



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110355995 B

(45) 授权公告日 2021.07.06

(21) 申请号 201910762838.7

B29C 64/209 (2017.01)

(22) 申请日 2019.08.19

B33Y 10/00 (2015.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

B33Y 30/00 (2015.01)

申请公布号 CN 110355995 A

B33Y 70/10 (2020.01)

B33Y 80/00 (2015.01)

(43) 申请公布日 2019.10.22

(56) 对比文件

(73) 专利权人 航天特种材料及工艺技术研究所

RU 2674138 C1, 2018.12.04

地址 100074 北京市丰台区云岗北里40号
院

CN 109333859 A, 2019.02.15

审查员 赵冰

(72) 发明人 毕向军 唐中华 张帅 赵亮
赵宏杰

(74) 专利代理机构 北京格允知识产权代理有限公司 11609

代理人 刘晓

(51) Int. Cl.

B29C 64/118 (2017.01)

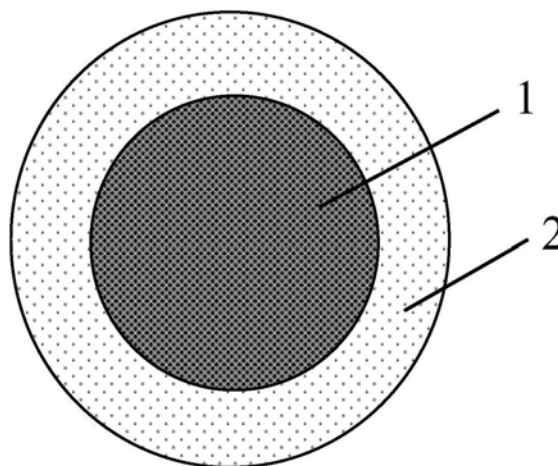
权利要求书1页 说明书7页 附图3页

(54) 发明名称

一种采用连续纤维进行3D打印成型方法以及由此成型得到的目标结构和应用

(57) 摘要

本发明涉及一种采用连续纤维进行3D打印成型方法以及由此成型得到的目标结构和应用。所述方法为：(1) 提供预浸有热固性树脂的连续纤维；(2) 在所述连续纤维的表面涂覆热塑性材料，形成打印丝束；(3) 利用所述打印丝束通过3D打印方法打印出目标结构。本发明提出一种以“热固性材料为骨架、热塑性材料为辅”形成的打印丝束作为耗材的3D打印方法，解决了当前目标结构例如仿生翼面“性能优良但难成型、不能制造”的问题；本发明是在原有打印工艺的基础上提出的新形式的打印方法，有助于各种类似结构的工艺成型，为特殊结构的成型打开了一条新路。



1. 一种采用连续纤维进行3D打印成型方法,其特征在于,所述方法包括:

(1) 提供预浸有热固性树脂的连续纤维;

(2) 在所述连续纤维的表面涂覆热塑性材料,形成打印丝束;所述热固性树脂为中温环氧树脂,所述热塑性材料为尼龙6树脂;或所述热固性树脂为中温环氧树脂,所述热塑性材料为聚苯硫醚树脂;或所述热固性树脂为不饱和树脂,所述热塑性材料为聚氯乙烯树脂;

(3) 利用所述打印丝束通过3D打印方法打印出目标结构;所述目标结构为拓扑结构或点阵结构或仿生结构;

所述3D打印方法采用用于3D打印成型的打印喷头进行,所述打印喷头包括打印通道;

所述打印通道包括用于供预浸有热固性树脂的连续纤维通过的内层通道和环绕在所述内层通道的外部的用于供热塑性材料通过的外层通道;所述热塑性材料经所述打印喷头的外层通道熔融-挤出后涂覆在所述预浸有热固性树脂的连续纤维的表面形成打印丝束进行3D打印;在进行所述3D打印时,形成的所述打印丝束以所述预浸有热固性树脂的连续纤维为内部支撑材料,并以涂覆在所述预浸有热固性树脂的连续纤维的表面的热塑性材料为外部辅助粘合材料;所述热固性树脂的瞬时固化温度高于所述热塑性材料的熔融温度,并低于所述热塑性材料的分解温度;所述热固性树脂的瞬时固化时间不超过2s。

2. 根据权利要求1所述的3D打印成型方法,其特征在于:

所述连续纤维中含有的纤维选自由碳纤维、玻璃纤维、Kevlar纤维和PBO纤维组成的组。

3. 根据权利要求1所述的3D打印成型方法,其特征在于:

所述热固性树脂的瞬时固化时间为0.2~0.5s。

4. 根据权利要求1所述的3D打印成型方法,其特征在于:

