



(21) 申请号 202311492985.X

C04B 18/02 (2006.01)

(22) 申请日 2023.11.10

(56) 对比文件

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 117510183 A

杨合.《无机非金属资源循环利用》.冶金工业出版社,2021,24.

(43) 申请公布日 2024.02.06

王晨希.地质聚合物应用于环境治理领域的研究进展.现代化工.2021,第41卷(第3期),全文.

(73) 专利权人 北京科技大学

地址 100083 北京市海淀区学院路30号

审查员 余小龙

(72) 发明人 郑蕾 苑泽岩 马昕 张梦凡

(74) 专利代理机构 北京睿智保诚专利代理事务

所(普通合伙) 11732

专利代理师 周新楣

(51) Int. Cl.

C04B 33/132 (2006.01)

C04B 33/13 (2006.01)

C04B 33/135 (2006.01)

权利要求书1页 说明书5页

(54) 发明名称

一种利用垃圾焚烧飞灰制备得到的混凝土骨料及其制备方法

(57) 摘要

本发明属于废弃飞灰再利用以及混凝土材料技术领域,具体公开了一种利用垃圾焚烧飞灰制备得到的混凝土骨料及其制备方法。本发明将特定配比的垃圾焚烧飞灰、底渣、石灰石、脱硫石膏和电石渣进行研磨破碎,然后混合得到混合粉料;再将混合粉料与水混合造粒,得到坯料;将坯料进行分段加热,最后得到混凝土骨料。通过本发明限定的配比和制备方法能够提高混合粉料中的助熔组分,降低混合粉料的熔点,提升产品的强度;同时还能固定处理过程中产生的有害组分以及调整混合粉料的碱度;分段加热有利于玻璃体的形成,从而加速熔融过程,降低高温加热时间,降低制备成本,还能实现重金属的固定。

1. 一种利用垃圾焚烧飞灰制备混凝土骨料的方法,其特征在于,包括以下步骤:

1) 将垃圾焚烧飞灰与底渣、石灰石、脱硫石膏和电石渣进行研磨破碎,然后混合得到混合粉料;

2) 将混合粉料与水混合造粒,得到坯料;

3) 将坯料进行分段加热,得到混凝土骨料;

所述步骤1)中垃圾焚烧飞灰、底渣、石灰石、脱硫石膏和电石渣的质量比为60~80:40~60:5~20:10~20:5~10;

所述分段加热包括预热段、加热段、熔融段;

所述预热段的加热温度为200~300°C,加热时间为5~10min;

所述加热段的加热温度为800~1000°C,加热时间为10~20min;

所述熔融段的加热温度为1250~1320°C,加热时间为5~15min;

所述底渣为生活垃圾焚烧底渣。

2. 根据权利要求1所述的一种利用垃圾焚烧飞灰制备混凝土骨料的方法,其特征在于,所述步骤1)中混合粉料的粒径为50~500 $\mu\text{m}$ 。

3. 根据权利要求2所述的一种利用垃圾焚烧飞灰制备混凝土骨料的方法,其特征在于,所述步骤2)中混合粉料与水的质量比为8~10:2~3。

4. 权利要求1~3任一项所述制备方法制备得到的混凝土骨料。

## 一种利用垃圾焚烧飞灰制备得到的混凝土骨料及其制备方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及废弃飞灰再利用以及混凝土材料技术领域,尤其涉及一种利用垃圾焚烧飞灰制备得到的混凝土骨料及其制备方法。

### 背景技术

[0002] 随着城市化进程的不断推进,垃圾处理成为一个严重的环境问题。其中,垃圾焚烧是一种常见的处理方式,其产生的飞灰处理问题也备受关注。飞灰中含有未完全燃烧的有机物、重金属和玻璃纤维等物质,如果处理不当,会对环境产生二次污染。因此,如何安全有效地处理和利用垃圾焚烧飞灰成为当前的研究重点。

[0003] 目前,针对垃圾焚烧飞灰的处理,常见的方法包括土地填埋、水处理(水预处理后进行水泥窑协同资源化利用)和资源化利用等。然而,这些方法在实际应用中存在一些问题。例如,土地填埋不仅占用了大量土地,而且飞灰中的有害物质可能渗透到土壤中,对地下水和土壤造成二次污染。水处理方法虽然可以减少飞灰对环境的影响,但处理后的废水可能含有高浓度的重金属和其他有害物质,处理难度较大。因此,飞灰的资源化利用越来越受到人们的关注,资源化利用包括利用飞灰制备混凝土、水泥等建筑材料。由于飞灰与水泥之间存在化学作用,所以利用飞灰制备混凝土骨料是十分不错的选择。

