



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 114230366 A

(43) 申请公布日 2022.03.25

(21) 申请号 202210168771.6  
(22) 申请日 2022.02.24  
(71) 申请人 广东金绿能科技有限公司  
地址 528051 广东省佛山市禅城区季华一路26号二座209房  
申请人 佛山金意绿能新材科技有限公司  
(72) 发明人 张国涛 聂新超 杨景琪 冯宏坚 柳文龙 江峰 戴永刚 邓波 薛俊东  
(74) 专利代理机构 佛山市恒瑞知识产权代理事务所(普通合伙) 44688  
代理人 史亮亮  
(51) Int.Cl.  
C04B 38/06 (2006.01)  
C04B 33/13 (2006.01)  
C04B 33/132 (2006.01)  
C04B 33/138 (2006.01)  
C04B 35/14 (2006.01)  
C04B 35/64 (2006.01)  
E04B 1/82 (2006.01)  
E04B 1/84 (2006.01)  
E04B 1/86 (2006.01)  
C04B 111/52 (2006.01)

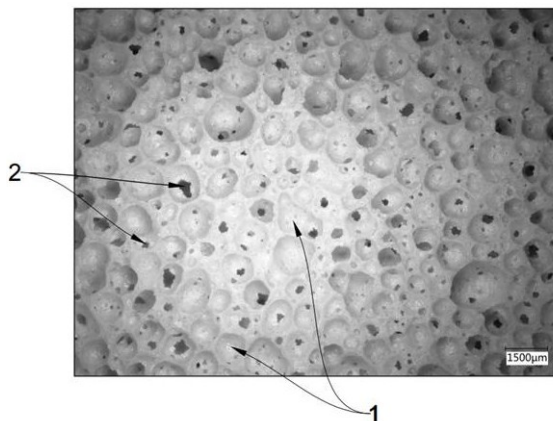
权利要求书2页 说明书16页 附图6页

(54) 发明名称

一种轻质多孔吸音陶瓷材料、制备工艺及其应用

(57) 摘要

本发明涉及吸音材料技术领域,尤其涉及一种轻质多孔吸音陶瓷材料、制备工艺及其应用,轻质多孔吸音陶瓷材料包括气孔和将气孔间隔开的孔壁,至少相邻的部分气孔间具有贯通孔壁的连通通道,连通通道的直径d:气孔的孔径D=1:3-13。通过造孔剂和发泡剂的添加,发泡剂分解后使粉料内部产生气孔,造孔剂在氧化分解后使气孔连通,使制得的轻质多孔吸音陶瓷材料中至少相邻的部分气孔为连通孔。其制备工艺无需经过压制成型,采用传统的陶瓷烧结步骤即可成型,工艺简单,操作方便快捷,无需对现有生产设备做较大规模改动,经过上述原料和制备工艺的调整获得的轻质多孔吸音陶瓷材料,在强度相对较高的同时吸音降噪效果较高,且具有较好的吸水效果。



1. 一种轻质多孔吸音陶瓷材料,其特征在于,其包括气孔(1)和将所述气孔(1)间隔开的孔壁(11),至少相邻的部分所述气孔(1)间具有贯通所述孔壁(11)的连通通道(2),所述连通通道(2)的直径d:所述气孔(1)的孔径D=1:(3-13)。

2. 根据权利要求1所述的轻质多孔吸音陶瓷材料,其特征在于,所述轻质多孔吸音陶瓷材料的密度为 $380-620\text{kg/m}^3$ ,吸水率为100-180%。

3. 根据权利要求1所述的轻质多孔吸音陶瓷材料,其特征在于,所述轻质多孔吸音陶瓷材料的开孔率为10-35%。

4. 根据权利要求1所述的轻质多孔吸音陶瓷材料,其特征在于,所述连通通道(2)的直径d为0.1-0.5mm,所述气孔(1)的孔径D为0.7-1.5mm。

5. 根据权利要求1所述的轻质多孔吸音陶瓷材料,其特征在于,以氧化物质量百分比为计,其中 $0 \leq K_2O + Na_2O \leq 1.5\%$ 。

6. 根据权利要求1所述的轻质多孔吸音陶瓷材料,其特征在于,其制备原料中包括在烧结过程中可产生气体的发泡剂和在烧结过程中可燃尽的造孔剂,至少部分所述气孔(1)由所述发泡剂在烧结过程中产生的气体获得,至少部分所述连通通道(2)由所述可燃尽的造孔剂在烧结燃尽后形成的空位获得。

7. 根据权利要求6所述的轻质多孔吸音陶瓷材料,其特征在于,所述发泡剂中含有碳化硅,所述造孔剂中含有可燃尽的碳基材料。

8. 根据权利要求1所述的轻质多孔吸音陶瓷材料,其特征在于,按质量百分比,所述轻质多孔吸音陶瓷材料包括如下原料:5-26%的钙质原料、45-87%的硅铝质原料、2-15%的烧结助剂、0.01-0.55%的碳化硅和3-15%的造孔剂。

9. 根据权利要求7所述的轻质多孔吸音陶瓷材料,其特征在于,所述发泡剂还包括碳酸盐矿物或含铝土矿的矿物中的至少一种。

10. 根据权利要求9所述的轻质多孔吸音陶瓷材料,其特征在于,所述碳酸盐矿物为碳酸钙、碳酸镁、方解石或白云石中的至少一种;所述含铝土矿的矿物为铝矾土或刚玉中的至少一种。

11. 根据权利要求7所述的轻质多孔吸音陶瓷材料,其特征在于,所述发泡剂中碳化硅的粒度分布D50为5-9微米,D97为11-17微米;所述可燃尽的碳基材料为活性炭、碳粉、木屑、煤粉或石墨粉中的至少一种;所述造孔剂的粒径为100-200目。

12. 根据权利要求5所述的轻质多孔吸音陶瓷材料,其特征在于,按质量百分比,所述轻质多孔吸音陶瓷材料的化学组成如下: $\text{SiO}_2$ 59-64%, $\text{Al}_2\text{O}_3$  9-14%, $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 0.2-2.5%, $\text{TiO}_2$ 0.1-0.3%,CaO5-20%,MgO0.8-5%, $0 \leq K_2O \leq 1\%$ , $0 \leq K_2O + Na_2O \leq 1.5\%$ ,LOI12-15.5%。

13. 根据权利要求1所述的轻质多孔吸音陶瓷材料,其特征在于,所述轻质多孔吸音陶瓷材料按质量百分比,由包括如下组分原料烧制而成:玻璃粉0-5%,河沙尾料20-40%,石灰石和/或方解石5-20%,建筑渣土27-47%,滑石2-10%,碳化硅粉0.10-0.55%,碳粉3-10%和锂辉石0-5%。

14. 根据权利要求1所述的轻质多孔吸音陶瓷材料,其特征在于,所述轻质多孔吸音陶瓷材料按质量百分比,由包括如下组分原料烧制而成:玻璃粉5-10%,刚玉粉3-8%,堇青石-莫来石耐火废料5-20%,河沙尾料20-35%,石灰石和/或方解石10-15%,建筑渣土20-30%,滑石5-9%,碳化硅粉0.10-0.55%,碳粉3-8%和锂辉石0-5%。

15. 根据权利要求6所述的轻质多孔吸音陶瓷材料,其特征在於,最高烧成温度时,所述制备原料的液相粘度为 $1.5-4.5\text{Pa}\cdot\text{s}$ 。

16. 一种轻质多孔吸音陶瓷材料的制备工艺,其特征在於,用于制备如权利要求6-15任一项所述的轻质多孔吸音陶瓷材料,包括如下步骤:

S1. 按质量百分比将制备原料混合均匀,球磨后得到浆料;

S2. 浆料经喷雾干燥后,陈腐均化得到粉料;

S3. 粉料经布料、烧成后,即得到所述轻质多孔吸音陶瓷材料。

17. 根据权利要求16所述的轻质多孔吸音陶瓷材料的制备工艺,其特征在於,烧成周期为 $10-30\text{h}$ ,最高烧成温度 $\leq 1230^\circ\text{C}$ 。

18. 根据权利要求16所述的轻质多孔吸音陶瓷材料的制备工艺,其特征在於,烧成制度如下:从室温升温至 $400^\circ\text{C}$ ,升温速率为 $5-7^\circ\text{C}/\text{min}$ ;从 $400^\circ\text{C}$ 升温至 $900^\circ\text{C}$ ,升温速率为 $1-4^\circ\text{C}/\text{min}$ ;从 $900^\circ\text{C}$ 升温至 $1160^\circ\text{C}$ ,升温速率为 $3-5^\circ\text{C}/\text{min}$ ,于 $1160^\circ\text{C}$ 下保温 $35-50\text{min}$ 后冷却至室温。

19. 根据权利要求16所述的轻质多孔吸音陶瓷材料的制备工艺,其特征在於,烧成制度如下:从室温升温至 $400^\circ\text{C}$ 并保温 $60\text{min}$ ,升温速率为 $5-7^\circ\text{C}/\text{min}$ ;从 $400^\circ\text{C}$ 升温至 $950^\circ\text{C}$ 并保温 $40-60\text{min}$ ,升温速率为 $6-9^\circ\text{C}/\text{min}$ ;从 $950^\circ\text{C}$ 升温至 $1150^\circ\text{C}$ ,升温速率为 $2-3^\circ\text{C}/\text{min}$ ,于 $1150^\circ\text{C}$ 下保温 $40-55\text{min}$ 后冷却至室温。