所述内层通道和所述外层通道的横截面呈圆形或方形。

5. 根据权利要求1所述的3D打印成型方法,其特征在于:

所述打印喷头的温度被控制为高于所述热固性树脂的瞬时固化温度和所述热塑性材料的熔融温度,并低于所述热固性树脂和所述热塑性材料的分解温度。

6. 由权利要求1至3任一项所述的3D打印成型方法成型得到的目标结构。

一种采用连续纤维进行3D打印成型方法以及由此成型得到的目标结构和应用

技术领域

[0001] 本发明属于复合材料制造技术领域,尤其涉及一种采用连续纤维进行3D打印成型方法以及由此成型得到的目标结构和应用。

背景技术

[0002] 热固材料或热塑材料打印制件具有定制化、无模具辅助、成型周期短、高度的图纸可视等优点,但受到自身材料性能的限制,力学强度远不及铝合金材料,使用环境受到极大的限制,一般用于首饰、玩具等非结构件,很难满足航天航空、汽车等高端市场的需求;同样,打印工艺也受到了很大的约束。为了补偿高分子打印工艺的缺点,借鉴自动铺放工艺的特点,形成了以连续纤维为增强材料的连续纤维3D打印工艺,力学强度可以提高至1000MPa(拉伸强度)以上,与普通的铝合金材料相近,并逐步的成为机器人、航空等领域的一种快捷工艺形式。目前的连续纤维增强打印工艺是以碳纤维、玻璃纤维等材料为主要的增强体,以热固或热塑材料为基材,以逐层切片形式层层堆砌成目标产品。最终的结构均是以纤维在打印平面内连续的形式,无法规定非打印平面的轨迹,同样也无法成型空间点阵结构或Z向增强的结构形式。这也是目前约束连续纤维发展的一个技术瓶颈,受到了国内外同行的关注。

[0003] 以仿生结构为例。随着各项技术产品化的快速发展及工业化的腾飞,向生物(如鸟类)学习、模仿动物的结构和外形也是复合材料产品的必然。在航空器方面,鸟类骨骼内部结构成为设计师的一个模仿热点。使用点阵结构填充外壳,维持了外形、适合飞行的要求,又能提供支撑、给予了较大的飞行承载。不过内部无规的支撑结构是生物通过自组装形成的一种自然状态,经过了生物基因调节生长而成,具有现有技术难以企及的组成和特点。

[0004] 打印技术是融合机械、化学、材料等领域的前沿成果,形成层层组装形式的工艺方法;成为了制造仿生结构的可行途径。不过目前还存在很多问题:

[0005] 1) 制造难度大,打印件强度低。当前对于仿生结构的翼面类结构制造以多步骤、多层次的制造模式,即制造部分支撑物、后组装的形式,多数也是以金属、塑料等单一材料为主,结构形式和制造方式制约了结构特征的成型和工艺效率及质量。目前,随着打印工艺的发展,使用纯树脂(包含纯热塑材料或纯热固性材料)打印的点阵结构已经有所发展,多数是以FDM、SLS工艺制备,力学承载受限,对于质量贡献小,一般适用于模拟件或小型的缩比件。

[0006] 2) 选取的打印材料单一,连续打印工艺难以实现复杂拓扑结构的制造。连续纤维增强塑料打印工艺普遍选用单一的热固性材料或单一的热塑性材料,对于两者混合或存在明显界面、作为不同功能需求的组分存在的打印工艺还未见报道。连续纤维增强塑料的打印工艺也一般局限于在X-Y平面内,不能实现在Z向上的打印及纤维取向。

[0007] 因此,非常有必要针对特殊目标结构例如仿生翼面结构打印工艺的问题,在连续纤维增强塑料打印工艺的基础上,提出一种采用连续纤维进行3D成型打印的新方法,为特

殊目标结构的制造打开一条新路。

发明内容

[0008] 为了解决现有连续纤维增强打印工艺在制造特殊目标结构方面存在的不足,本发明提供了一种采用连续纤维进行3D打印成型方法以及由此成型得到的目标结构和应用。本发明针对特殊目标结构及其打印工艺的特点,以材料为主要的研究方向,提出一种以“热固性材料为骨架、热塑性材料为辅”形成的打印丝束作为打印耗材的打印方法及相应的打印喷头的设计样式,以解决当前特殊目标结构例如(仿生复合材料翼面)“性能优良但难成型、不能3D打印制造”的问题。

[0009] 为了实现上述目的,本发明在第一方面提供了一种采用连续纤维进行3D打印成型方法,所述方法包括:

