



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 117584565 A

(43) 申请公布日 2024. 02. 23

(21) 申请号 202311493354.X

(22) 申请日 2023.11.10

(71) 申请人 宁波伏尔肯科技股份有限公司

地址 315121 浙江省宁波市鄞州区潘火街
道金源路666号

(72) 发明人 何光起 邬妍佼 熊礼俊 王永辉
陈耕耘 蒋家山 严小斌 徐斌
薛振坤 洪于喆 杜岳峰 任可杰
张碧盈 沈赟 邬国平 郭岱东

(74) 专利代理机构 宁波甬致专利代理有限公司
33228

专利代理师 胡天人

(51) Int. Cl.

B32B 18/00 (2006.01)

B32B 3/20 (2006.01)

B32B 37/06 (2006.01)

C04B 35/577 (2006.01)

C04B 35/622 (2006.01)

B33Y 70/10 (2020.01)

B33Y 10/00 (2015.01)

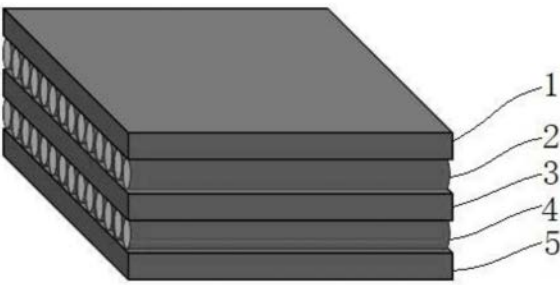
权利要求书1页 说明书6页 附图3页

(54) 发明名称

一种多层结构碳化硅吸波材料及其制备方法

(57) 摘要

本发明提供多层结构碳化硅吸波材料及其制备方法,多层结构碳化硅吸波材料包括依次层叠设置的第一平面层、第一圆管层、第二平面层、第二圆管层和第三平面层,所述第一圆管层和所述第二圆管层包括多根平行排列的空心圆管,相邻所述空心圆管相抵,所述多层结构碳化硅吸波材料包括以下质量百分比的原料:碳化硅粉体40%~80%、石蜡10%~40%、热塑性树脂5%~10%、硬脂酸1%~5%、烧结助剂1%~5%。本发明对碳化硅材料在原料组成和结构上进行改进,通过调整热塑性树脂,可以拓宽材料吸波频段、提高力学性能;材料具有多层结构,间隔设置两层空心圆管,可以提升材料的吸波性能。



1. 一种多层结构碳化硅吸波材料,其特征在于,包括依次层叠设置的第一平面层、第一圆管层、第二平面层、第二圆管层和第三平面层,所述第一圆管层和所述第二圆管层包括多根平行排列的空心圆管,相邻所述空心圆管相抵,所述多层结构碳化硅吸波材料包括以下质量百分比的原料:碳化硅粉体40%~80%、石蜡10%~40%、热塑性树脂5%~10%、硬脂酸1%~5%、烧结助剂1%~5%。

2. 根据权利要求1所述的多层结构碳化硅吸波材料,其特征在于,所述第一平面层的厚度为0.5~1mm,所述第一圆管层的厚度为0.5~1mm,所述第二平面层的厚度为0.5~1mm,所述第二圆管层的厚度为0.5~1mm,所述第三平面层的厚度为0.5~1mm。

3. 根据权利要求2所述的多层结构碳化硅吸波材料,其特征在于,所述空心圆管的外径为0.5~1mm,壁厚为0.1~0.2mm。

4. 根据权利要求1-3任一所述的多层结构碳化硅吸波材料,其特征在于,所述热塑性树脂选自聚乳酸、ABS、聚碳酸酯、尼龙、聚乙烯、乙烯乙酸乙烯酯聚合物中的任意一种或多种;所述烧结助剂选自铝、硅、氧化铝、氧化钇、炭黑中的任意一种或多种。

5. 根据权利要求4所述的多层结构碳化硅吸波材料,其特征在于,所述碳化硅粉体的粒径为200~400目,所述热塑性树脂的粒径大于100目。

6. 一种如权利要求1-5任一所述的多层结构碳化硅吸波材料的制备方法,其特征在于,包括以下步骤:

S1、混炼造粒:将碳化硅粉体、烧结助剂、硬脂酸置在球磨机中混合均匀,干燥,然后与热塑性树脂、石蜡在密炼机中混合均匀,破碎,获得粒径为50~500 μ m的混合颗粒;

S2、挤成线材:将干燥后的混合颗粒加入到熔融挤出成型机中,粉体在螺杆的作用下向前输送,熔融混合,挤出成型得到碳化硅/热塑性树脂复合线材;

