



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 112654592 B

(45) 授权公告日 2024.02.20

(21) 申请号 201980055068.0
 (22) 申请日 2019.08.27
 (65) 同一申请的已公布的文献号
 申请公布号 CN 112654592 A
 (43) 申请公布日 2021.04.13
 (30) 优先权数据
 62/723,397 2018.08.27 US
 (85) PCT国际申请进入国家阶段日
 2021.02.22
 (86) PCT国际申请的申请数据
 PCT/US2019/048335 2019.08.27
 (87) PCT国际申请的公布数据
 W02020/046927 EN 2020.03.05
 (73) 专利权人 索里迪亚科技公司
 地址 美国新泽西州
 (72) 发明人 艾哈迈德·库内特·陶什
 (74) 专利代理机构 北京大成律师事务所 11352
 专利代理人 李佳铭 王芳

(51) Int.Cl.
 C04B 35/64 (2006.01)
 A61C 5/77 (2006.01)
 (56) 对比文件
 JP 2002086440 A, 2002.03.26
 GB 2128220 A, 1984.04.26
 CN 108137421 A, 2018.06.08
 US 4427610 A, 1984.01.24
 CN 102942374 A, 2013.02.27
 JP 2001206777 A, 2001.07.31
 CN 104030722 A, 2014.09.10
 JP 2007106664 A, 2007.04.26
 JP H05238791 A, 1993.09.17
 US 5935317 A, 1999.08.10
 CN 104520082 A, 2015.04.15
 US 2015225295 A1, 2015.08.13
 CN 105579209 A, 2016.05.11
 CN 101125442 A, 2008.02.20

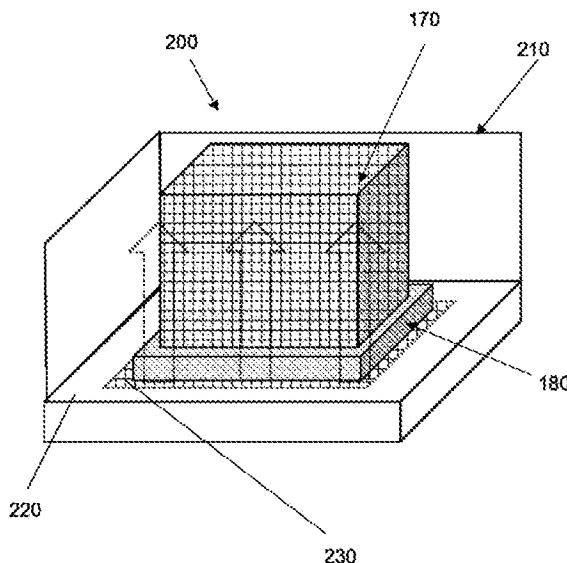
审查员 孔维

权利要求书2页 说明书17页 附图7页

(54) 发明名称
 生坯的多步固化

(57) 摘要

一种形成多个固化的混凝土坯体的方法,每个坯体具有固化压缩强度,所公开的方法包括:将所述混凝土的构成组分的可流动混合物引入多个模具中;借助于一个或多个支撑件在所述多个模具内模制所述可流动混合物,从而形成多个生坯;部分地固化所述生坯到足以提供低于所述固化压缩强度的压缩强度的程度,从而产生多个预固化的生坯;组装所述多个预固化的生坯的至少一部分,以形成具有预定几何构型的预固化的生坯的集合;以及将所述预固化的生坯的集合固化到足以实现所述固化压缩强度的程度,从而产生具有所述预定几何构型的固化的坯体的集合。



1. 一种形成多个固化的非水硬性混凝土坯体的方法,每个坯体具有固化压缩强度,所述方法包括:

将所述非水硬性混凝土的构成组分的可流动混合物引入多个模具中;

借助于一个或多个支撑件在所述多个模具内模制所述可流动混合物,从而形成多个生坯;

将所述多个生坯和一个或多个支撑件引入预固化室以及部分地固化所述生坯到足以提供低于所述固化压缩强度的压缩强度的程度,从而产生多个预固化的生坯;

组装所述多个预固化的生坯的至少一部分,以形成具有预定几何构型的预固化的生坯的集合,其中所述组装包括从所述一个或多个支撑件的表面去除预固化的生坯和将所述预固化的生坯堆叠在另一个上方;以及

将所述预固化的生坯的集合引入固化室中;

将所述预固化的生坯的集合固化到足以实现所述固化压缩强度的程度,从而产生具有所述预定几何构型的固化的坯体的集合;

其中所述固化所述预固化的生坯的步骤包括将所述预固化的生坯暴露于二氧化碳持续6至24小时的时间段,并且暴露于60°C至95°C的温度。

2. 如权利要求1所述的方法,其还包括:使具有所述预定几何构型的所述固化的坯体的集合被运送到客户。

3. 如权利要求1所述的方法,其中所述构成组分包括一种或多种可碳酸化的水泥组分和一种或多种骨料;其中所述一种或多种可碳酸化的水泥组分可选地包括硅酸钙;其中所述可流动混合物可选地包括水。

4. 如权利要求1所述的方法,其中所述引入和模制的步骤中的至少一个包括以下中的一个或多个:浇注、振动铸造、压制、挤出或发泡。

5. 如权利要求1所述的方法,其中所述一个或多个支撑件是压板。

6. 如权利要求1所述的方法,其中所述多个生坯包括摊铺材料、混凝土砖、屋顶瓦片、空心板、湿铸板、混凝土板、泡沫混凝土坯体、充气混凝土坯体、充气混凝土砌块或充气混凝土板。

7. 如权利要求1所述的方法,其中如根据ASTM C140测量,所述预固化的生坯的所述压缩强度为2,000psi至5,000psi,以及

其中如根据ASTM C140测量,所述固化压缩强度为至少8,000psi。

8. 如权利要求1所述的方法,其中所述部分地固化所述生坯的步骤包括将所述生坯和所述一个或多个支撑件暴露于二氧化碳、空气或其组合,持续预定时间段。

9. 如权利要求1所述的方法,其中所述部分地固化所述生坯的步骤还包括加热所述至少一个支撑件。

10. 如权利要求1所述的方法,其中所述组装所述多个预固化的生坯的步骤包括从使用托盘堆垛机或材料处理系统从所述一个或多个支撑件去除所述预固化的生坯。

11. 如权利要求1所述的方法,其中所述预定几何构型是立方体。

12. 如权利要求1所述的方法,其中所述部分地固化所述生坯的步骤或者所述固化所述预固化的生坯的步骤包括分别将生坯或预固化的生坯引入固化室或预固化室,

以及还包括:将加热的气体从靠近所述预固化室或固化室的底部设置的位置引入所述

预固化室或固化室中,以及

将加热的气体从靠近所述预固化室或固化室的顶部设置的位置从所述预固化室或固化室中取出。

13. 如权利要求1所述的方法,其中所述固化所述预固化的生坯的步骤包括将所述生坯引入固化室,还包括:将所述预固化的生坯的集合放置在可移动平台上,以用于将所述预固化的生坯的集合从所述固化室的一端移动到相对端。

14. 如权利要求1所述的方法,其中所述生坯和所述预固化的生坯的集合具有样品体积,并且所述固化室具有内部体积,并且其中所述预固化室的所述内部体积与所述样品体积的比率为1.05至1.15。

生坯的多步固化

[0001] 本申请要求2018年8月27日提交的美国临时专利申请号62/723,397的优先权和权益,所述申请的全部内容通过援引并入本文。

技术领域

[0002] 本申请涉及用于固化诸如生坯的物体的方法、相关联的装置和系统。

背景技术

[0003] 在本说明书中,当提及或讨论文件、行为或知识项目时,该提及或讨论并不承认所述文件、行为或知识项目或其任何组合是在优先权日期的、是可公开获得、为公众所知的、是公知常识的部分或者根据适用的法律规定以其他方式构成现有技术;或者已知与尝试解决本说明书关注的任何问题有关。

[0004] 未固化或部分地固化的“生坯”的致密化可能呈现出许多不同的技术挑战,特别是当大规模进行这种过程时。可能出现诸如与效率、非静态处理条件、一致性和可重复性有关的问题。本发明试图解决这些以及其他挑战。

[0005] 经受固化过程的未固化的或“生坯”的一个示例是混凝土或水泥。尤其是,混凝土是无所不在的。我们的房屋可能依靠它,我们的基础设施是由它建立的,就像我们大多数工作场所一样。常规混凝土是通过将水和骨料(诸如沙子和碎石)与波特兰水泥(通过将研磨石灰石和粘土的混合物或者相似组分材料,在回转窑中以大约1,450°C的烧结温度燃烧而制成的合成材料)混合而制成。波特兰水泥制造不仅是能源密集型过程,而且是释放大量的温室气体(CO₂)的过程。水泥行业约占全球人为CO₂排放量的5%。这种CO₂的60%以上来自石灰石的化学分解或煅烧。就经济和环境影响两者而言,常规的混凝土生产和使用都不是最佳的。这种常规的混凝土生产技术涉及大量的能源消耗和二氧化碳排放,从而导致不利的碳足迹。

[0006] 这已导致非水硬性水泥配方的开发。非水硬性水泥是指不通过化学反应中的水消耗而固化的水泥,而是主要通过与任何形式的CO₂起反应而固化的水泥,所述形式诸如气态CO₂、碳酸形式的CO₂、H₂CO₃或者允许CO₂与非水硬性水泥材料反应的其他形式。固化过程将二氧化碳气体以固体碳酸盐物质形式固定在固化的材料内,从而提供明显的环境效益。以举例的方式,非水硬性的Solidia Cement™和Solidia Concrete™配方已被誉为突破性技术,例如R&D 100奖认可它为新技术前100强之一。在与传统的水硬性混凝土和/或波特兰水泥的生产相比时,Solidia Cement™和Solidia Concrete™两者的生产都减少多达70%的碳排放量、减少30%的燃料消耗并且减少多达80%的用水量。

[0007] 用于许多材料系统(包括常规混凝土以及非水硬性混凝土配方)的常规固化技术和设备被配置为处理经历特定化学反应的材料。然而,实践中,使用常规技术和设备来固化生坯呈现出某些技术挑战。与常规固化技术和设备相关联的问题包括它们的成本、关于操作条件和位置的限制、可以以一致和可重复的方式控制和监控固化过程的精度、以及具有足够性能的固化制品的生产。因此,存在提供改进的多功能性、精度、产率、一致性和降低的

成本的固化方法和设备的需要。

[0008] 如图1至图2示意性地示出,作为形成/制造方法,可以通过使用压力机(20)来生产由水硬性水泥或混凝土组合物以及非水硬性水泥或混凝土组合物(例如含有硅酸钙、沙子和骨料的混凝土组合物)形成的制品(10),诸如(任何尺寸的)摊铺材料或(同样任何尺寸的)砖/板坯。更具体地,中空模具(30)位于诸如钢(或塑料或具有足够强度的任何其他材料)板或平托盘的支撑件(40)上。然后将混凝土组合物引入到模具(30)中的开口(50)中。可选地,使模具(30)振动以促进用混凝土混合物最佳地填充模具(30)。一旦填充,压力机(20)压缩模具(30)内的混凝土材料。因此,在支撑件(40)上形成一个或多个生的压制坯体(10)。随后,将压制坯体(10)连同其支撑件(40)经受许多可能的处理步骤,诸如干燥、预固化并且最终在室(未示出)内固化以产生强度。在固化后,通过将坯体(例如摊铺材料)从其支撑件(40)去除并堆叠起来(通常使用机器)而将其“托盘化”,以形成搁置在用于运送的支撑件(诸如托盘)上的成品坯体或摊铺材料的立方体。每个立方体可以具有例如约540(或更多)个摊铺材料,这些摊铺材料以彼此堆叠的10个摊铺材料层的形式,而每个层包含54个摊铺材料。这称为“摊铺材料立方体”。然后将这种摊铺材料立方体交付给客户。在图3中示意性地示出了与上述过程相关联的关键步骤(60)。如其中所示,将组成水泥/混凝土配方的构成成分分批并混合、引入模具中、在模具中进行压制,从而形成一个或多个生坯。然后将生坯固化,并且随后将完全固化的坯体堆叠在托盘上,以运送给购买者。

