



# (12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110167730 A

(43)申请公布日 2019.08.23

(21)申请号 201780077238.6

(22)申请日 2017.12.08

(30)优先权数据

62/431,886 2016.12.09 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2019.06.13

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/CA2017/051489 2017.12.08

(87)PCT国际申请的公布数据

WO2018/102931 EN 2018.06.14

(71)申请人 皇家学习促进会/麦吉尔大学

地址 加拿大魁北克

(72)发明人 邵怡心 M·马霍提安

(74)专利代理机构 北京三友知识产权代理有限公司 11127

代理人 李栋修 庞东成

(51)Int.Cl.

B28B 1/54(2006.01)

B28B 11/24(2006.01)

B28C 5/00(2006.01)

C04B 7/147(2006.01)

E01C 5/06(2006.01)

E01C 5/20(2006.01)

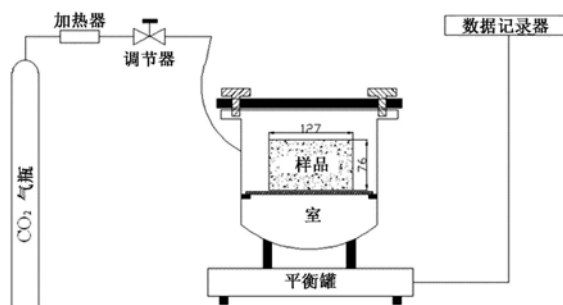
权利要求书2页 说明书12页 附图2页

(54)发明名称

景观美化产品及其制造方法

(57)摘要

本主题涉及包含钢渣和可选的水泥的景观美化产品,用于制备该产品的组合物和方法。



1. 一种用于制备景观美化产品(例如铺筑材料)的方法,所述方法包括:
  - i) 混合干燥部分;和液体部分;其中所述干燥部分包含集料和粘合剂,其中所述粘合剂由钢渣和可选的水泥构成;并且其中所述液体部分包含水和化学掺合料;
  - ii) 将步骤i)的混合物成形并压实为具有初始水渣比的成形产品;
  - iii) 可选地降低步骤ii)的所述成形产品的初始水渣比以提供具有预碳化水渣比的成形产品;和
  - iv) 用二氧化碳固化步骤ii)或iii)的所述成形产品以提供所述景观美化产品。
2. 如权利要求1所述的方法,其中所述钢渣是BOF、EAF或EBH渣。
3. 如权利要求1或2所述的方法,其中所述钢渣具有的累积硅酸钙含量为至少约15%,或更优选大于约40%。
4. 如权利要求1至3中任一项所述的方法,其中所述钢渣具有的细度根据布莱恩细度测定法为大于约 $150\text{m}^2/\text{kg}$ 。
5. 如权利要求1至4中任一项所述的方法,其中所述水泥包含硅酸钙相。
6. 如权利要求1至5中任一项所述的方法,其中所述集料是普通重量集料、天然轻集料、膨胀粘土集料、膨胀页岩集料、膨胀矿渣集料、膨胀钢渣集料、膨胀铁渣集料、砾石集料、石灰石集料或再生集料。
7. 如权利要求1至6中任一项所述的方法,其中所述初始水渣比至多约0.20。
8. 如权利要求1至7中任一项所述的方法,其中所述预碳化水渣比为约0.08至0.15。
9. 一种用于制备景观美化产品(例如铺筑材料)的方法,所述方法包括:
  - i) 混合干燥部分;和液体部分;其中所述干燥部分包含集料(优选花岗岩集料或石灰石集料)和粘合剂,其中所述粘合剂由钢渣和水泥构成,其中所述渣(例如BOF、EAF、钢包渣或EAF-BOF混合渣)具有的游离石灰含量为小于约10%,累积硅酸钙含量(例如: $\text{C}_2\text{S}+\text{C}_3\text{S}$ 相浓度)为至少约15%,基于布莱恩细度的细度为约 $150\text{m}^2/\text{kg}$ 或更高,并且其中所述水泥是具有硅酸钙相,具体为 $\text{C}_3\text{S}$ 的硅酸盐水泥;和  
其中所述液体部分包含水和满足ASTM C494要求的化学掺合料;  
其中所述渣与水泥(S/C)的比率为至多20,或者该比率为至多15,或至多10,或优选约7至约9,和  
集料(A)的质量与集料+水泥+渣(A+C+S)的总质量的比率为0.2至0.8,优选0.45至0.6;
  - ii) 将步骤i)的混合物成形并压实为具有初始水渣比(W/S),例如W/S为至多约0.20的成形产品;
  - iii) 当所述水渣比高于约0.08至0.15时,可选地降低步骤ii)的所述成形产品的初始水渣比以提供预碳化水渣比为约0.08至0.15的成形产品;和
  - iv) 用二氧化碳固化步骤ii)或iii)的所述成形产品以提供所述景观美化产品。
10. 一种景观美化产品(例如铺筑材料),所述产品包含:
  - a) 集料;
  - b) 化学掺合料,和
  - c) 由钢渣和可选的水泥构成的粘合剂。
11. 如权利要求10所述的景观美化产品,其中所述粘合剂由钢渣和水泥构成。

12. 如权利要求10或11所述的景观美化产品,其中集料(A)的质量与集料+水泥+渣(A+C+S)的总质量的比率为0.2至0.8。

13. 如权利要求10至12中任一项所述的景观美化产品,其中所述景观美化产品的密度为约2000至约2800kg/m<sup>3</sup>。

14. 如权利要求10至13中任一项所述的景观美化产品,其中所述钢渣是BOF、EAF或EBH渣。

15. 如权利要求10至14中任一项所述的景观美化产品,其中所述钢渣具有的累积硅酸钙含量(例如:C<sub>2</sub>S+C<sub>3</sub>S相浓度)为至少约15%,或更优选大于约40%。

16. 如权利要求10至15中任一项所述的景观美化产品,其中所述钢渣具有的细度根据布莱恩细度测定法为大于约150m<sup>2</sup>/kg。

17. 如权利要求10至16中任一项所述的景观美化产品,其中所述集料是普通重量集料、天然轻集料、膨胀粘土集料、膨胀页岩集料、膨胀矿渣集料、膨胀钢渣集料、膨胀铁渣集料、砾石集料、石灰石集料和再生集料。优选的是,所述集料是花岗岩集料或石灰石集料。

