



## (12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 107034444 B

(45) 授权公告日 2021.07.13

(21) 申请号 201610966377.1

(22) 申请日 2016.10.28

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 107034444 A

(43) 申请公布日 2017.08.11

(30) 优先权数据  
14/926718 2015.10.29 US

(73) 专利权人 通用电气公司  
地址 美国纽约州

(72) 发明人 J.J.基特尔森 V.J.摩根

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司  
72001  
代理人 李强 肖日松

(51) Int.Cl.

C23C 16/24 (2006.01)

C23C 10/20 (2006.01)

(56) 对比文件

WO 2015130362 A2, 2015.09.03

EP 1884623 A2, 2008.02.06

审查员 刘莉

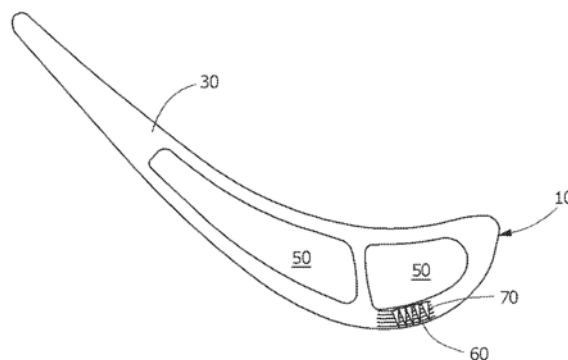
权利要求书2页 说明书6页 附图5页

### (54) 发明名称

陶瓷基质复合物构件和制造陶瓷基质复合物构件的工艺

### (57) 摘要

一种制造陶瓷基质复合物构件(10)的工艺(500)。工艺(500)包括将多个陶瓷基质复合物板层(60)定位成一个在另一个顶部上,以及在其中形成腔体。腔体的至少一部分包括末端直径(510),其足够小,以容许密实化材料的浸渗。多个陶瓷基质复合物板层(60)被密实化,以形成密实化本体。密实化导致腔体的包括末端直径(510)的部分被填充密实化材料,并且腔体存在于密实化本体中。还公开在其中具有腔体的陶瓷基质复合物。



1. 一种制造陶瓷基质复合物构件的工艺,所述工艺包括:

将多个陶瓷基质复合物板层定位成一个在另一个顶部上且在其中形成腔体,所述腔体包括渐缩横截面几何结构;以及

使所述多个陶瓷基质复合物板层密实化,以形成密实化本体,所述密实化导致所述腔体的设置在所述渐缩横截面几何结构的渐缩端部处的末端部分被填充浸渗的密实化材料,并且所述腔体的内部中空部分足够开放,以容许流体沿着所述腔体流动;

其中所述腔体存在于所述密实化本体中;

其中,所述末端部分具有小于0.08英寸的直径,以允许所述密实化材料的浸渗。

2. 根据权利要求1所述的工艺,其特征在于,所述腔体完全封闭在所述密实化本体内。

3. 根据权利要求1所述的工艺,其特征在于,所述渐缩横截面几何结构在所述多个陶瓷基质复合物板层的至少一部分之间包括空隙几何结构差异。

4. 根据权利要求1所述的工艺,其特征在于,所述陶瓷基质复合物板层为预浸渍陶瓷基质复合物板层。

5. 根据权利要求1所述的工艺,其特征在于,所述腔体的形成通过选自下者的方法进行:激光钻孔、放电机加工、切割和机加工。

6. 根据权利要求1所述的工艺,其特征在于,将所述多个陶瓷基质复合物板层定位成一个在另一个顶部上且在其中形成所述腔体包括在所述多个陶瓷基质复合物板层中的各个中形成空隙且对齐相应的陶瓷基质复合物板层中的空隙,以至少部分地在所述构件中限定所述腔体,所述对齐包括对齐所述多个陶瓷基质复合物板层。

7. 根据权利要求1所述的工艺,其特征在于,所述密实化包括熔体浸渗或化学气相沉积。

8. 根据权利要求1所述的工艺,其特征在于,所述多个陶瓷基质复合物板层包括在所述腔体的端部处的多个纤维,所述多个纤维与所述腔体的中心轴线形成大于10度角度。

9. 根据权利要求1所述的工艺,其特征在于,所述密实化材料为硅。

10. 根据权利要求1所述的工艺,其特征在于,所述末端部分的直径小于通过毛细力吸入硅的直径。

11. 根据权利要求1所述的工艺,其特征在于,所述陶瓷基质复合物构件为热气路径涡轮构件,其选自:衬套、叶片、护罩、喷嘴、燃烧器、喷嘴端壁和叶片平台。

12. 一种陶瓷基质复合物构件,包括:

多个陶瓷基质复合物板层,其形成密实化本体,所述多个陶瓷基质板层在所述密实化本体内形成腔体;

其中

所述腔体包括渐缩横截面几何结构;

所述腔体的设置在所述渐缩横截面几何结构的渐缩端部处的末端部分被填充浸渗的密实化材料;并且

所述腔体的内部中空部分足够开放,以容许流体沿着所述腔体流动;