[0009] 根据当前的大规模操作,固化过程延长很长的时间段,诸如约50到80小时或者甚至更长。在如此长的固化时间内,摊铺材料保留在其支撑件或压板上。占用压板50至80小时不利于整个过程的成本和时间效率。在整个固化过程中占用压板对制造商的设施的压制操作造成不希望的压力,并且要求制造商购买比理想情况更多的压板。

[0010] 此外,由诸如上述Solidia Cement™和Solidia Concrete™的非水硬性组合物形成的摊铺材料依赖于气态反应物,即二氧化碳(CO₂)。二氧化碳仅在待碳酸化固化的材料在其中包含一定量(例如2至5重量%)的水时才起反应物的作用。首先将二氧化碳气体溶解在水中,然后将其自身转化成水性碳酸氢根或碳酸根离子,然后其与源自非水硬性组分的水性Ca²⁺离子反应以形成碳酸钙(CaCO₃)的良好连接的晶体/颗粒。换句话说,如果摊铺材料完全干燥,则无法固化这种组合物。因此,由这种非水硬性组合物形成的摊铺材料的固化涉及水含量的控制。

[0011] 在整个固化过程中将摊铺材料保持在压板上的另一个缺点在于,与板接触的摊铺材料的表面防止或阻碍水从生坯中释放,并且还防止或阻碍直接暴露于固化室内的反应物(例如,CO₂气体)。

[0012] 因此,需要改进的固化技术和设备,其允许压板被取回/回收并尽快返回压制机,以及提高压制坯体(例如摊铺材料/物体)的底表面暴露于反应物,并且促进水从其中释放。

[0013] 虽然已经讨论了常规技术的某些方面以促进本发明的公开,但是申请人绝不否认这些技术方面,并且预期的是,所要求保护的本发明可以涵盖或包括本文所讨论的常规技术方面中的一个或多个。

发明内容

[0014] 已经发现,本发明可以解决上述缺陷并获得某些优点。例如,本发明的方法、装置

和系统提供了生坯的固化,所述生坯表现出提高的多功能性、精度、产率、一致性和降低的成本。

[0015] 为了便于描述本发明的概念,本文所包含的公开内容可以将生坯和/或固化的坯体称为“摊铺材料”。然而,应当理解,本发明的原理不限于此。尽管本文中特别提及“摊铺材料”,但本文所述的原理适用于任何数量的不同的坯体或物体。例如,本公开中描述的过程可以用于生产混凝土产品,其中混凝土产品可选地由当暴露于二氧化碳时变硬的粘结基质制成。在一些实施方式中,混凝土产品是泡沫混凝土物体。在一些实施方式中,混凝土产品是充气混凝土物体。在一些实施方式中,充气混凝土物体是充气砖和/或充气砌块。在一些实施方式中,泡沫混凝土物体是充气板。在一些实施方式中,充气板在其中具有钢筋形式的可选的结构加强件。在其他实施方式中,混凝土产品是预制混凝土物体,诸如屋顶瓦片、混凝土砖、混凝土板、湿铸板和空心板。

[0016] 现在将描述本发明的某些特征。应当理解,本发明包括单独使用或者与以下段落中描述的或本文中以其他方式描述的任何其他特征(或多个特征)组合使用的任何前述特征,而限于其特定组合。因此,例如,应理解的是,本发明包括本文所包含的权利要求的任何可能的组合,而不管它们当前的从属关系如何。

[0017] 根据一个方面,本发明提供了一种形成多个固化的混凝土坯体的方法,每个坯体具有固化压缩强度,所述方法包括:将混凝土的构成组分的可流动混合物引入多个模具中;借助于一个或多个支撑件在多个模具内模制可流动混合物,从而形成多个生坯;部分地固化生坯到足以提供低于固化压缩强度的压缩强度的程度,从而产生多个预固化的生坯;组装多个预固化的生坯的至少一部分,以形成具有预定几何构型的预固化的生坯的集合;以及将预固化的生坯的集合固化到足以实现固化压缩强度的程度,从而产生具有预定几何构型的固化的坯体的集合。

[0018] 所述方法还包括:使具有预定几何构型的固化的坯体的集合被运送到客户。

[0019] 所述方法,其中构成组分包括一种或多种可碳酸化的水泥组分和一种或多种骨料。

[0020] 所述方法,其中一种或多种可碳酸化的水泥组分包括硅酸钙。

[0021] 所述方法,其中可流动混合物包括水。

[0022] 所述方法,其中引入和模制的步骤中的至少一个步骤包括以下中的一个或多个:浇注、振动铸造、压制、挤出或发泡。

[0023] 所述方法,其中一个或多个支撑件是压板。

[0024] 所述方法,其中一个或多个支撑件是金属的。

[0025] 所述方法,其中多个生坯包括摊铺材料、混凝土砖、屋顶瓦片、空心板、湿铸板、混凝土板、泡沫混凝土坯体、充气混凝土坯体、充气混凝土砌块或充气混凝土板。

[0026] 所述方法,其中预固化的生坯的压缩强度足以允许将生坯从支撑件去除,同时生坯保持基本上完整。

[0027] 所述方法,其中如根据ASTM C140测量,预固化的生坯的压缩强度为约2,000psi至约5,000psi。

[0028] 所述方法,其中如根据ASTM C140测量,固化压缩强度为至少约8,000psi。

[0029] 所述方法,其中部分地固化生坯的步骤包括将生坯和一个或多个支撑件引入预固

化室中。

[0030] 所述方法,其中部分地固化生坯的步骤包括将生坯和一个或多个支撑件暴露于二氧化碳、空气或其组合,持续预定时间段。

[0031] 所述方法,其中部分地固化生坯的步骤包括将生坯暴露于二氧化碳持续约60至约600分钟的时间段,并且暴露于约50℃至约120℃的温度。

[0032] 所述方法,其中部分地固化生坯的步骤还包括加热至少一个金属支撑件。

[0033] 所述方法,其中至少一个金属支撑件的加热包括电阻加热。

[0034] 所述方法,其中组装多个预固化的生坯的步骤包括从一个或多个支撑件的表面去除预固化的生坯。

[0035] 所述方法,其中使用托盘堆垛机或材料处理系统从一个或多个支撑件去除预固化的生坯。

[0036] 所述方法,其中预定几何构型是立方体。

[0037] 所述方法,其中立方体包括约480个或更多的预固化的生坯。

[0038] 所述方法,其中固化预固化的生坯的步骤包括将预固化的生坯的集合引入固化室中。

[0039] 所述方法,其中固化预固化的生坯的步骤包括将预固化的生坯暴露于二氧化碳持续约10至约24小时的时间段,并且暴露于约60℃至约95℃的温度。

[0040] 所述方法,其中部分地固化生坯的步骤或者固化预固化的生坯的步骤还包括将加热的气体从靠近预固化室或固化室的底部设置的位置引入预固化室或固化室中。

[0041] 所述方法,其中部分地固化生坯的步骤或者固化预固化的生坯的步骤还包括将加热的气体从靠近预固化室或固化室的顶部设置的位置从预固化室或固化室中取出。

[0042] 所述方法,其中固化预固化的生坯的步骤还包括将预固化的生坯的集合放置在可移动平台上,以用于将预固化的生坯的集合从固化室的一端移动到相对端。

[0043] 所述方法,其中生坯及其支撑件具有样品体积,并且预固化室具有内部体积,并且其中预固化室的内部体积与样品体积的比率为约1.05至约1.15。

[0044] 所述方法,其中具有预定几何构型的预固化的生坯的集合具有样品体积,并且固化室具有内部体积,并且其中固化室的内部体积与样品体积的比率为约1.05至约1.15。

附图说明

[0045] 图1是用于由可流动混合物形成一个或多个生坯的布置和技术的示意图。

[0046] 图2是由图1的技术和布置产生的一个或多个生坯(生坯设置在支撑件的表面上)的示意图。

[0047] 图3是用于形成固化的混凝土坯体的常规程序的流程图。

[0048] 图4是用于固化一个或多个生坯的布置和技术的示意图。

[0049] 图5是根据本发明的某些可选方面的技术和固化室设计的示意图。

[0050] 图6是形成特定几何构型的生坯的集合和可选平台的示意图。

[0051] 图7是根据本发明的另外可选方面的技术和固化室设计的示意图。

[0052] 图8是根据本发明的附加可选方面的技术和固化室设计的示意图。

[0053] 图9是根据本发明的又一可选方面的技术和固化室设计的示意图

具体实施方式

[0054] 如本文所用,术语“生坯”是指未固化或部分地固化的坯体或物体。在某些可选的实施方式中,生坯为水泥或混凝土(复合物)坯体的形式。

[0055] 如本文所用,“可碳酸化”是指经由碳酸化反应与 CO_2 反应的材料。如果材料在本文公开的条件下不经由碳酸化反应与 CO_2 反应,则材料是“不可碳酸化”的。根据某些实施方式,可碳酸化的材料可以采取水泥或混凝土(复合物)的形式。

[0056] 如本文所用,“可流动混合物”是可以被成型或以其他方式形成为具有期望的几何形状和尺寸的生坯的混合物。

[0057] 如本文所用,“基本上完整”是指保持大部分坯体或物体的整体形状和构型。该术语不禁止坯体的相对较小的破裂或破碎,只要保持其整体形状和构型即可。

[0058] 除非上下文另外明确地指出,否则本文所用的单数形式“一个”、“一种”和“所述”旨在也包括复数形式。此外,除非上下文另外明确地指出,否则“或”的使用旨在包括“和/或”。

[0059] 如本领域技术人员将理解的,如本文所用,“约”是近似术语,并且旨在包括在字面陈述的量上的微小变化。这种变化包括例如与通常用于测量复合材料的组成元素或组分的量或其他特性和特征的技术相关联的标准偏差。由上述修饰词“约”表征的所有值也旨在包括本文公开的确切数值。此外,所有范围都包括上限值和下限值,以及这些限值内的所有值。

[0060] 除非有明确相反的指示,否则本文的任何组合物旨在涵盖由本文标识的各种组分组成的组合物、基本上由本文标识的各种组分组成的组合物以及包括由本文标识的各种组分的组合物。

[0061] 本文使用的某些缩写具有以下含义:

[0062] ER=摊铺材料压板的早期取回(早期去除);

[0063] PCC=摊铺材料立方体固化;

[0064] VBUF=垂直自下而上流动;

[0065] CV=室体积(用于预固化和固化两者);以及

[0066] SV=样品体积(样品可以是在其压板上的坯体或摊铺材料,或者可以是彼此堆叠并压紧以形成特定几何构型的坯体或摊铺材料,诸如离散的立方体或矩形棱柱,以在有或没有可选平台的情况下进行固化);

[0067] CC=从一侧进入室的各个摊铺材料的连续固化,其中摊铺材料可以通过材料处理系统放置在(连续或间歇地)移动的输送机上,并且从同一室的另一侧排出。

[0068] 形成可流动混合物-生坯组分和形态

[0069] 预想的是本发明的原理可以适用于许多不同的化学组分和形态,而不一定受其限制。因此,以下讨论旨在说明生坯的化学成份和形态的合适的但非限制性的示例。

[0070] 根据某些方面,适用于本发明的固化方法、装置和系统的可固化生坯可以由可碳酸化材料形成。

[0071] 根据另外的可选方面,适用于本发明的固化方法、装置和系统的可固化生坯可以由硅酸钙和/或硅酸镁和/或氢氧化镁材料形成。

[0072] 如本文所用,术语“硅酸钙”材料通常是指包括一组或多组硅酸钙相的天然存在的

矿物或合成材料。示例性可碳酸化硅酸钙相包括CS (硅灰石或假硅灰石,并且有时配制为 CaSiO_3 或 $\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$)、 C_3S_2 (硅钙石,并且有时配制为 $\text{Ca}_3\text{Si}_2\text{O}_7$ 或 $3\text{CaO} \cdot 2\text{SiO}_2$)、 C_2S (贝利特、 β - Ca_2SiO_4 或斜硅钙石、 $\text{Ca}_7\text{Mg}(\text{SiO}_4)_4$ 或白硅钙石、 α - Ca_2SiO_4 或 γ - Ca_2SiO_4 ,并且有时配制为 Ca_2SiO_4 或 $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$)。非晶相也可以根据其组分而可碳酸化。这些材料中的每一种可以包含一种或多种其他金属离子和氧化物(例如铝氧化物、镁氧化物、铁氧化物或锰氧化物)或其共混物,或者可以包括按重量计范围从痕量(1%)到约50%或更多的一定量的天然存在或合成形式的硅酸镁。示例性不可碳酸化或惰性的相包括钙铝黄长石/黄长石($(\text{Ca}, \text{Na}, \text{K})_2[(\text{Mg}, \text{Fe}^{2+}, \text{Fe}^{3+}, \text{Al}, \text{Si})_3\text{O}_7]$)和结晶二氧化硅(SiO_2)。当暴露于水时,包含在硅酸钙组合物中的可碳酸化的硅酸钙相不广泛地水合。因此,使用硅酸钙组合物作为粘合剂生产的复合物在与水结合时不会产生明显的强度。通过在 CO_2 的存在下使含有复合物的硅酸钙组合物暴露于特定的固化方案来控制强度产生。