## 景观美化产品及其制造方法

### 技术领域

[0001] 本主题涉及包含钢渣的景观美化产品,用于制备该产品的组合物和方法。

### 背景技术

[0002] 传统上,水泥类景观美化产品的生产使用波特兰水泥作为粘合剂。水泥的生产是能源密集型的碳排放过程。每生产一吨波特兰水泥向大气排放0.8吨二氧化碳。另外,水泥的生产消耗了相当大量的自然资源。如果波特兰水泥可以被替代性粘合剂取代,则能够显著减少向大气的二氧化碳排放。

[0003] 如果进行碳化活化,显示钢渣有可能取代水泥作为替代性粘合剂。钢渣因其与二氧化碳的反应而众所周知。制造景观美化产品时用活化的钢渣代替水泥将降低能耗、自然资源消耗和总碳排放。二氧化碳排放的减少源于两个因素:a)消除了产品中波特兰水泥的使用,b)由碳化活化过程所致二氧化碳在景观美化产品中的永久储存。

[0004] 景观美化产品的品种

[0005] 景观美化产品包括各种类型的产品,例如铸石、铺筑材料、平板(slabs)、块体挡土墙(retaining block walls)、盖、路缘石(curbs)、边缘(edges)、台阶和立面(facade)。

[0006] 例如,铺筑材料是通常用作室外地板的铺路石、瓷砖、砖或砖状混凝土块。混凝土铺筑材料是通过将集料、波特兰水泥、掺合料和颜料(如果需要)的混合物倒入不同形状的模具中,并使其凝固而商业制成的。尽管这些组分中的每一种都有其独特的微观结构特性,但它们都类似地由集料骨架、粘合介质和空气孔隙(air voids)构成。联锁式的混凝土铺筑材料和石材铺筑材料是不同类型的铺筑材料。当将联锁式铺筑材料放在一起时,一般不采用水泥浆、化学掺合料(chemical admixture)或挡土方法;而是利用铺筑材料本身的重量将它们组装在一起。铺筑材料可用于覆盖道路、车道、庭院、人行道和任何室外平台。

[0007] 挡土墙是预制混凝土制品,主要依赖其质量来保持稳定。挡土墙能够容易地相互堆叠。挡土墙可用于住宅和商业用途。挡土墙以不同的尺寸、特征、结构和风格制造。

[0008] 铸石被认为是最能模仿天然石材的混凝土砌体产品之一,主要用于建筑应用。铸石产品的应用从建筑到结构和花园装饰各不相同。

[0009] 预制混凝土路缘石沿街道或道路安装,形成人行道边缘。预制混凝土路缘石可以方便的长度使用,且通常安装快速方便。

[0010] 预制混凝土立面用于为内外墙提供更好的饰面。这些墙板用于覆盖全部或部分用于景观美化、隔音和安全墙的建筑立面或独立墙。

### 发明内容

[0011] 本公开的一个方面涉及用于制备景观美化产品的方法,所述方法包括:

[0012] i) 混合干燥部分;和液体部分;其中所述干燥部分包含集料和粘合剂,其中所述粘合剂由钢渣和可选的水泥构成;并且其中所述液体部分包含水和化学掺合料;

[0013] ii) 将步骤i)的混合物成形并压实为具有初始水渣比的成形产品;

[0014] iii) 可选地降低步骤ii)的所述成形产品的初始水渣比以提供具有预碳化水渣比的成形产品;和

[0015] iv) 用二氧化碳固化步骤ii)或iii)的所述成形产品以提供所述景观美化产品。

[0016] 本公开的另一个方面涉及景观美化产品,所述景观美化产品包括:

[0017] a) 集料;

[0018] b) 化学掺合料,和

[0019] c) 由钢渣和可选的水泥构成的粘合剂。

[0020] 本公开的另一个方面涉及由本文所述方法制备的景观美化产品。

## 附图说明

[0021] 为描述如何实施本公开的实施方式,现将参考附图,图中:

[0022] 图1是示例性碳化装置的示意图;

[0023] 图2是接收时(as received)和碳化后的混合的EAF和BOF(EBH)渣的XRD;和

[0024] 图3是碳化的和接收时的EAF和EAF-BOF混合渣压实物的TG和DTG。

## 具体实施方式

[0025] 景观美化产品包括:铸石、铺筑材料、平板、块体挡土墙、边缘、路缘石、盖、台阶和立面。关于产品的预期性能可采用各种标准。下列标准为更好地理解代表性产品所需的典型技术性能提供了有用的参考。

[0026] 如本文中所述,提及包含由钢渣(和可选的水泥)构成的粘合剂的景观美化产品时,应理解为意指最终的景观美化产品中的粘合剂是二氧化碳固化的粘合剂,或换言之二氧化碳固化的景观美化产品。因此,如果需要更加清楚,在说明书中的任何地方可交替使用或替换表述景观美化产品/二氧化碳固化的景观美化产品以及粘合剂/二氧化碳固化的粘合剂。

[0027] 挡土墙:ASTM C 1372:干铸分段式挡土墙单元的标准规范

[0028] 最小抗压强度:20.7MPa

[0029] 最大吸水率:208kg/m<sup>3</sup>(约8.5%)

[0030] 建筑用铸石:ASTM C1364:建筑用铸石标准规范

[0031] 最小强度:45MPa

[0032] 冷水中的最大吸水率:6%

[0033] 热水中的最大吸水率:10%

[0034] 铺路石:ASTM C936:实心混凝土连锁式铺筑装置标准规范

[0035] 最小抗压强度:55MPa

[0036] 最大吸水率:5%

[0037] 美国标准测试方法:实心混凝土连锁式铺筑单元标准规范(本规范针对用于铺筑表面施工的连锁式混凝土铺筑材料,该铺筑材料由胶凝材料、集料、化学掺合料和其他成分(如整体防水剂(water repellents))制成。本规范也为试样的物理要求、取样和测试、目视检查以及拒收提供了指南。)