其中,所述末端部分具有小于0.08英寸的直径,以允许所述密实化材料的浸渗。

13. 根据权利要求12所述的陶瓷基质复合物构件,其特征在于,所述腔体完全封闭在所述密实化本体内。

14. 根据权利要求12所述的陶瓷基质复合物构件,其特征在于,所述渐缩横截面几何结构在所述多个陶瓷基质复合物板层的至少一部分之间包括空隙几何结构差异。

15. 根据权利要求12所述的陶瓷基质复合物构件,其特征在于,所述陶瓷基质复合物构件为热气路径涡轮构件,其选自:衬套、叶片、护罩、喷嘴、燃烧器、喷嘴端壁和叶片平台。

16. 根据权利要求12所述的陶瓷基质复合物构件,其特征在于,所述多个陶瓷基质复合物板层包括在所述腔体的端部处的多个纤维,所述多个纤维与所述腔体的中心轴线形成大于10度角度。

17. 根据权利要求12所述的陶瓷基质复合物构件,其特征在于,所述末端部分的直径小于通过毛细力吸入硅的直径。

## 陶瓷基质复合物构件和制造陶瓷基质复合物构件的工艺

### 技术领域

[0001] 本发明大体涉及用于发电的燃气涡轮,且更具体而言涉及形成用于燃气涡轮的热气路径涡轮构件的陶瓷基质复合物构件的方法。

### 背景技术

[0002] 如由较传统的超合金材料形成的涡轮叶片和导叶那样,CMC叶片和导叶主要配备有腔体和冷却空隙,以减轻重量,减轻离心负载,和降低构件的运行温度。这些特征典型地使用可移除的且可消耗的加工的组而形成在CMC构件中。内部冷却槽道对于冷却金属和CMC热气路径硬件是有利的,因为它们降低冷却流需求和热梯度/应力。

[0003] 基于碳化硅(SiC)的陶瓷基质复合物(CMC)材料被提供来作为燃气涡轮发动机的某些构件的材料,诸如涡轮叶片、导叶、喷嘴和叶轮。已知多种方法用于制造基于SiC的构件,包括Silicomp、熔体浸渗(MI)、化学气相浸渗(CVI)、聚合物浸渍热解(PIP)和氧化物/氧化物工艺。虽然这些制造技术显著各自彼此不同,但是各自涉及使用手动叠置和加工或模具,以通过包括在各种处理阶段应用热的工艺制造近净形状部件。

[0004] 用于在CMC构件中形成内部通道或腔体的当前制造方法使用需要在燃尽循环期间从内部通道“熔化出”或移除的材料。对CMC构件形成腔体包括多个步骤,包括使用预型件。首先,其中的一些可包括增强材料或用基质预浸渍的多个陶瓷板层在心轴上叠置或模制成预定型式,以提供构件的期望最终或近净形状和期望机械属性。心轴大体选自诸如锡、乙烯树脂或其它可熔化材料。叠置板层可用基质材料(诸如SiC)预先浸渍(预浸渍),或在叠置板层之后用基质浸渍。在密实化CMC预型件之前,心轴通过燃尽循环移除。在燃尽循环中,CMC预型件倒转且形成心轴的材料(诸如锡、乙烯树脂或其它可熔化材料)通过预型件CMC的开口末梢熔化出,从而离开开口末梢区域。

### 发明内容

[0005] 在实施例中,一种制造陶瓷基质复合物构件的工艺。工艺包括将多个陶瓷基质复合物板层定位成一个在另一个顶部上且在其中形成腔体。腔体的至少一部分包括末端直径,其足够小,以容许密实化材料的浸渗。多个陶瓷基质复合物板层被密实化,以形成密实化本体。密实化导致腔体的包括末端直径的部分被填充密实化材料,并且腔体存在于密实化本体中。

[0006] 在另一个实施例中,一种陶瓷基质复合物构件。陶瓷基质复合物包括多个陶瓷基质复合物板层,其形成密实化本体。多个陶瓷基质板层在密实化本体内形成腔体。腔体的一部分包括末端直径,其具有浸渗的密实化材料。

[0007] 技术方案1. 一种制造陶瓷基质复合物构件的工艺,所述工艺包括:

[0008] 将多个陶瓷基质复合物板层定位成一个在另一个顶部上且在其中形成腔体,所述腔体的至少一部分包括末端直径,其足够小,以容许密实化材料的浸渗;以及

[0009] 使所述多个陶瓷基质复合物板层密实化,以形成密实化本体,所述密实化导致所

述腔体的包括所述末端直径的部分被填充密实化材料；

[0010] 其中所述腔体存在于所述密实化本体中。

[0011] 技术方案2. 根据技术方案1所述的工艺,其特征在于,所述腔体完全封闭在所述密实化本体内。

[0012] 技术方案3. 根据技术方案1所述的工艺,其特征在于,所述腔体包括渐缩几何结构。

[0013] 技术方案4. 根据技术方案3所述的工艺,其特征在于,所述渐缩几何结构在所述多个陶瓷基质复合物板层的至少一部分之间包括空隙几何结构差异。

[0014] 技术方案5. 根据技术方案1所述的工艺,其特征在于,所述陶瓷基质复合物板层为预浸渍陶瓷基质复合物板层。

[0015] 技术方案6. 根据技术方案1所述的工艺,其特征在于,所述腔体的形成通过选自下者的方法进行:激光钻孔、放电机加工、切割和机加工。

[0016] 技术方案7. 根据技术方案1所述的工艺,其特征在于,将所述多个陶瓷基质复合物板层定位成一个在另一个顶部上且在其中形成所述腔体包括在所述多个陶瓷基质复合物板层中的各个中形成空隙且对齐相应地陶瓷基质复合物板层中的空隙,以至少部分地在所述构件中限定所述腔体,所述对齐包括对齐所述多个陶瓷基质复合物板层。

