作流体116的外面168的薄外层的整个厚度T1。

[0068] 接下来转到图12,示出了在外壁120的外层126中包括开裂引起的开口210a,b的翼型件100的一部分的横截面视图。诸如如在图11中示出的开裂200的TBC 166的开裂可导致开裂引起的开口210a或210b出现在外壁120的外层126中。例如,如在图11中示出的外面168的部分202可最终在暴露于高温工作流体116期间氧化,从而形成开裂引起的开口210a或210b。当开裂引起的开口210a,b在操作期间出现时,冷却介质124通常在垂直于TBC 166的外面170的方向上通过开口离开翼型件100。相反,如图12中示出的,外壁120的结构可允许在由开裂引起的开口210暴露的表面(例如,外层126和中间层128的部分)上形成冷却槽膜214。外壁120的结构可因此增加具有TBC (诸如TBC 166)的翼型件的寿命。例如,冷却槽膜214可保护外壁120的暴露部分免受工作流体116的高温,并减缓暴露层的氧化。

[0069] 如图12中示出的,外壁120可构造成响应于开裂引起的开口210a,b而形成自适应冷却流216和218。自适应冷却流216和218可彼此接触以形成冷却槽膜214。如图12中示出的,当在其中包括冲击开口186a的中间层128暴露时,增加的出口面积导致跨过外壁120的压力梯度变化,这又可将第一自适应冷却流216引到冲击开口186a在(一个或多个)开裂的

引起的开口处的暴露部分220。例如,在开口210处的多个间隔层122的表面区域可朝冲击开口186a的暴露部分220引导增加的来自中心室172的冷却介质124的背侧流,以形成第一自适应冷却流 216。第一自适应冷却流可沿垂直于中间层128的外面146的方向离开中间层128的冲击开口186a的暴露部分。如还在图12中示出的,响应于开裂引起的开口210,第二自适应冷却流218可在开裂引起的开口处离开邻近冲击开口186a的暴露部分220的冲击开口186a的上游部分222。与在开裂引起的开口之前的冷却介质124的流相似,第二自适应冷却流218可行进通过第一冷却室152a并接触外层126的内面148。冷却流体流可因此在开裂引起的开口210a,b处沿平行于外层126的内面148的方向离开冷却室。如进一步在图12中示出的,第二自适应冷却流218可在开裂引起的开口中接触第一自适应冷却流216,沿平行于内面148的方向引导第一自适应冷却流216。接触第一自适应冷却流216的第二自适应冷却流218可在通过开裂引起的开口210而暴露的外壁120的部分上形成冷却槽膜214。第二自适应冷却流218和/或第一自适应冷却流216也可在(一个或多个)开口210处接触工作流体116,引导工作流体远离暴露的中间层128并防止工作流体通过(一个或多个)开口210进入翼型件100和/或减少通过开口210进入翼型件100的工作流体的量。

[0070] 尽管在外壁120的特定部分中示出,但理解的是,开裂引起的开口210可出现在外壁120内的任何位置处,并且仍可通过本文中公开的外壁120的结构来减轻。另外,尽管槽引起的开口210被示出为仅延伸通过外壁120的外层126,但理解的是,开裂引起的开口210可进一步延伸通过中间层128和/或内层130,并可类似地通过外壁120的结构来减轻。

[0071] 如在图12中进一步示出的,分隔壁156可防止工作流体116通过由开裂引起的开口210暴露的外壁120的部分进入翼型件100,并且/或者防止冷却介质124通过由开裂引起的开口210暴露的外壁120的部分重新进入翼型件100。例如,分隔壁156可形成压力差,以阻止工作流体116进入第一和/或第二冷却室154的下游部分226,并且/或者阻止冷却介质124重新进入第一和/或第二冷却室154的下游部分226。分隔壁156也可阻止冷却介质124从开裂引起的开口210a离开的部分在相邻的、下游的开裂引起的开口210b和/或(一个或多个)冷却通路174处重新进入第一和/或第二冷却室154。

[0072] 参照图13,根据本公开的实施例,可增材制造呈翼型件100形式的HGP构件及其外壁120,使得外壁120的结构为整体形成的外壁126。增材制造也允许容易地形成本文中描述的结构的大部分,即,无需非常复杂的机加工。如在本文中使用的,增材制造(AM)可包括通过材料的连续层叠而不是材料的去除(这是传统工艺的情况)来制造对象的任何工艺。增材制造可产生复杂的几何形状,而无需使用任何种类的工具、模具或固定装置,并且具有很少或没有废料。代替由塑料或金属的固体坯料机加工构件,其中塑料或金属的固体坯料的大部分被切除和丢弃,增材制造中使用的唯一材料是需要来使部件成形的材料。增材制造工艺可包括但不限于:3D打印、快速成型(RP)、直接数字制造(DDM)、粘合剂喷射、选择性激光熔化(SLM)和直接金属激光熔化(DMLM)。