S3、打印成型:将碳化硅/热塑性树脂复合线材放入3D打印设备,调节设备参数,在计算机控制下进行打印,以分层固化,逐层叠加的方式打印素坯;

S4、脱脂:将打印好的素坯脱脂得到预制体;

S5、烧结:将预制体置于烧结炉中,高温烧结得到多层结构碳化硅吸波材料。

7. 根据权利要求6所述的多层结构碳化硅吸波材料的制备方法,其特征在于,所述步骤S1中,球磨速度为200~400r/min,干燥温度为50~80℃,密炼温度为120~180℃,转速为15~40r/min。

8. 根据权利要求6所述的多层结构碳化硅吸波材料的制备方法,其特征在于,所述步骤S2中,熔融挤出成型机的螺杆转速为10~20r/min,预热区温度为120~140℃,熔融混合温度为140~150℃。

9. 根据权利要求6所述的多层结构碳化硅吸波材料的制备方法,其特征在于,所述步骤S3中,3D打印设备的喷头温度控制在100~200℃,载物台温度控制在20~150℃,打印速度为10~50mm/s,单层厚度为0.1~0.2mm。

10. 根据权利要求6所述的多层结构碳化硅吸波材料的制备方法,其特征在于,所述步骤S4具体过程为:素坯在脱脂炉中以1~5℃/min的升温速率加热至150~250℃,然后再以0.2~1℃/min的升温速率加热至500~700℃,保温1~2h,得到预制体;所述步骤S5具体过程为:将预制体置于烧结炉中,以2~5℃/min的升温速率加热至1900~2200℃,保温1~3h,得到多层结构碳化硅吸波材料。

一种多层结构碳化硅吸波材料及其制备方法

技术领域

[0001] 本发明涉及吸波材料制备技术领域,具体而言,涉及一种碳化硅吸波材料及其制备方法。

背景技术

[0002] 随着航空航天飞行器技术的快速发展,对飞行器表面的防护材料与结构提出了更高的要求,因此,急需发展集轻质、承载、宽频和高效吸波等功能一体化的材料。碳化硅陶瓷材料是典型的共价化合物,具有密度低、导热系数高、热膨胀系数小、化学稳定性好、机械强度高优点,是极具发展前景的耐高温、耐腐蚀材料,但是碳化硅材料的电导率和介电损耗较低,不利于电磁波吸收。

[0003] 近年来,多项研究表明,不同层级的结构对吸波能力具有叠加效应,能有效提高材料的吸波性能,因此理论上通过复合或结构设计可以改进碳化硅材料的吸波性能。

[0004] 而碳化硅为共价键极强的化合物,具有硬度高、绝缘、耐高温的特性,使其无法采用压力加工、切削加工、电火花线切割等传统的方法进行加工。目前可以采用加工方法只有金刚石砂轮,但这种方法磨削加工成本高、周期长,使得大尺寸、复杂形状结构碳化硅陶瓷件的制备非常困难,无法有效调控碳化硅材料的空间结构,限制了碳化硅吸波材料的发展。

发明内容

[0005] 针对现有技术的不足,本发明所要解决的技术问题是如何调控碳化硅材料的空间结构,提高其吸波性能。

[0006] 为解决上述问题,本发明提供一种多层结构碳化硅吸波材料,包括依次层叠设置的第一平面层、第一圆管层、第二平面层、第二圆管层和第三平面层,所述第一圆管层和所述第二圆管层包括多根平行排列的空心圆管,相邻所述空心圆管相抵,所述多层结构碳化硅吸波材料包括以下质量百分比的原料:碳化硅粉体40%~80%、石蜡10%~40%、热塑性树脂5%~10%、硬脂酸1%~5%、烧结助剂1%~5%。

[0007] 本发明对碳化硅材料在原料和结构上进行改进,通过调整有机物的含量,可以提升材料的力学性能;材料具有多层结构,间隔设置两层空心圆管,可以使波的传播过程中持续向不同方向发生反射和折射,从而降低波的传播能量,提高材料对波的吸收性能。

[0008] 进一步地,所述第一平面层的厚度为0.5~1mm,所述第一圆管层的厚度为0.5~1mm,所述第二平面层的厚度为0.5~1mm,所述第二圆管层的厚度为0.5~1mm,所述第三平面层的厚度为0.5~1mm。通过控制复合材料中各层厚度,可以调节材料的力学性能和吸波性能。