[0073] 如本文所用,术语“硅酸镁”是指包括一组或多组含镁硅的化合物的天然存在的矿物或合成材料,包括例如 Mg_2SiO_4 (也称为“镁橄榄石”)和 $\text{Mg}_3\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$ (也称为“滑石粉”)和 CaMgSiO_4 (也称为“钙镁橄榄石”),每种材料都可以包含一种或多种其他金属离子和氧化物(例如钙氧化物、铝氧化物、铁氧化物或锰氧化物)或其共混物,或者可以包括按重量计范围从痕量(1%)到约50%或更多的一定量的天然存在或合成形式的硅酸钙。

[0074] 在示例性实施方式中,使用研磨硅酸钙。研磨硅酸钙可以具有的平均粒度为约 $1\mu\text{m}$ 至约 $100\mu\text{m}$ (例如约 $1\mu\text{m}$ 至约 $80\mu\text{m}$ 、约 $1\mu\text{m}$ 至约 $60\mu\text{m}$ 、约 $1\mu\text{m}$ 至约 $50\mu\text{m}$ 、约 $1\mu\text{m}$ 至约 $40\mu\text{m}$ 、约 $1\mu\text{m}$ 至约 $30\mu\text{m}$ 、约 $1\mu\text{m}$ 至约 $20\mu\text{m}$ 、约 $1\mu\text{m}$ 至约 $10\mu\text{m}$ 、约 $1\mu\text{m}$ 至约 $5\mu\text{m}$ 、约 $5\mu\text{m}$ 至约 $90\mu\text{m}$ 、约 $5\mu\text{m}$ 至约 $80\mu\text{m}$ 、约 $5\mu\text{m}$ 至约 $70\mu\text{m}$ 、约 $5\mu\text{m}$ 至约 $60\mu\text{m}$ 、约 $5\mu\text{m}$ 至约 $50\mu\text{m}$ 、约 $5\mu\text{m}$ 至约 $40\mu\text{m}$ 、约 $10\mu\text{m}$ 至约 $80\mu\text{m}$ 、约 $10\mu\text{m}$ 至约 $70\mu\text{m}$ 、约 $10\mu\text{m}$ 至约 $60\mu\text{m}$ 、约 $10\mu\text{m}$ 至约 $50\mu\text{m}$ 、约 $10\mu\text{m}$ 至约 $40\mu\text{m}$ 、约 $10\mu\text{m}$ 至约 $30\mu\text{m}$ 、约 $10\mu\text{m}$ 至约 $20\mu\text{m}$ 、约 $1\mu\text{m}$ 、 $10\mu\text{m}$ 、 $15\mu\text{m}$ 、 $20\mu\text{m}$ 、 $25\mu\text{m}$ 、 $30\mu\text{m}$ 、 $40\mu\text{m}$ 、 $50\mu\text{m}$ 、 $60\mu\text{m}$ 、 $70\mu\text{m}$ 、 $80\mu\text{m}$ 、 $90\mu\text{m}$ 或 $100\mu\text{m}$)。

[0075] 研磨硅酸钙可以具有的堆积密度为约 0.5g/mL 至约 3.5g/mL (例如 0.5g/mL 、 1.0g/mL 、 1.5g/mL 、 2.0g/mL 、 2.5g/mL 、 2.8g/mL 、 3.0g/mL 或 3.5g/mL)并且振实密度为约 1.0g/mL 至约 1.2g/mL 。

[0076] 研磨硅酸钙可以具有的布莱恩表面积为约 $150\text{m}^2/\text{kg}$ 至约 $700\text{m}^2/\text{kg}$ (例如 $150\text{m}^2/\text{kg}$ 、 $200\text{m}^2/\text{kg}$ 、 $250\text{m}^2/\text{kg}$ 、 $300\text{m}^2/\text{kg}$ 、 $350\text{m}^2/\text{kg}$ 、 $400\text{m}^2/\text{kg}$ 、 $450\text{m}^2/\text{kg}$ 、 $500\text{m}^2/\text{kg}$ 、 $550\text{m}^2/\text{kg}$ 、 $600\text{m}^2/\text{kg}$ 、 $650\text{m}^2/\text{kg}$ 或 $700\text{m}^2/\text{kg}$)。

[0077] 在硅酸钙组合物的示例性实施方式中,所使用的研磨硅酸钙颗粒具有的粒度在粒度分布的体积分布中具有大于 $1\mu\text{m}$ 的累积10%直径。

[0078] 可以使用任何合适的骨料从本发明的可碳酸化的组合物(例如含氧化钙的材料或含二氧化硅的材料)形成复合材料。示例性骨料包括惰性材料,诸如暗色岩、建筑用砂、豆砾。在某些优选的实施方式中,轻骨料(诸如珍珠岩或蛭石)也可以用作骨料。诸如工业废料的材料(例如,粉煤灰、炉渣、硅粉)也可以用作细填料。

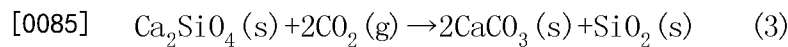
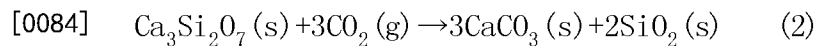
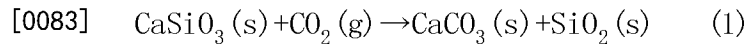
[0079] 多种骨料可以具有任何合适的平均粒度和粒度分布。在某些实施方式中,多种骨料具有的平均粒度的范围为约 0.25mm 至约 25mm (例如,约 5mm 至约 20mm 、约 5mm 至约 18mm 、约 5mm 至约 15mm 、约 5mm 至约 12mm 、约 7mm 至约 20mm 、约 10mm 至约 20mm 、约 $1/8''$ 、约 $1/4''$ 、约 $3/8''$ 、约 $1/2''$ 、约 $3/4''$)。

[0080] 复合材料中还可以包含化学外加剂;例如,增塑剂、缓聚剂、促进剂、分散剂和其他

流变改性剂。也可以包括某些可商购获得的化学外加剂,诸如BASF[®] Chemicals的Glenium[™] 7500、SIKA的HC-300和Dow Chemical Company的Acumer[™]。在某些实施方式中,取决于所需的复合材料,可以将一种或多种颜料均匀地分散或基本上不均匀地分散在粘结基质中。颜料可以是任何合适的颜料,包括例如各种金属的氧化物(例如,黑色氧化铁、氧化钴和氧化铬)。颜料可以具有例如选自黑色、白色、蓝色、灰色、粉色、绿色、红色、黄色和棕色的任何一种或多种颜色。取决于所需的复合材料,颜料可以以任何合适的量(例如以重量计范围从约0.0%至约10%的量)存在。

[0081] 可碳酸化的组合物的主要优点在于它可以被碳酸化以形成可用于各种应用的复合材料。

[0082] 如本文所公开的,以下反应据信在硅酸钙的碳酸化期间发生。



[0086] 通常,CO₂作为溶解在诸如水的渗透介质中的气相而引入。CO₂的溶解形成酸性碳酸物质(诸如碳酸,H₂CO₃),这导致溶液中的pH降低。弱酸性溶液不一致地溶解来自硅酸钙相的钙物质,然后碳酸转化成水性碳酸根离子。可以通过类似的机制从含钙的非晶相中浸出钙。释放的钙阳离子和水性碳酸根物质(诸如HCO₃⁻、CO₃²⁻和Ca(HCO₃)₂)导致不溶性固体碳酸盐的沉淀。富含二氧化硅的层(在等式(1)至(3)中缩写为SiO₂)被认为保留在矿物颗粒上。

[0087] 由本文公开的这些或任何其他CO₂碳酸化反应产生的CaCO₃可以以几种CaCO₃多晶型物(例如方解石、文石和球霏石)中的一种或多种存在。CaCO₃颗粒优选地为方解石形式,但是也可以以文石或球霏石或两种或三种多晶型物的组合(例如,方解石/文石、方解石/球霏石、文石/球霏石或方解石/文石/球霏石)的形式存在。

[0088] 取决于所需的碳酸化结果,可以使用任何合适等级的CO₂。例如,可以使用约99%纯度的工业级CO₂,其可以从诸如Praxair, Inc.、Linde AG、Air Liquide等的各种不同的工业气体公司商购获得。可以以液态二氧化碳的形式将CO₂供应保持在大型加压储存罐中,液态二氧化碳的温度被调节成使得其维持所需的蒸气压,例如大约300PSIG。然后将这种气体管道输送到CO₂固化(碳酸化)隔室或室。在最简单的系统中,CO₂以足以替换隔室中的环境空气的受控的速率流过隔室。通常,吹扫时间将取决于室或隔室的大小以及提供CO₂气体的速率。在许多系统中,该吹扫空气的过程可以在测量为几分钟内的时间内进行,以使CO₂浓度达到合理水平,使得可以在此后进行固化。在简单的系统中,然后将CO₂气体以预定的速率馈送到系统中,以便维持足以驱动固化反应的CO₂的浓度。

[0089] 例如,可以进行碳酸化,经由受控的热液液相烧结(HLPS)工艺使其与CO₂反应,以形成将复合材料的各种组分保持在一起的粘结单元。例如,在优选的实施方式中,将CO₂用作反应物质,从而导致CO₂固定并且在所生产的复合材料中形成粘结单元,其中碳足迹是任何现有生产技术都无法比拟的。HLPS工艺通过化学反应(多个化学反应)的自由能和由晶体生长引起的表面能(面积)的减少以热力学方式驱动。HLPS工艺的动力学在低温下以合理的速率进行,因为溶液(水溶液或非水溶液)用来运输反应物质,而不是使用高熔点流体或高温固态介质。

[0090] 共同地,粘结单元形成互相连接的粘结基质,产生粘结强度并将复合材料保持在

一起。例如,微结构化粘结单元可以是:粘结单元,其包括未反应的硅酸钙的可碳酸化相的芯,所述芯被具有变化厚度的富含二氧化硅的边缘完全或部分地围绕,所述边缘被CaCO₃颗粒完全或部分地包围;粘结单元,其包括通过硅酸钙的可碳酸化相的碳酸化而形成的二氧化硅的芯,所述芯被具有变化厚度的富含二氧化硅的边缘完全或部分地围绕,所述边缘被CaCO₃颗粒完全或部分地包围;粘结单元,其包括通过硅酸钙的可碳酸化相的碳酸化而形成的二氧化硅的芯,并且所述芯被CaCO₃颗粒完全或部分地包围;粘结单元,其包括不可碳酸化相的芯,所述芯被CaCO₃颗粒完全或部分地包围;粘结单元,其包含包括由硅酸钙的可碳酸化相和部分反应的硅酸钙的碳酸化形成的二氧化硅的多相芯,所述多相芯被具有变化厚度的富含二氧化硅的边缘完全或部分地围绕,所述边缘被CaCO₃颗粒完全或部分地包围;粘结单元,其包含包括不可碳酸化相和部分反应的硅酸钙的多相芯,所述多相芯被具有变化厚度的富含二氧化硅的边缘完全或部分地围绕,所述边缘被CaCO₃颗粒完全或部分地包围;粘结单元,其包括部分反应的硅酸钙的颗粒而没有明显的芯和被CaCO₃颗粒包围的二氧化硅边缘;以及粘结单元,其包括多孔颗粒而没有明显的被CaCO₃颗粒包围的二氧化硅边缘。