[0004] 垃圾焚烧飞灰作为危险废物,其具有熔点高(1400~1500℃),难以处理的特点。在资源化利用的过程中往往会涉及较高的处理温度,过度浪费能源,降低资源化处理的性价比。此外,垃圾焚烧飞灰一般还含有有害物质,如重金属等。因此,如何公开一种利用垃圾焚烧飞灰制备得到的混凝土骨料及其制备方法,降低垃圾焚烧飞灰的处理温度,节省能耗,提高产品价值及安全性是本领域亟待解决的难题。

### 发明内容

[0005] 有鉴于此,本发明提供了一种利用垃圾焚烧飞灰制备得到的混凝土骨料及其制备方法,以解决垃圾焚烧飞灰熔融温度高,含有有害物质,资源化利用价值低等问题。

[0006] 为了达到上述目的,本发明采用如下技术方案:

[0007] 一种利用垃圾焚烧飞灰制备混凝土骨料的方法,包括以下步骤:

[0008] 1) 将垃圾焚烧飞灰与底渣、石灰石、脱硫石膏和电石渣进行研磨破碎,然后混合得到混合粉料;

[0009] 2) 将混合粉料与水混合造粒,得到坯料;

[0010] 3) 将坯料进行分段加热,得到混凝土骨料。

[0011] 优选的,所述步骤1)中垃圾焚烧飞灰、底渣、石灰石、脱硫石膏和电石渣的质量比为60~80:30~40:5~20:10~20:5~10。

[0012] 优选的,所述底渣包括生活垃圾焚烧底渣。

[0013] 优选的,所述步骤1)中混合粉料的粒径为50~500 $\mu\text{m}$ 。

[0014] 优选的,所述步骤2)中混合粉料与水的质量比为8~10:2~3。

- [0015] 优选的,所述分段加热包括预热段、加热段、熔融段。
- [0016] 优选的,所述预热段的加热温度为200~300℃,加热时间为5~10min;
- [0017] 所述加热段的加热温度为800~1000℃,加热时间为10~20min;
- [0018] 所述熔融段的加热温度为1250~1320℃,加热时间为5~15min。
- [0019] 本发明的另一目的是提供一种由所述制备方法制备得到的混凝土骨料。
- [0020] 经由上述的技术方案可知,与现有技术相比,本发明具有以下有益效果:
- [0021] 本发明公开了一种利用垃圾焚烧飞灰制备混凝土骨料的方法,本发明通过先将垃圾焚烧飞灰与底渣、石灰石、脱硫石膏和电石渣进行研磨破碎,混合得到混合粉料,本发明将粒径较小的垃圾焚烧飞灰与其他组分进行同步研磨,其目的是使部分垃圾焚烧飞灰均匀的包覆在混合组分的表面,使得混合组分在垃圾焚烧飞灰中更加分散,后续热处理的过程中混合组分能够自发形成 $\text{SiO}_2\text{-MgO}$ 和 $\text{SiO}_2\text{-CaO}$ 等二元组分,上述二元组分对垃圾焚烧飞灰具有助熔作用,能够大幅降低垃圾焚烧飞灰的熔点(1400~1500℃将至1300℃左右),加快垃圾焚烧飞灰的熔融,缩短熔融所需时间。
- [0022] 然后本发明将研磨得到的混合粉料与水混合造粒,得到坯料,再经过分段热处理,得到混凝土骨料。本发明将分段热处理限定为预热、加热和熔融段,预热段能够使坯料进行初步干燥,对坯料提供一定的强度;加热段处理能够使垃圾焚烧飞灰中的有机物质挥发,导致飞灰中的氧含量增加,从而促进垃圾焚烧飞灰中的重金属转化为相应的氧化物,熔融处理还可以使重金属氧化物形成玻璃态物质,有效地防止重金属(铜、锌等)的迁移。此外,本发明在加热段过程还能促进飞灰中物质的熔融和化学反应,使其更加容易地形成玻璃体,从而加速了熔融过程;并可以提前将垃圾焚烧飞灰中的部分有机物分解为二氧化碳等气体,避免影响熔融阶段热效率,进而体现为降低熔融段的高温处理时间,降低能耗。
- [0023] 另外,垃圾焚烧飞灰在处理过程中还可能会导致有害物质(硫化物、有机氯化物等)的生成,本发明添加的石灰石和电石渣等组分能够与其发生化学反应,起到固定处理,避免生成氯化氢和二氧化硫等有害气体;还能调整混合粉料的碱度,最终得到了强度高、满足混凝土骨料的相关要求的混凝土骨料。