[0010] (1) 提供预浸有热固性树脂的连续纤维;

[0011] (2) 在所述连续纤维的表面涂覆热塑性材料,形成打印丝束;

[0012] (3) 利用所述打印丝束通过3D打印方法打印出目标结构。

[0013] 优选地,所述连续纤维中含有的纤维选自碳纤维、玻璃纤维、Kevlar纤维和PBO纤维组成的组;所述热固性树脂选自环氧树脂、不饱和树脂和乙烯基树脂组成的组;和/或所述热塑性材料选自尼龙6树脂、聚氯乙烯树脂、聚碳酸酯树脂、聚氨酯树脂和聚苯硫醚树脂组成的组。

[0014] 优选地,所述热固性树脂为环氧树脂,所述热塑性材料为尼龙6树脂;或所述热固性树脂为环氧树脂,所述热塑性材料为聚苯硫醚树脂;或所述热固性树脂为不饱和树脂,所述热塑性材料为聚氯乙烯树脂。

[0015] 优选地,所述热固性树脂的瞬时固化时间不超过2s;优选的是,所述热固性树脂的瞬时固化时间为0.2~0.5s。

[0016] 优选地,所述热固性树脂的瞬时固化温度高于所述热塑性材料的熔融温度,并低于所述热塑性材料的分解温度。

[0017] 本发明在第二方面提供了由本发明在第一方面所述的3D打印成型方法成型得到的目标结构。

[0018] 本发明在第三方面提供了以热塑性材料涂覆在预浸有热固性树脂的连续纤维的表面形成的打印丝束作为打印耗材在3D打印工艺中的应用。

[0019] 本发明在第四方面提供了一种用于3D打印成型的打印喷头,所述打印喷头包括打印通道;所述打印通道包括用于供预浸有热固性树脂的连续纤维通过的内层通道和环绕在所述内层通道的外部的用于供热塑性材料通过的外层通道。

[0020] 优选地,所述内层通道和所述外层通道的横截面呈圆形或方形。

[0021] 优选地,所述打印喷头的温度被控制为高于所述热固性树脂的瞬时固化温度和所述热塑性材料的熔融温度,并低于所述热固性树脂和所述热塑性材料的分解温度。

[0022] 本发明与现有技术相比至少具有如下有益效果:

[0023] (1) 本发明方法针对特殊目标结构(例如仿生复合材料翼面)及其打印工艺的特点,以材料为主要的研究方向,提出一种“热固性材料为骨架、热塑性材料为辅”的打印方法及相应的打印喷头的设计样式,以解决当前特殊目标结构例如仿生翼面“性能优良但难成

型、不能3D打印制造”的问题；本发明方法是在原有打印工艺的基础上提出的新形式的打印方法，有助于各种类似结构的工艺成型，为特殊结构的成型打开了一条新路。

[0024] (2) 本发明方法实现了仿生翼面的打印制造，不仅保证了产品具备的结构特征和外形，满足了设计师在造型上的要求；还能将连续纤维的优越性带到翼面结构，提高翼面的承载能力；本发明方法能够实现大型复杂拓扑结构仿生翼面的制造，预计这项技术能够将仿生翼面的制造水平和结构设计水平提高至新的台阶、新的层次。

[0025] (3) 本发明方法成型得到的仿生复合材料翼面的内部为骨架结构，能够降低现有普通仿生翼面的重量；此外，本发明方法采用连续打印工艺实现了复杂拓扑结构的制造，相比现有仿生翼面的先制造部分支撑物、后组装的方法，能够明显提高仿生翼面制造的生产效率。

附图说明

[0026] 图1是本发明一个具体实施方式中形成的打印丝束的截面结构示意图。

[0027] 图2是本发明一个具体实施方式中打印的仿生复合材料翼面的产品示意图。

[0028] 图3是本发明中的打印喷头的结构示意图。

[0029] 图4是图3中的打印喷头在另一视角下的结构示意图。

[0030] 图中：1：热固性预浸丝束；2：热塑性材料；3：内层通道；4：外层通道。

具体实施方式

[0031] 为使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚，下面将结合本发明实施例，对本发明的技术方案进行清楚、完整地描述。显然，所描述的实施例是本发明的一部分实施例，而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例，本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动的前提下所获得的所有其他实施例，都属于本发明保护的范围。