[0073] 为了图示增材制造工艺的示例,图13示出了用于生成对象302(即,翼型件100)的示范性计算机化增材制造系统300的示意图/框图。在该示例中,系统300被布置用于DMLM。理解的是,本公开的一般教导同样可适用于其它形式的增材制造。AM系统300大体上包括计算机化增材制造(AM)控制系统304和AM打印机306。如将描述的,AM系统300执行代码320,代码320包括限定外壁120(图4)的一组计算机可执行指令,该外壁120包括其结构(例如,多个

间隔层122、隔断部件140a, 140b、冲击开口186a, 186b等), 以使用AM打印机306物理地生成构件。各个AM工艺可使用例如呈细粒粉末、液体(例如, 聚合物)、片材等形式的不同的原材料, 成批该原材料可保持在AM打印机306的室310中。在本案中, 翼型件100(图3和图4)可由金属粉末或类似材料制成。如示出的, 涂覆器312可产生薄的原材料层314, 其展开为空白画布(canvas), 从该空白画布起将产生最终对象的各个连续片层。在其它情况下, 涂覆器312可直接将下一层涂覆或印刷到如由代码320限定的先前层上, 例如, 其中材料是聚合物或者其中使用金属粘合剂喷射工艺。在示出的示例中, 激光或电子束316融化用于各个片层的颗粒, 如由代码320限定的那样, 但是在采用快速固化液体塑料/聚合物的情况下这可能不是必需的。AM打印机306的各个部分可移动以适应各个新层的添加, 例如, 构建平台318可降低并且/或者室310和/或涂覆器312可在各层之后上升。

[0074] AM控制系统304被示为在计算机330上实施为计算机程序代码。就此而言, 计算机330被示出为包括存储器332、处理器334、输入/输出(I/O)接口336和总线338。此外, 计算机330被示出与外部I/O设备340和存储系统342通信。大体上, 处理器334执行计算机程序代码, 例如AM控制系统304, 其在来自代表本文中描述的翼型100(图3和图4)的代码320的指令下存储在存储器332和/或存储系统342中。在执行计算机程序代码时, 处理器334可向/从存储器332, 存储系统342、I/O设备340和/或AM打印机306读取和/或写入数据。总线338提供计算机330中的各个组件之间的通信链路, 且I/O设备340可包括使用户能够与计算机330交互的任何设备(例如, 键盘、指示设备、显示器等)。计算机330仅代表硬件和软件的各种可行的组合。例如, 处理器334可包括单个处理单元, 或跨过一个或多个处理单元而分布在一个或多个位置, 例如, 在客户端和服务端上。类似地, 存储器332和/或存储系统342可定位在一个或多个物理位置处。存储器332和/或存储系统342可包括各种类型的非暂时性计算机可读存储介质的任何组合, 包括磁性介质、光学介质、随机存取存储器(RAM)/只读存储器(ROM)等。计算机330可包括任何类型的计算设备, 诸如网络服务器、台式计算机、膝上型计算机、手持设备、移动电话、寻呼机、个人数据助理等。

[0075] 增材制造工艺以存储代表翼型100(图3和图4)的代码320的非暂时性计算机可读存储介质(例如, 存储器332、存储系统342等)开始。如指出的, 代码320包括限定对象302的一组计算机可执行的指令, 其可在系统300执行代码时用于物理地生成对象。例如, 代码320可包括精确限定的翼型100(图3和图4)的3D模型, 并且可根据诸如AutoCAD®, TurboCAD®, DesignCAD 3D Max等各种众所周知的任何计算机辅助设计(CAD)软件系统而生成。在这方面, 代码320可采用任何现在已知或以后开发的文件格式。例如, 代码320可呈标准镶嵌语言(STL), 其被创建用于3D系统(3D Systems)的立体光刻CAD程序, 或呈增材制造文件(AMF), 其为美国机械工程师协会(ASME)标准, 该标准为基于可扩展标记语言(XML)的格式, 设计成允许任何CAD软件来描述要在任何AM打印机上制造的任何三维对象的形状和组成。代码320可根据需要在不同格式之间转化, 转换成一组数据信号并发送, 作为一组数据信号接收并转换成代码、存储等。代码320可为系统300的输入, 并且可来自部件设计者、知识产权(IP)提供者、设计公司、系统300的操作者或所有者、或来自其它来源。在任何情况下, AM控制系统304将代码320、翼型件100(图3和图4)执行成一系列片层, 其使用AM打印机306以液体、粉末、片材或其它材料的连续层进行组装。在DMLM示例中, 各个层被熔化为由代码320限定的精确几何图形并熔合到前一层。



[0076] 继增材制造后,翼型件100(图3和图4)可暴露于任何种类的精加工工艺,例如,小型机加工、密封、抛光、组装到另一部件等。就本公开而言,TBC 166可应用于翼型100的外壁120的外面168。TBC 166可使用任何现在已知的或以后开发的涂覆技术来施加,并且可以任何数量的层被施加。