[0091] 富含二氧化硅的边缘通常在粘结单元内以及从粘结单元到粘结单元之间显示出变化的厚度,通常在约0.01 μm 至约50 μm 的范围内。在某些优选的实施方式中,富含二氧化硅的边缘的厚度的范围为约1 μm 至约25 μm 。如本文所用,“富含二氧化硅”通常是指在材料的组分中显著的二氧化硅含量,例如二氧化硅的体积大于约50%。富含二氧化硅的边缘的其余部分主要由CaCO₃组成,例如CaCO₃的体积为10%至约50%。富含二氧化硅的边缘还可以包括惰性或未反应的颗粒,例如按体积计为10%至约50%的黄长石。富含二氧化硅的边缘通常显示出从主要是二氧化硅到主要是CaCO₃的转变。二氧化硅和CaCO₃可以作为相互混合区域或离散区域存在。

[0092] 富含二氧化硅的边缘的特征还在于,从粘结单元到粘结单元的变化二氧化硅含量,其范围通常为按体积计约50%至约90%(例如,约60%至约80%)。在某些实施方式中,富含二氧化硅的边缘的特征通常在于二氧化硅含量按体积计范围为约50%至约90%,并且CaCO₃含量按体积计范围为约10%至约50%。在某些实施方式中,富含二氧化硅的边缘的特征在于二氧化硅含量按体积计范围为约70%至约90%,并且CaCO₃含量按体积计范围为约10%至约30%。在某些实施方式中,富含二氧化硅的边缘的特征在于二氧化硅含量按体积计范围为约50%至约70%,并且CaCO₃含量按体积计范围为约30%至约50%。

[0093] 富含二氧化硅的边缘可以以从约1%至约99%(例如,约10%至约90%)中的任一数值的各种覆盖程度来围绕芯。在某些实施方式中,富含二氧化硅的边缘以小于约10%的覆盖程度围绕芯。在某些实施方式中,具有变化厚度的富含二氧化硅的边缘以大于约90%的覆盖程度围绕芯。

[0094] 粘结单元可以表现为任何尺寸以及任何规则或不规则、固体或中空形态,考虑到预期的应用,根据原料选择和生产方法可能以某种方式而对其偏重。示例性形态包括:立方体、长方体、棱柱、圆盘、金字塔、多面体或多面颗粒、圆柱体、球形、圆锥形、环形、管形、月牙形、针形、纤维状、细丝状、薄片状、球形、子球形(sub-sphere)、珠状、葡萄状、颗粒状、椭圆形、杆形、波纹形等。

[0095] 取决于复合产品的所需特性和性能特征,多个粘结单元可以具有任何合适的平均粒度和粒度分布。在某些实施方式中,例如,多个粘结单元具有在约1 μm 至约100 μm (例如,约

1 μm 至约80 μm 、约1 μm 至约60 μm 、约1 μm 至约50 μm 、约1 μm 至约40 μm 、约1 μm 至约30 μm 、约1 μm 至约20 μm 、约1 μm 至约10 μm 、约5 μm 至约90 μm 、约5 μm 至约80 μm 、约5 μm 至约70 μm 、约5 μm 至约60 μm 、约5 μm 至约50 μm 、约5 μm 至约40 μm 、约10 μm 至约80 μm 、约10 μm 至约70 μm 、约10 μm 至约60 μm 、约10 μm 至约50 μm 、约10 μm 至约40 μm 、约10 μm 至约30 μm 或约10 μm 至约20 μm)范围内的平均粒度。

[0096] 粘结单元的相互连接的网络(粘结基质)也可以包括多种粗的或细的填料颗粒,其可以是任何合适的材料,具有任何合适的粒度和粒度分布。在某些优选的实施方式中,例如,填料颗粒由富含碳酸钙的材料(诸如石灰石(例如研磨石灰石))制成。在某些材料中,填料颗粒由一种或多种基于 SiO_2 或基于硅酸盐的材料(诸如石英、云母、花岗岩和长石(例如研磨石英、研磨云母、研磨花岗岩、研磨长石))制成。

[0097] 在某些实施方式中,填料颗粒可以包括天然的、合成的和再循环的材料,诸如玻璃、再循环的玻璃、煤渣、粉煤灰、富含碳酸钙的材料和富含碳酸镁的材料。

[0098] 在某些实施方式中,多种填料颗粒具有的平均粒度的范围为约5 μm 至约7mm(例如,约5 μm 至约5mm、约5 μm 至约4mm、约5 μm 至约3mm、约5 μm 至约2mm、约5 μm 至约1mm、约5 μm 至约500 μm 、约5 μm 至约300 μm 、约20 μm 至约5mm、约20 μm 至约4mm、约20 μm 至约3mm、约20 μm 至约2mm、约20 μm 至约1mm、约20 μm 至约500 μm 、约20 μm 至约300 μm 、约100 μm 至约5mm、约100 μm 至约4mm、约100 μm 至约3mm、约100 μm 至约2mm或约100 μm 至约1mm)。

[0099] 粘结单元与填料颗粒的重量比可以是任何合适的比例,这取决于复合材料产品的预期应用。例如,粘结单元与填料颗粒的重量比可以在约(50至99):约(1至50),例如约(60至99):约(1至40)、约(80至99):约(1至20)、约(90至99):约(1至10)、约(50至90):约(10至50)或约(50至70):约(30至50)的范围内。在某些实施方式中,取决于应用,粘结单元与填料颗粒的重量比可以在约(10至50):约(50至90),例如约(30至50):约(50至70)、约(40至50):约(50至60)的范围内。

[0100] 根据本发明的原理的适用于固化的生坯通常具有显著的孔隙率。当生坯由可碳酸化的材料形成时, CO_2 需要扩散到整个生坯中,使得它可以在所有深度处与生坯的化学组分发生反应,并且达到足以在碳酸化的制品中产生期望的物理和化学特性的程度。由于 CO_2 气体的扩散明显快于溶解在水或任何其相关联的水性物质中的 CO_2 的扩散,因此希望生坯的孔是“开放的”以便促进气态 CO_2 通过其扩散。另一方面,可能需要水的存在以促进碳酸化反应。例如,关于示例性硅酸钙材料,如本文所述, CO_2 的溶解形成酸性碳酸物质(诸如碳酸, H_2CO_3),这导致溶液中的pH降低。弱酸性溶液不一致地溶解来自硅酸钙相的钙物质。释放的钙阳离子和离解的碳酸根物质可能导致上述粘结单元的形成。如上所述,选择生坯中所含的水量以便提供二氧化碳气体的适当扩散。例如,根据某些非限制性实施方式,生坯可以具有按重量计2%至5%的水含量。

[0101] 将可流动混合物形成一个或多个生坯

[0102] 如本文所述的可流动混合物可以被成形或以其他方式形成为具有期望的几何形状和尺寸的一个或多个生坯。对生坯的合适形状或尺寸没有特别限制。因此,例如,举例来说,可以以摊铺材料、混凝土砖、屋顶瓦片、空心板、湿铸板、混凝土板、泡沫混凝土坯体、充气混凝土坯体、充气混凝土砌块或充气混凝土板的形式来提供生坯。

[0103] 同样,将可流动混合物形成为具有所需几何形状和尺寸的生坯的特定过程或技术没有特别限制。可以利用任何常规的成形技术,并且可以预期由本发明的范围所理解。合适

的成形技术包括但不限于浇注、模制、纤维铸造、压制、挤出和/或发泡。作为一个特定的非限制性示例,可以利用常规的压制技术,诸如上文中概括描述的以及在图1至图2中示出的压制技术。

[0104] 根据本发明的某些方面,不管用于成形的特定技术如何,都可以借助于一个或多个支撑件(诸如图1至图2的支撑件(40))来进行成形。支撑件可以在许多可能的方面有助于生坯的成形。例如,可以将可流动混合物压在支撑件的表面上,以便有助于模制过程。然而,支撑件在成形过程中的特定作用不限于此。因此,可以将支撑件用作独立于实际压制技术的单独的构件,由此,在已通过单独的构件形成生坯之后,可以随后将所形成的生坯放置在支撑件的表面上。在成形过程中支撑件的多种不同可能的用途也是可能的,并且通过本发明的原理能够理解。

[0105] 根据本发明的某些可选方面,支撑件可以采用在本领域中称为压板的形式。这种压板可以由多种不同的材料形成,只要它们提供用于将一个或多个生坯支撑在其表面上的期望的刚性程度即可。合适的材料包括塑料、金属和复合材料。根据本发明的一个非限制性示例,支撑件可以至少部分地由金属物质形成。预期到的是,支撑件可以完全由金属合金形成,或者可以是其中包括金属组分的复合物的形式。无论如何,根据该非限制性实施方式,可以使支撑件导电。该特征的优点是允许在随后的固化步骤中加热并将热能有效地传递到生坯。根据某些方面,可以通过电阻加热技术来加热金属支撑件,以便增加设置在其表面上的生坯的温度。

[0106] 一个或多个生坯的预固化

[0107] 根据本发明的某些方面,一个或多个生坯可选地经受部分地固化或预固化过程。用于设计适当的部分地固化或预固化过程的主要标准是为一个或多个生坯提供足够的强度,使得可以将其从一个或多个支撑件去除并保持基本上完整。作为用于设计适当的部分地固化或预固化过程的另一个可选目标或标准是为一个或多个生坯提供足够的强度,以承受将要堆叠在其顶上的若干附加生坯的重量,诸如如本文进一步描述的被成形用于最终固化的生坯的托盘化立方体的底排的情况。

[0108] 如前面提到的,在固化完成之前将生坯从其支撑件去除的能力提供了许多益处和优点。首先,支撑件或压板可以更快地返回以用于上游压制操作,从而导致效率的提高,因为将需要较少的压板保持在手边以确保相同的输出量。第二,本发明的可碳酸化的水泥/混凝土配方得益于最大程度地暴露于气态反应物(例如二氧化碳),以及水分的可控损失。使生坯的主表面与支撑件或压板的表面接触既阻碍了气态反应物向生坯中的流动并且也阻碍了水分从生坯的释放。因此,从支撑件或压板去除生坯可以增强并提高进一步固化操作的效率。第三,及早将生坯从其支撑件去除允许将其组装成具有预定几何构型的集合。集合可以采取紧密堆积的立方体或其他几何构型的形式。在进一步固化操作期间,在湿气保持/损失行为和生坯的热保持方面,相对于将生坯相对松散地放置在支撑件上的固化,使这种紧密堆叠的立方体或其他形式经受进一步的固化操作可能是有利的。第四,一旦已完成最终的固化,将生坯尽早从其支撑件去除允许将其组装成适合运送的构型,从而消除了对下游材料处理步骤的需要。

[0109] 部分地固化或预固化的生坯的强度可以通过任何合适的量度来表征,诸如拉伸强度、压缩强度或两者。通过非限制性示例,如通过使用ASTM C140标准测量,可以将一个或多

个生坯部分地固化或预固化至约2,000至约5,000psi或约2,400至约4,500psi的压缩强度。至少约2,000psi的最小强度有利于为生坯提供足够的强度以便允许处理,同时保持基本上完整。另一方面,对生坯进行部分地固化或预固化以获得远远超过5,000psi的压缩强度在消耗生坯内包含的水的量的方面可能会带来不利的影响,这会抑制额外的固化操作并限制固化的坯体的最终的压缩强度(例如,至少约8,000psi)。

[0110] 根据某些可选的方面,生坯的部分地固化或预固化涉及将生坯和一个或多个支撑件引入预固化室中,并且在生坯由可碳酸化的水泥/混凝土组合物形成的情况下,将生坯及其支撑件暴露于包含二氧化碳、空气或其组合的大气环境,持续预定的时间段。室中使用的具体条件可以根据室本身的设计、形成生坯的水泥/混凝土组分的组分的化学性质、所需的预固化强度的程度等而变化。一般而言,根据某些非限制性示例,可以在以下一种或多种环境条件下进行部分地固化或预固化过程:约4°C至约200°C、约50°C至约130°C或约60°C至约85°C;固化时间为约60分钟至约600分钟、约60分钟至约360分钟、约60分钟至约300分钟、60分钟至约240分钟、60分钟至约180分钟、60分钟至约120分钟或者60分钟至约90分钟;压力为约0.01psi至约0.04psi,相对湿度为约1%至约80%;并且CO₂浓度为约1%至约99%。