20. 根据权利要求16所述的轻质多孔吸音陶瓷材料的制备工艺,其特征在於,烧成制度如下:于 $20-60\text{min}$ 内从室温升温至 $400^\circ\text{C}$ ;  $100-300\text{min}$ 内从 $400^\circ\text{C}$ 升温至 $1120^\circ\text{C}$ ;  $30-50\text{min}$ 内从 $1120^\circ\text{C}$ 升温至 $1190^\circ\text{C}$ ;  $5-15\text{min}$ 内从 $1190^\circ\text{C}$ 升温至 $1229^\circ\text{C}$ ; 于 $1229^\circ\text{C}$ 下保温 $35-55\text{min}$ ;  $5-30\text{min}$ 内从 $1229^\circ\text{C}$ 降温至 $1165^\circ\text{C}$ ;  $10-50\text{min}$ 内从 $1165^\circ\text{C}$ 降温至 $850^\circ\text{C}$ ;  $200-360\text{min}$ 内从 $850^\circ\text{C}$ 降温至 $300^\circ\text{C}$ ;  $150-240\text{min}$ 内从 $300^\circ\text{C}$ 冷却至室温。

21. 根据权利要求16所述的轻质多孔吸音陶瓷材料的制备工艺,其特征在於,所述浆料的细度为250目筛余 $0.4-1\%$ ,比重为 $1.63-1.69$ ,流速为 $40-70$ 秒;

所述粉料的含水率为 $5.5-6.5\%$ ,颗粒级配为20目以上 $\leq 1.0\%$ ,20-40目 $40\sim 65\%$ ,20-60目 $80\sim 97\%$ ,100目以下 $\leq 0.5\%$ ,容重 $\geq 0.79\%$ 。

22. 一种轻质多孔吸音陶瓷材料在墙体或建筑结构上的应用,其特征在於,应用了权利要求1-15任一项所述的轻质多孔吸音陶瓷材料。

## 一种轻质多孔吸音陶瓷材料、制备工艺及其应用

### 技术领域

[0001] 本发明涉及吸音材料技术领域,尤其涉及一种轻质多孔吸音陶瓷材料、制备工艺及其应用。

### 背景技术

[0002] 闭气孔发泡陶瓷目前往往以高硅质固体废弃物作为主要材料,由一定粒径范围的碳化硅微粉作为发泡剂,经高温发泡制备而成,其具有较好的保温效果,目前多应用于雕刻艺术构件和建筑内隔墙等领域。

[0003] 目前的闭气孔发泡陶瓷密度在 $380-560\text{kg}/\text{m}^3$ 左右,空气隔声量在 $35-46\text{dB}$ 之间,具有一定的隔音性能,如图1和图2所示,闭气孔发泡陶瓷的蜂窝状闭气孔结构决定了产品本身具有较差的吸音降噪功能,吸音降噪系数在 $0.09$ 以内,尤其是作为建筑内隔墙时,由于降噪功能较差,用户的体验感将会降低。此外,现有技术中多通过增加发泡陶瓷中发泡剂的添加量,使发泡时由发泡剂产生的气孔冲破,从而使气泡之间相互连通,但采用上述方式得到的发泡陶瓷,气孔冲破时形成的孔洞大小无法保证,往往会形成较大的孔洞,导致发泡陶瓷内部空洞过大,强度过低无法正常使用,产品的合格品率较低,且生产工艺无法控制。

### 发明内容

[0004] 本发明的主要目的是提供一种轻质多孔吸音陶瓷材料、制备工艺及其应用,旨在改善现有的闭气孔发泡陶瓷隔音降噪功能较差,具有连通气孔发泡陶瓷的强度较低的技术问题。

[0005] 为实现上述目的,本发明提出一种轻质多孔吸音陶瓷材料,其包括气孔和将所述气孔间隔开的孔壁,至少相邻的部分所述气孔间具有贯通所述孔壁的连通通道,所述连通通道的直径 $d$ :所述气孔的孔径 $D=1:(3-13)$ 。

[0006] 连通通道的直径 $d$ 与气孔的孔径 $D$ 在 $1:3-13$ 的范围时,可以保证轻质多孔吸音材料在吸音效果较好的同时,强度也在较好的范围内,产品的质量较佳,在本方案中, $d$ 与 $D$ 的比值在 $1:5-7$ 的范围时,轻质多孔吸音陶瓷材料的各项性能将会得到进一步的提升。

[0007] 优选地,所述轻质多孔吸音陶瓷材料的密度为 $380-620\text{kg}/\text{m}^3$ ,吸水率为 $100-180\%$ 。

[0008] 优选地,所述轻质多孔吸音陶瓷材料的开孔率为 $10-35\%$ 。开孔率指陶瓷材料断面中连通的气孔占总气孔的比例,开孔率在该范围内,吸音效果较好且陶瓷材料的质量能控制在较佳范围内。

[0009] 优选地,所述连通通道的直径 $d$ 为 $0.1-0.5\text{mm}$ ,所述气孔的孔径 $D$ 为 $0.7-1.5\text{mm}$ 。

[0010] 优选地,以氧化物质量百分比为计,其中 $0\leq K_2O+Na_2O\leq 1.5\%$ 。

[0011] 优选地,其制备原料中包括在烧结过程中可产生气体的发泡剂和在烧结过程中可燃尽的造孔剂,至少部分所述气孔由所述发泡剂在烧结过程中产生的气体获得,至少部分所述连通通道由所述可燃尽的造孔剂在烧结燃尽后形成的空位获得。

[0012] 轻质多孔吸音陶瓷材料的原料中包含造孔剂和发泡剂,发泡剂让粉料内部产生均

匀气孔,造孔剂在氧化分解后使发泡剂产生的均匀气孔孔壁之间连通,形成密集的连通孔状态,即制得的轻质多孔吸音陶瓷材料中的气孔均为连通孔,使声波在传导过程中在密集的连通孔处损耗,具有较好的吸音效果,与现有的闭气孔发泡陶瓷相比,本方案中的轻质多孔吸音陶瓷材料的孔径大小有所不同。轻质多孔吸音陶瓷材料中的气孔可由发泡剂发泡获得,也可为其余原料在烧成时获得。同样的,孔壁之间的连通通道多由造孔剂形成,也可为发泡剂发泡时气孔冲破所形成,或者为其余原料在烧成时所形成。

[0013] 本方案中形成的连通通道(孔)可控,且在具有连通孔的同时能保证陶瓷材料具有一定的强度,能保证陶瓷产品的优等率,轻质多孔吸音陶瓷材料除具有较好的隔音功能外,多孔结构还具有一定程度的吸水作用,水在不饱和状态时不会溢出,在饱和状态后溢出,随着时间推移以及在重力作用下,水会从轻质多孔吸音陶瓷材料的底部逐渐流出,因此轻质多孔吸音陶瓷材料如板材的饱和吸水量为30-200%,具备优异的吸水性能。

[0014] 除上述发泡剂和造孔剂的添加外,轻质多孔吸音陶瓷材料中可采用常规的陶瓷材料,或按质量百分比,轻质多孔吸音陶瓷材料可包括如下原料:5-26%的钙质原料、45-87%的硅铝质原料、2-15%的烧结助剂、0.01-0.55%的碳化硅和3-15%的造孔剂,其中,以氧化物质量百分比为计, $0 \leq K_2O + Na_2O \leq 1.5\%$ 。

[0015] 优选地,钙质原料包括炼钢水渣、钢渣、磷石膏、脱硫石膏、玻璃渣、陶瓷废釉料、锰矿渣或赤泥中的至少一种和/或碳酸钙矿物至少一种;按质量百分比,钙质原料中 $CaO \geq 5\%$ , $K_2O + Na_2O < 1.5\%$ ;所述烧结助剂为滑石或镁质土。硅铝质原料包括建筑渣土、河沙加工尾料、高温砂、废弃耐火材料、人造石英石抛光渣、粉煤灰或煤矸石中的至少一种和/或含铝土矿的矿物至少一种,按质量百分比,硅铝质原料中 $SiO_2 \geq 50\%$ , $Al_2O_3 \geq 9\%$ , $K_2O + Na_2O < 1.5\%$ ;废弃耐火材料包括刚玉粉、堇青石-莫来石耐火废料、耐火纤维棉或耐火纤维纸。本方案中的钙质原料和硅铝质原料均可以使用上述固体废弃物,利用固废资源制备附加值高的吸音隔音材料,更为环保。原料中的烧结助剂还可以包括0-5%的锂质原料,锂质原料为锂辉石或锂瓷石。还添加有锂质原料,主要用于提供碱金属Li,降低烧成温度,锂质原料可为锂含量较高的天然矿物。

[0016] 本方案中的轻质多孔吸音陶瓷材料中,基础组分为钙质原料和硅铝质原料,其原料易得,采用少量的钙质原料(粘土或固体废物)具有粘性,可以防止沉淀导致组分波动,确保浆料的悬浮性,烧成温度较高。钙质原料为钙含量较高的天然矿物或废弃物,硅铝质原料为硅铝含量较高的天然矿物或废弃物,本方案中轻质多孔吸音陶瓷材料可能的配方如下:高岭石、石英石、方解石、菱镁矿、滑石、堇青石、莫来石、云母、刚玉、钾长石、钠长石、绿泥石等。轻质多孔吸音陶瓷材料的矿物组成可为:石英、莫来石、刚玉( $\alpha$ -氧化铝)、堇青石、钙长石、 $\alpha$ -方石英、 $\beta$ -方石英、辉石、硅灰石以及部分非晶相物质组成,非晶相物质如玻璃粉。

[0017] 优选地,所述发泡剂中含有碳化硅,所述造孔剂中含有可燃尽的碳基材料。

[0018] 优选地,所述发泡剂中碳化硅的粒度分布D50为5-9微米,D97为11-17微米,所述可燃尽的碳基材料为活性炭、碳粉、木屑、煤粉、或石墨粉中的至少一种(本领域技术人员应该知晓,其它公知的可燃尽的有机物粉/颗粒也可以使用,这里可燃尽并不是指燃烧后完全没有残渣,而是指燃烧后,可以形成相应空位即可);所述造孔剂的粒径为100-200目。

[0019] 优选地,所述发泡剂还包括碳酸盐矿物或含铝土矿的矿物中的至少一种。发泡剂除添加有碳化硅外,还包括碳酸盐矿物和含铝土矿的矿物。

[0020] 优选地,所述碳酸盐矿物为碳酸钙、碳酸镁、方解石或白云石中的至少一种,所述含铝土矿的矿物为铝矾土或刚玉中的至少一种。碳酸钙矿物作为中温发泡剂,在900-1000℃温度附近开始分解并产生气孔。