[0009] 进一步地,所述空心圆管的外径为0.5~1mm,壁厚为0.1~0.2mm。

[0010] 进一步地,所述热塑性树脂选自聚乳酸、ABS、聚碳酸酯、尼龙、聚乙烯、乙烯乙酸乙烯酯聚合物等中的任意一种或多种。选择粘结性能较好的高聚物,有利于线材的成型。

[0011] 进一步地,所述烧结助剂选自铝、硅、氧化铝、氧化钇、炭黑中的任意一种或多种。

[0012] 进一步地,所述碳化硅粉体和烧结助剂的粒径为200~400目,所述热塑性树脂的粒径大于100目。

[0013] 本发明还提供上述多层结构碳化硅吸波材料的制备方法,包括以下步骤:

[0014] S1、混炼造粒:将碳化硅粉体、烧结助剂、硬脂酸置于球磨机中混合均匀,干燥,然后与热塑性树脂、石蜡在密炼机中混合均匀,破碎,获得粒径为50~500 μm 的混合颗粒;

[0015] S2、挤成线材:将干燥后的混合颗粒加入到熔融挤出成型机中,粉体在螺杆的作用下向前输送,熔融混合,挤出成型得到碳化硅/热塑性树脂复合线材;

[0016] S3、打印成型:将碳化硅/热塑性树脂复合线材放入3D打印设备,调节设备参数,在计算机控制下进行打印,以分层固化,逐层叠加的方式打印素坯;

[0017] S4、脱脂:将打印好的素坯脱脂得到预制体;

[0018] S5、烧结:将预制体置于烧结炉中,高温烧结得到多层结构碳化硅吸波材料。

[0019] 本发明的制备方法采用熔融沉积3D打印成型工艺,通过混炼造粒步骤对陶瓷原料进行预处理,得到可以兼容普通3D打印设备的碳化硅/热塑性树脂复合线材,成功制备了具有空心圆管的多层结构碳化硅,实现了复杂结构的设计与快速制造,不需要使用特定的高温熔融3D打印设备,提高了生产效率,节省成本。

[0020] 进一步地,所述步骤S1中,球磨速度为200~400r/min,干燥温度为50~80 $^{\circ}\text{C}$,密炼温度为120~180 $^{\circ}\text{C}$,转速为15~40r/min。

[0021] 进一步地,所述步骤S2中,熔融挤出成型机的螺杆转速为10~20r/min,预热区温度为120~140 $^{\circ}\text{C}$,熔融混合温度为140~150 $^{\circ}\text{C}$,本步骤经过S1中混炼和挤出成型可以得到毫米级直径的碳化硅/热塑性树脂复合线材。

[0022] 进一步地,所述步骤S3中,3D打印设备的喷头温度控制在100~200 $^{\circ}\text{C}$,载物台温度控制在20~150 $^{\circ}\text{C}$,打印速度为10~50mm/s,单层厚度为0.1~0.2mm,本步骤以分层固化,逐层叠加的方式得到陶瓷/聚合物坯体。

[0023] 进一步地,所述步骤S4具体过程为:素坯在脱脂炉中以1~5 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 的升温速率加热至150~250 $^{\circ}\text{C}$,然后再以0.2~1 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 的升温速率加热至500~700 $^{\circ}\text{C}$,保温1~2h,得到预制体。采用分布升温方式可以可以提高生产效率,放慢第二阶段升温速度,避免素坯脱脂过程中发生开裂。

[0024] 进一步地,所述步骤S5具体过程为:将预制体置于烧结炉中,以2~5 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 的升温速率加热至1900~2200 $^{\circ}\text{C}$,保温1~3h,得到多层结构碳化硅吸波材料。通过脱脂和烧结,获得性能优异的高精度碳化硅吸波材料。

附图说明

[0025] 图1为本发明具体实施方式的多层结构碳化硅吸波材料的结构示意图;

[0026] 图2为本发明具体实施方式的多层结构碳化硅吸波材料的侧视图;;

[0027] 图3为本发明具体实施例1得到的碳化硅吸波材料的扫描电镜图像;

[0028] 图4为本发明具体实施例1得到的碳化硅吸波材料的扫描电镜图像;

[0029] 图5为本发明具体实施例1得到的碳化硅吸波材料的吸波曲线图。

[0030] 附图标记说明:

[0031] 1-第一平面层,2-第一圆管层,3-第二平面层,4-第二圆管层,5-第三平面层。

具体实施方式

[0032] 为使本发明的上述目的、特征和优点能够更为明显易懂,下面结合附图对本发明的具体实施例做详细的说明。需要说明的是,以下各实施例仅用于说明本发明的实施方法和典型参数,而不适用于限定本发明所述的参数范围,由此引申出的合理变化,仍处于本发明权利要求的保护范围内。