### 具体实施方式

- [0024] 本发明提供了一种利用垃圾焚烧飞灰制备混凝土骨料的方法,包括以下步骤:
- [0025] 1) 将垃圾焚烧飞灰与底渣、石灰石、脱硫石膏和电石渣进行研磨破碎,然后混合得到混合粉料;
- [0026] 2) 将混合粉料与水混合造粒,得到坯料;
- [0027] 3) 将坯料进行分段加热,得到混凝土骨料。
- [0028] 在本发明中,所述所述步骤1)中垃圾焚烧飞灰、底渣、石灰石、脱硫石膏和电石渣的质量比为60~80:30~40:5~20:10~20:5~10;优选为65~75:32~38:6~18:12~18:6~9;进一步优选为68~72:34~36:10~15:14~16:7~8;再一步优选为70:35:12:15:8。
- [0029] 在本发明中,所述底渣包括生活垃圾焚烧底渣。
- [0030] 在本发明中,所述步骤1)中混合粉料的粒径为50~500 $\mu\text{m}$ ,具体可以为80 $\mu\text{m}$ 、100 $\mu\text{m}$ 、150 $\mu\text{m}$ 、200 $\mu\text{m}$ 、250 $\mu\text{m}$ 、300 $\mu\text{m}$ 、350 $\mu\text{m}$ 、400 $\mu\text{m}$ 、450 $\mu\text{m}$ 。
- [0031] 在本发明中,所述步骤2)中混合粉料与水的质量比为8~10:2~3;优选为9:2~3,

进一步优选为9:2.5。

[0032] 在本发明中,所述分段加热包括预热段、加热段、熔融段。

[0033] 在本发明中,所述预热段的加热温度为200~300°C,具体可以为220°C、240°C、250°C、260°C、280°C;加热时间为5~10min,具体可以为6min、7min、8min、9min。

[0034] 在本发明中,所述加热段的加热温度为800~1000°C,具体可以为820°C、840°C、850°C、860°C、880°C、900°C、920°C、940°C、950°C、960°C、980°C;加热时间为10~20min,具体可以为12min、14min、15min、16min、18min。

[0035] 在本发明中,所述熔融段的加热温度为1250~1320°C,具体可以为1260°C、1270°C、1280°C、1290°C、1300°C、1310°C;加热时间为5~15min,具体可以为6min、8min、10min、12min、14min。

[0036] 本发明还提供了一种由所述制备方法制备得到的混凝土骨料。

[0037] 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。

[0038] 实施例1

[0039] 将72份垃圾焚烧飞灰、45份生活垃圾焚烧底渣、12份石灰石、15份脱硫石膏和8份电石渣分别进行研磨破碎,然后充分混合得到各组分粒径均介于100~130 $\mu\text{m}$ 之间的混合粉料,再称取100份混合粉料与30份水混匀静置0.5h,静置结束后进行造粒,然后将造粒得到的坯料加热至240°C,保温8min,结束后升温至900°C,保温18min,然后继续升温至1300°C,保温10min。再由熔融态缓慢降温,制备得到混凝土骨料。

[0040] 上述垃圾焚烧飞灰和生活垃圾焚烧底渣的主要化学组成/%

	SiO <sub>2</sub>	CaO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O
[0041] 垃圾焚烧飞灰	24.68	32.64	0.91	2.16	3.17	2.51	2.47
生活垃圾焚烧底渣	65.27	11.12	13.67	1.83	3.01	—	—