[0021] 优选地,按质量百分比,所述轻质多孔吸音陶瓷材料的化学组成如下: $\text{SiO}_2$ 59-64%, $\text{Al}_2\text{O}_3$ 9-14%, $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 0.2-2.5%, $\text{TiO}_2$ 0.1-0.3%, $\text{CaO}$ 5-20%, $\text{MgO}$ 0.8-5%, $0 \leq \text{K}_2\text{O} \leq 1\%$ , $0 \leq \text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} \leq 1.5\%$ , $\text{LOI}$ 12-15.5%。除此之外,轻质多孔吸音陶瓷材料的化学组成中还可以包含0.02-0.5%的 $\text{Li}_2\text{O}$ 。

[0022] 优选地,所述轻质多孔吸音陶瓷材料按质量百分比,包括如下原料:玻璃粉0-5%,河沙尾料20-40%,石灰石和/或方解石5-20%,建筑渣土27-47%,滑石2-10%,碳化硅粉0.10-0.55%,碳粉3-8%和锂辉石0-5%。

[0023] 优选地,所述轻质多孔吸音陶瓷材料按质量百分比,包括如下原料:玻璃粉5-10%,刚玉粉3-8%,堇青石-莫来石耐火废料5-20%,河沙尾料20-35%,石灰石和/或方解石10-15%,建筑渣土20-30%,滑石5-9%,碳化硅粉0.10-0.55%,碳粉3-8%和锂辉石0-5%。

[0024] 优选地,最高烧成温度时,制备原料的液相粘度为1.5-4.5Pa·s。

[0025] 本发明还提出一种上述任一项所述的轻质多孔吸音陶瓷材料的制备工艺,包括如下步骤:

- S1. 按质量百分比,将制备原料混合均匀,球磨后得到浆料;
- S2. 浆料经喷雾干燥后,陈腐均化得到粉料;
- S3. 粉料经布料、烧成后,即得到所述轻质多孔吸音陶瓷材料。

[0026] 上述原料混合后球磨制得浆料,浆料经喷雾干燥后陈腐均化得到粉料,之后粉料进入布料烧成阶段,布料烧成工艺可以直接沿用闭气孔发泡陶瓷板如堇青石-莫来石质窑车的布料方式,再进入辊道窑、隧道窑或间歇性窑炉烧制,得到轻质多孔吸音陶瓷材料。本方案中的轻质多孔吸音陶瓷材料无需经过压制成型,采用传统的陶瓷生产氧化气氛烧结后即可成型,经过上述原料和制备工艺获得的轻质多孔吸音陶瓷材料,其性能参数如下:吸声系数 $\geq 0.65$ ,密度为380-620 $\text{kg}/\text{m}^3$ ,抗压强度在1.5-6.5Mpa之间,抗折强度为1.5-3.5Mpa,软化系数 $\geq 0.90$ ,抗弯承载6倍板自重,干燥收缩 $< 0.1$ ,在强度相对较高的同时吸音降噪效果较高。本方案中轻质多孔吸音陶瓷材料的制备工艺,与现有的闭气孔发泡陶瓷制备方式较为近似,工艺简单,操作方便快捷,无需对现有生产设备做较大规模改动。

[0027] 钙质原料、硅铝质原料、锂质原料、发泡剂和造孔剂在制备时可以一批次同时加入。上述原料也可以分批次加入,具体是在步骤S1中不加入造孔剂,待球磨、喷雾干燥后再加入造孔剂,将造孔剂与其余原料混合均匀,进入料仓陈腐均化,陈腐均化24h以上布料即可进行窑炉烧制。

[0028] 优选地,烧成周期为10-30h,最高烧成温度 $\leq 1230^\circ\text{C}$ 。

[0029] 优选地,烧成制度一实施方式如下:从室温升温至400℃,升温速率为5-7℃/min;从400℃升温至900℃,升温速率为1-4℃/min;从900℃升温至1160℃,升温速率为3-5℃/min;于1160℃下保温35-50min后冷却至室温。

[0030] 通过控制上述烧成制度,可使轻质多孔吸音陶瓷材料具有较好的强度和隔音效果,且冷却制度的调整也可以防止轻质多孔吸音陶瓷材料因冷却制度不合理导致的开裂烂板现象。本方案中的轻质多孔吸音陶瓷材料经过上述高温烧制过程后,具有如下特点:在外

部观测时表面孔的孔径大小在0.5-3mm之间,孔壁上存在大量的微细孔,微细孔的孔径在0.5mm以内。

[0031] 所述烧成制度另一实施方式,从室温升温至400℃,升温速率为5-7℃/min,于400℃下保温60min;从400℃升温至950℃,升温速率为6-9℃/min,于950℃下保温40-60min;从950℃升温至1150℃,升温速率为2-3℃/min,于1150℃下保温40-55min后冷却至室温。

[0032] 上述两种烧成制度适用于实验室或间歇式梭式窑的烧制过程,能保证轻质多孔吸音陶瓷材料具有较好的产品质量。

[0033] 所述烧成制度又一实施方式,于20-60min内从室温升温至,400℃;100-300min内从400℃升温至1120℃;30-50min内从1120℃升温至1190℃;5-15min内从1190℃升温至1229℃;于1229℃下保温35-55min;5-30min内从1229℃降温至1165℃;10-50min内从1165℃降温至850℃;200-360min内从850℃降温至300℃;150-240min内从300℃冷却至室温。

[0034] 上述烧成制度适用于连续式辊道窑的烧成过程,在该烧成制度下同样能保证轻质多孔吸音陶瓷材料具有较好的产品质量。

[0035] 优选地,所述浆料的细度为250目筛余0.4-0.6%,比重为1.63-1.69,流速为40-70秒;

所述粉料的含水率为5.5-6.5%,颗粒级配为20目以上 $\leq$ 1.0%,20-40目40~65%,20-60目80~97%,100目以下 $\leq$ 0.5%,容重 $\geq$ 0.79%。

[0036] 本方案中粉料的颗粒级配与闭气孔发泡陶瓷的颗粒级配有所不同,通过上述颗粒级配,可使粉料混合后具有足够多的孔隙,适当产生粉料颗粒间的自然孔洞,给造孔剂和发泡剂的排出提供通路。

[0037] 除此之外,本发明还公开一种如上述任一项所述的轻质多孔吸音陶瓷材料在墙体或建筑结构上的应用。

[0038] 与现有技术相比,本发明的轻质多孔吸音陶瓷材料及其制备工艺具有以下有益效果:通过造孔剂和发泡剂的添加,发泡剂在900-1000℃温度附近开始分解,让粉料内部产生气孔,造孔剂在氧化分解后使发泡剂产生的气孔连通形成连通通道,同时控制原料中钾钠的含量,制得的轻质多孔吸音陶瓷材料中的气孔均为连通孔。其制备工艺无需经过压制成型,采用传统的陶瓷烧结步骤即可成型,工艺简单,操作方便快捷,不需要对现有生产设备做较大规模改动,经过上述原料和制备工艺的调整获得的轻质多孔吸音陶瓷材料,在强度相对较高的同时吸音降噪效果较高,且具有较好的吸水效果。

## 附图说明

[0039] 为了更清楚地说明本申请实施例或现有技术中的技术方案,下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅为本申请的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其他相关的附图。

[0040] 图1为本申请现有技术中闭气孔发泡陶瓷放大20倍后的显微图像;

图2为本申请现有技术中闭气孔发泡陶瓷放大50倍后的显微图像;

图3为本申请实施例1中提供的轻质多孔吸音陶瓷材料放大20倍后的显微图像;

图4为本申请实施例1中提供的轻质多孔吸音陶瓷材料放大50倍后的显微图像;

图5为本申请提供的轻质多孔吸音陶瓷材料的局部剖面结构示意图；

图6为本申请提供的对比例8中提供的陶瓷材料放大20倍后的显微图像。

[0041] 附图中：1-气孔、11-孔壁、2-连通通道。

[0042] 本申请目的的实现、功能特点及优点将结合实施例，参照附图做进一步说明。

### 具体实施方式

[0043] 下面将对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述，显然，所描述的实施例仅仅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作出创造性劳动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。

[0044] 另外，各个实施例之间的技术方案可以相互结合，但是必须是以本领域普通技术人员能够实现为基础，当技术方案的结合出现相互矛盾或无法实现时应当认为这种技术方案的结合不存在，也不在本发明要求的保护范围之内。

[0045] 一种轻质多孔吸音陶瓷材料，其包括气孔1和将所述气孔1间隔开的孔壁11，至少相邻的部分所述气孔1间具有贯通所述孔壁11的连通通道2，所述连通通道2的直径d：所述气孔1的孔径 $D=1:(3-13)$ ；所述轻质多孔吸音陶瓷材料的密度为 $380-620\text{kg}/\text{m}^3$ ，吸水率为 $100-180\%$ ；所述轻质多孔吸音陶瓷材料的开孔率为 $10-35\%$ ；所述连通通道2的直径d为 $0.1-0.5\text{mm}$ ，所述气孔1的孔径D为 $0.7-1.5\text{mm}$ 。

[0046] 以氧化物质量百分比为计，其中 $0\leq K_2O+Na_2O\leq 1.5\%$ 。其制备原料中包括在烧结过程中可产生气体的发泡剂和可烧尽的造孔剂，至少部分所述气孔1由所述发泡剂在烧结过程中产生的气体获得，至少部分所述连通通道2由所述可烧尽的造孔剂在烧结燃尽后形成的空位获得。发泡剂中含有碳化硅，造孔剂中含有可烧尽的碳基材料，发泡剂还包括碳酸盐矿物或含铝土矿的矿物中的至少一种。发泡剂中碳化硅的粒度分布D50为 $5-9$ 微米，D97为 $11-17$ 微米，可烧尽的碳基材料为活性炭、碳粉、木屑、煤粉、有机物粉或石墨粉中的至少一种；造孔剂的粒径为 $100-200$ 目，碳酸盐矿物为石灰石、方解石或白云石中的至少一种，含铝土矿的矿物为铝矾土或刚玉中的至少一种。