[0038] 加拿大标准协会CSA A231.2:预制混凝土铺路板/预制混凝土铺筑材料。本标准规

定了由水硬性水泥混凝土制成的、用于铺路和屋顶覆盖层的施工的混凝土铺路板的要求。该标准包括具有建筑饰面或触觉表面的单元。

[0039] 路缘石:BNQ 2624-210:预制混凝土路缘石-尺寸、几何和物理特性

[0040] 最小28天抗压强度:32MPa

[0041] 如下文所述,钢渣在本文中用作粘合剂的唯一成分或连同一定比例的水泥(如果需要)用作粘合剂的主要成分,以便生产使用二氧化碳作为固化剂的景观美化产品。换言之,全部或大部分水泥被钢渣代替。二氧化碳也可用于提高强度和激活渣。

[0042] 在一个实施方式中,粘合剂由钢渣构成。

[0043] 在一个实施方式中,粘合剂基本上由钢渣构成。

[0044] 在一个实施方式中,粘合剂由钢渣和水泥构成,其中渣与水泥的比率为至多20,或者,该比率为至多15,或至多10。优选的是,渣与水泥的比率为约7至约9。

[0045] 在一个实施方式中,本公开的景观美化产品优选具有的吸水率为小于约5%,抗压强度为约55MPa,或优选为60MPa或更高。

[0046] 在一个实施方式中,景观美化产品是铺筑材料,并优选具有小于约5%的吸水率和约55MPa或优选60MPa或更高的抗压强度。

[0047] 在一个实施方式中,景观美化产品优选具有的抗压强度为约55MPa,或优选60MPa或更高。

[0048] 在一个实施方式中,景观美化产品具有的吸水率为小于约6%,抗压强度为约45MPa。

[0049] 在一个实施方式中,景观美化产品是建筑用铸石或铺筑材料,并具有小于约6%的吸水率和约45MPa的抗压强度。

[0050] 在一个实施方式中,景观美化产品具有的吸水率为小于约8.5%,抗压强度为约20MPa。

[0051] 在一个实施方式中,景观美化产品是挡土墙,具有的吸水率为小于约8.5%,抗压强度为约20MPa。

[0052] 钢渣

[0053] EAF、BOF和一些钢包钢渣可用于制造本文中所定义的铺路石。

[0054] 本文中的“钢渣”指的是炼钢厂生产的渣副产品。钢渣可包括碱性氧气炉(BOF)制造的渣。钢渣也包括电弧炉(EAF)制造的渣。EBH渣在本文中也认为是有用的,并且是指EAF-BOF混合物,它是由EAF和BOF产生的渣的混合物形成的一种钢渣。

[0055] 本文中使用的钢渣还包括钢包渣。“钢包渣”在本文中指的是一种钢渣。钢包渣是钢包精炼操作中产生的副产品。在各种炼钢工艺中,EAF或BOF工艺中生产的熔化的钢水根据所需钢的品质进行额外的精炼工艺。向钢包中添加额外的助熔剂(fluxes)和合金,以去除钢中的杂质,并生产出具有所需性质的钢。该操作称为钢包精炼,这是因为它是在传送钢包中执行的。在该过程中,产生额外的钢渣,即钢包渣。

[0056] 应当理解本文中使用的“钢渣”不包括通常在铁生产过程中产生的铁渣和高炉渣。本文中使用的钢渣的形态在与二氧化碳的反应性方面起作用。钢渣可以与二氧化碳反应,这是因为其是结晶的。含高的硅酸钙和低的铁化合物的钢渣是进行碳化活化以生产渣基景观美化产品的理想候选物。与钢渣相比,铁渣不能被用作本文中的粘合剂(在使用CO<sub>2</sub>固化

过程生产景观美化产品时),因为它被水喷雾淬火形成非晶态材料。该非晶态材料(铁渣)不与CO<sub>2</sub>反应。

[0057] 钢渣的强度增长取决于熔渣中的硅酸钙含量。任何多晶型硅酸钙的碳化活化都能产生混有碳酸钙晶体的硅酸钙水合物,从而提高渣的结合强度。

[0058] 钢渣的化学组成

[0059] 用于制造景观美化产品的钢渣具有的游离石灰含量为小于约10%,优选小于约7.2%,或更优选小于约4%(以化学组成计)。

[0060] 用于制造景观美化产品的钢渣具有的累积硅酸钙含量(例如:C<sub>2</sub>S+C<sub>3</sub>S相浓度)为至少约15%,或更优选大于约40%。

[0061] 用于制造建筑产品的钢渣具有的SiO<sub>2</sub>含量为至少约6%,或更优选至少约15%。

[0062] 钢渣的尺寸

[0063] 较粗的钢渣不能被二氧化碳完全活化。根据布莱恩细度测定法钢渣的细度值应大于约150m<sup>2</sup>/kg,或更优选大于约300m<sup>2</sup>/kg。较细的渣产生具有适当机械性质的景观美化产品,而粗钢渣则产生不满足所要求的景观美化产品。

[0064] 渣的尺寸分布可表征为D50为200微米以下,优选100微米以下,或更优选20微米以下。

[0065] 下表显示,较细的钢渣导致某些渣样品的高碳吸收和抗压强度:

[0066]

ID	渣的类型	布莱恩细度 (kg/m <sup>2</sup> )	浆: 渣+ 水	CO <sub>2</sub> 压 力(psi)	二氧化 碳吸收 (%)*	抗压强度 (MPa)	
粗渣	SB16	EAF+BOF	<150	10:1	73	7.7	25.8
	SB20	EAF	<150	12:1	73	4.3	16.6
细渣	PV2	EAF+BOF	>150	10:1	73	11.5	55.6

[0067] \*百分比基础是相对于渣重量的CO<sub>2</sub>重量(例如,吸收11.5%意味着1kg渣可固定(sequester) 115克二氧化碳)。

[0068] 标准CO<sub>2</sub>吸收/抗压强度试验-80×80×60mm渣板

[0069] 当在本文中所述的板试样上测量渣浆时,适合于本公开中使用的渣优选显示出的CO<sub>2</sub>吸收为至少约4%,优选约10%的CO<sub>2</sub>,和/或至少约55MPa,优选约60MPa的抗压强度。