[0017] 技术方案8. 根据技术方案1所述的工艺,其特征在于,所述密实化包括熔体浸渗或化学气相淀积。

[0018] 技术方案9. 根据技术方案1所述的工艺,其特征在于,多个陶瓷基质复合物板层在所述腔体的端部处的纤维与所述腔体的中心轴线形成大于10度角度。

[0019] 技术方案10. 根据技术方案1所述的工艺,其特征在于,所述密实化材料为硅。

[0020] 技术方案11. 根据技术方案1所述的工艺,其特征在于,所述末端直径小于通过毛细力吸入硅的直径。

[0021] 技术方案12. 根据技术方案1所述的工艺,其特征在于,所述热气路径涡轮构件选自:衬套、叶片、护罩、喷嘴、燃烧器、喷嘴端壁和叶片平台。

[0022] 技术方案13. 一种陶瓷基质复合物构件,包括:

[0023] 多个陶瓷基质复合物板层,其形成密实化本体,所述多个陶瓷基质板层在所述密实化本体内形成腔体;

[0024] 其中所述腔体的一部分包括末端直径,其具有浸渗的密实化材料。

[0025] 技术方案14. 根据技术方案8所述的陶瓷基质复合物构件,其特征在于,所述腔体完全封闭在所述密实化本体内。

[0026] 技术方案15. 根据技术方案8所述的陶瓷基质复合物构件,其特征在于,所述腔体包括渐缩几何结构。

[0027] 技术方案16. 根据技术方案14所述的陶瓷基质复合物构件,其特征在于,所述渐缩几何结构在所述多个陶瓷基质复合物板层的至少一部分之间包括空隙几何结构差异。

[0028] 技术方案17. 根据技术方案8所述的陶瓷基质复合物构件,其特征在于,所述直线边界为选自下者的边界:激光钻出的边界、放电机加工出的边界、切割出的边界和机加工出的边界。

[0029] 技术方案18. 根据技术方案8所述的陶瓷基质复合物构件,其特征在于,所述热气

路径涡轮构件选自：衬套、叶片、护罩、喷嘴、燃烧器、喷嘴端壁和叶片平台。

[0030] 技术方案19. 根据技术方案8所述的陶瓷基质复合物构件,其特征在于,多个陶瓷基质复合物板层在所述腔体的端部处的纤维与所述腔体的中心轴线形成大于10度角度。

[0031] 技术方案20. 根据技术方案8所述的陶瓷基质复合物构件,其特征在于,所述末端直径小于通过毛细力吸入硅的直径。

[0032] 结合附图,根据以下更详细描述,本发明的其它特征和优点将显而易见,附图以示例的方式示出本发明的原理。

## 附图说明

[0033] 图1为本公开的陶瓷基质复合物(CMC)构件的透视图。

[0034] 图2为根据本公开的沿图1的方向2-2得到的截面图。

[0035] 图3为根据本公开的沿图1的方向3-3得到的截面图。

[0036] 图4显示根据本公开的构件的透视图。

[0037] 图5示意性地显示根据本公开的形成CMC构件的工艺的透视图。

[0038] 在可行的情况下,相同参考标号在所有图中将用来表示相同部件。

[0039] 参考标号列表:10构件

[0040] 22翼型件

[0041] 24鸠尾件

[0042] 26平台

[0043] 30末梢

[0044] 50气室

[0045] 60陶瓷基质复合物板层

[0046] 70腔体

[0047] 402密实化基质材料

[0048] 500工艺

[0049] 502空隙

[0050] 504陶瓷基质复合物板层

[0051] 506陶瓷基质复合物板层

[0052] 508陶瓷基质复合物板层

[0053] 510末端直径

[0054] 512叠堆

[0055] 513熔融基质材料

[0056] 515距离

[0057] 517内部中空部分。

## 具体实施方式

[0058] 例如与不包括本文公开的一个或多个特征的概念相比,本公开的实施例使得能够实现近壁冷却,这减小了贯通壁热梯度,以及更高效地冷却热气路径硬件,并且实现能够降低部件的冷却要求和流率的更高效地冷却。本公开的实施例还允许降低冷却流,以实现高

涡轮性能。另外，本公开的构件具有较低的热梯度，从而使得应力减小，寿命增加且寿命循环成本减少，而且提高了设计灵活性。根据本公开的方法的复杂性降低，成本减少且不需要昂贵且耗时地淋洗冷却通道。另外，根据本公开的方法没有在处理之后在冷却通道中留下残余牺牲材料的风险。

[0059] 当介绍本发明的多种实施例的元件时，冠词“一个”、“一种”、“该”和“所述”意图意味着存在一个或多个元件。用语“包括”、“包含”和“具有”意图为包括性的，并且意味着除了列出的元件之外可存在另外的元件。