[0111] 根据一个另外的非限制性实施方式,支撑件(40)可以由诸如金属的导电材料制成,并且支撑件可以通过诸如电阻加热的适当技术来加热。支撑件的这种可选加热可以在整个预固化时间内进行。在生坯进行预固化的过程中,或者可以仅在整个预固化时间的一部分内(诸如在初始进展阶段(例如,预固化的前1个小时内))加热支撑件。根据可选实施方式,通过加热与生坯接触的支撑件(40),提高了升高生坯(10)的温度的能力。

[0112] 用于一个或多个生坯及其支撑件的其他可选的和非限制性的部分地固化或预固化工艺规范可以包括以下中的一个或多个:

[0113] (1) 进入预固化室中的二氧化碳流速:约1至约250升每分钟(LPM)、约10至约125LPM或约40至约80LPM;

[0114] (2) 预固化室的CO₂进气口温度:约4°C至约225°C或约90°C至约100°C;

[0115] (3) 预固化室的连续操作温度:约4°C至约200°C、约50°C至约130°C或约60°C至约85°C;

[0116] (4) 预固化室压力:约0.05至约1.0英寸水柱、约0.3至约0.7英寸水柱或约0.4至约0.5英寸水柱;

[0117] (5) 在预固化室中达到50°C的时间:多至约1小时或约20分钟或更短;

[0118] (6) 在预固化室中达到70°C的时间:多至约3小时或约90分钟或更短;

[0119] (7) 在预固化室中达到30%至40%相对湿度(RH)的时间:多至约1小时或约30分钟或更短;

[0120] (8) 在预固化室中达到10%RH的时间:多至约90分钟或约60分钟或更短;

[0121] (9) 在预固化室中达到5%RH的时间:多至约2.5小时或约2小时或更短;

[0122] (10) 按单个摊铺材料的质量的重量百分比计的(部分地固化或预固化过程结束时残留在摊铺材料中的)残余水:约0.5%至约3%、约1%至约2.5%或约1.2%至约1.6%;以及

[0123] (11) 摊铺材料在部分地固化或预固化过程结束时的压缩强度(通过使用ASTM C140标准测量):约1,500至约8,000psi、约2,000至约5,000psi或约2,500至约3,500psi。

[0124] 部分地固化或预固化室本身的具体配置没有特别限制,只要它能够为生坯及其支撑件提供适当的部分地固化或预固化条件即可。

[0125] 根据一个说明性且非限制性的示例,部分地固化或预固化布置(100)可以设置有在图4中示意性且大致示出的部件和配置。如其中所示,部分地固化或预固化布置(100)可以包括预固化室(120)。预固化室(120)可以设置有任何合适的形状或尺寸,并且可以由任何合适的材料形成。根据某些非限制性示例,预固化室(120)可以由诸如金属、陶瓷或塑料材料的刚性材料形成。可选地,预固化室(120)可以由诸如铝的金属材料形成。根据另外的可选方面,预固化室可以由具有绝缘特性的材料形成,以便改善其中的热量的保持。可替代地,预固化室可以由诸如铝的金属材料形成,并且还设置有单独的绝缘材料。根据另一可选实施方式,预固化室(120)可以由柔性材料形成。柔性材料可以采用任何合适的形式,但是优选地具有一定程度的耐热性,并且至少抵抗材料被容纳在预固化室(120)的内部部分内的气态反应物所渗透。根据一个非限制性示例,柔性预固化室(120)可以由涂覆有聚合物的机织材料形成。无论以何种方式形成的预固化室(120)具有中空的内部,中空的内部具有预定的内部室体积,如图4中的CV处所示。

[0126] 如图4进一步所示,将生坯(10)连同其支撑件(40)放置在预固化室(120)的内部中,并且使用门或闭合件(未示出)以允许控制预固化室内的环境条件的方式密封预固化室内的生坯(10)及其支撑件(40)。示例性预固化室条件在上文进行了详述。根据某些方面,诸如架子/搁架的支撑系统(130)可以可选地设置在预固化室(120)内,以便在部分地固化或预固化过程期间支撑和定位生坯(10)及其支撑件(40)。

[0127] 预固化室(120)可以进一步设置有合适的气体循环系统,以用于向预固化室的内部供给气态环境。当用于部分地固化或预固化可碳酸化的水泥/混凝土组合时,布置(120)包括用于将CO₂引入预固化室的内部的合适部件。这种部件可以包括进气口(140)和出气口(150),如图4进一步所示。应当理解,进气口(140)和/或出气口(150)的位置和数量两者都可以根据预固化室的尺寸、所需的流量等而变化。根据某些非限制性示例,预固化室(120)具有1至16、1至12、1至8或1至4个进气口(140)。根据另外的说明性实施方式,进气口(140)可以以任何合适的方式定位。例如,一个或多个进气口(140)可以被定位在靠近预固化室(120)的底部的位置处。该位置可以是有利的,因为可以加热通过进气口(140)引入的气体。当加热的气体进入预固化室(120)的内部时,它具有朝向预固化室的顶部垂直上升的趋势,并且因此自然地在位于预固化室内的生坯(10)上传播。加热的气体将自然地朝向一个或多个出气口(150)迁移,出气口可以可选地设置在靠近预固化室(120)的顶部的位置处。

[0128] 根据另一可选实施方式,如图5所示,可以设计预固化室(120)和装载在其中的用于部分地固化或预固化的物体,使得预固化室(120)的内部体积(CV)仅略大于装载在其中的生坯及其支撑件的总体积(SV),如在(160)处示意性示出。因此,例如,可以将预固化室(120)设计成使得其具有的内部室体积(CV)与生坯/支撑件体积(SV)的比率为约1.05至约1.15。为预固化室(120)提供这种设计允许更有效地控制其中包含的环境条件。在与具有较低效率设计的室相比时,这进而提供了以更快的方式达到最佳固化条件并在较短时间段内完成整个部分地固化或预固化过程的能力。

[0129] 一旦已完成部分地固化或预固化过程,就将生坯(10)及其支撑件(40)从预固化室

去除,并且将生坯(10)从其支撑件(40)去除。可以手动地或在任何合适的装置或设备的辅助下将生坯(10)从其支撑件(40)去除。根据某些非限制性示例,可以借助于常规的托盘堆垛机(未示出)将生坯(10)从其支撑件(40)去除,并且将生坯(10)布置为预定几何构型(诸如立方体)。该示例当然是说明性的,因为借助于或不借助机械装置或设备,任何数量的合适的几何形状都是可能的。由释放的生坯(10)形成的合适的几何构型可以包括以下中的一个或多个:立方体、金字塔、圆锥形、三维截头圆锥形、圆柱形、三维五边形、三维六边形、三维七边形、三维八边形或三维九边形。根据某些可选方面,从单个部分地固化或预固化过程中回收的生坯(10)的数量足以形成一个或多个上述几何构型。可替代地,可以从多个部分地固化或预固化的批量操作中回收、聚集生坯(10)并用于形成一个或多个上述几何构型。预期的是,在本发明的原理内,可以聚集任何合适数量的部分地固化或预固化的生坯(10)并用于形成一个或多个上述几何构型。根据说明性和非限制性示例,可以将480个或更多或540个或更多个生坯组装以形成上述几何构型,然后使其作为统一结构经受进一步的固化操作。根据另外的可选和非限制性方面,生坯可以是摊铺材料,并且生坯的集合可以形成摊铺材料立方体。

[0130] 固化室和工艺规范

[0131] 然后将组装成一个或多个上述几何构型的多个预固化的生坯的集合一起作为一个或多个统一结构进一步固化。在图6中以三维立方体的形式示意性地示出了一个这种集合(170),三维立方体被设置在诸如托盘的可选平台(180)上。如前所述,可以使用任何合适数量的预固化的生坯来形成这种构型。非限制性示例包括480或更多个预固化的生坯,或者540或更多个预固化的生坯。

[0132] 用于设计适当的固化程序的主要标准是,在固化阶段完成时,其为预固化的生坯提供足够的强度特性。固化的坯体的强度可以通过任何合适的量度来表征,诸如拉伸强度、压缩强度或两者。通过非限制性示例,如通过使用ASTM C140标准测量,可以将一个或多个固化的坯体固化至约8,000至约17,000psi、约9,000至15,000psi或至少约9,200psi的压缩强度。至少约8,000psi的最小强度有利于为固化的坯体提供足够的强度,以便满足诸如摊铺材料、板坯等的固化的坯体的适用于特定应用的某些工业标准。固化到以至于提供远远超过接受的标准最小强度的强度值的程度是不经济且不必要的。

[0133] 根据某些可选方面,固化具有特定几何构型的生坯涉及将可选地设置在平台(180)上的集合(170)引入固化室中,并且在预固化的生坯由可碳酸化的水泥/混凝土组合形成的情况下,将生坯暴露于包含二氧化碳、空气或其组合的大气环境,持续预定的时间段。室中使用的具体条件可以根据室本身的设计、形成生坯的水泥/混凝土组合物的组分的化学性质、所需的强度的程度等而变化。一般而言,根据某些非限制性示例,可以在以下一种或多种环境条件下进行固化过程:约4°C至约200°C、约50°C至约130°C、约60°C至约95°C或约88°C至约95°C;固化时间为约6至约24小时;压力为约0.01psi至约0.04psi,相对湿度为约1%至约80%,并且CO₂浓度为约1%至约99%。

[0134] 用于生产固化的坯体的其他可选的和非限制性的固化工艺规范可以包括以下中的一个或多个:

[0135] (1) 进入固化室中的二氧化碳流速:约1至约250升每分钟(LPM)、约10至约125LPM或约50至约80LPM;

- [0136] (2) 固化室的CO₂进气口温度:约4℃至225℃、约90℃至约40℃或约110℃至约120℃;
- [0137] (3) 固化室的连续操作温度:约4℃至约200℃、约50℃至约130℃或约88℃至约95℃;
- [0138] (4) 固化室压力:约0.05至约1.0英寸水柱、约0.3至约0.7英寸水柱或约0.5英寸水柱;
- [0139] (5) 在固化室中达到50℃的时间:多至约2小时或约60分钟或更短;
- [0140] (6) 在固化室中达到75℃的时间:多至约5小时或约150分钟或更短;
- [0141] (7) 在固化室中达到95℃的时间:多至约10小时或约4小时或更短;
- [0142] (8) 在固化室中达到30%至40%相对湿度(RH)的时间:多至约4小时或约30分钟或更短;
- [0143] (9) 在固化室中达到10%RH的时间:多至约6小时或约100分钟或更短;
- [0144] (10) 在固化室中达到5%RH的时间:多至约2.5小时或约2小时或更短;
- [0145] (11) 按单个摊铺材料的质量的重量百分比计的(在固化过程结束时残留在摊铺材料或混凝土中的)残余水:约0.1%至约2%、约0.3%至约1.5%或约0.2%至约0.9%;以及
- [0146] (12) 在固化过程结束时的坯体的压缩强度(通过使用ASTM C140标准测量):约8,000至约17,000psi或约9,000至约15,000psi。

[0147] 将坯体的集合一起作为统一结构(例如170)固化提供了常规的固化方法不容易得到的某些益处和优势,常规的固化方法通常对设置在支撑件或压板(例如10、40)的表面上生坯进行整个固化操作。这种优势包括但不限于:(1)当与装载有堆叠在支撑件上的生坯的室的内部(其中支撑件就像生坯的不同层之间的物理分隔件和绝缘体一样起作用)相比时,统一结构的温度分布更加均匀;(2)当与装载有堆叠在支撑件上的生坯的室的内部(其中支撑件和设置在其上的生坯更容易受到从一层到另一层的和在室的内部的不同区域内的气流模式变化的影响)相比时,统一结构的相对湿度分布更均匀;(3)当与堆叠在支撑件上的生坯相比时,统一结构内的水蒸气分布整体上趋于更均匀并且抵抗生坯的外部表面和区域的过度干燥;并且(4)将生坯压紧以形成具有特定几何构型的统一结构有利于最小化内部室体积(CV)与生坯的集合的体积(SV)之间的差异,这提供更高的效率并控制室的环境。