[0047] 该轻质多孔吸音陶瓷材料具有较好的吸音、隔音功能，能应用于轨道交通声屏障、影院剧场等对隔音效果有较高要求的场所，可以替代传统吸音材料如岩棉、水泥纤维板等，且由于是无机烧结材料，其耐久性、强度等方面都具有较好的优势。如图3至图5所示，从轻质多孔吸音陶瓷材料的微观结构可以看出，轻质多孔吸音陶瓷材料的气孔孔壁上存在大量的微小连通通道，为介质的流动提供了很好的流通通道，具有较好的吸音效果。

[0048] 按质量百分比，轻质多孔吸音陶瓷材料可包括如下原料： $5-26\%$ 的钙质原料、 $45-87\%$ 的硅铝质原料、 $2-15\%$ 的烧结助剂、 $0.01-0.55\%$ 的碳化硅和 $3-15\%$ 的造孔剂；轻质多孔吸音陶瓷材料的化学组成如下： $SiO_2 59-64\%$ ， $Al_2O_3 9-14\%$ ， $Fe_2O_3 0.2-2.5\%$ ， $TiO_2 0.1-0.3\%$ ， $CaO 5-20\%$ ， $MgO 0.8-5\%$ ， $0\leq K_2O\leq 1\%$ ， $0\leq K_2O+Na_2O\leq 1.5\%$ ， $LOI 12-15.5\%$ 。最高烧成温度时，制备原料的液相粘度为 $1.5-4.5\text{Pa}\cdot\text{s}$ 。

[0049] 钙质原料包括炼钢水渣、钢渣、磷石膏、脱硫石膏、玻璃渣、陶瓷废釉料、锰矿渣或赤泥中的至少一种和/或碳酸钙矿物至少一种；钙质原料中 $CaO\geq 5\%$ ， $K_2O+Na_2O< 1.5\%$ ；所述烧结助剂为滑石或镁质土；硅铝质原料包括建筑渣土、河沙加工尾料、高温砂、废弃耐火材



料、人造石英石抛光渣、粉煤灰或煤矸石中的至少一种和/或含铝土矿的矿物至少一种,硅铝质原料中 $\text{SiO}_2 \geq 50\%$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3 \geq 9\%$ ,  $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} < 1.5\%$ ; 废弃耐火材料包括刚玉粉、堇青石-莫来石耐火废料、耐火纤维棉或耐火纤维纸; 烧结助剂还可包括0-5%的锂质原料, 锂质原料具体为锂辉石或锂瓷石。

[0050] 在一种实施例中: 轻质多孔吸音陶瓷材料按质量百分比, 包括如下原料: 玻璃粉0-5%, 河沙尾料20-40%, 石灰石和/或方解石5-20%, 建筑渣土27-47%, 滑石2-10%, 碳化硅粉0.10-0.55%, 碳粉3-10%和锂辉石0-5%。

[0051] 或, 在另一种实施例中: 轻质多孔吸音陶瓷材料按质量百分比, 包括如下原料: 玻璃粉5-10%, 刚玉粉3-8%, 堇青石-莫来石耐火废料5-20%, 河沙尾料20-35%, 石灰石和/或方解石10-15%, 建筑渣土20-30%, 滑石5-9%, 碳化硅粉0.10-0.55%, 碳粉3-8%和锂辉石0-5%。

[0052] 轻质多孔吸音陶瓷材料的制备工艺, 包括如下步骤: S1. 按质量百分比, 将制备原料混合均匀, 球磨后得到浆料; S2. 浆料经喷雾干燥后, 陈腐均化得到粉料; S3. 粉料经布料、烧成后, 即得到所述轻质多孔吸音陶瓷材料, 烧成周期为10-30h, 最高烧成温度 $\leq 1230^\circ\text{C}$ , 浆料的细度为250目筛余0.4-1%, 比重为1.63-1.69, 流速为40-70秒; 粉料的含水率为5.5-6.5%, 颗粒级配为20目以上 $\leq 1.0\%$ , 20-40目40~65%, 20-60目80~97%, 100目以下 $\leq 0.5\%$ , 容重 $\geq 0.79\%$ 。

[0053] 在一种实施例中: 烧成制度如下: 从室温升温至 $400^\circ\text{C}$ , 升温速率为 $5-7^\circ\text{C}/\text{min}$ ; 从 $400^\circ\text{C}$ 升温至 $900^\circ\text{C}$ , 升温速率为 $1-4^\circ\text{C}/\text{min}$ ; 从 $900^\circ\text{C}$ 升温至 $1160^\circ\text{C}$ , 升温速率为 $3-5^\circ\text{C}/\text{min}$ , 于 $1160^\circ\text{C}$ 下保温35-50min后冷却至室温。

[0054] 或, 在另一种实施例中: 从室温升温至 $400^\circ\text{C}$ 并保温60min, 升温速率为 $5-7^\circ\text{C}/\text{min}$ ; 从 $400^\circ\text{C}$ 升温至 $950^\circ\text{C}$ 并保温40-60min, 升温速率为 $6-9^\circ\text{C}/\text{min}$ ; 从 $950^\circ\text{C}$ 升温至 $1150^\circ\text{C}$ , 升温速率为 $2-3^\circ\text{C}/\text{min}$ , 于 $1150^\circ\text{C}$ 下保温40-55min后冷却至室温。

[0055] 或, 在另一种实施例中: 20-60min内从室温升温至 $400^\circ\text{C}$ ; 100-300min内从 $400^\circ\text{C}$ 升温至 $1120^\circ\text{C}$ ; 30-50min内从 $1120^\circ\text{C}$ 升温至 $1190^\circ\text{C}$ ; 5-15min内从 $1190^\circ\text{C}$ 升温至 $1229^\circ\text{C}$ ; 于 $1229^\circ\text{C}$ 下保温35-55min; 5-30min内从 $1229^\circ\text{C}$ 降温至 $1165^\circ\text{C}$ ; 10-50min内从 $1165^\circ\text{C}$ 降温至 $850^\circ\text{C}$ ; 200-360min内从 $850^\circ\text{C}$ 降温至 $300^\circ\text{C}$ ; 150-240min内从 $300^\circ\text{C}$ 冷却至室温。

[0056] 采用上述不同的烧成制度, 可对于轻质多孔吸音陶瓷材料的不同性质得到不同程度的改善。

[0057] 除此之外, 本发明还公开一种如上述任一项所述的轻质多孔吸音陶瓷材料在墙体或建筑结构上的应用。

[0058] 以下结合具体实施例对本发明的技术方案作进一步详细说明, 应当理解, 以下实施例仅仅用以解释本发明, 并不用于限定本发明。

[0059] 实施例1

一种轻质多孔吸音陶瓷材料的制备工艺, 包括如下步骤:

S1. 按下表中的质量百分比, 将原料混合均匀, 球磨后得到浆料;

S2. 浆料经喷雾干燥后, 陈腐均化得到粉料;

S3. 粉料经布料、烧成后, 即得到轻质多孔吸音陶瓷材料, 烧成周期为15h, 烧成温度为 $1215^\circ\text{C}$ 。

[0060] 原料的组分及配比如下表所示(以下4个组别的制备步骤和参数均一致), 其中, 造

孔剂的粒径为200目,发泡剂中碳化硅的粒度分布D50为6.9微米,D97为15.1微米:

	组 1/%	组 2/%	组 3/%	组 4/%
玻璃渣 (粉)	5	5	7	
炼钢水渣				6
河沙加工尾料 (洗沙尾料)	38.9	32.9	33.9	33
建筑渣土	31.9	36.9	29.9	35.9
石灰石	16	15		16.9
方解石			19	
碳化硅粉	0.2	0.2	0.2	0.2
滑石	3	4	4	3
活性炭	5			5
木炭粉		6	6	

其中,在实际生产时,发泡剂可为石灰石或方解石与碳化硅的混合物,造孔剂为活性炭或木炭粉,石灰石或方解石主要提供碳酸钙作为中温发泡剂使用,碳酸钙在900-1000℃温度附近开始分解,让粉料内部产生气孔,并将造孔剂氧化分解产生的气孔连通,形成密集的连通孔状态;造孔剂则在300-500℃开始分解氧化,使得在粉料内部存在大量的空腔孔隙个体,石灰石分解氧化产生的液相将空腔孔隙个体与石灰石分解产生的气孔打开连通,这样就在粉料内部产生了空腔连通结构,形成大量的通孔结构后空气或者流体介质都可以在空腔内部回旋移动,吸音效果较好,在本方案中,石灰石和方解石起到了双重作用,既有发泡作用,又能作为烧成时的熔剂。

[0061] 按质量百分比,实施例1中4个组别的轻质多孔吸音陶瓷材料的化学组成如下:

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	L. O. I
组 1	59.12	11.83	1.31	0.21	10.25	1.08	0.51	0.46	15.23
组 2	62.93	12.49	1.38	0.27	7.9	1.08	0.55	0.48	12.92
组 3	61.26	11.97	1.47	0.23	9.25	1.08	0.53	0.47	13.74
组 4	61.31	12.34	1.59	0.26	8.87	1.03	0.52	0.46	13.62

对上述实施例1中组别1-4制得的轻质多孔吸音陶瓷材料进行性能检测,测试结果如下表所示:

	组 1	组 2	组 3	组 4
开孔率/%	25	20	20	21
连通通道的平均直径/mm	0.25	0.2	0.2	0.2
气孔的平均孔径/mm	0.8	1.1	0.9	0.9
d: D	1:3.2	1: 5.5	1: 4.5	1: 4.5
K <sub>2</sub> O+Na <sub>2</sub> O 含量/%	0.97	1.03	1	0.98
密度 (kg/m <sup>3</sup> )	415	507	447	433
吸声系数	0.65	0.60	0.60	0.60
抗压强度/Mpa	3.15	6.35	3.52	4.03
抗折强度/Mpa	2.67	3.33	2.00	2.15
吸水率/%	150	147	143	157
软化系数	0.9	0.9	0.9	0.9
干燥收缩	0.2	0.2	0.2	0.2