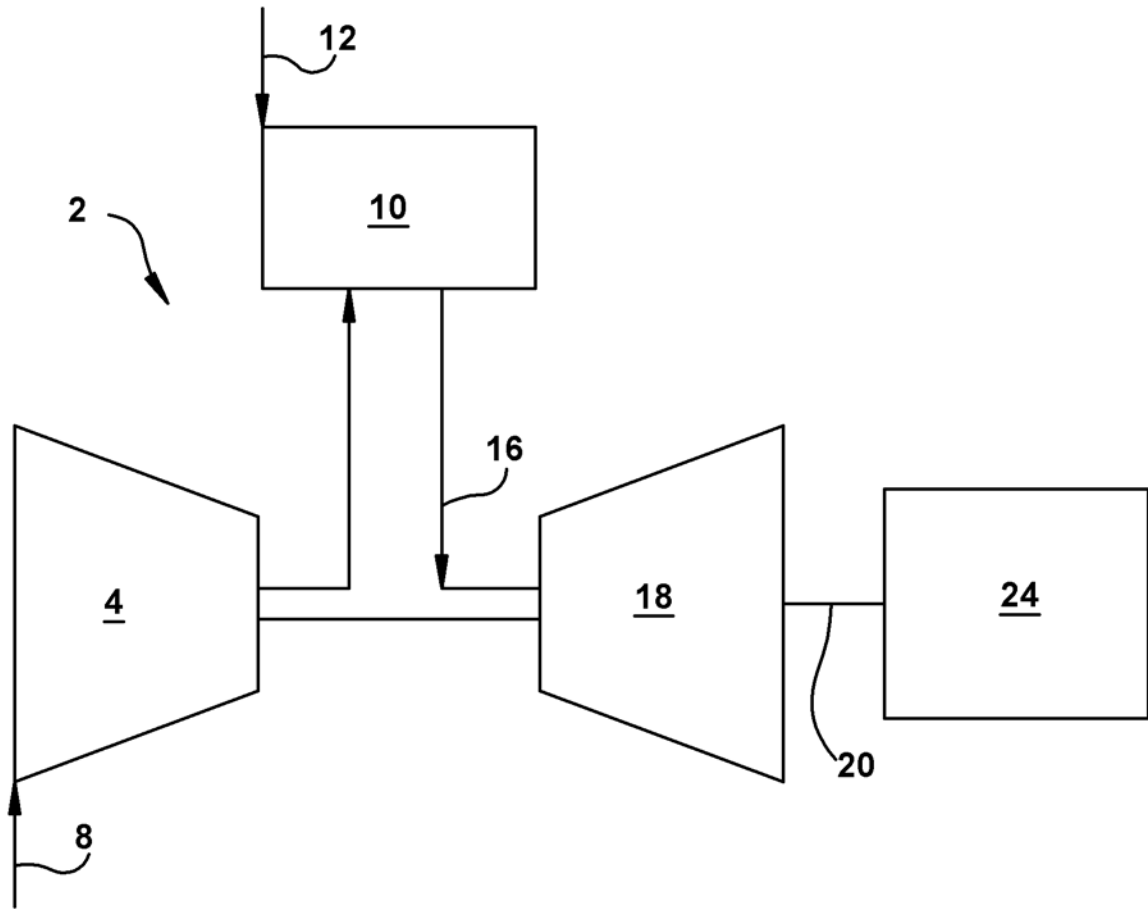
[0077] 在如图11中示出的操作中,在外层126上的TBC 166中发生开裂200后,外壁120的结构允许冷却介质124从中穿过,延长了外壁和翼型件的寿命。同样在如图12中示出的操作中,在外层126上的TBC 166中出现开裂引起的开口210之后,外壁120的结构允许槽冷却膜214由冷却介质124在由开裂引起的开口暴露的外壁120的部分上形成。

[0078] 根据本公开的实施例的翼型件100提供外壁120,其响应于开裂200而冷却100并增加100的寿命。外壁120的结构可大大减少标称冷却流。针对翼型件100的增材制造的使用允许翼型件100的外壁120形成为包括多层、多材料(例如,在倒角或扩散部分190的情况下)、和/或多冷却室结构。

[0079] 本文中使用的术语仅用于描述特定实施例的目的,并不旨在限制本公开。如本文中使用的,单数形式“一”、“一种”和“该”旨在也包括复数形式,除非上下文另有明确指示。将进一步理解,当在本说明书中使用时,术语“包括”和/或“包含”指定所述特征、整体、步骤、操作、元件和/或构件的存在,但不排除存在或添加一个或多个其它特征、整数、步骤、操作、元件、构件和/或其组合。“任选的”或“任选地”意指随后描述的事件或情况可发生或不发生,并且该描述包括事件发生的实例和事件不发生的实例。