[0148] 固化室本身的具体配置没有特别限制,只要它能够为生坯的集合提供适当的固化条件即可。根据一个可选方面,可以在与预固化过程相同的室中进行固化。因此,如前所述,固化室可以具有与预固化室相同的设计和特征,并且其先前的描述通过引用并入此处。例如,固化室可以具有与图4中示意性示出的示例性室相同的特征,并且由相同的材料形成。在容纳生坯(例如170)的集合所必需的程度,可以将用于容纳支撑件(40)的支撑系统或搁架(130)省略或从室(120)的内部去除。此外,如先前上文所述,可以将固化室设计成使其内部体积(CV)仅略大于生坯的集合的体积(SV)。就这一点而言,参考图5,单元(120)可以指固化室,并且单元(160)可以示意性地表示生坯的集合(170)和任何可选平台(180)。根据某些非限制性实施方式,固化室(120)的内部体积与生坯的集合的体积的比率或CV/SV为约1.05至约1.15。如前面解释的,最小化该比率允许更好且更有效地控制固化室(120)内的环境条件。

[0149] 如图7示意性地示出,根据某些替代实施方式,室(120)可以按比例放大或者被设计成具有足够的体积以容纳多个生坯的集合(170A、170B、170C)。多个生坯的集合(170A-C)中的每一个都可以设置有使其在室(120)内可移动的结构。为此可以设置任何合适的机构。根据一个非限制性示例,可以沿着室(120)的底板(145)设置导轨(135),并且平台(180)设置有与导轨(135)协作的轮(155),使得平台(180)和其生坯的集合(170)可以沿着室(120)内的导轨(135)从室的一端移动到另一端。理想地,相邻平台(180)/生坯的集合(170)紧密间隔,并且可选地连接在一起(165),就像火车的轨道车一样。紧密间隔有利地最小化内部室体积(CV)与平台(180)/生坯的集合(170)的总样品体积(SV)之间的差异。

[0150] 根据某些可选的非限制性实施方式,可以在除用于部分地固化或预固化阶段之外的单独的室中进行固化。现在将描述根据本发明的其他方面的某些可选的另外的固化室设计和操作条件。

[0151] 垂直自下而上流动室(VBUF)和固化工艺规范

[0152] 如前所述并且如图4所示,可以在室的侧面(多个侧面)中设置一个或多个进气口(140)。可替代地,固化室被设计成使得其在室的底部或底板中具有可渗透构件,可渗透构件允许加热的气态反应物(例如,包含 CO_2 的气体)从其底部进入生坯的集合,并且加热的气态反应物通过生坯的孔向上渗透。这种布置的非限制性示例在图8中示出。如图中所示,布置(200)包括以部分分解图示出的室(210),室(210)包括底板或底表面(220)。可渗透构件(230)设置在室(210)的底板或底表面(220)中。可渗透构件(230)可以由任何合适的材料形成并且采取任何合适的形式。根据一个非限制性示例,可渗透构件(230)呈钢栅板的形式。如图8所示,气态反应物(诸如气态 CO_2 或空气或另一种气体与 CO_2 的混合物)通过可渗透构件(230)被引入,并且向上迁移通过平台(180)并通过生坯的集合(170),如图8中包含的箭头所示。当加热的气体向上流动时,它在渗透通过生坯的集合的过程中会稍稍冷却,从而在原位产生热梯度,因此化学反应气体跨越热梯度从较热的区域(即底部)流到上部较冷的区域。因此,在室(210)内可获得快速加热模式。室(210)在其顶部处可以包括一个或多个出气口(例如,图4,(150))。

[0153] 室(210)也可以被设计成具有的内部体积(CV)仅略大于在其中设置生坯的集合(170)及其支撑件(180)的体积(SV)。这个关系在图5中示意性地示出。因此,根据实施方式,固化室内部体积(CV)与样品体积(SV)比率(CV/SV)优选地为约1.05至约1.15。最小化比率允许有效地控制室(210)内的环境条件。

[0154] 根据另一可选实施方式,VBUF室(210)的尺寸也可以按比例放大,使得其可以容纳多个生坯的集合(170)及其可选平台(180)。根据可选实施方式,多个生坯的集合(170)及其可选平台优选地紧密布置并紧密间隔,以便最小化CV/SV比率。例如,在这种布置中的CV/SP比率在前述约1.05至约1.15的范围内。

[0155] 根据另一可选实施方式,可以通过利用诸如钢栅板的大可渗透构件(230)形成室(120)的底板(145),利用VBUF概念来修改图7中描绘的布置。可替代地,可以通过在其中定位多个间隔开的可渗透构件(230)来修改底板(145)。这些修改为图7中描绘的布置提供了先前描述的气态反应物的垂直自下而上流动的附加益处,这促进了生坯的固化。

[0156] 用于生产固化的坯体的其他可选的和非限制性的VBUF固化室工艺规范可以包括以下中的一个或多个:

[0157] (1) 进入VBUF固化室中的二氧化碳流速:约1至约250升每分钟(LPM)、约10至约125LPM或约50至约80LPM;

[0158] (2) VBUF固化室的CO₂进气口温度:约4℃至约250℃、约90℃至200℃或约140℃至150℃(用于VBUF的进气口温度是指置于可渗透构件(230)上的平台(180)/生坯的集合(170)的底表面处的气体温度);

[0159] (3) VBUF室连续操作温度:约4℃至约200℃、约50℃至120℃或约80℃至约98℃;

[0160] (4) VBUF室压力:约0.05至约1.0英寸水柱或约0.3至约0.7英寸水柱或0.5英寸水柱;

[0161] (5) 在VBUF室中达到50℃的时间:多至约20分钟或约10分钟或更短;

[0162] (6) 在VBUF室中达到75℃的时间:多至约1小时或约30分钟或更短;

[0163] (7) 在VBUF室中达到90℃的时间:多至约2小时或约1小时或更短;

[0164] (8) 在VBUF室中达到30%至40%相对湿度(RH)的时间:多至约1小时或约30分钟或更短;

[0165] (9) 在VBUF室中达到10%RH的时间:多至约90分钟或约30分钟或更短;以及

[0166] (10) 在VBUF室中达到5%RH的时间:多至约2.5小时或约1小时或更短。

[0167] 连续固化垂直自下而上流动(CC-VBUF)室和固化工艺规范

[0168] 本发明还考虑了上述VBUF室设计的进一步的修改。图9中示出了一种这种修改的VBUF布置(200')。如其中所示,修改的VBUF室(210')设置有修改的室底板(220')和修改的可渗透构件(230')。根据某些可选方面,具有承载栅板或格栅(230')作为其预固化的生坯(10)支架表面的移动输送机限定了CC-VBUF室的底部。输送机的移动可以是连续的或间歇的。将预固化的生坯(10)作为单层放置在栅板/格栅(230')上。因此,与本文的先前实施方式不同,在生坯已经受预固化过程之后,将它们从其支撑件(40)去除,但是未聚集或组装成任何特定构型以作为统一结构另外固化。相反,它们以紧密间隔的单层形式放置在输送机(230')上,以在CC-VBUF中进一步固化。CC-VBUF室中的预固化的生坯(10)的这种单层配置允许在短得多的时间内完成CO₂固化。通过非限制性示例,预固化的生坯(10)的固化可以在6小时或更短的时间内完成。CC-VBUF室的优选的CV与SV比率类似于VBUF室的比率(即,CV/SV=约1.05至约1.15)。

[0169] 使要固化的预固化的生坯从CC-VBUF室的一侧进入,并且输送机将其沿图9中出现的水平箭头的方向移动,以将固化的坯体输送到室的另一侧。根据某些可选方面,然后通过合适的设备聚集固化的坯体并准备运送。根据一个非限制性示例,固化的坯体可以通过托盘堆垛机聚集并堆叠以形成几何构型,诸如立方体。可以在支撑件(180)上形成几何构型(170)以促进运送。

[0170] 从栅板或格栅的底部引入化学反应气体(例如,CO₂或空气和/或另一种气体与CO₂的混合物),其原理与VBUF室的设计和操作简单,如由图9中出现的垂直箭头所示。传送带(230')移动的速度可以用于确定总固化时间,并且从而确定坯体在CC-VBUF室(210')中的总驻留时间。可替代地,输送机(220')可以使坯体(10)前进到室(210')内的位置,停止预定量的时间,然后重新启动以使坯体(10)离开室(210')。瞬时且暂时除了CC-VBUF室(210')每一侧处的样品进出位置之外,在整个室体积中,温度保持均匀。CV/SV比率(例如,CV/SV=约1.05至约1.15)的最小化促进维持室(210')中均匀的温度和相对湿度分布。CC-VBUF室

(210') 的二氧化碳流速、温度和RH规范与以上针对VBUF室 (210) 所指定的那些相似或相同。

[0171] 根据另一可选实施方式,可以通过将室 (120) 的底板 (145) 形成为可移动的输送机 (220'), 利用上述CC-VBUF概念来修改图7中描绘的布置。换句话说,导轨 (135) 和轮 (155) 可以由具有可渗透带 (230') 的可移动输送机 (220') 代替。该修改为图7所描绘的布置提供了气态反应物的上述垂直自下而上流动的附加益处,这促进了生坯的固化。

[0172] 在完成主要固化阶段之后,不管使用的特定条件、室设计或技术如何,都将固化的坯体准备运送或“导致运送”给客户。过程的该特定阶段旨在涵盖固化的生坯的制造中典型的广泛范围的动作。例如,可以简单地将固化的物体移动到设施的特定位置,以最终从在其中制造它们的设施中去除固化的坯体以运输到客户。根据另一个非限制性示例,可以将通知发送给第三方,第三方启动用于将固化的坯体取回并运输给客户的过程。该通知旨在包含在此步骤中。“导致聚集将要运送到客户的固化的坯体”绝不意味着在此步骤中涉及固化的坯体的实际运送或运输。

[0173] 鉴于以上内容,将看到实现了本发明的几个优点并且获得了其他优点。

[0174] 由于在不脱离本发明的范围的情况下可以对以上方法和组合物进行各种改变,因此旨在以上描述中包含的所有内容应被解释为说明性的而不是限制性的。预期的是,本发明涵盖以下权利要求的任何可能的组合,而不管其当前叙述的从属关系如何。

[0175] 在说明书中使用的表示成分、组分、反应条件等的数量的任何数字应被解释为涵盖本文所确定的确切数值,以及所有情况下被术语“约”修饰的数值。尽管阐述本文呈现的主题的广泛范围的数值范围和参数是近似值,但阐述的数值尽可能精确地指示。然而,任何数值都可能固有地包含如从它们各自测量技术中发现的标准偏差明显看出的某些误差或不准确度。本文叙述的特征均不应解释为援引35U.S.C. §112, 第6段落,除非明确使用术语“装置 (means)”。