[0060] 用来发电的系统包括(但不限于)燃气涡轮、蒸汽涡轮和用于发电的其它涡轮组件，诸如基于地面的航空衍生物。在某些应用中，发电系统(其中包括涡轮机(例如，涡轮、压缩机和泵)和其它机器可包括暴露于严重磨损状况的构件。例如，诸如叶片、轮叶、壳、转子轮、轴、护罩、喷嘴等等的某些发电系统构件可在高热和高旋转环境中工作。使用陶瓷基质复合物制造这些构件，而且这些构件还可包括冷却通道。本公开提供一种形成陶瓷基质复合物(CMC)构件(包括冷却通道)的方法。本公开的示例性实施例在图1-3中显示为涡轮叶片，但本公开不限于所示出的结构。

[0061] 图1是诸如(但不限于)涡轮叶片或涡轮导叶的构件10的透视图。虽然图1显示了涡轮叶片，但是根据本公开，其它适当的构件包括(但不限于)衬套、叶片、护罩、喷嘴、燃烧器、喷嘴端壁、叶片平台或其它热气路径构件。构件10优选由陶瓷基质复合物(CMC)材料形成。构件10的材料包括(但不限于)基于氧化物的CMC，诸如(但不限于)氧化铝、富铝红柱石、氮化硼、碳化硼、硅铝氧氮聚合材料(硅、铝、氧和氮)、金属间化合物和它们的组合。构件10的材料适当示例包括(但不限于)可从加利福尼亚的圣地亚哥的COI陶瓷公司获得的AN-720(基于氧化物-氧化物)，或者混合氧化物CMC材料。用来制作构件10的材料适当示例包括(但不限于)用SiC浸渍的SiC纤维和用多种粘结剂浸渍的碳基质。构件10包括翼型件22，对着翼型件22引导热排气流。翼型件22从末梢30延伸到鸠尾件24。构件10通过鸠尾件24安装到涡轮盘(未显示)上，鸠尾件24从翼型件22向下延伸，并且接合涡轮盘上的槽口。平台26从翼型件22连接到鸠尾件24上所处的区域沿侧向向外延伸。构件10包括至少一个气室50，如图2中显示的那样，气室50沿着翼型件22的内部延伸。在发电系统的运行期间，冷却空气流被引导通过气室50，以降低翼型件22的温度。

[0062] 图2为图1的方向2-2上得到的构件10的截面图，其显示形成的构件10的内部腔体70。多个陶瓷基质复合物板层60(为了清楚，仅显示了几个)包围和形成内部腔体70。如图2中显示，陶瓷基质复合物板层60包括腔体70，其形成在陶瓷基质复合物板层60中且延伸在陶瓷基质复合物板层60之间。还在图2中可看到，形成在构件中的腔体包括渐缩几何结构。渐缩几何结构在陶瓷基质复合物板层的一端处包括较大直径而在陶瓷基质复合物板层60的相反端处包括较小直径。

[0063] 图3是沿图1的方向3-3得到的构件10的截面图，其显示了陶瓷基质复合物板层60具有在其中形成的腔体70。腔体70延伸通过陶瓷基质复合物板层60且形成开口，开口足以允许流体流通过其中。

[0064] 陶瓷基质复合物板层60和腔体70的布置是示意性的且为了说明目的已经放大。陶瓷基质复合物板层和空隙的大小和几何结构不限于图1-3中显示的那些。另外，虽然显示了腔体70在构件10的内部，但在另一个实施例中，腔体70通入气室50、其它腔体70、构件10的

外部或者它们的组合且与其处于流体连通。

[0065] 图4显示根据本公开的构件10的透视图,其中腔体70存在于构件10内。如图4中显示,构件10包括密实化基质材料402,其在腔体70中形成帽或堵塞部。腔体70包括渐缩几何结构,其包括在构件10内的中空且容许流体流动的部分,以及密实化基质材料402的阻止或基本阻止流体流动的部分。

[0066] 图5示意性地显示形成根据本公开的CMC构件10的工艺,在CMC构件10中具有内部腔体70(也参见图4)。如图5中显示的那样,使用叠置技术形成构件10。工艺500包括提供陶瓷基质复合物板层60(步骤501)。陶瓷基质复合物板层60可为单个板层或多个板层,诸如形成为层叠堆的一系列板层。板层60的材料的示例包括(但不限于)预浸渍复合物板层,包括例如编织碳纤维、粘结剂材料和经涂覆的SiC纤维。板层60的其它适当材料包括包含氧化铝、氧化锆、氧化钛、镁、二氧化硅、莫来石和/或尖晶石的氧化物;包含硅、硼和/或钛的碳化物;包含硅和硼的氮化物。适合在板层60中使用的其它已知纤维包括Nextel、Nicalon、hi-Nicalon、Tyranno和Sylramic纤维。在提供陶瓷基质复合物板层60之后,在陶瓷基质复合物板层60中形成空隙502(步骤503)。使用任何适当的技术形成空隙502,以在CMC材料中形成开口。空隙的几何结构包括任何适当的几何结构,包括圆形、弯曲形、椭圆形、直线或其它适合接收冷却流的几何结构。在一个实施例中,空隙502为直线槽口。适当的空隙形成技术包括对陶瓷基质复合物板层60的陶瓷基质复合物材料进行激光钻孔、放电机加工、切割或机加工。在一个实施例中,空隙502形成在连续片材中,如图5中显示。在另一个实施例中,通过在板层60中不连续地形成开口而形成空隙502,其中板层60中的各个的一部分沿着它们的边缘被切割或以别的方式移除,板层60配合在一起以形成空隙502。陶瓷基质复合物板层60中的各个中的空隙502布置成使得末端直径510设置在形成的腔体的维度中的一个上。末端直径510为基质材料被容许在密实化和固化期间流动以形成用于腔体70的帽或堵塞部的直径。虽然使用用语“末端直径”,但是要理解,横截面的直径为基于横截面的特定几何结构的液力直径,其中液力直径为湿润周长和横截面积的函数。