[0033] 需要说明的是,在本文中所披露的范围的端点和任何值都不限于该精确的范围或值,这些范围或值应当理解为包含接近这些范围或值的值。对于数值范围来说,各个范围的端点值之间、各个范围的端点值和单独的点值之间,以及单独的点值之间可以彼此组合而得到一个或多个新的数值范围,这些数值范围应被视为在本文中具体公开。

[0034] 结合图1和图2所示,本发明的实施方式提供一种多层结构碳化硅吸波材料,包括依次层叠设置的第一平面层1、第一圆管层2、第二平面层3、第二圆管层4和第三平面层5,第一圆管层2和第二圆管层4包括多根平行排列的空心圆管,相邻空心圆管相抵。该材料具有多层结构,间隔设置两层空心圆管,可以降低材料的质量和提升材料的吸波性能。

[0035] 其中,第一平面层1的厚度为0.5~1mm,第一圆管层2的厚度为0.5~1mm,第二平面层3的厚度为0.5~1mm,第二圆管层4的厚度为0.5~1mm,第三平面层5的厚度为0.5~1mm,各平面层和圆管层的厚度可以相同或不同。优选地,圆管层中空心圆管的外径为0.5~1mm,壁厚为0.1~0.2mm。

[0036] 上述碳化硅吸波材料的原料主要为碳化硅粉体和热塑性树脂,热塑性树脂选自聚乳酸、ABS、聚碳酸酯、尼龙、聚乙烯、乙烯乙酸乙烯酯聚合物等。优选地,碳化硅粉体的粒径为200~400目,热塑性树脂的粒径大于100目。

[0037] 碳化硅吸波材料采用熔融沉积3D打印成型工艺制备得到,具体制备方法如下:

[0038] S1、混炼造粒:碳化硅粉体40%~80%、硬脂酸1%~5%、烧结助剂1%~5%置在球磨机中混合均匀,干燥,然后与石蜡10%~40%、热塑性树脂5%~10%在密炼机中混合均匀,破碎,获得粒径为50~500 μm 的混合颗粒。具体实施例中,混合工艺为:按照配比,依次将碳化硅粉体、硬脂酸和烧结助剂置在球磨机中混合均匀,干燥,其中球磨速度为200~400r/min,干燥温度为50~80 $^{\circ}\text{C}$ 。然后与热塑性树脂、石蜡放入到密炼机中密炼,密炼温度为120~180 $^{\circ}\text{C}$,转速为15~40r/min,时间为1h~5h。混合完毕后,通过颚式破碎机破碎,获得粒径为50-500 μm 的颗粒。

[0039] S2、挤成线材:将干燥后的混合颗粒加入到熔融挤出成型机中,粉体在螺杆的作用下向前输送,熔融混合,挤出成型得到碳化硅/热塑性树脂复合线材。具体实施例中,熔融挤出成型机的螺杆转速为10~20r/min,预热区温度为120~140 $^{\circ}\text{C}$,熔融混合温度为140~150 $^{\circ}\text{C}$,本步骤经过混炼和挤压成型可以得到毫米级直径的碳化硅/热塑性树脂复合线材。

[0040] S3、打印成型:将碳化硅/热塑性树脂复合线材放入3D打印设备,调节设备参数,在计算机控制下进行打印,以分层固化,逐层叠加的方式打印素坯。具体实施例中,3D打印设备的喷头温度控制在100~200 $^{\circ}\text{C}$,载物台温度控制在20~150 $^{\circ}\text{C}$,打印速度为10~50mm/s,单层厚度为0.1~0.2mm。

[0041] S4、脱脂:将打印好的素坯脱脂得到预制体。具体实施例中,素坯在脱脂炉中以5~10 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 的升温速率加热至150~250 $^{\circ}\text{C}$,然后再以0.2~1 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 的升温速率加热至500~700 $^{\circ}\text{C}$,保温1~2h,完成脱脂。

[0042] S5、烧结：将预制体置于烧结炉中，高温烧结得到多层结构碳化硅吸波材料。具体实施例中，预制体在烧结炉中以2-5℃/min的升温速率加热至1900~2200℃，保温1~3h，烧结工艺结束。

[0043] 上述制备方法熔融沉积3D打印成型工艺，成功制备了多层结构碳化硅吸波材料，所用设备简单，生产周期短，摆脱了模具成型的制约，提高了生产效率，节省成本，可以吸波材料实现高效、批量制备。