[0032] 本发明在第一方面提供了一种采用连续纤维进行3D打印成型方法，所述方法包括如下步骤：

[0033] (1) 提供预浸有热固性树脂的连续纤维；在本发明中，也将预浸有热固性树脂的连续纤维记作热固性预浸丝束或热固性树脂预浸丝束；

[0034] (2) 在所述连续纤维的表面涂覆热塑性材料，形成打印丝束；在本发明中，形成的所述打印丝束是以热固性预浸丝束（热固性树脂预浸丝束）为内部支撑材料，并以热塑性材料涂覆在所述热固性预浸丝束的表面为外部辅助粘合材料的；在本发明中，所述打印丝束包括内外两层，例如，如图1所示，所述打印丝束包括作为内层的热固性预浸丝束1（热固性预浸丝束层）和涂覆在所述热固性预浸丝束1的表面（外侧）作为外层的热塑性材料2（热塑性材料层），即在本发明中，所述打印丝束是以热固性预浸丝束为内层，以涂覆在所述热固性预浸丝束的表面的热塑性材料为外层的层状微观结构；

[0035] (3) 利用所述打印丝束通过3D打印方法打印出目标结构（例如拓扑结构或点阵结构或仿生结构）；具体地，例如所述目标结构为仿生复合材料翼面（仿生结构）时，根据待打印仿生复合材料翼面的翼型图以所述打印丝束为打印耗材逐层成形，3D打印出仿生复合材料翼面。

[0036] 在本发明中，所述打印丝束能作为打印耗材逐层成形，3D打印出目标结构（例如仿

生复合材料翼面)的原因是:

[0037] 在仿生复合材料翼面3D打印成型过程中,热固性预浸丝束通过打印喷头后,表面涂覆一层热塑性材料,在热的作用下发生固化反应与热塑性材料的熔融;通过热固-热固、热塑-热塑及热固-热塑材料的粘接作用实现了材料的铺放,实现特殊目标结构的逐层成形;在此过程中,所述打印丝束通过打印喷头时,热固性树脂瞬时发生了固化反应,即在打印喷头接触部分的熔池(打印熔池)内热固性树脂发生了“爆聚”,将热固性树脂达到了反应程度较高的半固化状态,即热固性预浸丝束经过打印喷头后能经过高温自行固化形成一种半固化状态;热固性树脂的反应为下一层纤维铺放提供了一个“硬”底面,由于打印丝束表面存在热塑性材料层,实现了铺放层在局部的定位和粘接;如此,以热固性预浸丝束为内在支撑骨架、热塑性材料为外在粘接的辅助材料的微观结构状态就得以形成。换言之,在本发明中,是以热固性材料作为载体,热塑性材料作为粘接剂形成的打印丝束作为打印耗材逐层成形实现了仿生复合材料翼面的3D打印成型。

[0038] 本发明方法针对特殊目标结构(例如仿生复合材料翼面)及其打印工艺的特点,以材料为主要的研究方向,提出一种“热固性材料为骨架、热塑性材料为辅”的打印方法及相应的打印喷头的设计样式,以解决当前仿生翼面“性能优良但难成型、不能3D打印制造”的问题;本发明方法是在原有打印工艺的基础上提出的新形式的打印方法,有助于各种类似结构的工艺成型,为特殊结构的成型打开了一条新路;本发明方法实现了仿生翼面的打印制造,不仅保证了产品具备的结构特征和外形,满足了设计师在造型上的要求;还能将连续纤维的优越性带到翼面结构,提高翼面的承载能力;本发明方法能够实现大型复杂拓扑结构仿生翼面的制造,预计这项技术能够将仿生翼面的制造水平和结构设计水平提高至新的台阶、新的层次;本发明方法成型得到的仿生复合材料翼面的内部为骨架结构,能够降低现有普通仿生翼面的重量;此外,本发明方法采用连续打印工艺实现了复杂拓扑结构的制造,相比现有仿生翼面的先制造部分支撑物、后组装的方法,能够明显提高仿生翼面制造的生产效率。

[0039] 根据一些优选的实施方式,所述3D打印成型方法还包括将步骤(3) 3D打印出的所述目标结构再次热处理的步骤,使得所述目标结构经过成型后,可以经过二次热处理,以进一步提高热固性树脂的反应程度。

[0040] 根据一些优选的实施方式,所述打印丝束包括的热固性预浸丝束层和所述打印丝束包括的热塑性材料层的横截面呈圆形或方形(例如长方形),即所述热固性预浸丝束层和所述热塑性材料层的横截面可以均呈圆形或均呈方形。

[0041] 根据一些更优选的实施方式,所述热固性预浸丝束层和所述热塑性材料层的横截面均呈圆形,例如,如图1所示,并且热固性预浸丝束层的直径为0.3~1mm(例如0.3、0.4、0.5、0.6、0.7、0.8、0.9或1mm),所述热塑性材料层的直径是所述热固性预浸丝束层的直径的1.1~1.5倍。