[0067] 在空隙502形成在陶瓷基质复合物板层60中之后,陶瓷基质复合物板层504、506和508相对于彼此定位,其中相应的陶瓷基质复合物板层60中的空隙对齐,以限定腔体70,腔体70具有的几何结构导致沿着腔体的至少一部分有末端直径(步骤505)。对齐的空隙502的叠堆形成腔体70。对齐使得空隙502具有的几何结构对应于相邻陶瓷基质复合物板层,并且对齐,以容许改变空隙的直径,以改变成在腔体70内的某个点处包括末端直径510。如图5中显示,末端直径510沿着腔体70相对于重力方向在离叠堆512的底部的距离515处的点处。本公开不限于图5中显示的陶瓷基质复合物板层60的数量。陶瓷基质复合物板层60的数量基于构件10的期望大小和构造而改变,并且不特别受限。虽然未在图5中显示,但是在一个实施例中,腔体70形成在成叠堆512的多个陶瓷基质复合物板层60中。腔体70的形成可通过诸如但不限于激光钻孔、放电机加工、切割或机加工的形成技术来进行。

[0068] 腔体的末端直径510限定为腔体中的直径,其具有足够小的尺寸,使得基质材料根据毛细力移动到腔体70中且固化,以提供帽或堵塞部。在一个实施例中,末端直径510为小于大约千分之80(0.080)英寸的液力直径。在一个实施例中,腔体的范围为大约千分之5(0.005)英寸到大约千分之80(0.080)英寸,大约千分之20(0.020)英寸到大约千分之75(0.075)英寸或大约千分之30(0.030)英寸到大约千分之70(0.070)英寸。



[0069] 腔体70形成在叠堆512中,其中陶瓷基质复合物板层包围腔体(步骤507)。将叠堆512置于高压釜中,并且完成高压釜循环(步骤509)。叠堆512经受在本行业中对陶瓷复合物材料使用的典型的高压釜压力和温度循环。在高压釜中的处理可抽出板层中剩余的任何挥发物,并且高压釜条件可取决于板层材料而改变。在高压釜中的处理之后,执行燃尽工艺,以移除任何剩余的心轴材料或叠堆512中的额外粘结剂。通常在大约426-648℃(大约800-1200°F)的温度下进行燃尽工艺。

[0070] 在燃尽之后,将预型件构件置于真空炉中进行密实化(步骤511)。使用任何已知的密实化技术来执行密实化,包括(但不限于)Silicomp、熔体浸渗(MI)、化学气相浸渗(CVI)、聚合物浸渍热解(PIP)和氧化物/氧化物工艺。可在建立的气氛高于1200℃的温度的真空炉中进行密实化,以允许硅或其它浸渗材料熔化而浸渗到预型件构件中。如图5中显示,一个适当的密实化方法为熔体浸渗,其中熔融基质材料513吸入叠堆512中且被容许固化。叠堆包括用于腔体70的末端直径510,使得基质材料被容许浸渗和固化,以形成密实化基质材料402的帽或堵塞部。但是,腔体70的内部中空部分517在密实化之后保持开放和中空,足以容许冷却流体流动。在密实化之后,密实化叠堆512或密实化本体包括内部腔体70,如图4中显示,并且形成构件10的至少一部分。

[0071] 在一个实施例中,腔体70的内部中空部分517足够大且在构件10中开放,使得冷却剂或其它流体可被引导通过其中,以对构件10提供冷却。但是,形成在具有末端直径510的陶瓷基质复合物板层60处的密实化基质材料402形成堵塞部,其基本阻止冷却剂或其它流体的流动。根据例如图5中显示的工艺制造的腔体70被封闭且在构件10的内部。在一个实施例中,开口通过机加工或以别的方式形成在构件中,以对腔体提供入口和/或出口,以容许流通过其中。通过在构件10中机加工或以别的方式形成开口,诸如供给孔和热气路径排出孔,用于冷却的腔体70可被从气室50、其它腔体70或构件的外部供给和/或排出到气室50、其它腔体70或构件的外部。

[0072] 在另一个实施例中,腔体70可形成为使得腔体70的整个或大部分包括末端直径510,其中熔融基质材料513的流动得到促进或增强,从而在密实化期间更快和/或更均匀地分布基质材料。

[0073] 在一个实施例中,多个陶瓷基质复合物板层在腔体的端部处的纤维与腔体的中心轴线形成大于10度角度。

[0074] 虽然已经参照一个或多个实施例来描述了本发明,但本领域技术人员将理解,可作出许多改变,而且等效物可代替其要素,而不偏离本发明的范围。另外,可作出许多修改,以使特定情形或材料适合本发明的教导,而不偏离本发明的实质性范围。因此,意于的是本发明不限于公开为了执行本发明而构想的最佳模式的特定实施例,而是本发明将包括落在所附权利要求的范围内的所有实施例。