注:由于本方案的连通孔道大小不一,均在0.1-0.5mm的范围内,上述表格中连通孔道的平均直径是指在轻质多孔吸音陶瓷材料的剖面上所有连通孔道的平均直径,气孔的平均孔径是指在轻质多孔吸音陶瓷材料的剖面上所有气孔的平均直径。

[0062] 轻质多孔吸音陶瓷材料的密度在380-620kg/m<sup>3</sup>范围内,抗压强度1.5-6.5Mpa范围内,抗折强度在1.5-3.5Mpa范围内,可以替代传统吸音材料如岩棉、水泥纤维板等。由上表中的四组实施例的测试数据可以得出,通过发泡剂和造孔剂的配合作用,可改善本方案中的轻质多孔吸音材料的性能,其中,材料的吸声系数大于0.5,抗压强度在3Mpa以上,抗折强度在2Mpa以上,即轻质多孔吸音材料在吸音效果较好的同时具有较高的强度,且吸水效果也较为优异。

#### [0063] 实施例2

一种轻质多孔吸音陶瓷材料的制备工艺,包括如下步骤:

S1. 按质量百分比,将制备原料混合均匀,球磨后得到浆料;本实施例中的制备原料为常规原料,具体为玻璃粉3.76%,高温超白砂40%,方解石15%,石英粉23%,煅烧滑石粉8%,碳粉9%,棕刚玉粉1%,绿硅(碳化硅)0.24%;

S2. 浆料经喷雾干燥后,陈腐均化得到粉料;

S3. 粉料经布料、烧成后,即得到轻质多孔吸音陶瓷材料,烧成周期为15h,烧成温度为1215℃。

[0064] 其中,造孔剂的粒径为200目,发泡剂中碳化硅的粒度分布D50为6.9微米,D97为15.1微米。

[0065] 制得的轻质多孔吸音陶瓷材料的化学组成如下:

SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	L. O. I
59.58	11.84	0.51	0.16	10.68	2.37	0.52	0.55	13.79

制得的轻质多孔吸音陶瓷材料均在本方案限定的化学组成范围内,且K<sub>2</sub>O+Na<sub>2</sub>O含量为1.07%,吸声系数为0.65,密度为421kg/m<sup>3</sup>,抗压强度为 5.88Mpa,抗折强度为3.17Mpa,吸水率为129%,软化系数为0.95,干燥收缩为0.2,开孔率为24%,连通通道的平均直径为0.2mm,气孔的平均孔径为1.03mm,d:D=1:5.15。

#### [0066] 实施例3

一种轻质多孔吸音陶瓷材料的制备工艺,包括如下步骤:

S1.按质量百分比,将制备原料混合均匀,球磨后得到浆料;本实施例中的制备原料为常规原料,具体为高温超白砂38%,方解石22%,石英粉22%,煅烧滑石粉8.7%,碳粉8%,棕刚玉粉1%,绿硅(碳化硅)0.3%;

S2.浆料经喷雾干燥后,陈腐均化得到粉料;

S3.粉料经布料、烧成后,即得到轻质多孔吸音陶瓷材料,烧成周期为15h,烧成温度为1215℃。

[0067] 其中,造孔剂的粒径为200目,发泡剂中碳化硅的粒度分布D50为6.9微米,D97为15.1微米。

[0068] 制得的轻质多孔吸音陶瓷材料的化学组成如下:

SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	L. O. I
61.59	12.34	0.59	0.16	9.46	2.31	0.55	0.63	12.37

制得的轻质多孔吸音陶瓷材料均在本方案限定的化学组成范围内,且K<sub>2</sub>O+Na<sub>2</sub>O含量为1.18%,吸声系数为0.65,密度为389kg/m<sup>3</sup>,抗压强度为5.63Mpa,抗折强度为3.07Mpa,吸水率为175%,软化系数为0.95,干燥收缩为0.2,开孔率为30%,连通通道的平均直径为0.2mm,气孔的平均孔径为1.25mm,d:D=1:6.25。

#### [0069] 实施例4

一种轻质多孔吸音陶瓷材料的制备工艺,包括如下步骤:

S1.按质量百分比,将制备原料混合均匀,球磨后得到浆料;本实施例中的制备原料为常规原料,具体为玻璃粉5.81%,石灰石2%,高温超白砂34%,方解石15%,石英粉24%,煅烧滑石粉8%,碳粉8%,棕刚玉粉3%,绿硅(碳化硅)0.19%;

S2.浆料经喷雾干燥后,陈腐均化得到粉料;

S3.粉料经布料、烧成后,即得到轻质多孔吸音陶瓷材料,烧成周期为15h,烧成温度为1215℃。

[0070] 其中,造孔剂的粒径为200目,发泡剂中碳化硅的粒度分布D50为6.9微米,D97为15.1微米。

[0071] 制得的轻质多孔吸音陶瓷材料的化学组成如下:

SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	L. O. I
61.28	13.5	0.29	0.16	9.2	2.42	0.63	0.43	12.09

制得的轻质多孔吸音陶瓷材料均在本方案限定的化学组成范围内,且 $K_2O+Na_2O$ 含量为1.06%,吸声系数为0.55,密度为 $587\text{kg}/\text{m}^3$ ,抗压强度为6.63Mpa,抗折强度为2.67Mpa,吸水率为105%,软化系数为0.95,干燥收缩为0.2,开孔率为21%,连通通道的平均直径为0.1mm,气孔的平均孔径为1.28mm, $d:D=1:12.8$ 。

#### [0072] 实施例5

一种轻质多孔吸音陶瓷材料的制备工艺,包括如下步骤:

S1. 按质量百分比,将制备原料混合均匀,球磨后得到浆料;本实施例中的制备原料为常规原料,具体为玻璃粉5%,高温超白砂37.75%,方解石17%,石英粉25%,煅烧滑石粉6%,碳粉8%,棕刚玉粉1%,绿硅(碳化硅)0.25%;

S2. 浆料经喷雾干燥后,陈腐均化得到粉料;

S3. 粉料经布料、烧成后,即得到轻质多孔吸音陶瓷材料,烧成周期为15h,烧成温度为 $1215^\circ\text{C}$ 。

[0073] 其中,造孔剂的粒径为200目,发泡剂中碳化硅的粒度分布D50为6.9微米,D97为15.1微米。

[0074] 制得的轻质多孔吸音陶瓷材料的化学组成如下:

$\text{SiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	$\text{TiO}_2$	$\text{CaO}$	$\text{MgO}$	$\text{K}_2\text{O}$	$\text{Na}_2\text{O}$	L.O.I
59.12	11.30	1.31	0.16	10.25	2.58	0.65	0.5	14.13

制得的轻质多孔吸音陶瓷材料均在本方案限定的化学组成范围内,且 $K_2O+Na_2O$ 含量为1.15%,吸声系数为0.65,密度为 $411\text{kg}/\text{m}^3$ ,抗压强度为5.63Mpa,抗折强度为4.17Mpa,吸水率为130%,软化系数为0.95,干燥收缩为0.2,开孔率为24%,连通通道的平均直径为0.2mm,气孔的平均孔径为1.1mm, $d:D=1:5.5$ 。

[0075] 由上述测试结果可知,通过调整轻质多孔吸音材料的制备参数,使得d与D的比值在1:(5-7)的范围时,轻质多孔吸音材料的各项性能将会得到进一步的提升,其中吸声系数大于等于0.6,抗压强度大于5Mpa,抗折强度大于3Mpa,吸水率为100-180%,密度在 $380-620\text{kg}/\text{m}^3$ 范围内。

#### [0076] 对比例1

本对比例中的各项制备步骤和参数与实施例1中的制备步骤和参数均一致,区别仅在于:制备原料有所不同,对比例1的原料组分及配比如下:按质量百分比,人造石英石抛光渣41.88%、建筑渣土8%、花岗岩石粉13%、压榨泥17.9%、发泡陶瓷细粉5%、高铝砂5%、玻璃粉6%、碳粉3%、碳化硅粉0.22%。

#### [0077] 对比例2

本对比例中的各项制备步骤和参数与实施例1中组别1的制备步骤和参数均一致,区别仅在于:不添加造孔剂—活性炭,其余的原料配比为:玻璃渣(粉)5%、河沙加工尾料(洗沙尾料)42%、建筑渣土38%、石灰石8%、方解石2%、碳化硅粉5%。

#### [0078] 对比例3

本对比例中的各项制备步骤和参数与实施例1中组别1的制备步骤和参数均一致,区别仅在于:不添加发泡剂—碳化硅粉,其余的原料配比为:玻璃渣(粉)5%、河沙加工尾料(洗沙尾料)42%、石灰石8%、方解石2%、建筑渣土36.8%,活性炭6%、木炭粉0.2%。

[0079] 对比例3烧结度不够,部分数据无法测定。

[0080] 对比例4

本对比例中的各项制备步骤和参数与实施例1中组别1的制备步骤和参数均一致,区别仅在于:发泡剂均为碳化硅粉,碳化硅粉的添加量为16.2%,不添加石灰石,组分配比调整为:玻璃粉8%,河沙加工尾料41%,建筑渣土38%,碳化硅粉1%,滑石5%,活性炭7%。