[0070] 为了评估本文中所述的渣的CO<sub>2</sub>吸收率和抗压强度,将80×80×60mm的试样在12.5MPa的压力下压实/成形,水渣比约为0.08至0.15。然后,所形成的试样在环境条件下使用/不使用风扇干燥2至7小时。样品的水含量减少了约40%。然后对半干试样进行碳化活化。碳化过程使用纯度为99.5%的CO<sub>2</sub>气体进行。气体首先由与CO<sub>2</sub>气瓶连接的加热器加热,以防止气体堵塞以致不会进入室中。如果不使用加热器,则气体冻结,二氧化碳供应中断。CO<sub>2</sub>气体然后注入室中至压力为0.01至0.50MPa,持续时间为0.2至24小时。压力通过调节器保持恒定,因而渣产品所消耗的二氧化碳能够得到补充。

[0071] 下式中表示的质量增益法估算了碳化前后的质量差。质量差,加上放热碳化反应

蒸发的水,代表了由于二氧化碳吸收而产生的质量增加。碳化反应本质上是放热的,因此样品中的一些混合水蒸发并在室内壁上冷凝。这种水可使用吸水纸收集,并应加入到碳化样品的质量中,因为室中存在的水是原始熔渣质量中的水的一部分。

$$[0072] \quad \text{CO}_2 \text{ 吸收 (\%)} = \frac{\text{最终质量} + \text{损失的水的质量} - \text{初始质量}}{\text{干燥样品的质量}}$$

[0073] 抗压强度的值应满足ASTM C140、ASTM C936、ASTM C1372、ASTM C1364和BNQ 2624-210中报道的值。

[0074] 水泥

[0075] 在本公开中,以下非限制性目录的水泥可用于制造渣基铺筑材料:波特兰水泥(I型至V性);波特兰-石灰石水泥;快硬水泥;快凝水泥;低热水泥;高炉渣水泥;波特兰-渣水泥;高铝水泥;白水泥;彩色水泥;火山灰水泥(波特兰火山灰水泥);掺气水泥(Air entraining cement);水文水泥(Hydrographic cement);以及本文所用的三元混合水泥,有用的水泥是那些含有硅酸钙相,特别是C<sub>3</sub>S的水泥,这能够使其在与水反应时获得强度。硅酸钙相的存在保证了短期和长期的强度发展。

[0076] 化学掺合料

[0077] 将减水剂添加至混凝土混合物中以提高抗压强度、降低水含量、降低孔隙率并降低透水性。减水掺合料分为增塑剂和超级增塑剂(其是聚羧酸酯系减水剂)。任何能够将所需水含量降低至多约50%或将抗压强度提高至多约60%的掺合料都可以在当前的创新中用作减水剂。用于本创新的掺合料应当满足ASTM C494(混凝土用化学掺合料的标准规范)的要求。

[0078] 防水剂掺合料设计为通过影响水进入或流出混凝土的毛细作用为混凝土提供整体防水性。防水剂掺合料可以作为静态孔隙堵塞剂发挥作用,为水的迁移创造更困难的途径,或可以作为反应性化学物发挥作用,形成“原位”疏水材料,其不仅堵塞孔隙,而且以化学方式使水泥表面排斥水。

[0079]

	类型	基物(base)	颜色	比重
Sika Viscocrete 2100	减水剂	聚羧酸酯聚合物	淡蓝色液体	1.09
Sika AE3	防水和减风化剂掺合料	-	白色液体	0.92
Sika AEA	掺气掺合料	有机材料的水溶液	深棕色液体	1.01
Sika W-10	防水和风化控制掺合料	-	乳白色液体	1.02

[0080] 混凝土中使用的减水剂掺合料的典型范围为胶凝材料重量的0.2%至3.5%。在本

实践中,减水剂(Viscocrete)以钢渣重量的2.2%使用。防水剂掺合料通常以胶凝材料重量的0.1%至3.0%使用。作为一个实例,本发明中的防水剂(W-10,AE-3)以本发明中钢渣重量的2.2%添加到材料中。

#### [0081] 集料

[0082] 在本公开中,景观美化产品由嵌入材料的硬基质中的集料构成。集料可以是天然的,也可以是人造的。集料的实例包括普通重量集料(normal weight aggregate)、天然轻集料、膨胀粘土集料、膨胀页岩集料、膨胀矿渣集料(expanded slag aggregate)、膨胀钢渣集料、膨胀铁渣集料、砾石集料、石灰石集料和再生集料(secondary aggregate)。优选的是,集料是花岗岩或石灰石集料。

[0083] 在一个实施方式中,集料(A)的质量与集料+水泥+渣(A+C+S)的总质量的比率为0.2至0.8,优选0.45至0.6或0.47至0.58。

#### [0084] 固化前混合物的制备

[0085] 在一个实施方式中,优选的是包含集料和粘合剂(由钢渣和水泥构成)的干燥部分与包含水和化学掺合料的液体部分分开混合。

[0086] 可以混合干燥材料直至达到均匀。向水中加入包括减水剂或防水剂的化学掺合料。液体材料和干燥材料也要混合直至达到合适的分散。

[0087] 在一个实施方式中,混合物可具有的初始水渣比可高达约0.20。然后将新鲜的混合物倒入各种形状和尺寸的模具中。预制制造机通过高压下压实新鲜材料对其进行压制。压实步骤可以通过任何常规方法(如压实/振动或静态压缩)来实现,从而达到所需的密度。压实/振动可高达12MPa。成形压实后的成形产品优选具有的密度为约2000至约2800kg/m<sup>3</sup>。

#### [0088] 预碳化干燥

[0089] 在一些情况中,为了获得光滑的表面,需要初始水含量较高的混合比。同时,新鲜产品中的多余水分防止二氧化碳渗入。在这些情况中,由具有较高水渣比的模压混合物可获得较低的预碳化水渣比(例如约0.08至0.13)。此外,将以低水渣比制备的混合物直接固化可以获得具有粗糙表面的产品。为获得合适的预碳化水渣比,首先形成具有较高水渣比的混合物(例如,高达约0.20)。在初始水渣比和预碳化水渣比相同的情况中(例如,可参考本文中未报告“预干燥”步骤的一些实施例),两种表述可互换使用。