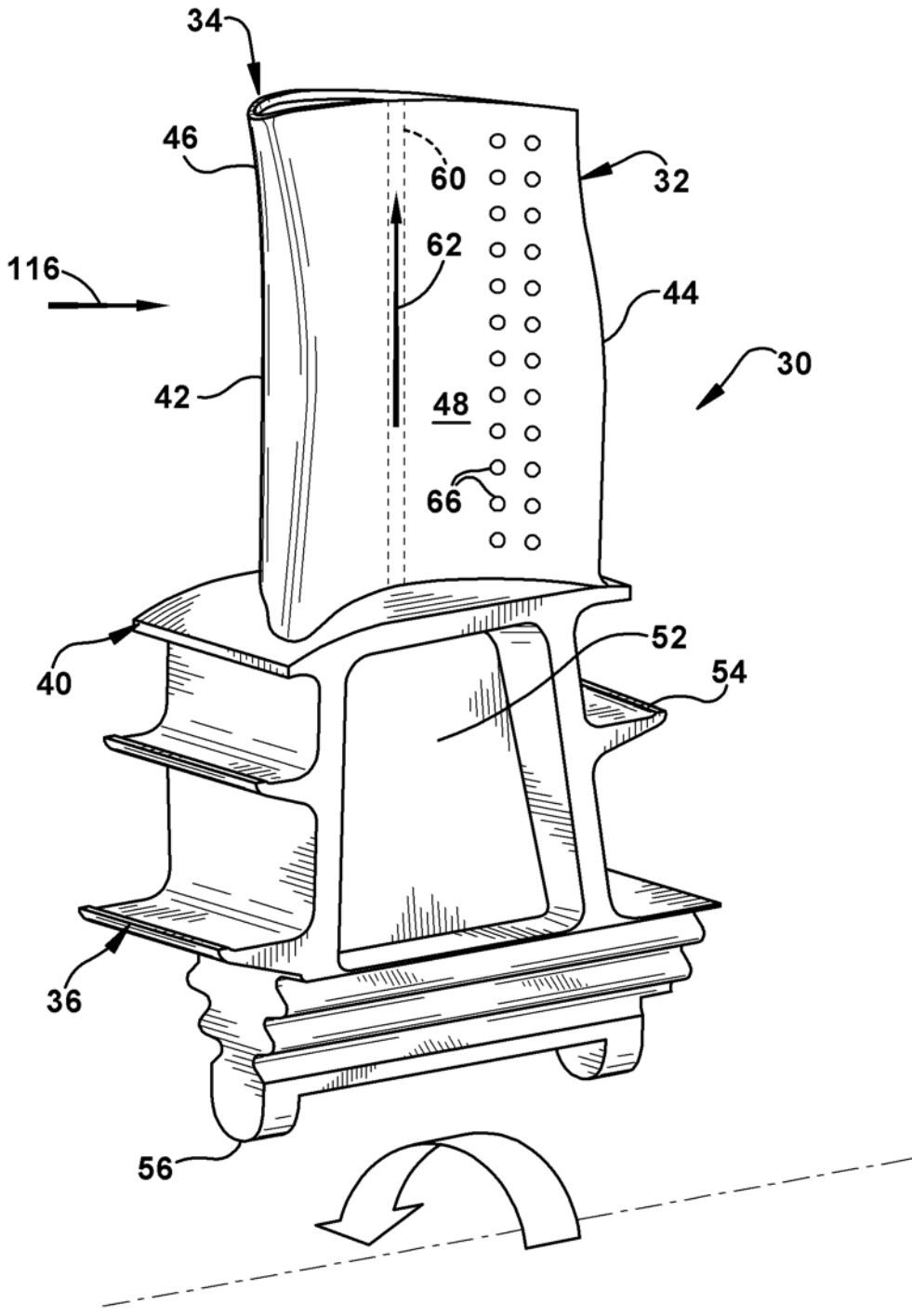
[0080] 如在整个说明书和权利要求书中使用的近似语言可被应用于修饰如下的任何定量表示:可允许在不会导致与其相关的基本功能变化的情况下改变。因此,由一个或多个术语修饰的值,诸如“大约”,“约”和“基本上”,不限于指定的精确值。在至少一些情况下,近似语言可对应于用于测量值的仪器的精度。这里和整个说明书和权利要求书中,范围限制可被组合和/或互换,这种范围被确定并包括其中包含的所有子范围,除非上下文或语言另有陈述。如应用于范围的特定值的“约”适用于两种值,并且除非另外取决于测量值的仪器的精度,否则可指示(一个或多个)所述值的 $\pm 10\%$ 。

[0081] 以下权利要求书中的所有器件或步骤加功能元件的对应结构、材料、动作和等同物旨在包括用于结合如具体要求保护的其它要求保护的元件执行功能的任何结构、材料或动作。出于说明和描述的目的呈现了对本公开的描述,但是并不意在穷举本公开或将本公开限制于所公开的形式。在不脱离本公开的范围和精神的情况下,许多修改和变化对于本领域普通技术人员而言将是显而易见的。选择和描述实施例以便最好地解释本公开的原理和实际应用,并且使本领域的其它技术人员能够针对各种实施例而理解本公开,其中设想如适合于特定用途的各种修改。



(现有技术)

图 1



(现有技术)