[0042] 根据一些更优选的实施方式,所述热固性预浸丝束层和所述热塑性材料层的横截面均呈长方形,所述热塑性材料层均匀地涂覆在所述热固性预浸丝束层的表面,并且所述热塑性材料层的横截面的长度为所述热固性预浸丝束层的横截面的长度的1.1~1.5倍,所述热塑性材料层的横截面的宽度为所述热固性预浸丝束层的横截面的宽度的1.1~1.5倍。

[0043] 根据一些优选的实施方式,所述3D打印成型方法采用专用的3D打印喷头(用于3D

打印成型的打印喷头)进行,所述打印喷头包括打印通道;例如,如图3和图4所示,所述打印通道包括用于供预浸有热固性树脂的连续纤维通过的内层通道3和环绕在所述内层通道3的外部的用于供热塑性材料通过的外层通道4;在本发明中,所述内层通道和所述外层通道之间例如通过金属连接件连接,所述金属连接件连接在所述内层通道的外侧壁和所述外层通道的内侧壁上;本发明对所述金属连接件的个数、形状和材质没有特别的要求,例如所述金属连接件可以为多个(例如3个或4个),采用与内层通道和外层通道相同的材质制成,多个所述金属连接件间隔均匀地分布在所述外层通道的容纳空间内,不封堵所述外层通道使得热塑性材料能通过即可。

[0044] 在本发明中,也将打印喷头记作热喷头;在本发明中,也可以将所述内层通道和所述外层通道分别记作热固性预浸丝束通道和热塑性材料通道;在本发明中,所述内层通道和所述外层通道在所述打印通道部位是不相通的,二者供热固性预浸丝束和热塑性材料在打印喷头末端即在打印熔池部位进行混合和涂覆。

[0045] 在本发明中,3D打印所述目标结构例如仿生复合材料翼面的过程可以描述为热固性预浸丝束通过打印喷头的内层通道后,在热喷头部位迅速固化,将固化程度提高至较高,热固性预浸丝束铺覆至打印平面上实现二维的打印;同时,在打印喷头的外层通道上,热塑性材料经过热喷头熔融-挤出,并逐步的围绕热固性预浸丝束涂覆到其表面。打印悬空的支撑物时,无模具作为打印底面,悬空拉伸出一条产品线条轨迹,此时打印时热固性树脂固化成为不熔的固态材料维形成为产品的状态,当打印第二层时,可以以第一层铺放的轨迹作为打印底面成型第二层或第N层;当打印非底层时,原有层表面的热塑性材料再次熔融与新打印层进行粘接;特别地,在仿生复合材料翼面的转角部位的打印速度应该放慢至仿生复合材料翼面的其它打印部位(除转角部位之外的部位)的打印速度的2/3至3/4;在本发明中,所述目标结构的打印速度与所述热固性树脂的瞬时固化速度有关。

[0046] 根据一些优选的实施方式,所述连续纤维中含有的纤维选自碳纤维、玻璃纤维、Kevlar纤维和PBO纤维(聚对苯撑苯并二噁唑纤维)组成的组;所述热固性树脂选自环氧树脂、不饱和树脂和乙烯基树脂组成的组;和/或所述热塑性材料选自尼龙6树脂、聚氯乙烯树脂(PVC树脂)、聚碳酸酯树脂、聚氨酯树脂和聚苯硫醚树脂(PPS树脂)组成的组。特别说明的是,在本发明中,术语“选自……组成的组”表示的是“选自……中的一种或多种”的意思。

[0047] 在本发明中,优选的是,所述热塑性材料是与热固性树脂极性相似、界面粘接良好的材料,在一些优选的实施方式中,所述热塑性材料与所述热固性树脂具有良好的界面相容性,例如当所述热固性树脂为环氧树脂,所述热塑性材料为尼龙6树脂时,两者之间具有良好的界面相容性,或者,当所述热固性树脂为环氧树脂,所述热塑性材料为聚苯硫醚树脂,两者之间具有良好的界面相容性,或者,当所述热固性树脂为不饱和树脂,所述热塑性材料为聚氯乙烯树脂时,两者之间同样具有良好的界面相容性;同时,在本发明中,要求所述热塑性材料在所述热固性树脂瞬时固化温度下熔融而不分解,但允许在后续更高的温度下(低于热固性树脂的分解温度)发生交联反应;在本发明中,所述热固性树脂的瞬时固化温度是指热固性树脂不到2s就能发生固化对应的温度,换言之,即所述热固性树脂的瞬时固化温度是指在该温度下不到2s发生固化,优选为0.2~0.5s发生固化;在本发明中,将发生该瞬时固化对应的时间为瞬时固化时间。