[0090] 压实的模压成形产品例如可暴露在空气中长达7小时。工业风扇也可以加速空气干燥过程。CO<sub>2</sub>渗透的几种途径的产生是预碳化固化的原因。在空气干燥过程中应除去最初与其他组分混合的适量的水。例如,当使用0.16的初始水渣形成产品时,可使空气干燥过程持续进行直至水渣比降至0.08。空孔允许二氧化碳通过产品,而剩余的水确保了碳化反应。

[0091] 在某些实施方式中,预碳化水渣比为小于约0.20;或者,适宜的水渣比为约0.08至约0.13、0.14或0.15。

#### [0092] 碳化固化

[0093] 具有适宜水渣比(例如约0.08至约0.1,如0.13、0.14或0.15)的产品应当在存在CO<sub>2</sub>的环境中固化。二氧化碳的纯度可高达99%。或者,二氧化碳的纯度也可以较低,例如80%、70%或更低。此外,CO<sub>2</sub>浓度为12%的废气可用于制造渣基产品。

[0094] 固化时间从0.2小时至24小时不等。二氧化碳的压力可由0.01至0.50MPa调节。在

适当的工业环境中可使用较高的压力(例如,高达1MPa)。较高的压力有利于加速碳化反应并最终提高工艺性能。

[0095] 碳化装置

[0096] 参考图1,本文中描述的是示例性碳化装置的示意图。将待进行碳化固化的产品放置在固化室中。 $\text{CO}_2$ 气体源通过加热器加热到环境温度,并注入室中。室内释放的 $\text{CO}_2$ 压力由调节器调节。还可提供平衡罐和数据记录器。

[0097] 最终产品( $\text{CO}_2$ 固化的产品)的密度测定为约2000至约2800 $\text{kg}/\text{m}^3$ 。

[0098] 在一个实施方式中,提供一种用于制备景观美化产品的方法,所述方法包括:

[0099] i) 混合干燥部分和液体部分;其中所述干燥部分包含集料和粘合剂,其中所述粘合剂由钢渣和可选的水泥构成;并且其中所述液体部分包含水和化学掺合料;

[0100] ii) 将步骤i)的混合物成形并压实为具有初始水渣比的成形产品;

[0101] iii) 可选地降低步骤ii)的所述成形产品的初始水渣比以提供具有预碳化水渣比的成形产品;和

[0102] iv) 用二氧化碳固化步骤ii)或iii)的成形产品以提供所述景观美化产品。

[0103] 在一个实施方式中,提供一种用于制备景观美化产品的方法,所述方法包括:

[0104] i) 混合干燥部分和液体部分;其中所述干燥部分包含集料和粘合剂,其中所述粘合剂由钢渣和水泥构成,并且其中所述液体部分包含水和化学掺合料;

[0105] ii) 将步骤i)的混合物成形并压实为具有初始水渣比的成形产品;

[0106] iii) 可选地降低步骤ii)的所述成形产品的初始水渣比以提供具有预碳化水渣比的成形产品;和

[0107] iv) 用二氧化碳固化步骤ii)或iii)的成形产品以提供所述景观美化产品。

[0108] 在一个实施方式中,提供一种用于制备景观美化产品(例如铺筑材料)的方法,所述方法包括:

[0109] i) 混合干燥部分;和液体部分;

[0110] 其中所述干燥部分包含集料(优选花岗岩集料或石灰石集料)和粘合剂,其中所述粘合剂由钢渣和可选的水泥构成,其中所述渣(例如BOF、EAF、钢包渣或EAF-BOF混合渣)具有的游离石灰含量为小于约10%,累积硅酸钙含量(例如: $\text{C}_2\text{S}+\text{C}_3\text{S}$ 相浓度)为至少约15%,基于布莱恩细度的细度为约150 $\text{m}^2/\text{kg}$ 或更高,并且其中所述水泥是具有硅酸钙相,具体为 $\text{C}_3\text{S}$ 的波特兰水泥;和

[0111] 其中所述液体部分包含水和满足ASTM C494要求的化学掺合料;

[0112] 其中所述渣与水泥(S/C)的比率为至多20,或者,该比率为至多15,或至多10,或优选约7至约9,和

[0113] 集料(A)的质量与集料+水泥+渣(A+C+S)的总质量的比率为0.2至0.8,优选0.45至0.6;

[0114] ii) 将步骤i)的混合物成形并压实为具有初始水渣比(W/S),例如W/S为至多约0.20的成形产品;

[0115] iii) 当水渣比高于约0.08至0.15或0.08至0.14或0.08至0.13时,可选地降低步骤ii)的所述成形产品的初始水渣比以提供具有预碳化水渣比为约0.08至0.15或0.08至0.14或0.08至0.13的成形产品;和