[0044] 以下通过具体实施例对本发明的技术方案和效果进行说明。以下实施例中采用的性能测试方法如下：材料密度测试方法参照《GB/T 25995-2010精细陶瓷密度和显气孔率试验方法》；材料弯曲强度测试方法参照《GB/T 6569-2006精细陶瓷弯曲强度试验方法》。

[0045] 实施例1

[0046] 设计多层结构碳化硅吸波材料，包括依次层叠设置的第一平面层、第一圆管层、第二平面层、第二圆管层和第三平面层，第一圆管层和第二圆管层包括多根平行排列的空心圆管，相邻空心圆管相抵。第一平面层的厚度为1mm，第一圆管层的厚度为1mm，第二平面层的厚度为1mm，第二圆管层的厚度为1mm，第三平面层的厚度为1mm，圆管层中空心圆管的外径为1mm，壁厚为0.1mm。

[0047] 碳化硅吸波材料的制备工艺如下：

[0048] 混炼造粒：将76%碳化硅粉体、3%硬脂酸、2%炭黑置在球磨机中混合均匀，干燥，然后与16%石蜡、3%热塑性树脂放入密炼机中密炼，密炼温度为160℃，转速为25r/min，时间为3h，然后破碎，获得粒径约为50~500 μ m的混合颗粒。

[0049] 挤成线材：将干燥后的混合颗粒加入到熔融挤出成型机中，控制螺杆转速为20r/min，预热区温度为130℃，熔融混合温度为160℃，挤压成型得到直径为1.75 $\pm$ 0.05mm碳化硅/热塑性树脂复合线材。

[0050] 打印成型：将碳化硅/热塑性树脂复合线材放入3D打印设备，控制喷头温度为180℃，载物台温度控制在50℃，打印速度为20mm/s，单层厚度为0.1mm，以分层固化，逐层叠加的方式打印素坯。

[0051] S4、脱脂：将打印好的素坯放入脱脂炉，以5℃/min的升温速率加热至200℃，然后再以10℃/h的升温速率加热至600℃，保温1h，完成脱脂得到预制体。

[0052] S5、烧结：将预制体置于烧结炉中，以5℃/min的升温速率加热至2000℃，保温2h，得到设计结构的碳化硅吸波材料，其材料结构如图3和图4所示，材料致密。

[0053] S6、吸波测试：将制得的结构型碳化硅吸波材料通过熔融沉积打印出不同波段下的吸波测试试样，测试在X波段8.2-12.4GHz的吸波性能。

[0054] 测试碳化硅吸波材料的密度为3.15g/cm³；弯曲强度为220MPa；由图5可以看出，多层结构的碳化硅材料具有优异的吸波性能，其在X波段的最小反射损耗为-19.8dB。

[0055] 实施例2

[0056] 设计多层结构碳化硅吸波材料，包括依次层叠设置的第一平面层、第一圆管层、第二平面层、第二圆管层和第三平面层，第一圆管层和第二圆管层包括多根平行排列的空心圆管，相邻空心圆管相抵。第一平面层的厚度为0.5mm，第一圆管层的厚度为1mm，第二平面层的厚度为1mm，第二圆管层的厚度为1mm，第三平面层的厚度为0.5mm，圆管层中空心圆管的外径为1mm，壁厚为0.2mm。

[0057] 碳化硅吸波材料的制备工艺如下:

[0058] 造粒:将60%碳化硅粉体、5%硬脂酸、5%炭黑置在球磨机中混合均匀,干燥,然后与25%石蜡、5%热塑性树脂放入密炼机中密炼,密炼温度为180℃,转速为20r/min,时间为2h,然后破碎,获得粒径约为50~500 μm 的混合颗粒。

[0059] 混炼成线材:将干燥后的混合颗粒加入到熔融挤出成型机中,控制螺杆转速为10r/min,预热区温度为120℃,熔融混合温度为140℃,挤压成型得到直径为 $1.75\pm 0.05\text{mm}$ 碳化硅/热塑性树脂复合线材。

[0060] 打印成型:将碳化硅/热塑性树脂复合线材放入3D打印设备,控制喷头温度为170℃,载物台温度控制在80℃,打印速度为30mm/s,单层厚度为0.2mm,以分层固化,逐层叠加的方式打印素坯。

[0061] S4、脱脂:将打印好的素坯放入脱脂炉,以10℃/min的升温速率加热至250℃,然后再以10℃/h的升温速率加热至700℃,保温1h,完成脱脂得到预制体。