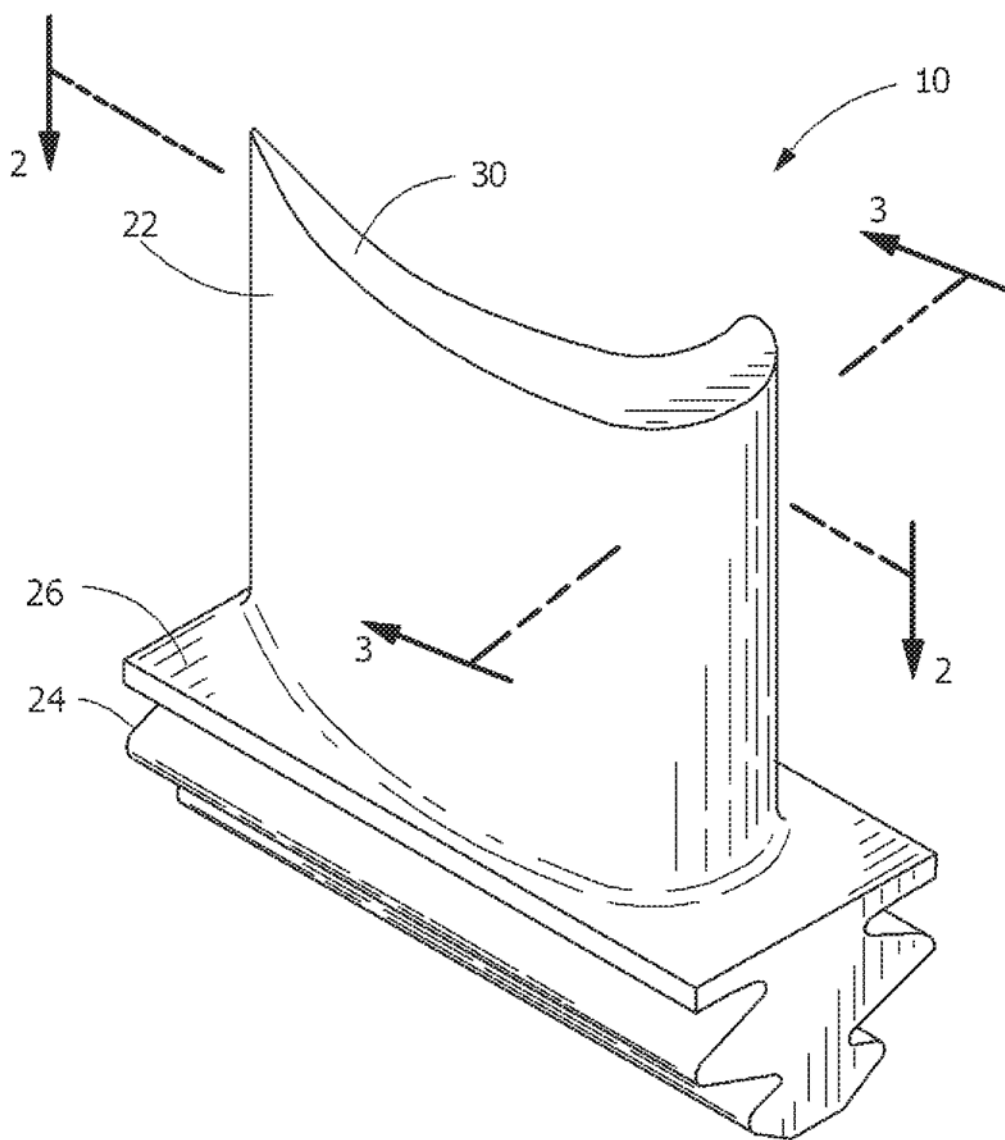


图 1

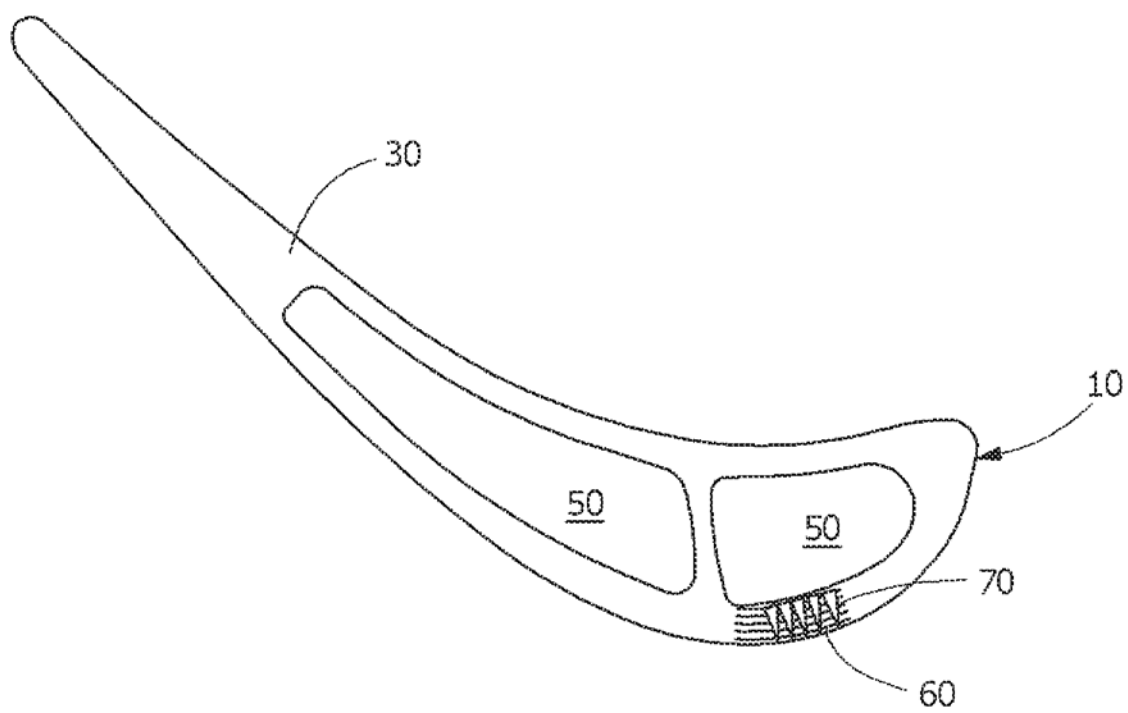