- [0116] iv) 用二氧化碳固化步骤ii) 或iii) 的成形产品以提供所述景观美化产品。
- [0117] 在一个实施方式中, 提供一种用于制备景观美化产品 (例如铺筑材料) 的方法, 所述方法包括:
- [0118] i) 混合干燥部分; 和液体部分;
- [0119] 其中所述干燥部分包含集料 (优选花岗岩集料或石灰石集料) 和粘合剂, 其中所述粘合剂由钢渣和水泥构成, 其中渣 (例如BOF、EAF、钢包渣或EAF-BOF混合渣) 具有的游离石灰含量为小于约10%, 累积硅酸钙含量 (例如:  $C_2S+C_3S$  相浓度) 为至少约15%, 基于布莱恩细度的细度为约 $150m^2/kg$ 或更高, 并且其中所述水泥是具有硅酸钙相, 具体为 $C_3S$ 的波特兰水泥; 和
- [0120] 其中所述液体部分包含水和满足ASTM C494要求的化学掺合料;
- [0121] 其中所述渣与水泥 (S/C) 的比率为至多20, 或者, 该比率为至多15, 或至多10, 或优选约7至约9, 和
- [0122] 集料 (A) 的质量与集料+水泥+渣 (A+C+S) 的总质量的比率为0.2至0.8, 优选0.45至0.6;
- [0123] ii) 将步骤i) 的混合物成形并压实为具有初始水渣比 (W/S), 例如W/S为至多约0.20的成形产品;
- [0124] iii) 当水渣比高于约0.08至0.13时, 可选地降低步骤ii) 的所述成形产品的初始水渣比以提供具有预碳化水渣比为约0.08至0.15或0.08至0.14或0.08至0.13的成形产品; 和
- [0125] iv) 用二氧化碳固化步骤ii) 或iii) 的成形产品以提供所述景观美化产品。
- [0126] 在一个实施方式中, 提供一种景观美化产品, 所述产品包含:
- [0127] a) 集料;
- [0128] b) 化学掺合料, 和
- [0129] c) 由钢渣和水泥构成的粘合剂。
- [0130] 在一个实施方式中, 提供一种景观美化产品 (例如铺筑材料), 所述产品包含:
- [0131] a) 集料, 优选花岗岩集料或石灰石集料;
- [0132] b) 满足ASTM C494要求的化学掺合料, 和
- [0133] c) 由钢渣和可选的水泥构成的粘合剂, 其中渣 (例如BOF、EAF、钢包渣或EAF-BOF混合渣) 具有的游离石灰含量为小于约10%, 累积硅酸钙含量 (例如:  $C_2S+C_3S$  相浓度) 为至少约15%, 基于布莱恩细度的细度为约 $150m^2/kg$ 或更高, 并且其中所述水泥是波特兰水泥;
- [0134] 景观美化产品具有的吸水率为小于约8.5% (或小于约6%, 或优选小于约5%), 抗压强度为约20MPa (或约55MPa, 或优选60MPa或更高)
- [0135] 其中渣与水泥 (S/C) 的比率为至多20, 或者该比率为至多15, 或至多10, 或优选约7至约9。
- [0136] 集料 (A) 的质量与集料+水泥+渣 (A+C+S) 的总质量的比率为0.2至0.8, 优选0.45至0.6。
- [0137] 在一个实施方式中, 提供一种景观美化产品 (例如铺筑材料), 所述产品包含:
- [0138] a) 集料, 优选花岗岩集料或石灰石集料;
- [0139] b) 满足ASTM C494要求的化学掺合料, 和

[0140] c) 由钢渣和水泥构成的粘合剂,其中钢渣(例如BOF、EAF、钢包渣或EAF-BOF混合渣)具有的游离石灰含量为小于约10%,累积硅酸钙含量(例如: $C_2S+C_3S$ 相浓度)为至少约15%,基于布莱恩细度的细度为约 $150m^2/kg$ 或更高,并且其中所述水泥是硅酸盐水泥;景观美化产品具有的吸水率为小于约8.5%(或小于约6%,或优选小于约5%),抗压强度为约20MPa(或约55MPa,或优选60MPa或更高)

[0141] 其中渣与水泥(S/C)的比率为至多20,或者该比率为至多15,或至多10,或优选约7至约9。

[0142] 集料(A)的质量与集料+水泥+渣(A+C+S)的总质量的比率为0.2至0.8,优选0.45至0.6。

[0143] 实施例

[0144] 混合包含渣(BOF和EAF渣的混合组合)、波特兰水泥和花岗岩集料的干燥材料直至其均匀分布(对于本文中使用的批量大小通常至多2分钟)。

[0145] 用于制造下列实施例的铺路石的波特兰水泥具有以下化学组成(%)。

[0146]

	CaO	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O
波特兰水泥 (%)	61.0-67.0	19.0-23.0	2.5-6.0	0.0-6.0	<0.01	0.01

[0147] 代表性钢渣批次的化学组成显示在下表中。该表也包括“未反应”的渣组成的一个实例作为参考:

[0148] 钢渣的化学组成(%)

[0149]

渣类型	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	C <sub>2</sub> S+C <sub>3</sub> S	游离石灰	
反应性渣	EAF	9.41	10.78	24.22	3.84	9.77	35.23	0.03	37.2	0.8
	EBH	12.47	6.87	19.48	3.84	10.57	39.08	<0.01	51.6	0.8
	钢包	12.35	16.55	0.79	-	3.96	65.23	0.08	40.6	7.2
非反应性渣	钢包	6.21	23.17	3.55	-	5.04	57.55	0.16	12.9	10.8

[0150] 在本文的实施例中,渣尺寸分布可以表征为 $D_{50}=18.8$ 微米和 $D_{90}=86.7$ 微米。 $D_{50}=18.8$ 微米意指百分之50的渣颗粒小于18.8微米, $D_{90}=86.7$ 微米意指百分之90的熔渣颗粒小于86.7微米。钢渣的粒径分布(PSD)和细度可通过考虑这些标准来评估:ASTM C204(用透气仪测定水硬性水泥细度的标准试验方法)、ASTM C110(生石灰、熟石灰和石灰石物理测试的标准测试方法)、ASTM C115(浊度计测定波特兰水泥细度的标准测试方法)、ASTM C311(波特兰水泥混凝土用粉煤灰或天然火山灰取样和测试的标准测试方法)、ASTM D197(粉煤取样和细度测试的标准测试方法)和ASTM E2651(粉末粒度分析的标准指南)。

[0151] 碳化EBH渣板的XRD图谱显示在图2中。衍射图中出现的基本矿物成分是硅酸钙、硅酸钙镁(硅镁钙石)、钙铝黄长石和铁化合物。碳酸钙的存在和硅酸钙相( $C_2S$ 和 $C_3S$ )的减少是碳化反应的标志。24小时的长时间碳化产生更多的碳酸钙。

[0152] 接收时的EAF-BOF混合渣和碳化的EAF-BOF混合渣的热重分析(TG)和差热重分析(DTG)曲线如图3所示。随着碳化时间由2小时增至24小时,水化产物的失水和渣板的CaCO<sub>3</sub>含量均增加。失水量的增加表明形成了更多的水化产物。

[0153] 在水中加入化学掺合料。混合液体材料和干燥材料直至其均匀分散(对于本文中使用的批次尺寸通常约5分钟)。然后将混合物倒入模具中。使用80×80×80mm的模具和50×50×50mm的模具来制造铺筑材料,不过可以使用任何尺寸和形状的模具。采用MTS机作为预制机,通过在约12MPa的压力下压实混合物来形成铺筑材料。用压力将混合物压实以制造密度为2600kg/m<sup>3</sup>的产品。