[0062] S5、烧结:将预制体置于烧结炉中,以2℃/min的升温速率加热至1900℃,保温3h,得到设计结构的碳化硅吸波材料。

[0063] 测试碳化硅材料的密度为 $3.06\text{g}/\text{cm}^3$;弯曲强度为183MPa,其在X波段的最小反射损耗为-18.4dB。

[0064] 实施例3

[0065] 设计多层结构碳化硅吸波材料,包括依次层叠设置的第一平面层、第一圆管层、第二平面层、第二圆管层和第三平面层,第一圆管层和第二圆管层包括多根平行排列的空心圆管,相邻空心圆管相抵。第一平面层的厚度为1mm,第一圆管层的厚度为0.8mm,第二平面层的厚度为0.6mm,第二圆管层的厚度为0.8mm,第三平面层的厚度为1mm,圆管层中空心圆管的外径为0.8mm,壁厚为0.1mm。

[0066] 碳化硅吸波材料的制备工艺如下:

[0067] 密炼造粒:将70%碳化硅粉体、3%硬脂酸、5%氧化铝和氧化钇置在球磨机中混合均匀,干燥,然后与17%石蜡、5%热塑性树脂放入密炼机中密炼,密炼温度为185℃,转速为15r/min,时间为3h,然后破碎,获得粒径约为50~500 μm 的混合颗粒。

[0068] 挤成线材:将干燥后的混合颗粒加入到熔融挤出成型机中,控制螺杆转速为15r/min,预热区温度为120℃,熔融混合温度为150℃,挤压成型得到直径为 $1.75\pm 0.05\text{mm}$ 碳化硅/热塑性树脂复合线材。

[0069] 打印成型:将碳化硅/热塑性树脂复合线材放入3D打印设备,控制喷头温度为150℃,载物台温度控制在40℃,打印速度为80mm/s,单层厚度为0.1mm,以分层固化,逐层叠加的方式打印素坯。

[0070] S4、脱脂:将打印好的素坯放入脱脂炉,以5℃/min的升温速率加热至200℃,然后再以10℃/h的升温速率加热至600℃,保温2h,完成脱脂得到预制体。

[0071] S5、烧结:将预制体置于烧结炉中,以5℃/min的升温速率加热至2100℃,保温2h,得到设计结构的碳化硅吸波材料。

[0072] 测试碳化硅材料的密度为 $3.13\text{g}/\text{cm}^3$;弯曲强度为204MPa,其在X波段的最小反射损耗为-17.6dB。

[0073] 实施例4

[0074] 设计多层结构碳化硅吸波材料,包括依次层叠设置的第一平面层、第一圆管层、第二平面层、第二圆管层和第三平面层,第一圆管层和第二圆管层包括多根平行排列的空心圆管,相邻空心圆管相抵。第一平面层的厚度为0.8mm,第一圆管层的厚度为0.5mm,第二平面层的厚度为1mm,第二圆管层的厚度为0.8mm,第三平面层的厚度为1mm,圆管层中空心圆管的外径为0.5mm,壁厚为0.1mm。

[0075] 碳化硅吸波材料的制备工艺如下:

[0076] 密炼造粒:将67%碳化硅粉体、1%硬脂酸、4%氧化铝置在球磨机中混合均匀,干燥,然后与25%石蜡、3%热塑性树脂放入密炼机中密炼,密炼温度为160℃,转速为30r/min,时间为4h,然后破碎,获得粒径约为50~500 μ m的混合颗粒。

[0077] 混炼成线材:将干燥后的混合颗粒加入到熔融挤出成型机中,控制螺杆转速为10r/min,预热区温度为130℃,熔融混合温度为150℃,挤压成型得到直径为 1.75 ± 0.05 mm碳化硅/热塑性树脂复合线材。

[0078] 打印成型:将碳化硅/热塑性树脂复合线材放入3D打印设备,控制喷头温度为170℃,载物台温度控制在60℃,打印速度为30mm/s,单层厚度为0.1mm,以分层固化,逐层叠加的方式打印素坯。

[0079] S4、脱脂:将打印好的素坯放入脱脂炉,以5℃/min的升温速率加热至200℃,然后再以10℃/h的升温速率加热至650℃,保温2h,完成脱脂得到预制体。

[0080] S5、烧结:将预制体置于烧结炉中,以5℃/min的升温速率加热至2200℃,保温1.5h,得到设计结构的碳化硅吸波材料。

[0081] 测试碳化硅材料的密度为3.09g/cm³;弯曲强度为189MPa,其在X波段的最小反射损耗为-19dB。

[0082] 对比例1

[0083] 制备单层结构的碳化硅吸波材料,厚度为5mm;其制备原料和工艺与实施例1相同。

[0084] 测试碳化硅材料的密度为3.16g/cm³;弯曲强度为245MPa,其在X波段的最小反射损耗为-14dB。

[0085] 对比例2

[0086] 制备多层结构的碳化硅吸波材料,包括依次层叠设置的第一平面层、第一圆管层和第二平面层。第一平面层的厚度为1.5mm,第一圆管层的厚度为1mm,第二平面层的厚度为1.5mm,圆管层中空心圆管的外径为1mm,壁厚为0.2mm。