[0048] 根据一些优选的实施方式,所述热固性树脂的瞬时固化温度高于所述热塑性材料的熔融温度,并低于所述热塑性材料的分解温度。

[0049] 根据一些优选的实施方式,所述热固性树脂为环氧树脂,所述热塑性材料为尼龙6树脂;或所述热固性树脂为环氧树脂,所述热塑性材料为聚苯硫醚树脂;或所述热固性树脂为不饱和树脂,所述热塑性材料为聚氯乙烯树脂。

[0050] 根据一些优选的实施方式,所述热固性树脂的瞬时固化时间不超过2s;优选的是,所述热固性树脂的瞬时固化时间为0.2~0.5s。

[0051] 本发明在第二方面提供了由本发明在第一方面所述的3D打印成型方法成型得到的目标结构。在本发明中,以目标结构为仿生复合材料翼面为例,本发明3D打印成型得到的所述仿生复合材料翼面不仅保证了产品具备的结构特征和外形,满足了设计师在造型例如生物骨骼内部结构上的要求;本发明成型得到的仿生复合材料翼面由于将连续纤维的优越性引入到了翼面结构中,仿生翼面的承载能力明显提高;本发明成型得到的仿生复合材料翼面的内部为骨架结构,相比现有仿生翼面具有质轻的优点;本发明3D打印成型方法成型得到的仿生复合材料翼面的产品示意图例如可以如图2所示。

[0052] 本发明在第三方面提供了以热塑性材料涂覆在预浸有热固性树脂的连续纤维的表面形成的打印丝束作为打印耗材在3D打印工艺中的应用。

[0053] 本发明在第四方面提供了一种用于3D打印成型的打印喷头,所述打印喷头包括打印通道;例如,如图3和图4所示,所述打印通道包括用于供预浸有热固性树脂的连续纤维通过的内层通道3和环绕在所述内层通道3的外部的用于供热塑性材料通过的外层通道4。在本发明中,所述内层通道和所述外层通道之间例如通过金属连接件连接,所述金属连接件连接在所述内层通道的外侧壁和所述外层通道的内侧壁上;本发明对所述金属连接件的个数、形状和材质没有特别的要求,例如所述金属连接件可以为多个(例如3个或4个),采用与内层通道和外层通道相同的材质制成,多个所述金属连接件间隔均匀地分布在所述外层通道的容纳空间内,不封堵所述外层通道使得热塑性材料能通过即可。在本发明中,所述内层通道和所述外层通道在所述打印通道部位是不相通的,二者供热固性预浸丝束和热塑性材料在打印喷头末端即在打印熔池部位进行混合和涂覆。

[0054] 根据一些优选的实施方式,所述内层通道和所述外层通道的横截面呈圆形或方形(例如长方形),即所述内层通道和所述外层通道的横截面可以均呈圆形或均呈方形。

[0055] 根据一些更优选的实施方式,所述内层通道和所述外层通道的横截面均呈圆形,并且所述内层通道的直径为0.3~1mm(例如0.3、0.4、0.5、0.6、0.7、0.8、0.9或1mm),所述外层通道的直径是所述内层通道的直径的1.1~1.5倍。

[0056] 根据一些更优选的实施方式,所述内层通道和所述外层通道的横截面均呈长方形,所述外层通道均匀地环绕在所述内层通道的外部,并且所述外层通道的横截面的长度为所述内层通道的横截面的长度的1.1~1.5倍,所述外层通道的横截面的宽度为所述内层通道的横截面的宽度的1.1~1.5倍。

[0057] 根据一些优选的实施方式,所述打印喷头的温度被控制为高于所述热固性树脂的瞬时固化温度和所述热塑性材料的熔融温度,并低于所述热固性树脂和所述热塑性材料的分解温度;在本发明中,例如所述打印喷头具有加热装置,通过调节所述加热装置从而使得所述打印喷头的温度被控制为高于所述热固性树脂的瞬时固化温度和所述热塑性材料的

熔融温度,并低于所述热固性树脂和所述热塑性材料的分解温度。

[0058] 下面结合实施例对本发明作进一步说明。这些实施例只是就本发明的优选实施方式举例说明,本发明的保护范围不应解释为仅限于这些实施例。

[0059] 实施例1

[0060] 以预浸有中温环氧树脂(热固性树脂)的玻璃纤维+PA6材料(热塑性材料)为打印丝束打印仿生复合材料翼面:

[0061] 温度设置:打印喷头的温度根据TGA的测试数值得到环氧树脂的瞬时固化温度为300℃,除转角部位之外的部位的打印速度为0.5s,转角部位的打印速度为0.7s。

[0062] 打印喷头的尺寸:内层通道和外层通道的截面均为圆形,内层通道的直径为0.4mm、外层通道的直径为0.6mm。

[0063] 根据待打印仿生复合材料翼面的翼型图以本实施例中的打印丝束为打印耗材3D打印如图2所示的仿生复合材料翼面;本实施例可以实现翼面结构设计要求,相比现有仿生翼面的先制造部分支撑物、后组装的方法,降低制件的重量至原来的三分之一,提高生产效率至原来的5倍,同时降低了成型时的技术要求和成型难度。

[0064] 实施例2

[0065] 以预浸有不饱和树脂(热固性树脂)的碳纤维+PVC材料(热塑性材料)为打印丝束打印仿生复合材料翼面:

[0066] 温度设置:打印喷头的温度根据TGA的测试数值得到不饱和树脂的瞬时固化温度为200℃,除转角部位之外的部位的打印速度为0.5s,转角部位的打印速度为0.7s。

[0067] 打印热喷头的尺寸:内层通道和外层通道的截面均为长方形,内层通道的尺寸为0.4×0.2mm、外层通道的尺寸为0.5×0.3mm。

[0068] 根据待打印仿生复合材料翼面的翼型图以本实施例中的打印丝束为打印耗材3D打印如图2所示的仿生复合材料翼面;本实施例可以实现翼面结构设计要求,相比现有仿生翼面的先制造部分支撑物、后组装的方法,降低制件的重量至原来的五分之一,提高生产效率至原来的10倍,同时降低了成型时的技术要求和成型难度。

[0069] 最后说明的是:以上实施例仅用以说明本发明的技术方案,而非对其限制;尽管参照前述实施例对本发明进行了详细说明,本领域普通技术人员应当理解:其依然可以对各实施例所记载的技术方案进行修改,或者对其中部分技术特征进行等同替换;而这些修改或者替换,并不使技术方案的本质脱离本发明各实施例技术方案的精神和范围。