图 2

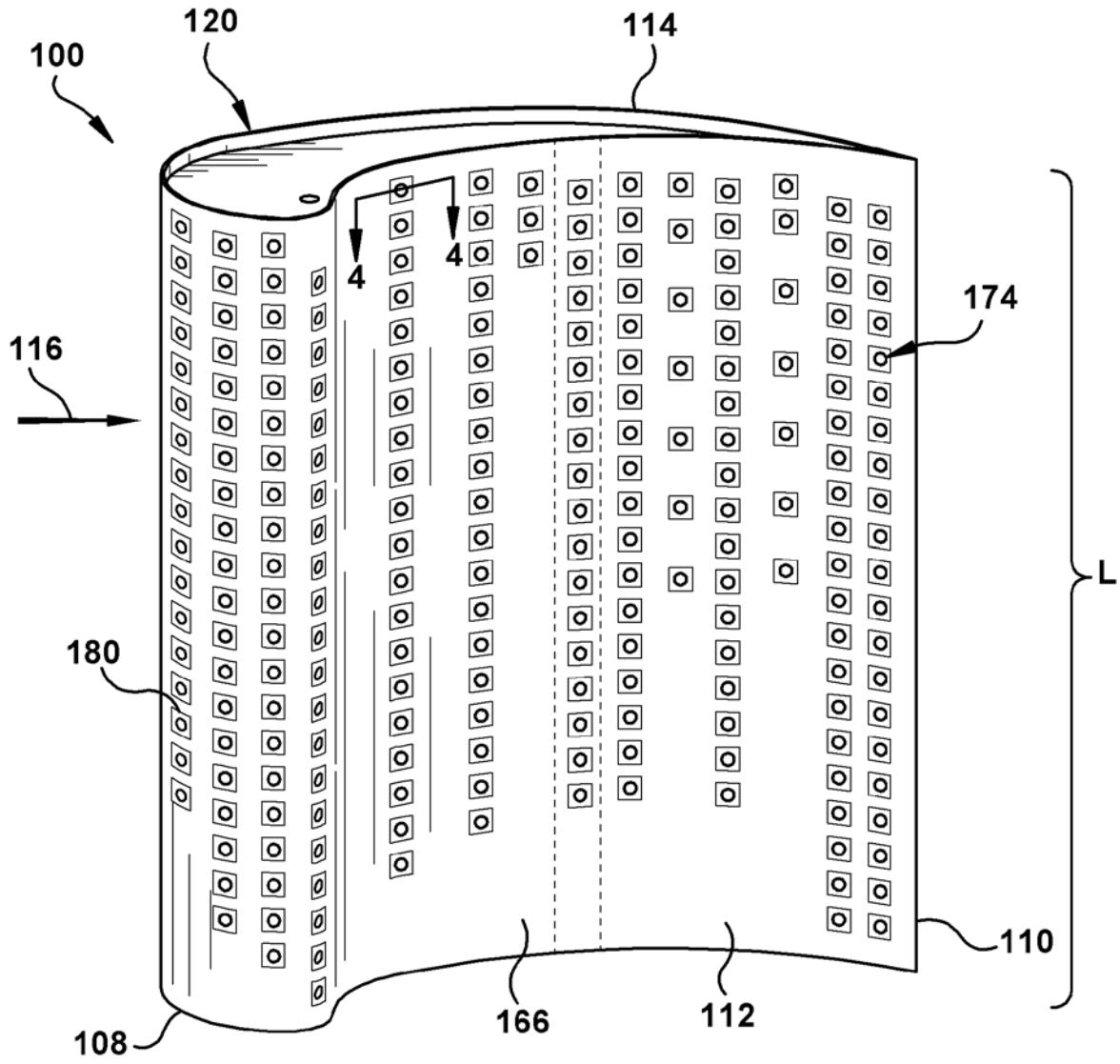


图 3

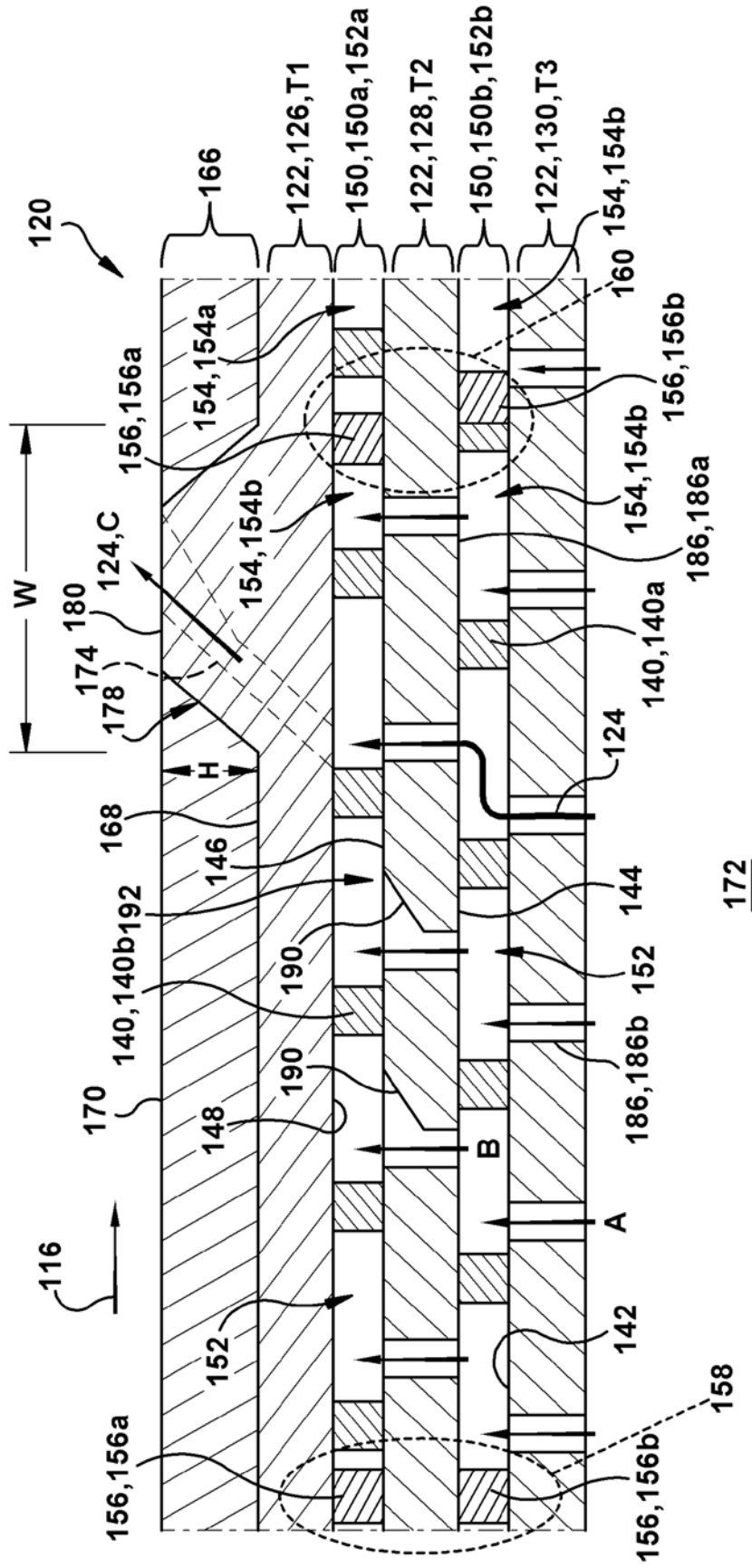


图 4

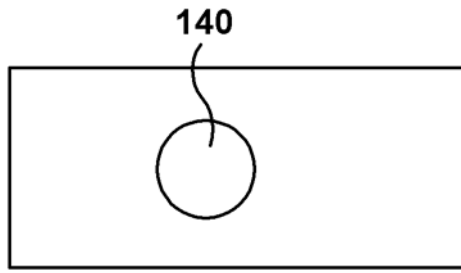