图2

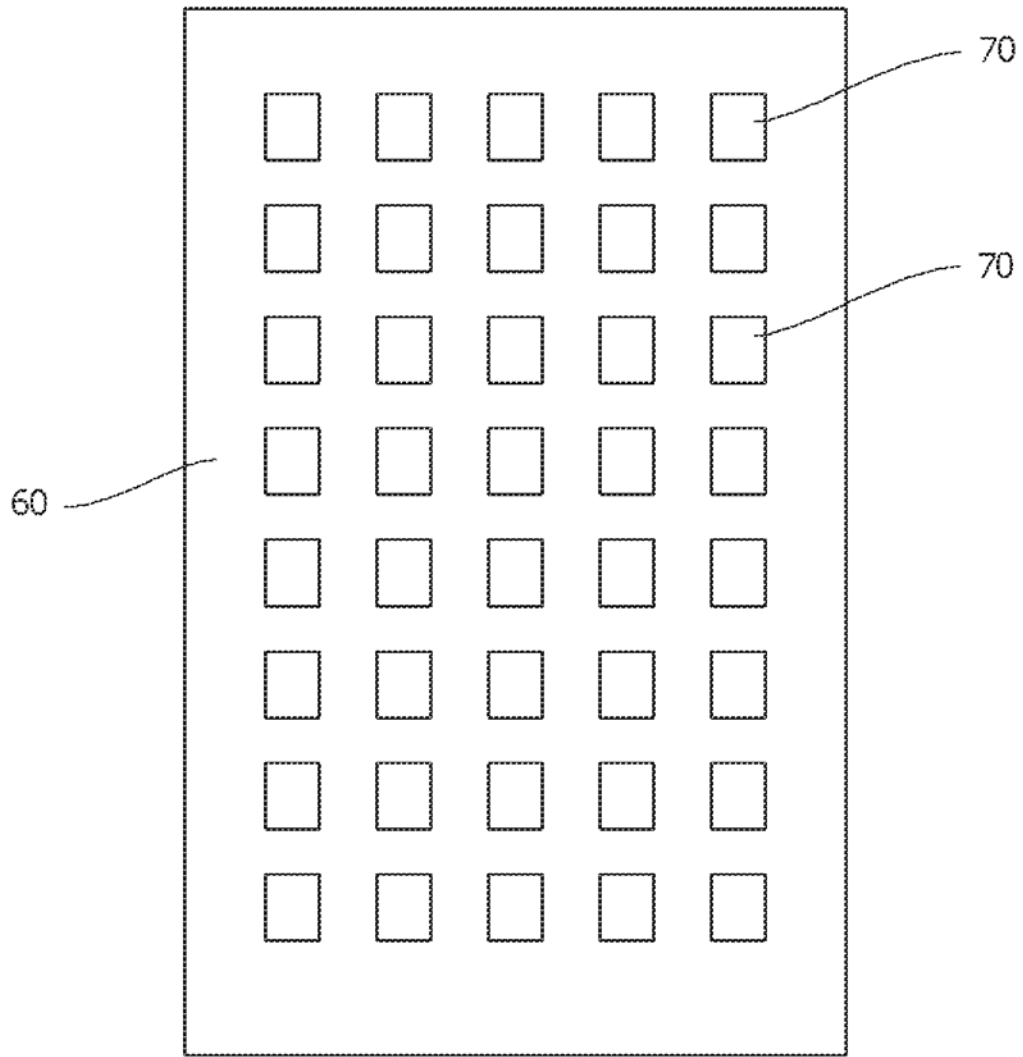


图 3