[0154] 在下表规定的持续时间内,使用工业风扇可选地执行预碳化固化步骤。碳化固化步骤在99%纯度的二氧化碳气体环境中在60psi压力下进行24小时。

[0155]

ID	干燥产品的水渣比(碳化前)	预干燥过程所致的失水(%)
PV77	0.10	30
PV81	0.11	29
PV85	0.10	32

[0156] 参考例

[0157] 参考产品(不含水泥和化学掺合料的产品)PV11的性质表明其抗压强度为49.3MPa,吸水率为8.6%(表1)。

[0158] 使用挡土墙的实施方式的实施例

[0159] 将产品的1重量%的化学掺合料加入参考产品PV11(既无水泥也无掺合料)中降低了产品的吸水率,对抗压强度基本上无影响,其仍然保持在表1中PV11的水平。

[0160] 表1

[0161]

混合比(kg/m <sup>3</sup> )									
ID	渣	集料	水泥	水(w/s)	Viscocrete	AE-3	预干燥(h)	抗压强度(MPa)	吸水率(%)
PV11	1120	1120	0	168 (0.15)	0	0	0	49.3	8.6
PV101	1120	1120	0	124 (0.12)	25	0	0	47.0	6.1

[0162] 使用铺筑材料的实施方式的实施例

[0163] 为满足铺筑材料的要求,需要对挡土墙提出的混合比进行修改。为改善铺路石的性质,在含有波特兰水泥(PV25)的混合物中添加了两种不同类型的防水剂(W-10和AE-3)。与PV11和PV25相比,PV59和PV77的抗压强度和吸水率具有改善的特征(图2)。

[0164] 将Viscocrete (减水剂) 添加至混合物 (PV63) 中改进了所得产品的技术性能。如下表中所示, 与PV11 (既无水泥也无掺合料) 和PV25 (无掺合料) 相比, 抗压强度和吸水率均得到改善 (表2)。

[0165] 表2

[0166]

混合比 (kg/m <sup>3</sup> )											
ID	渣* (S/C)	集料	水泥	水 (w/s)	W-10	Viscocrete	AE-3	预干燥 (h)	压实	抗压强度 (MPa)	吸水率 (%)
PV25	1120 (9)	1120	125	310 (0.28)	0	0	0	2	静态	48.0	5.7
PV59	1120 (9)	1120	125	142 (0.13)	25	0	0	2	压实/振动	60.0	4.1
PV63	1120 (9)	1120	125	164 (0.15)	0	25	0	2	压实/振动	50.5	3.6
PV77	1120 (9)	1120	125	164 (0.15)	0	0	25	2	静态	56.3	4.3

[0167] 表3和4中汇编的附加实施例说明了本公开的混合物对生产满足高标准的产品的有益效果。

[0168] 表3

[0169]

混合比 (kg/m <sup>3</sup> )										
ID	渣 *(S/C)	集料	水泥	W-10	水 ** (i-W/S)	Viscocrete	AE-3	预干燥 (h) *** (p-w/s)	AEA	压实
PV54	875 (7)	1375	125	-	120 (0.14)	12.5	-	2	-	压实/振 动
PV62	1000 (8)	1250	125	-	131 (0.13)	25	-	2	-	压实/振 动
PV65	1120 (9)	1120	124	-	142 (0.13)	-	25	-	-	压实/振 动
PV81	980 (8)	1225	123	-	142 (0.13)	25	-	7	-	压实/振 动
PV85	1097 (9)	1097	122	-	160 (0.15)	-	24	7	-	静态 20 MPa
PV95	1120 (9)	1120	124	-	142 (0.13)	-	25	-	12	压实/振 动

[0170] (S/C) :渣与水泥之比

[0171] \*(i-W/S) :初始水渣比

[0172] \*\*=(p.W/S) :预碳化水渣比

[0173] 表4:选用的铺路石的技术性能:

[0174]

	PV54	PV59	PV62	PV63	PV65	PV77	PV81	PV85	PV95
抗压强度(MPa)	>60	>60	>60	50.5	>60	56.3	72.9	-	58.8
吸水率 (%)	4.5	4.1	4.3	3.6	3.7	4.3	3.5	3.7	-
冷冻和解冻 (质量损失)	-	-	-	-	-	-	-	可忽略	可忽略