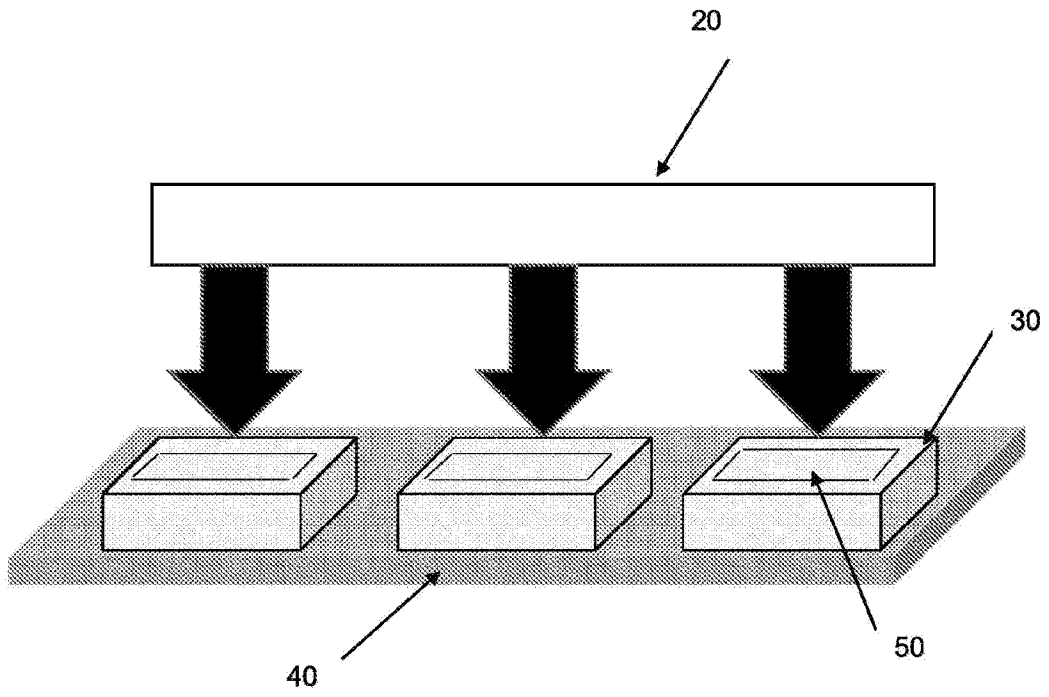


图1

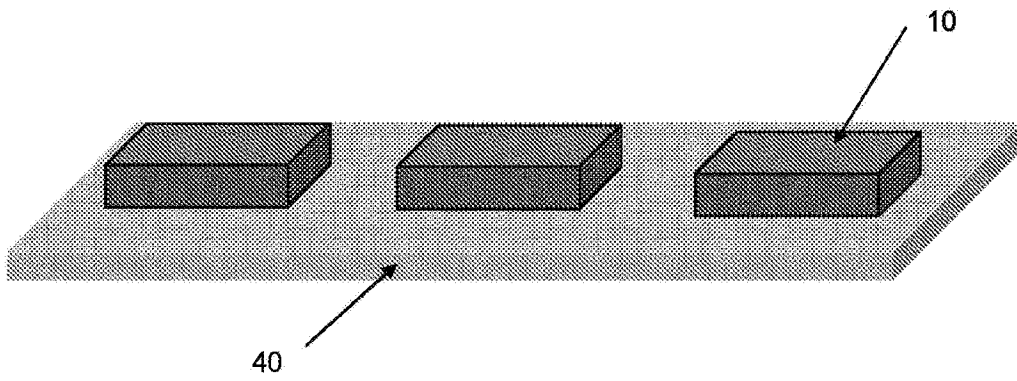


图2

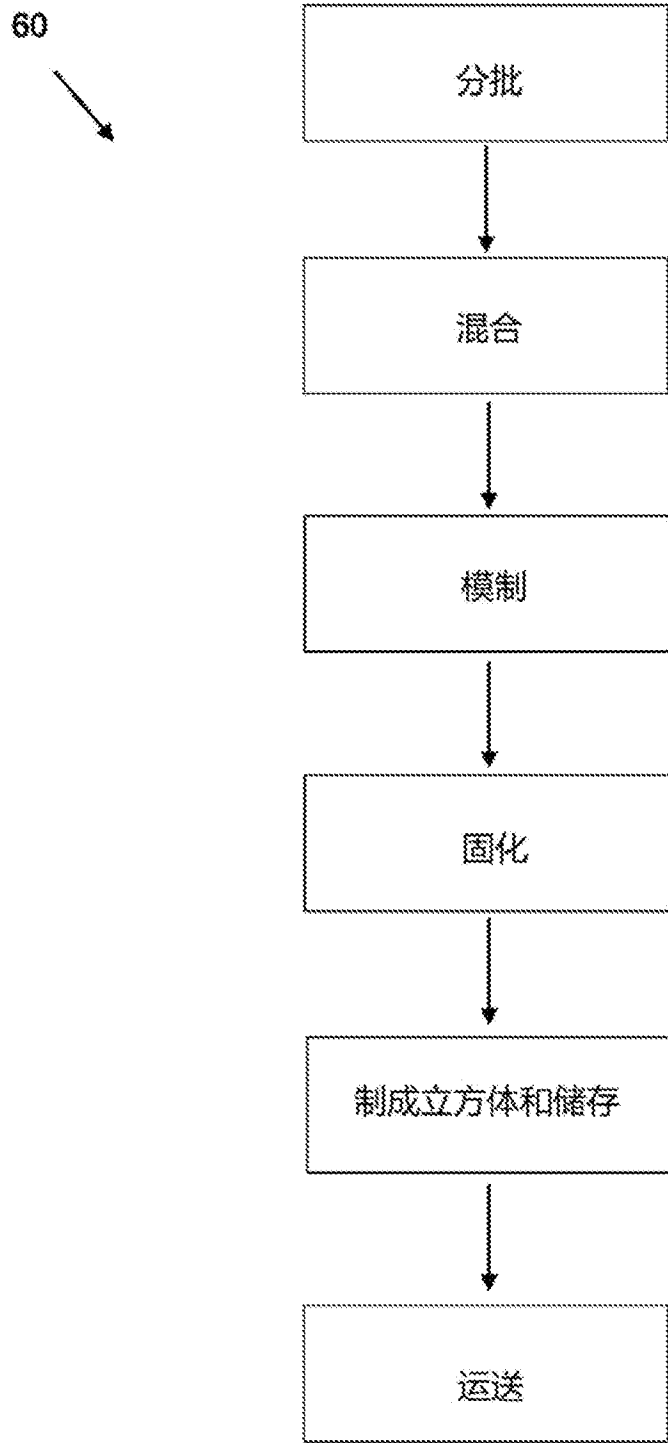


图3

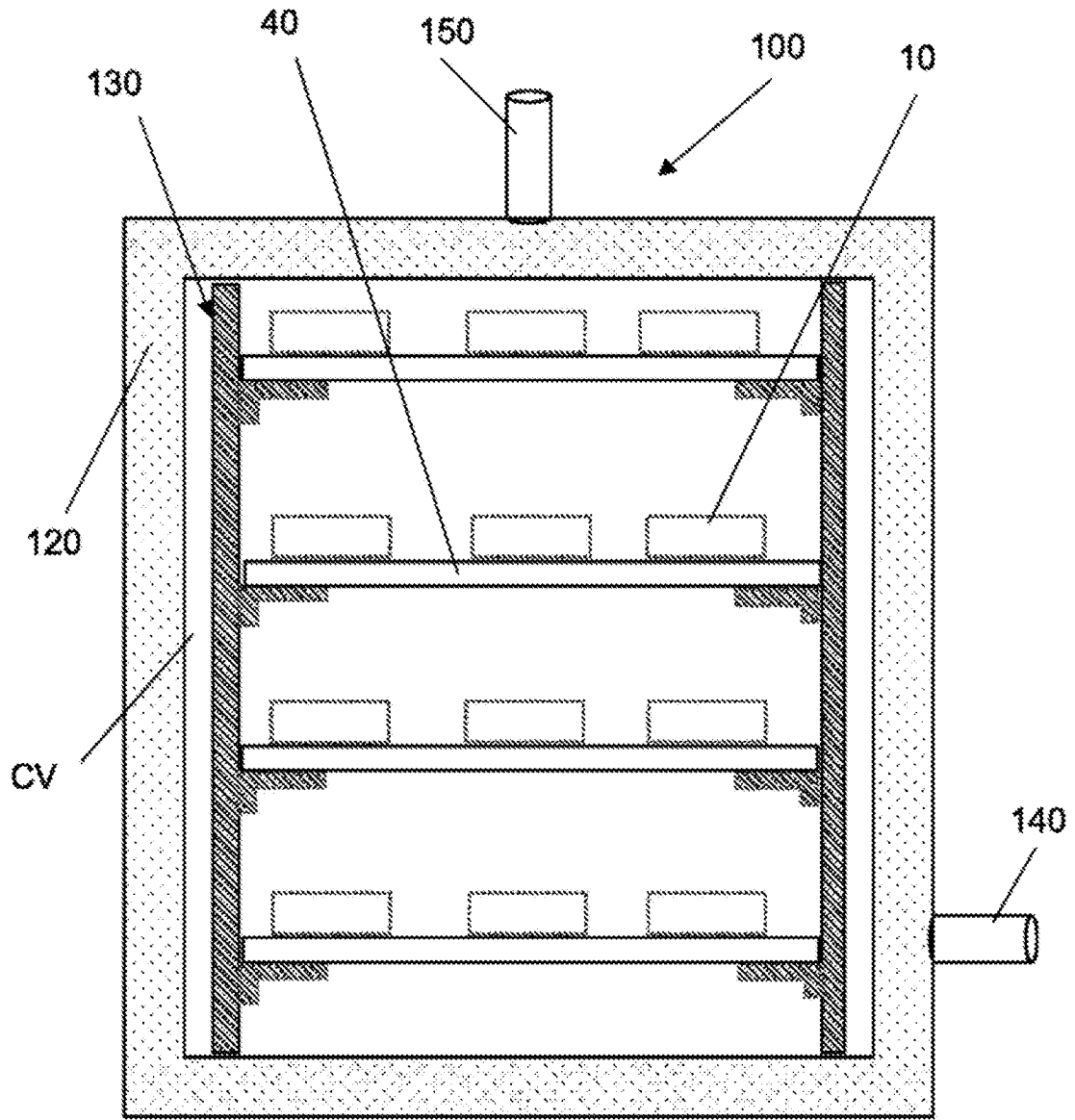


图4

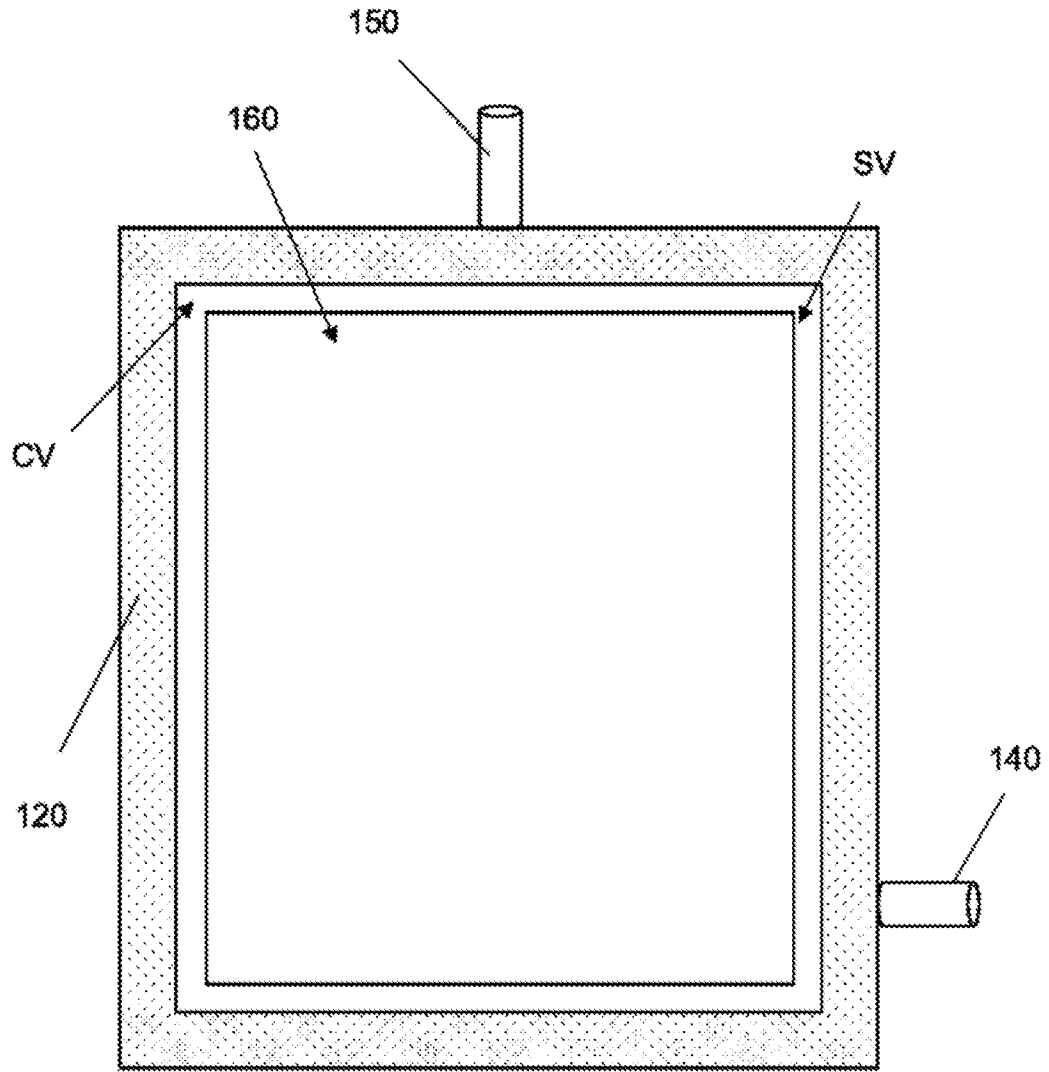