图 5

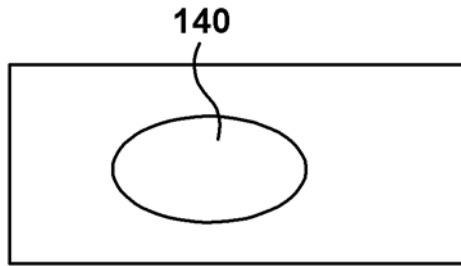


图 6

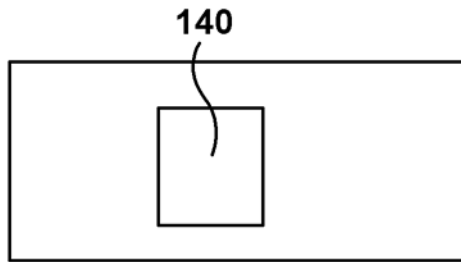


图 7

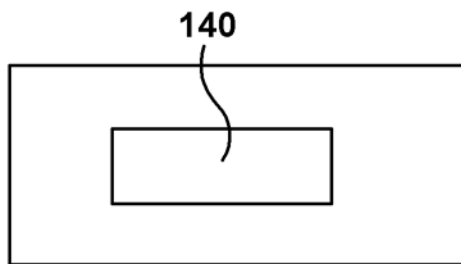