[0042] 实施例2

[0043] 将64份垃圾焚烧飞灰、40份生活垃圾焚烧底渣、10份石灰石、15份脱硫石膏和5份电石渣分别进行研磨破碎,然后充分混合得到各组分粒径均介于100~130 $\mu\text{m}$ 之间的混合粉料,再称取100份混合粉料与27份水混匀静置0.5h,静置结束后进行造粒,然后将造粒得到的坯料加热至200°C,保温6min,结束后升温至1000°C,保温15min,然后继续升温至1300°C,保温10min。再由熔融态缓慢降温,制备得到混凝土骨料。

[0044] 垃圾焚烧飞灰和生活垃圾焚烧底渣同实施例1。

[0045] 实施例3

[0046] 将77份垃圾焚烧飞灰、52份生活垃圾焚烧底渣、16份石灰石、16份脱硫石膏和10份电石渣分别进行研磨破碎,然后充分混合得到各组分粒径均介于100~150 $\mu\text{m}$ 之间的混合粉料,再称取80份混合粉料与30份水混匀静置0.5h,静置结束后进行造粒,然后将造粒得到的

坯料加热至300℃,保温8min,结束后升温至850℃,保温20min,然后继续升温至1320℃,保温8min。再由熔融态缓慢降温,制备得到混凝土骨料。

[0047] 垃圾焚烧飞灰和生活垃圾焚烧底渣同实施例1。

[0048] 实施例4

[0049] 将80份垃圾焚烧飞灰、60份生活垃圾焚烧底渣、8份石灰石、10份脱硫石膏和6份电石渣分别进行研磨破碎,然后充分混合得到各组分粒径均介于200~250 $\mu\text{m}$ 之间的混合粉料,再称取90份混合粉料与30份水混匀静置0.5h,静置结束后进行造粒,然后将造粒得到的坯料加热至220℃,保温5min,结束后升温至800℃,保温15min,然后继续升温至1300℃,保温15min。再由熔融态缓慢降温,制备得到混凝土骨料。

[0050] 上述垃圾焚烧飞灰和生活垃圾焚烧底渣的主要化学组成/%

	SiO <sub>2</sub>	CaO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O
[0051] 垃圾焚烧飞灰	24.71	32.21	0.83	2.37	3.22	2.53	2.37
生活垃圾焚烧底渣	65.41	10.96	13.66	1.79	3.14	—	—

[0052] 实施例5

[0053] 将64份垃圾焚烧飞灰、44份生活垃圾焚烧底渣、6份石灰石、15份脱硫石膏和10份电石渣分别进行研磨破碎,然后充分混合得到各组分粒径均介于400~480 $\mu\text{m}$ 之间的混合粉料,再称取100份混合粉料与30份水混匀静置0.5h,静置结束后进行造粒,然后将造粒得到的坯料加热至220℃,保温5min,结束后升温至950℃,保温10min,然后继续升温至1280℃,保温10min。再由熔融态缓慢降温,制备得到混凝土骨料。

[0054] 垃圾焚烧飞灰和生活垃圾焚烧底渣同实施例4。

[0055] 实验例1

[0056] 依据GB/T 14685-2022对实施例1~5制备得到的混凝土骨料的有害物质含量、坚固性、压碎指标进行检测。检测结果如表1所示。

	有害物质含量/%	坚固性指标/%	压碎指标/%
实施例 1	0.3	4	15
实施例 2	0.2	3	18
[0057] 实施例 3	0.2	3	16
实施例 4	0.3	2	15
实施例 5	0.2	4	17

[0058] 从表1可以看出,本发明制备的得到的混凝土骨料中的有害物质含量极低,同时具有较高的强度,能够满足本领域的要求。另外通过GB/T41015-2021对实施例1~5制备的混凝土骨料的有害物质含量限值进行检测,发现均低于该标准限值(水浸出)。本发明还降低了制备过程中的熔融温度,降低了制备成本,具有推广意义。

[0059] 本说明书中各个实施例采用递进的方式描述,每个实施例重点说明的都是与其他实施例的不同之处,各个实施例之间相同相似部分互相参见即可。

[0060] 对所公开的实施例的上述说明,使本领域专业技术人员能够实现或使用本发明。对这些实施例的多种修改对本领域的专业技术人员来说将是显而易见的,本文中所定义的一般原理可以在不脱离本发明的精神或范围的情况下,在其它实施例中实现。因此,本发明将不会被限制于本文所示的这些实施例,而是要符合与本文所公开的原理和新颖特点相一致的最宽的范围。