图5

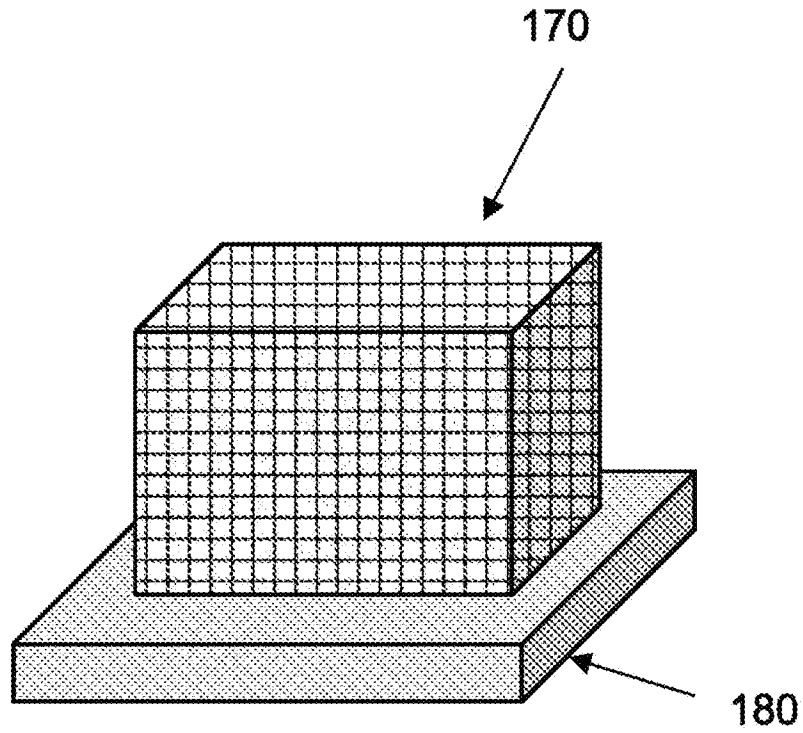


图6

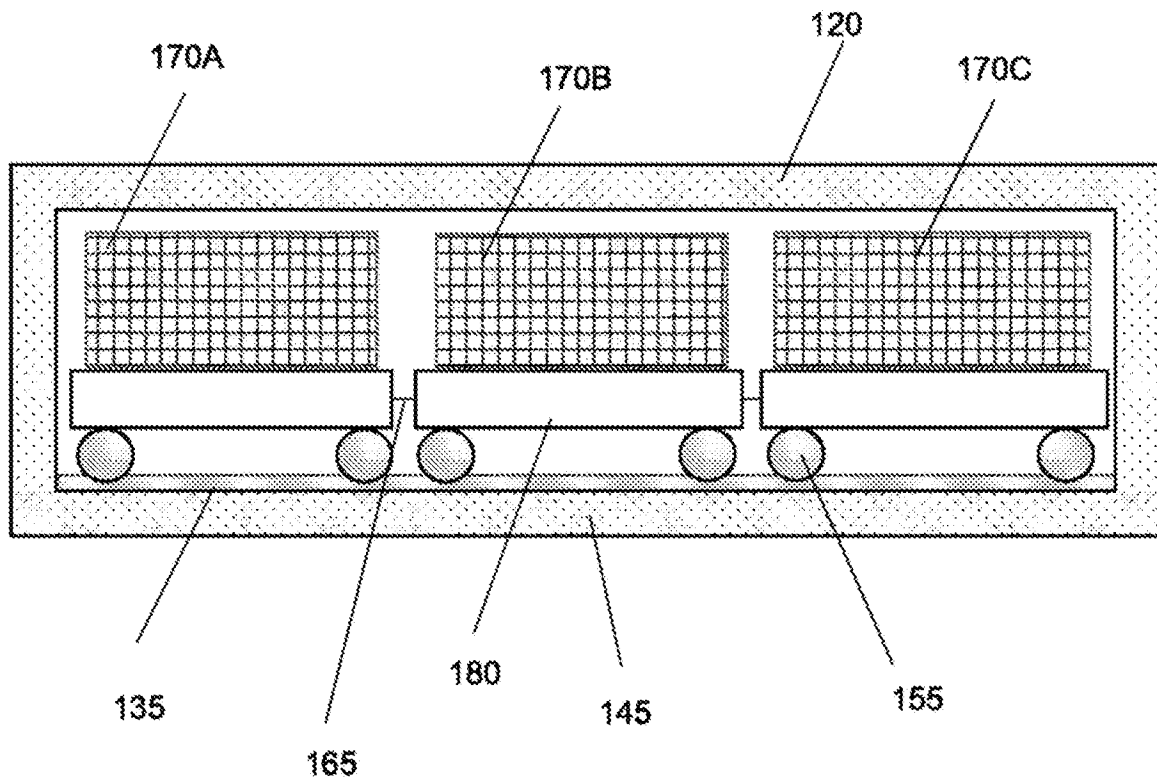


图7

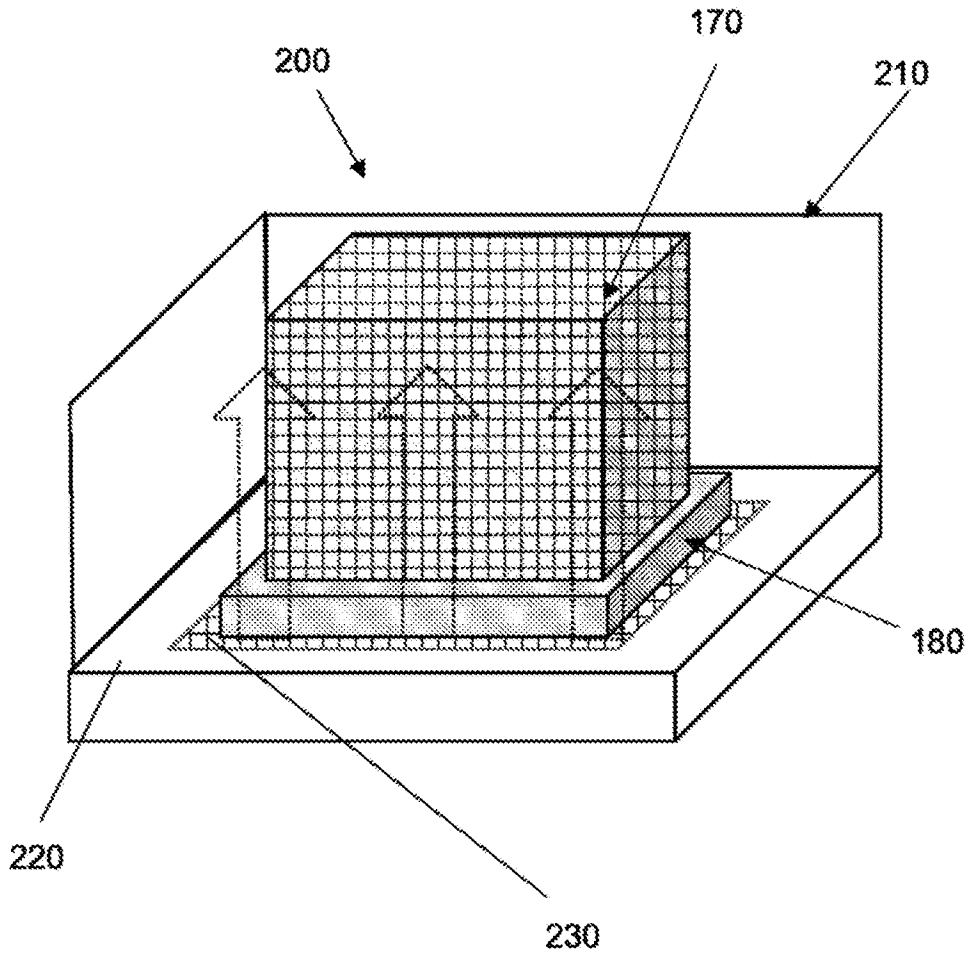


图8

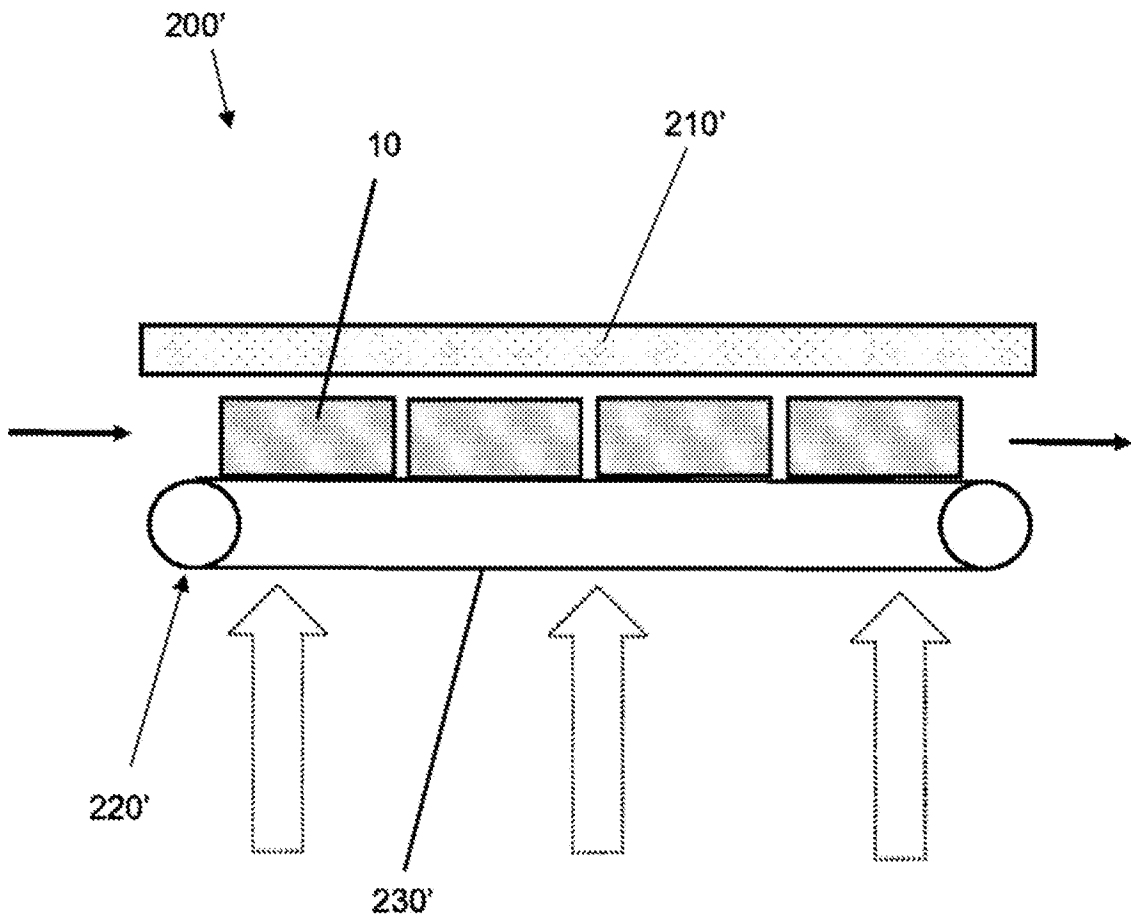


图9