[0081] 对比例4中不含有石灰石,粉料烧成温度过高,粉料烧结度不够,粉料收缩未产生足够的液相,发泡剂高温分解后无法包裹在液相中发泡,导致发泡失效。

[0082] 对比例5

本对比例中的各项组分配比、制备步骤和参数与实施例1中组别1均一致,区别仅在于:造孔剂的粒径为60目。

[0083] 对比例5中造孔剂的颗粒较粗,导致造孔后的孔隙大,空腔结构变大,声波阻滞效果降低,声波穿透板材后导致吸声效果降低。

[0084] 对比例6

本对比例中的各项组分配比、制备步骤和参数与实施例1中组别1均一致,区别仅在于:发泡剂中碳化硅的粒度分布D50为9.5微米,D97为18.2微米。

[0085] 对比例6中碳化硅(发泡剂)的颗粒较粗,对应的吸声效果出现降低。

[0086] 对比例7

本对比例中的各项组分配比、制备步骤和参数与实施例1中组别1均一致,区别仅在于:对陈腐均化后的粉料进行压制成型,成型压力为20Mpa,之后再行烧制。

[0087] 对比例7中压制成型的板材在烧制完成后,板材严重变形,断口大小孔严重不均,且无连通孔形成,分析原因在于发泡剂用量过大,压制成型后碳类物质排除通道不够,板材外部过早封闭造成,烧制后的产品膨胀发泡变形,呈龟背状,断面打开后没有连通孔产生,孔洞不均匀,大孔在3mm以上,小孔在1mm左右。

[0088] 对比例8

本对比例中的各项制备步骤和参数与实施例1中组别1的制备步骤和参数均一致,区别仅在于:发泡剂中碳化硅的添加量增加至0.35%,不添加造孔剂,对应的,河沙加工尾料从38.9%调整为40.75%,建筑渣土从31.9%调整为34.9%。

[0089] 对比例8中仅采用较多的发泡剂形成连通孔,气孔冲破时形成的孔洞较大,导致发泡陶瓷内部空洞过大,强度过低。

	对比例 1	对比例 2	对比例 3	对比例 5	对比例 6	对比例 7	对比例 8
开孔率 /%	2	8	—	20	25	2	10
连通通道的平均直径 /mm	—	0.5	—	0.8	0.2	—	0.7
气孔的平均孔径/mm	1.25	1.25	—	1.5	0.8	2	1.9
d: D	—	1: 2.5	—	1:1.875	1:4	—	1:2.71
K <sub>2</sub> O+Na <sub>2</sub> O 含量/%	5.9	1.35	1.26	1.18	≤1.2%	1.21	≤1.2%
密度- kg/m <sup>3</sup>	437	213	—	362	488	153	345
吸声系数	0.07	0.11	0.05	0.55	0.55	0.30	0.3
抗压强度/Mpa	7.23	1.15	—	3.25	6.99	—	4.35
抗折强度/Mpa	3.16	0.3	—	1.15	3.21	0.64	1.08
吸水率 /%	4.11	13.3	16.3	125	150	73	97.3
软化系数	0.95	0.85	—	0.85	0.9	—	0.95
干燥收缩	0.15	0.15	—	0.15	0.2	—	0.2

[0090] 由上述测试结果可知,本方案中制备轻质多孔吸音陶瓷材料需要严格控制原料中的钾钠含量,当对比例1中增加制备原料中的钾钠含量后,对应的在烧成时将会产生大量液相,将造孔剂形成的大量气孔闭合,使材料最终成为不渗水无连通孔道的闭气孔发泡陶瓷,材料中存在的气孔为碳化硅分解产生的气孔,因此,尽管对比例1制得的材料强度较高,但其没有连通孔产生,吸音效果和吸水效果均较差。而对比例2由于未添加造孔剂,碳化硅粉

的用量增加,会由于发泡剂过于发泡而产生部分连通孔,使材料的密度和强度均有所下降,同时也并不具有较好的吸音效果。对比例3中单独只添加造孔剂,无法形成连通的孔洞。

[0091] 实施例6

本实施例中的各项制备步骤和参数与实施例1中的制备步骤和参数均一致,制得的吸音材料均在本方案限定的化学组成范围内,区别仅在于:制备原料有所不同,烧成温度降低5℃(1210℃),实施例6的原料组分及配比如下:按质量百分比,玻璃粉5%,河沙尾料40%,石灰石13%,建筑渣土28%,滑石6.7%,碳化硅粉0.3%,碳粉6%和锂辉石1%。

[0092] 制得的轻质多孔吸音陶瓷材料的化学组成如下:

SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	Li <sub>2</sub> O	L.O.I
60.21	11.97	2.12	0.16	8.17	2.41	0.55	0.63	0.08	13.70

实施例7

本实施例中的各项制备步骤和参数与实施例1中的制备步骤和参数均一致,制得的吸音材料均落在本方案限定的化学组成范围内,区别仅在于:制备原料有所不同,烧成温度降低5℃(1210℃),实施例7的原料组分及配比如下:按质量百分比,玻璃粉5%,刚玉粉3%,堇青石-莫来石耐火废料10%,河沙尾料20%,石灰石15%,建筑渣土27.7%,滑石9%,碳化硅粉0.3%,碳粉8%和锂辉石2%。

[0093] 化学组成如下:

SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	Li <sub>2</sub> O	L.O.I
59.06	13.78	1.01	0.26	8.17	2.47	0.40	0.82	0.16	13.87

将实施例6-7中制得的轻质多孔吸音陶瓷材料进行性能检测,测试结果如下表所示:



	实施例 6	实施例 7
开孔率/%	25	23
连通通道的平均直径/mm	0.2	0.26
气孔的平均孔径/mm	1	1.4
d: D	1: 5	1: 5.38
K <sub>2</sub> O+Na <sub>2</sub> O 含量/%	1.18	1.22
密度 (kg/m <sup>3</sup> )	483	612
吸声系数	0.65	0.6
抗压强度/Mpa	6.28	7.33
抗折强度/Mpa	3.11	3.35
吸水率/%	150	128
软化系数	0.9	0.9
干燥收缩	0.2	0.2

由上述测试结果可知,引入锂辉石或者锂瓷石后可以降低烧成温度,板材吸声性能以及其他辅助性能均未发生明显变化,另外引入刚玉、耐火材料后粉料的烧成温度升高,可以通过引入Li降低烧成温度确保性能不发生变化,且上述多孔吸音陶瓷材料的吸音效果和强度均较好。

#### [0094] 实施例8

本实施例中各项条件与实施例6相同,不同之处在于,烧成过程有所不同,本实施例的烧成曲线为:从室温升温至400℃,升温速率为6.25℃/min;从400℃升温至900℃,升温速率为2.78℃/min;从900升温至1160℃,升温速率为3.25℃/min,于1160℃下保温40min后冷却至室温。

#### [0095] 实施例9

本实施例中各项条件与实施例6相同,不同之处在于,烧成过程有所不同,本实施例的烧成曲线为:从室温升温至400℃并保温60min,升温速率为6.25℃/min;从400℃升温至950℃并保温50min,升温速率为7.85℃/min;从950升温至1150℃,升温速率为2.86℃/min,于1150℃下保温50min后冷却至室温。

[0096] 上述两种烧成制度适用于实验室或间歇式梭式窑的烧制过程,能保证轻质多孔吸音陶瓷材料具有较好的产品质量。

#### [0097] 实施例10

本实施例中各项条件与实施例6相同,不同之处在于,烧成过程有所不同,本实施例的烧成曲线为:烧成周期为12h,于21min内从室温升温至400℃;177min内从400℃升温至1120℃;32min内从1120℃升温至1190℃;5min内从1190℃升温至1229℃;于1229℃下保温

45min;8min内从1229℃降温至1165℃;30min内从1165℃降温至850℃;223min内从850℃降温至300℃;196min内从300℃冷却至室温。

[0098] 实施例11

本实施例中各项条件与实施例6相同,不同之处在于,烧成过程有所不同,本实施例的烧成曲线为:烧成周期为15h,于26min内从室温升温至400℃;245min内从400℃升温至1120℃;44min内从1120℃升温至1190℃;11min内从1190℃升温至1229℃;于1229℃下保温55min;14min内从1229℃降温至1165℃;22min内从1165℃降温至850℃;297min内从850℃降温至300℃;160min内从300℃冷却至室温。

[0099] 上述两种烧成制度适用于连续式辊道窑的烧成过程,在该烧成制度下同样能保证轻质多孔吸音陶瓷材料具有较好的产品质量。

[0100] 将实施例8-11中制得的发泡陶瓷进行性能检测,测试结果如下表所示:

	实施例 8	实施例 9	实施例 10	实施例 11
开孔率/%	21	23	25	23
连通通道的平均直径/mm	0.2	0.2	0.2	0.15
气孔的平均孔径/mm	1.3	1.45	1-1.13	0.85
d: D	1: 6.5	1:7.25	1: 5.65	1: 5.67
密度 (kg/m <sup>3</sup> )	458	435	517	563
吸声系数	0.6	0.65	0.65	0.60
抗压强度/Mpa	5.35	5.12	6.18	5.95
抗折强度/Mpa	3	2.52	3.24	3.16
吸水率/%	120	135	133	118
软化系数	0.9	0.9	0.9	0.9
干燥收缩	0.2	0.2	0.2	0.2

由上述测试结果可知,在不同的烧成曲线下,产品的性能有所不同,其主要原因在于高温保温时间的长短以及合理控制高温烧成温度,过长过高会降低粉料高温粘度导致连通孔封闭,过低过短会导致密度偏大,空腔结构不合理。

[0101] 对比例9

本对比例中的各项制备步骤和参数与实施例10均一致,区别仅在于:烧成周期缩短,1229℃下保温时间缩短至15min。

[0102] 对比例10

本对比例中的各项制备步骤和参数与实施例10均一致,区别仅在于:最高烧成温度(1229℃)调整为1330℃,其他制度不变。

[0103] 对比例11

本对比例中的各项制备步骤和参数与实施例10均一致,区别仅在于:冷却过程调

整为120min内从850℃降温至300℃;160min内从300℃冷却至室温,该对比例中板材晶型转变(573℃)过快产生的收缩应力使得产品出现应力裂。

[0104] 将对比例9-11中制得的发泡陶瓷进行性能检测,测试结果如下表所示:

	对比例 9	对比例 10	对比例 11
开孔率/%	18	17	25
连通通道的平均直径/mm	0.2	0.1	0.2
气孔的平均孔径/mm	0.8	1.0	1.13
d: D	1:4	1:10	1:5.65
密度 (kg/m <sup>3</sup> )	687	493	563
吸声系数	0.45	0.45	0.5
抗压强度/Mpa	7.29	3.25	4.91
抗折强度/Mpa	3.35	2.21	1.16
吸水率/%	85	80	108
软化系数	0.9	0.9	0.9
干燥收缩	0.2	0.2	0.2

由上述测试结果与实施例11的测试结果比较可知,最高烧成温度以及保温持续时间均需要严格控制,温度过高、或保温时间过短都会导致板材的部分连通孔结构丧失,导致吸声系数严重降低甚至失去吸音性能。另外冷却温度需要严格控制,以确保板材不会因冷却制度不合理发生应力裂,降低产品质量。

[0105] 以上所述仅为本发明的优选实施例,并非因此限制本发明的专利范围,凡是在本发明的发明构思下,利用本发明说明书内容所作的等效结构变换,或直接/间接运用在其他相关的技术领域均包括在本发明的专利保护范围内。

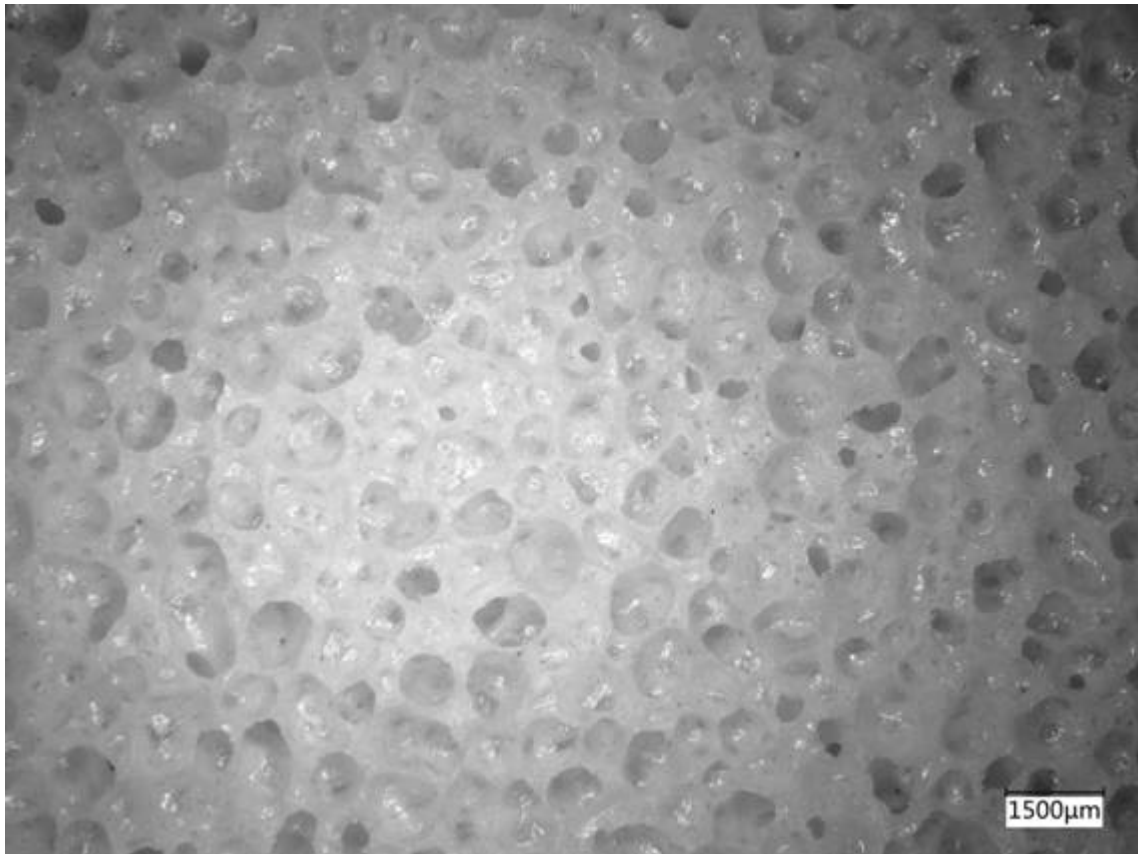


图1

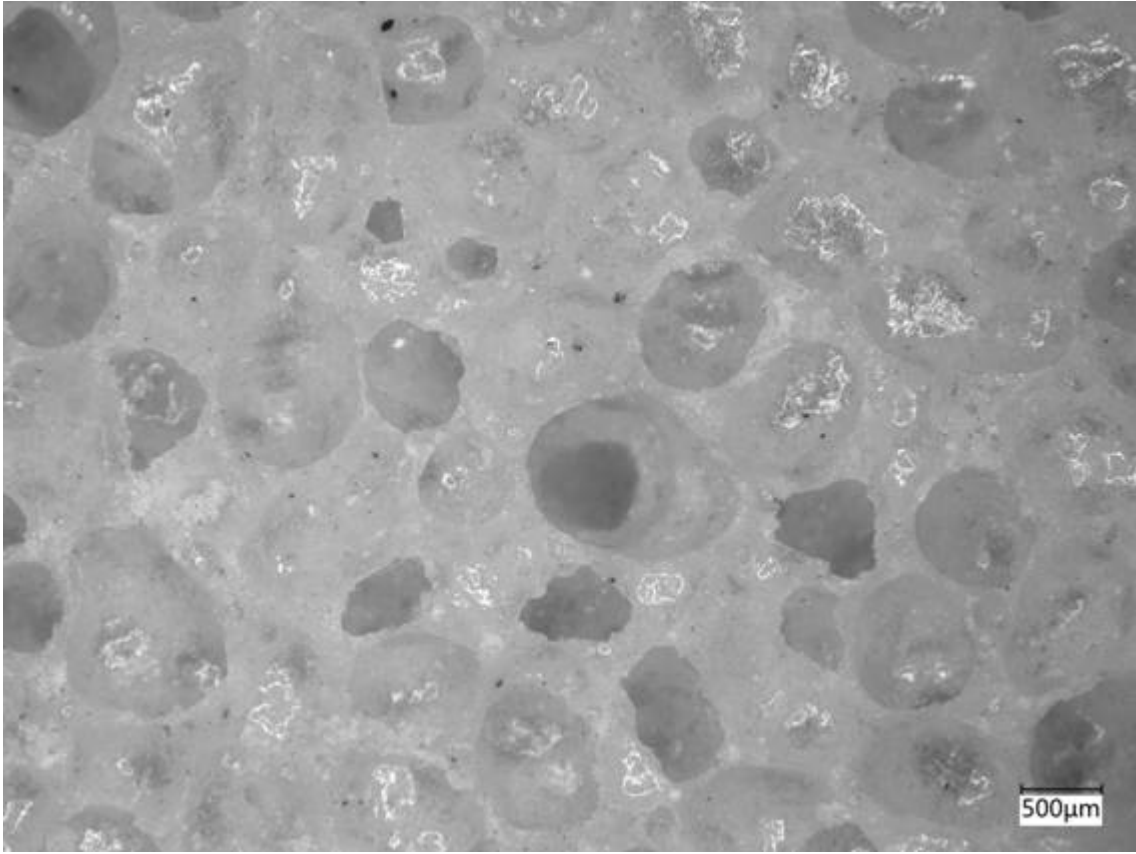


图2

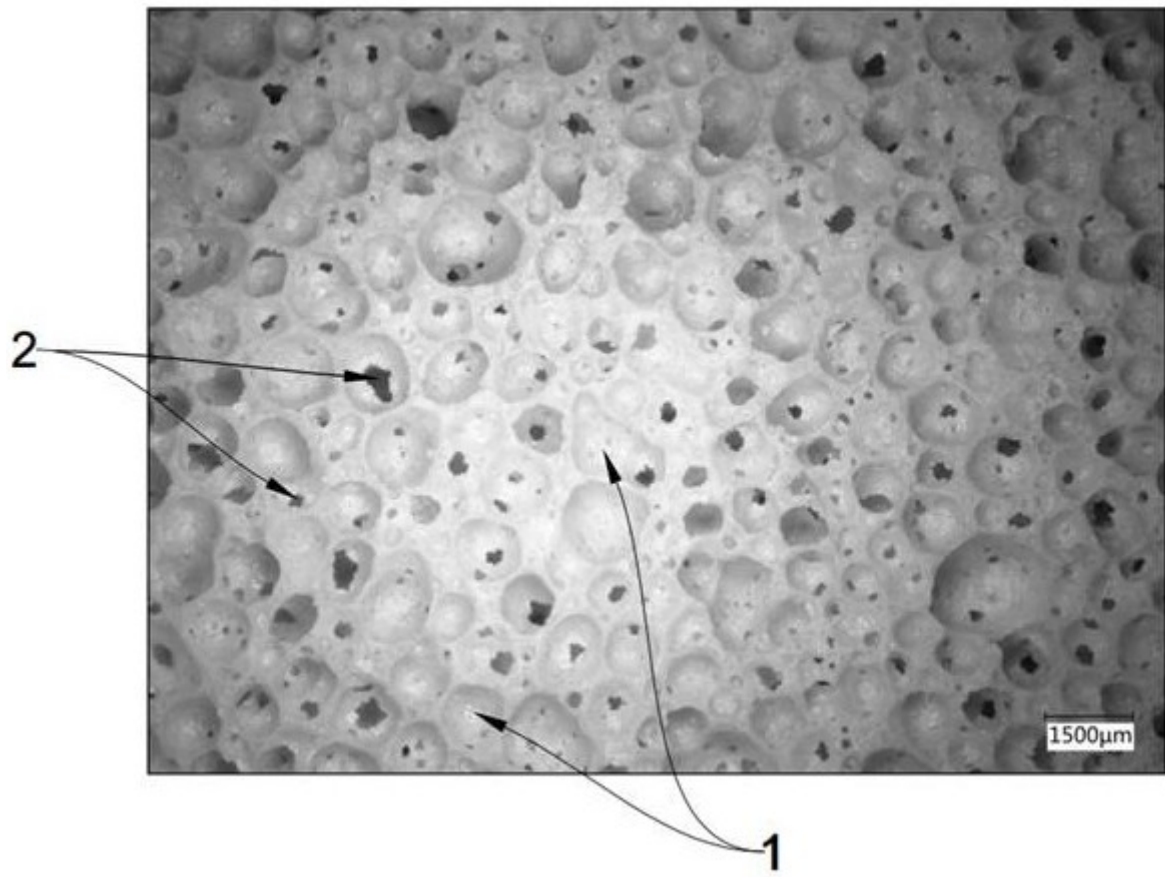


图3

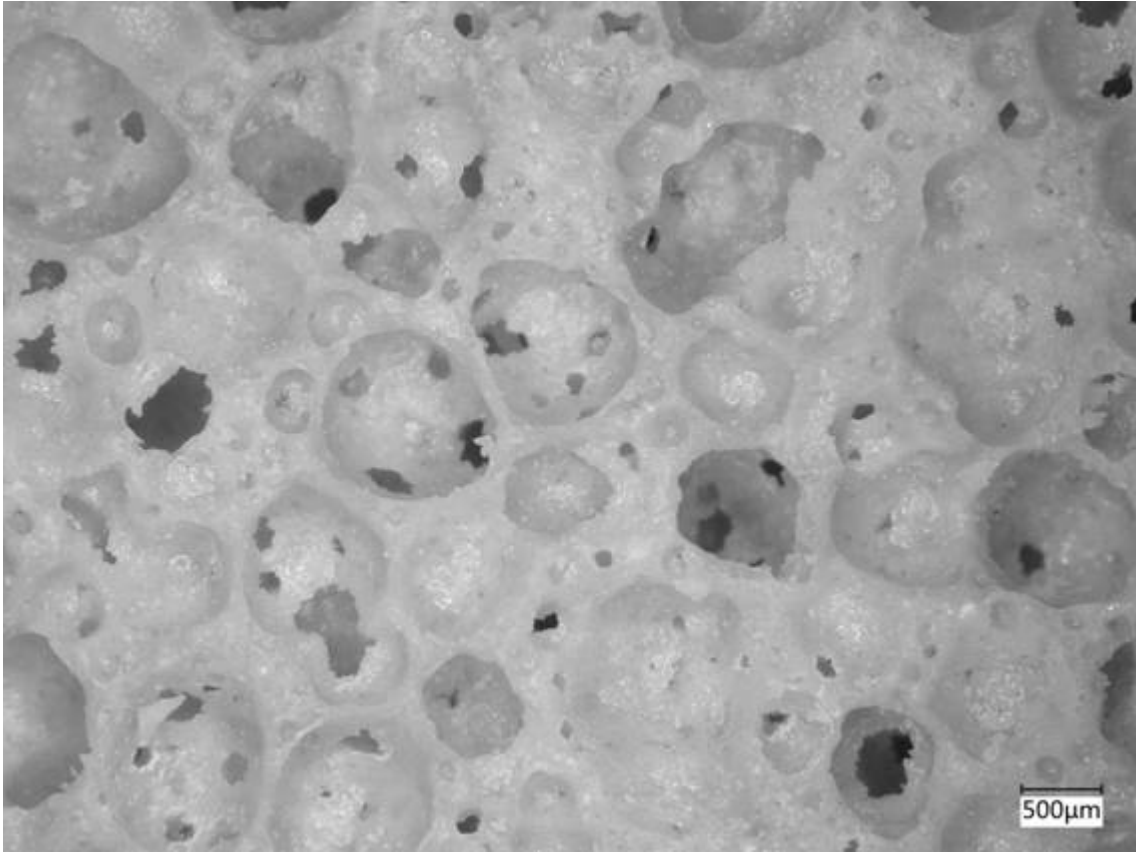


图4

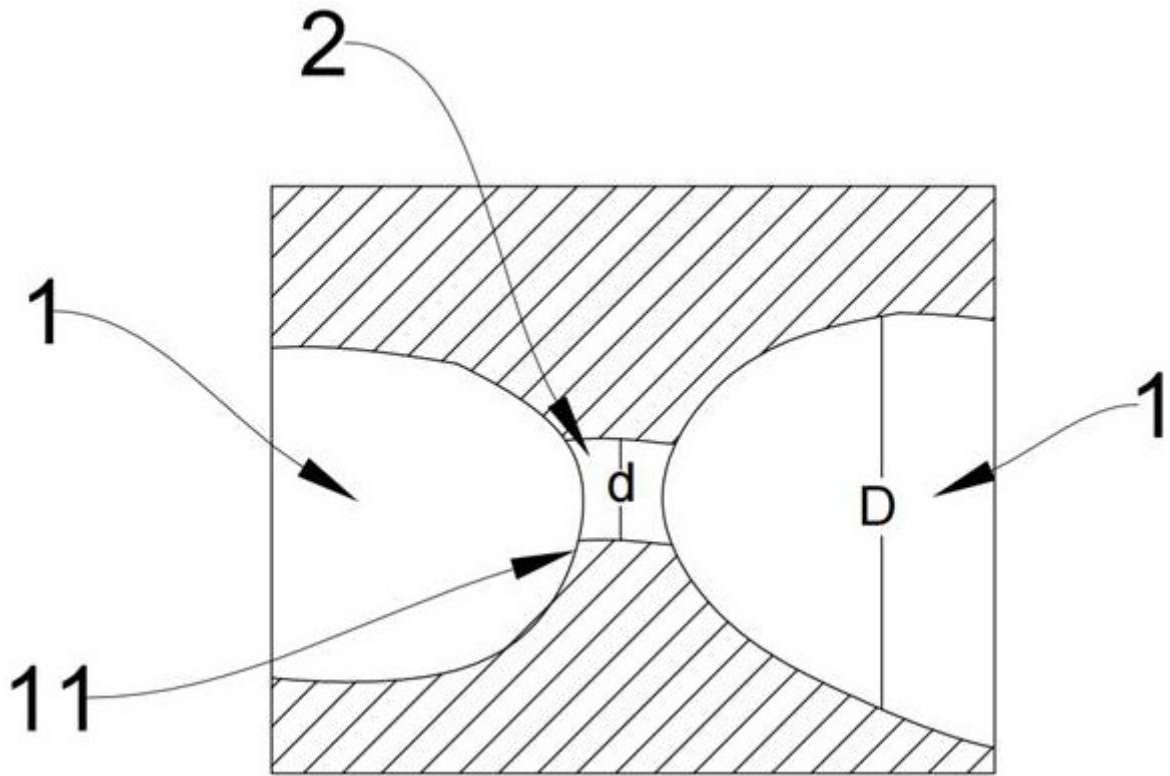


图5



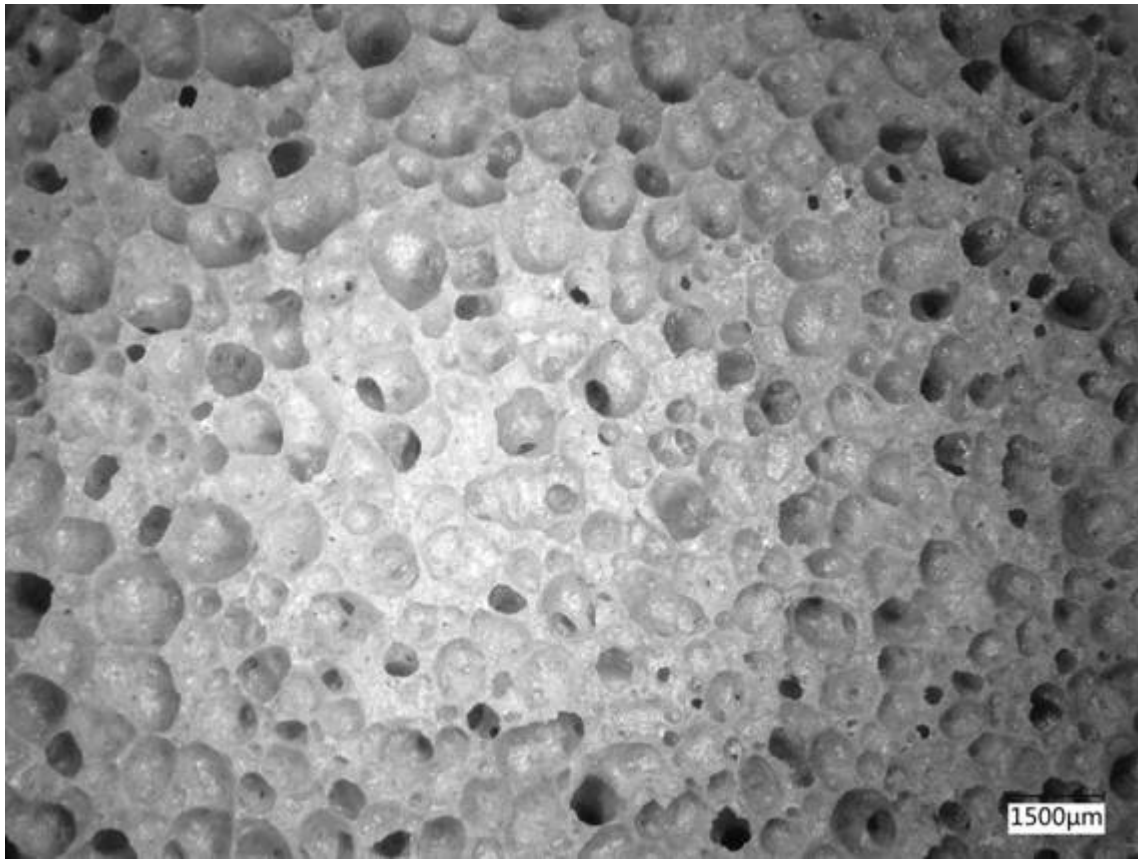


图6