[0087] 其制备原料和工艺与实施例2相同。

[0088] 测试碳化硅材料的密度为3.15g/cm³;弯曲强度为236MPa,其在X波段的最小反射损耗为-15.7dB。

[0089] 虽然本发明披露如上,但本发明并非限定于此。任何本领域技术人员,在不脱离本发明的精神和范围内,均可作各种更动与修改,因此本发明的保护范围应当以权利要求所限定的范围为准。

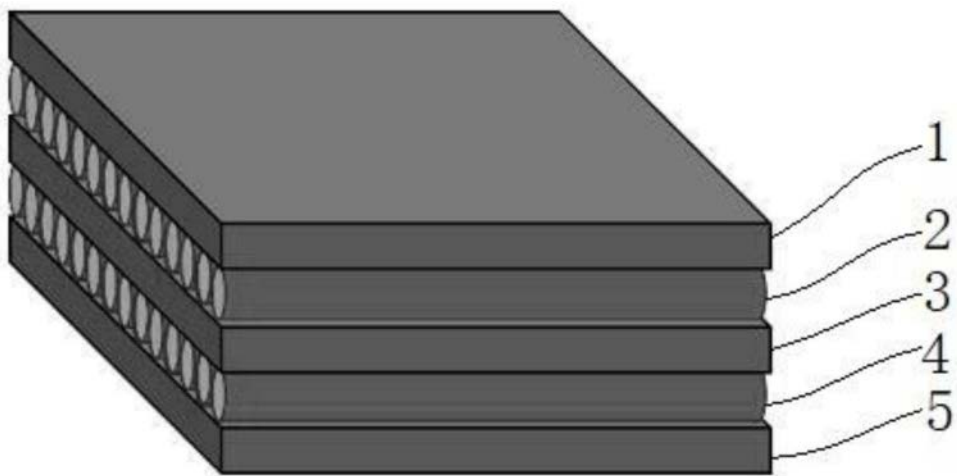