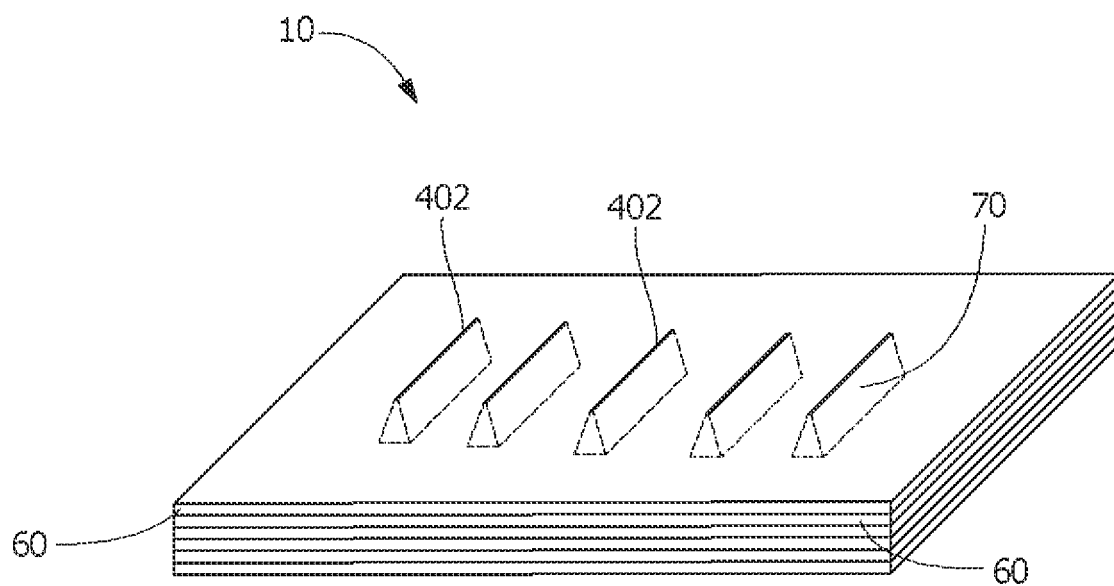


图 4

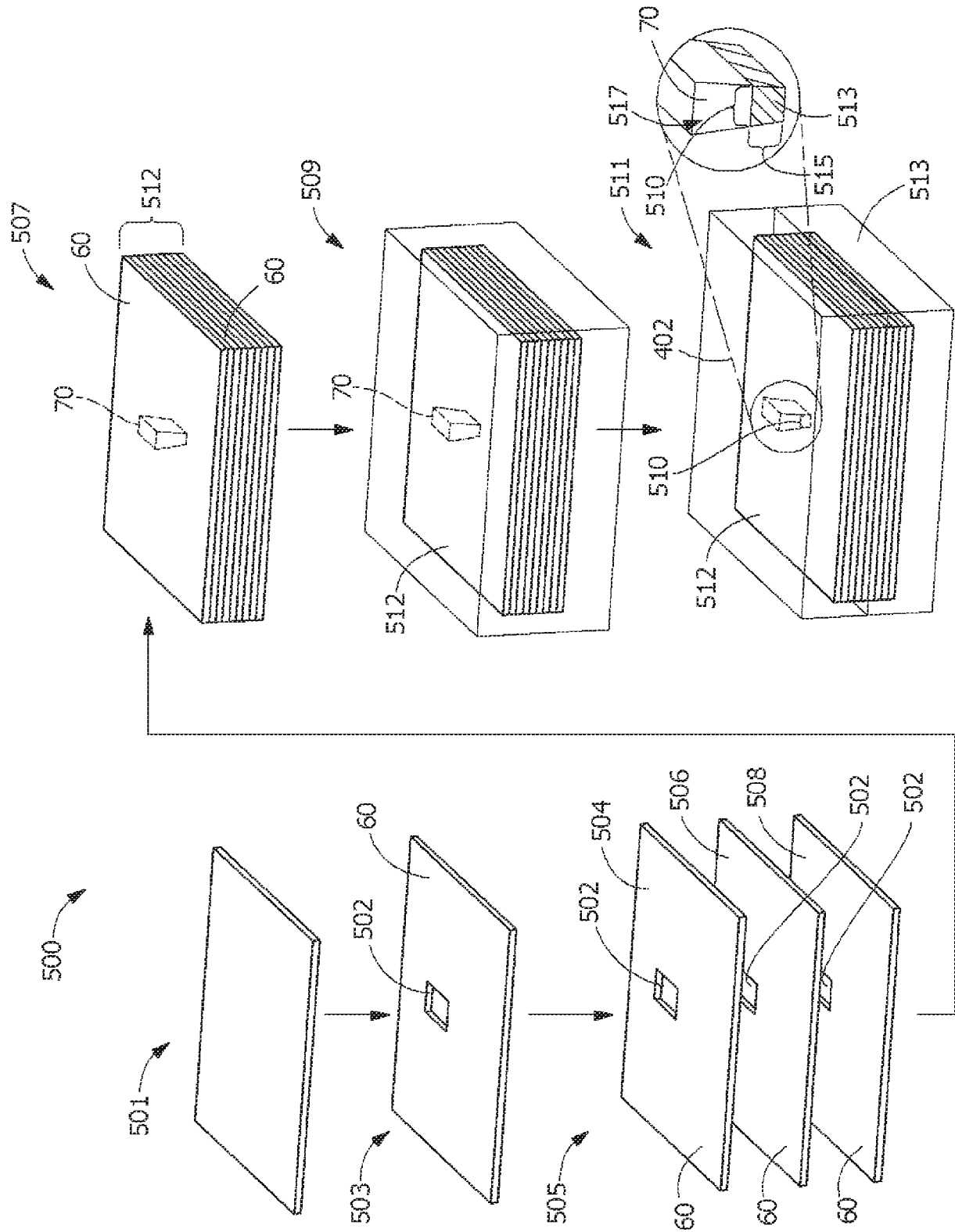


图 5