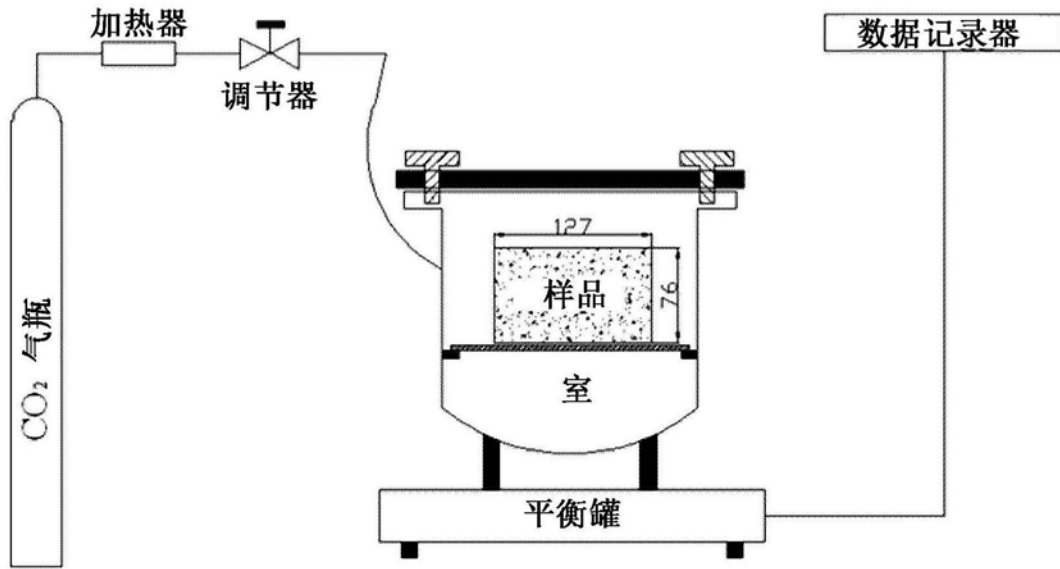


图1

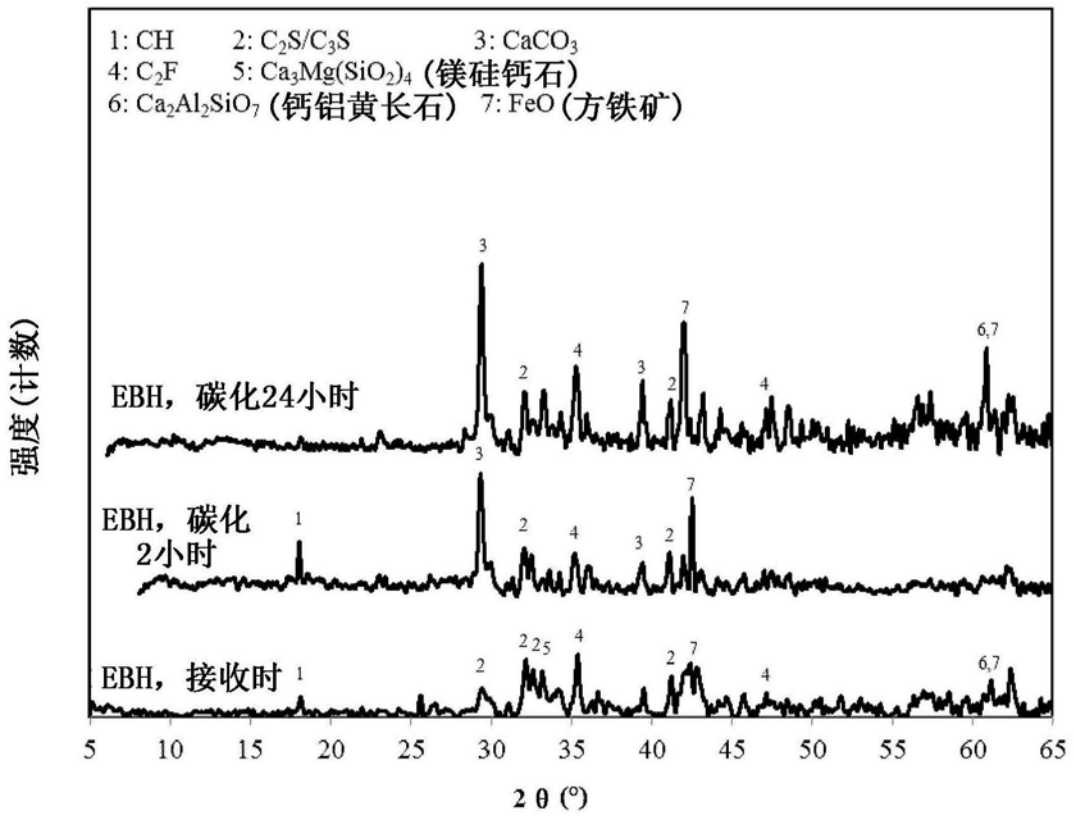


图2

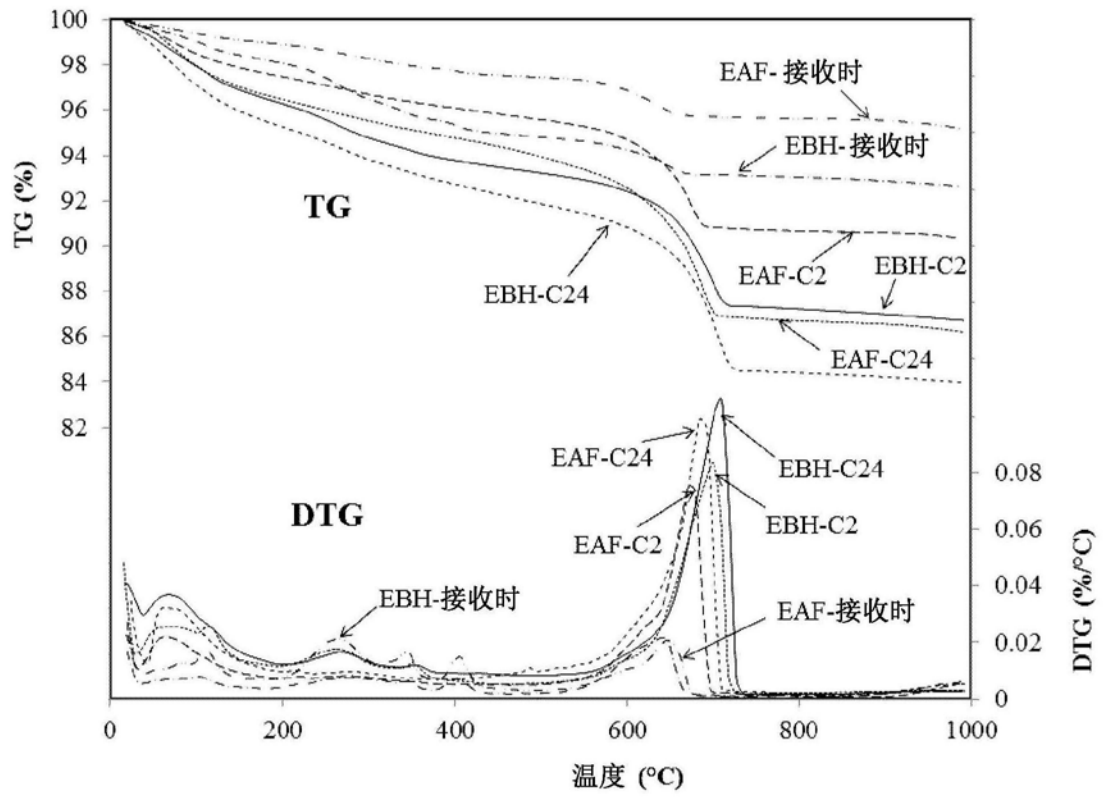


图3