图1

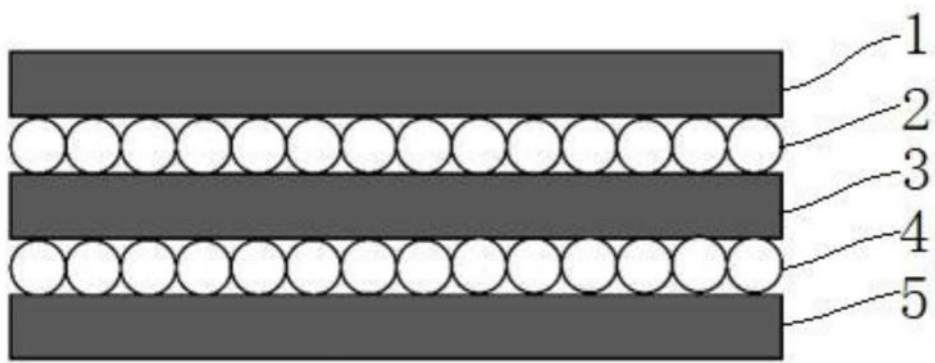


图2

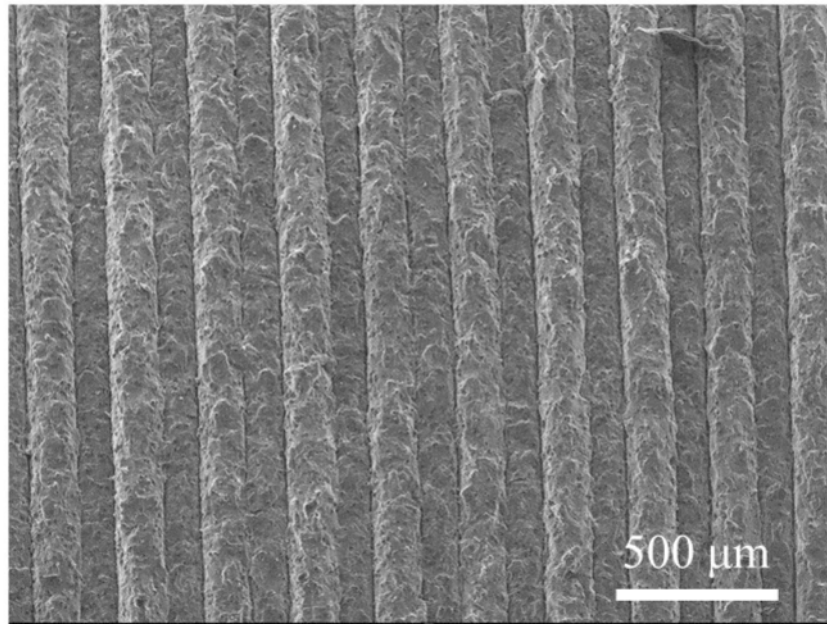


图3

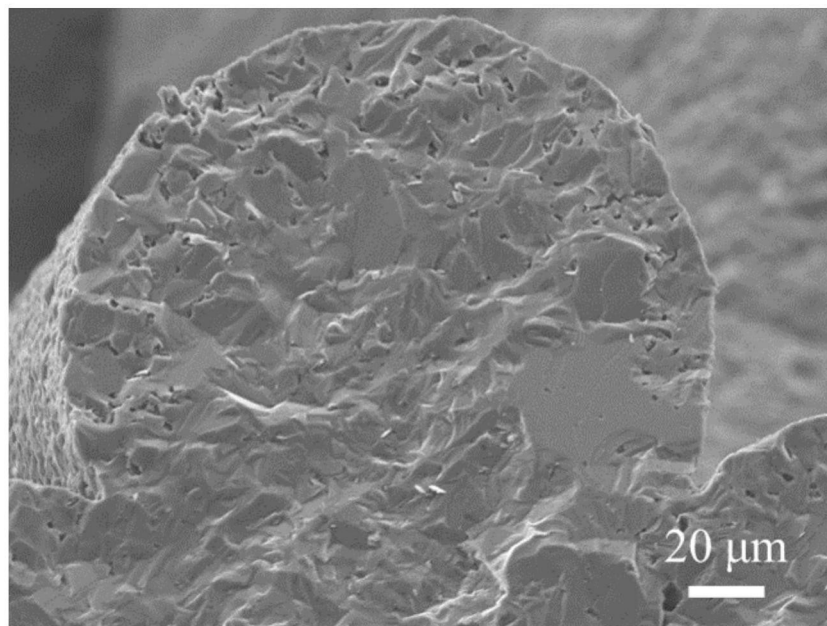


图4

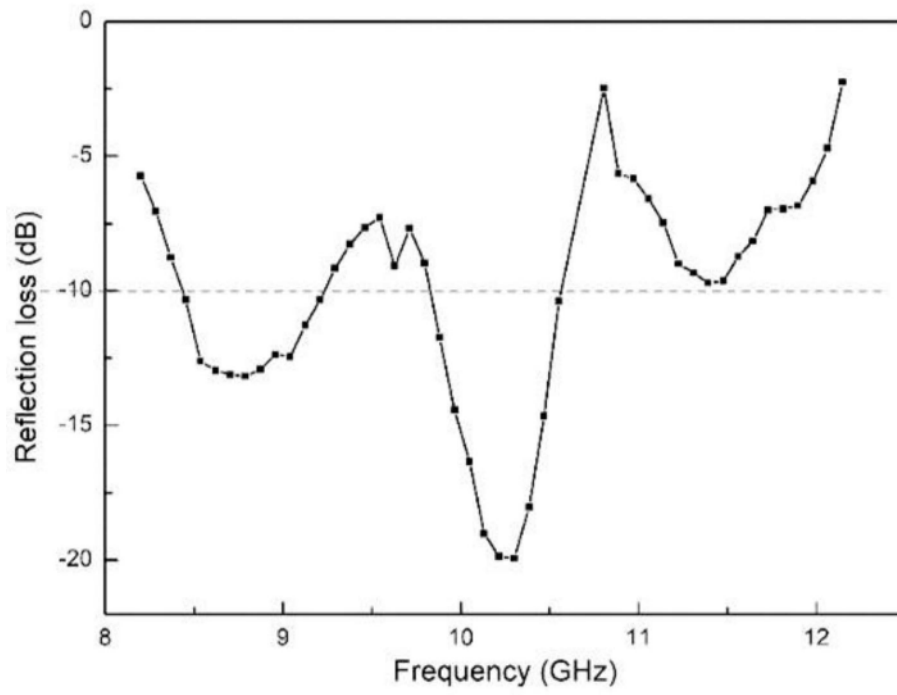


图5