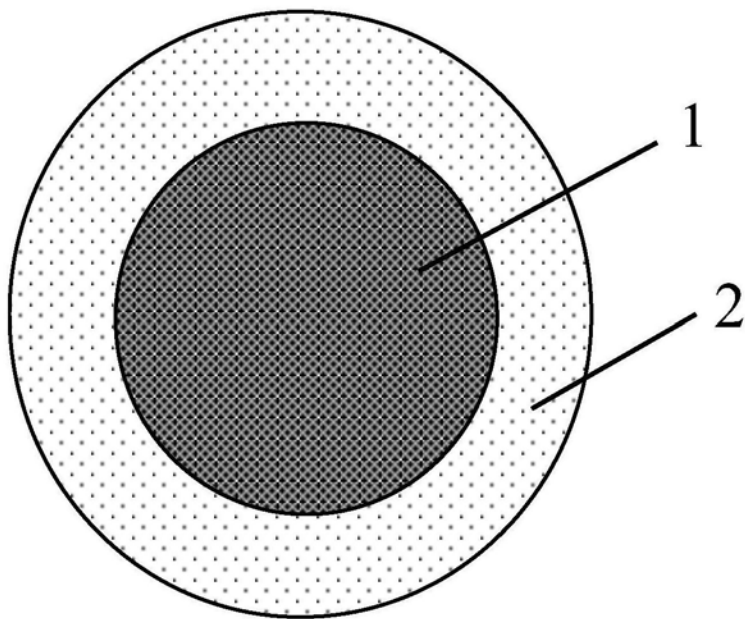


图1

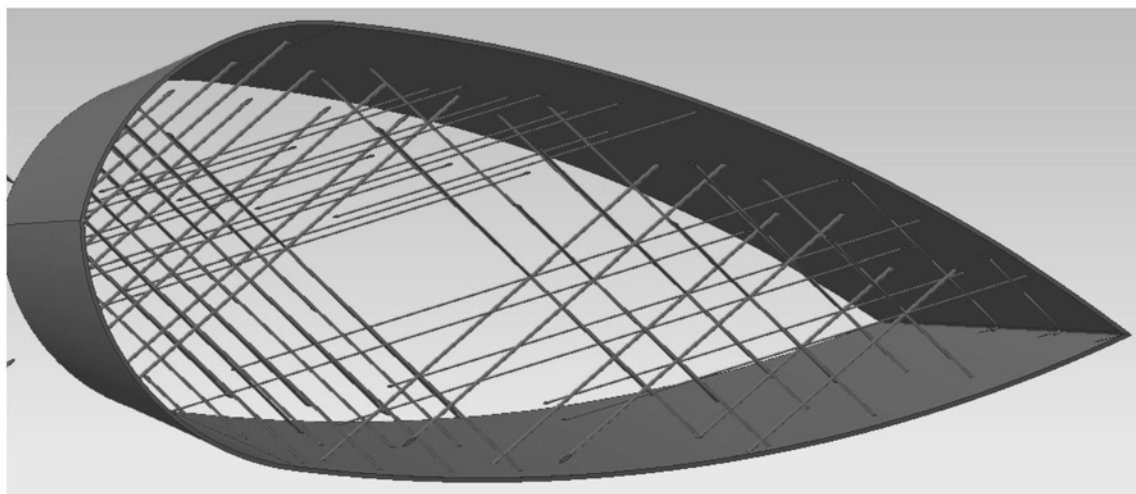


图2

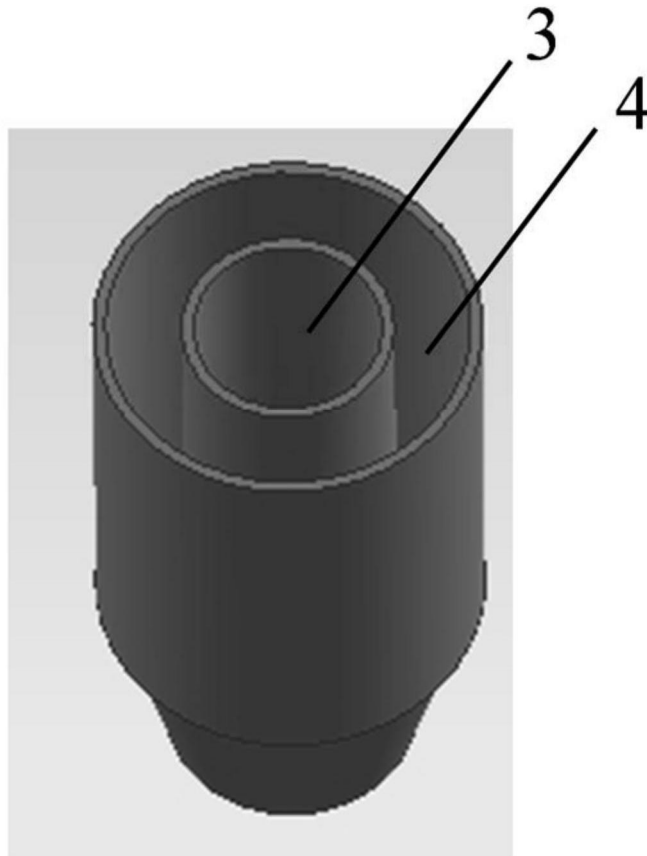


图3

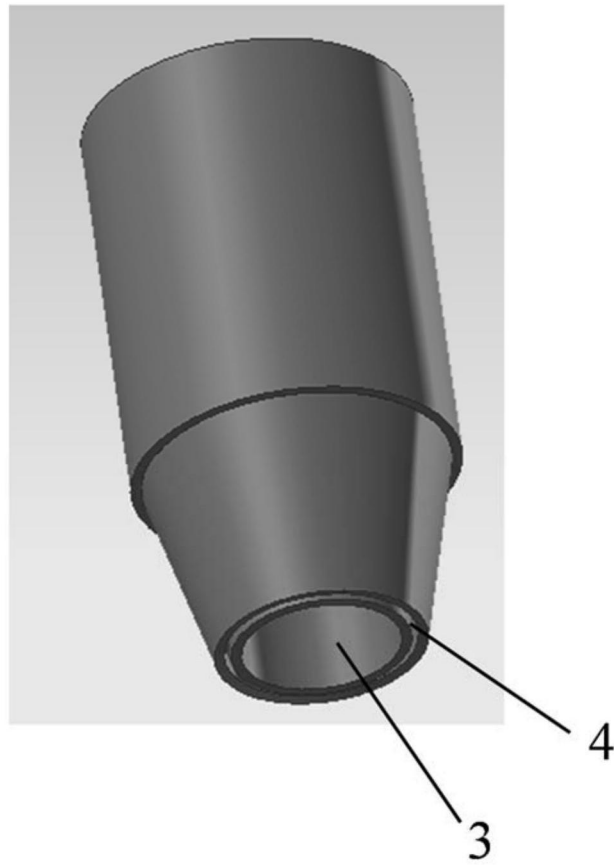


图4