图 8

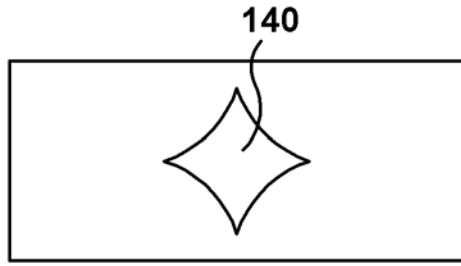


图 9

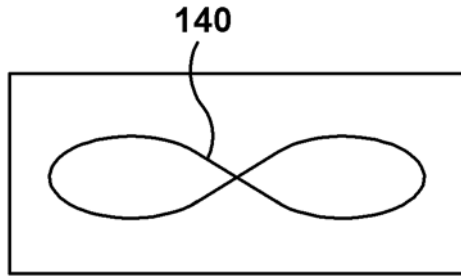


图 10

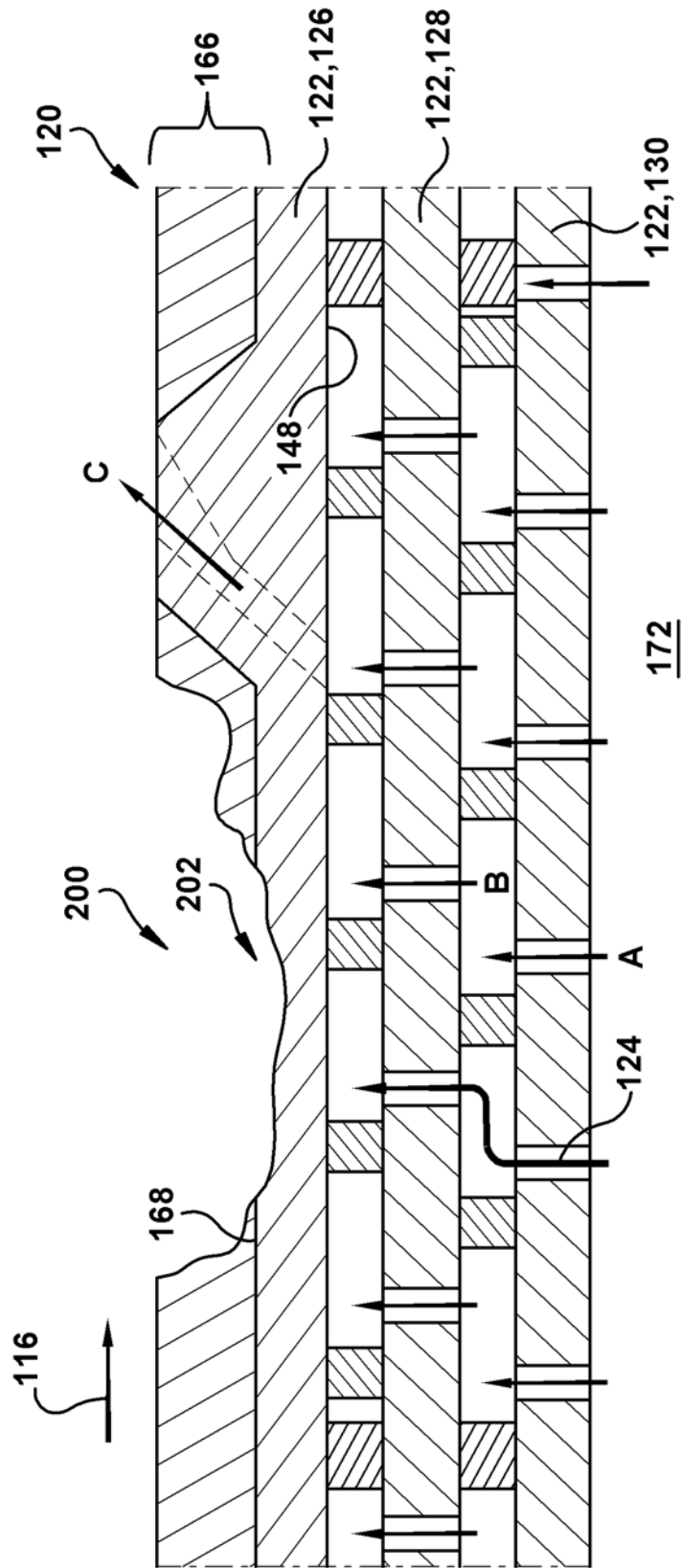


图 11



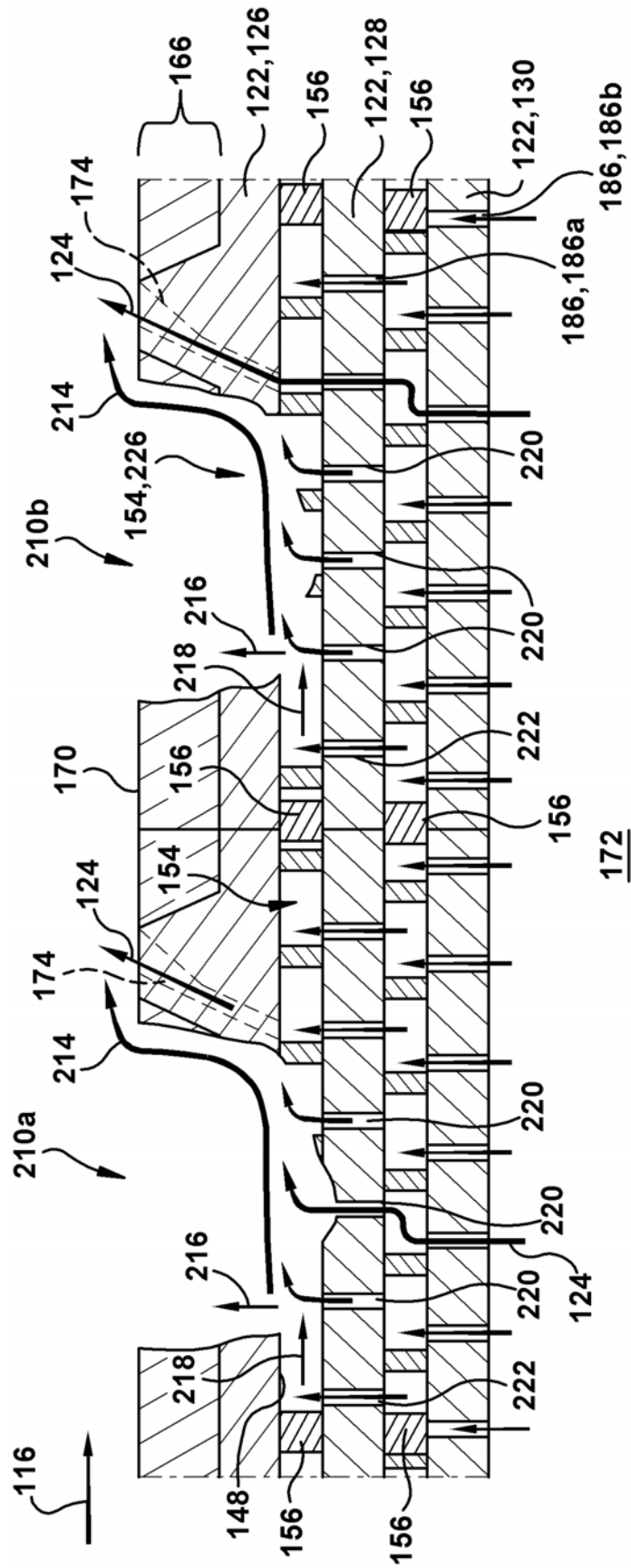


图 12

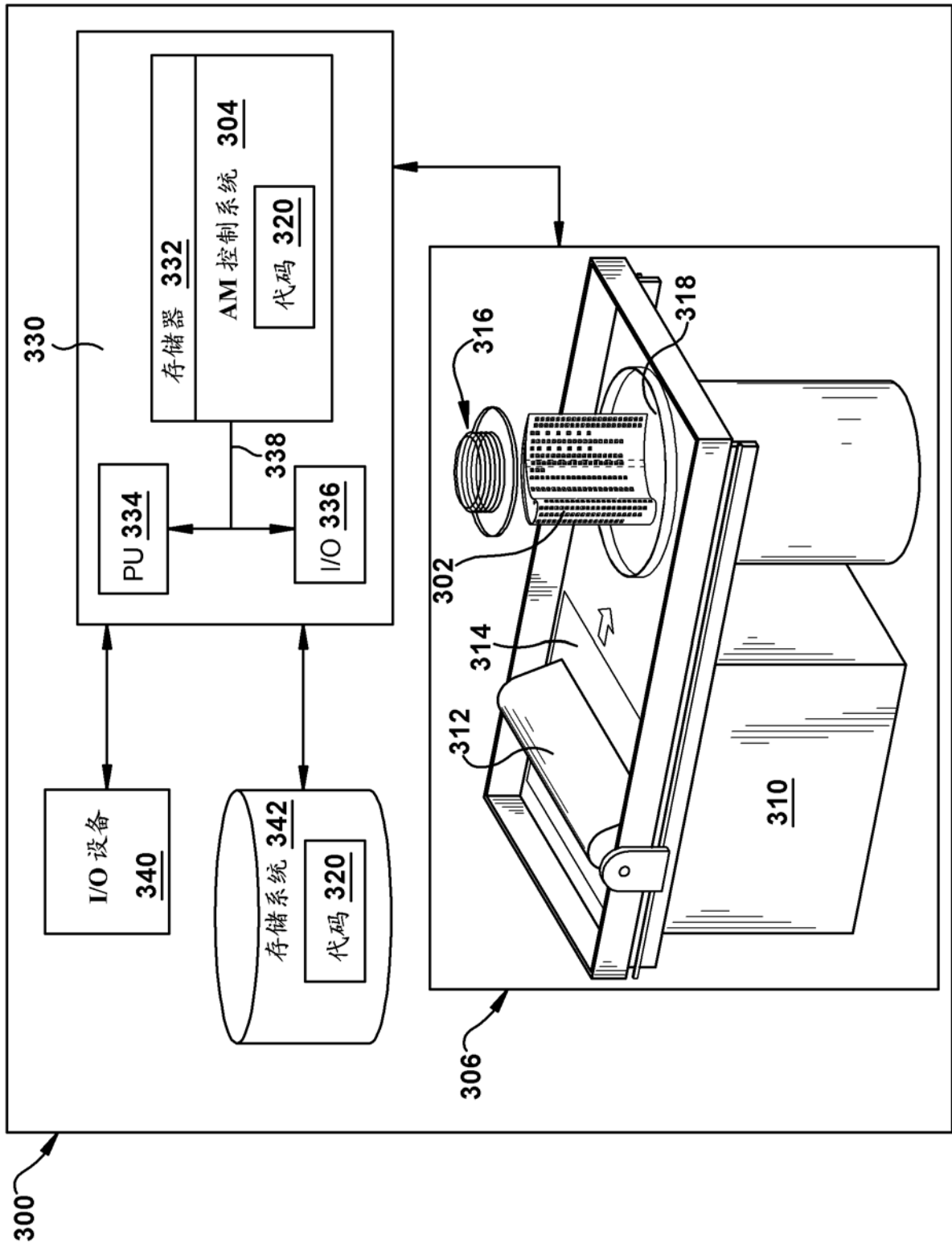


图 13