



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104961363 B

(45)授权公告日 2017.10.10

(21)申请号 201510399659.3

C04B 7/44(2006.01)

(22)申请日 2015.07.09

C04B 7/52(2006.01)

(65)同一申请的已公布的文献号

C04B 18/16(2006.01)

申请公布号 CN 104961363 A

审查员 师蕙

(43)申请公布日 2015.10.07

(73)专利权人 湖南省小尹无忌环境能源科技开
发有限公司

地址 410205 湖南省长沙市高新开发区文
轩路27号麓谷钰园D-3区101号

(72)发明人 尹无忌 尹小林

(74)专利代理机构 长沙星耀专利事务所(普通
合伙) 43205

代理人 张慧 宁星耀

(51)Int.Cl.

C04B 7/24(2006.01)

权利要求书1页 说明书10页

(54)发明名称

一种用立窑厂处理废弃混凝土制活性渣粉
和骨料的方法

(57)摘要

一种用立窑厂处理废弃混凝土制活性渣粉和骨料的方法,利用立窑水泥生产线工艺装备,将破碎的废弃混凝土于立窑内经980℃~1280℃焙烧,然后经解理性粉磨、分选,制取活性渣粉和活性骨料。本发明可利用立窑水泥生产线设备,简便地、较低成本的有效利用废弃混凝土组成的全部组份,生产有较高附加值且市场用途广泛的优质活性渣粉和优质活性骨料。

1. 一种用立窑厂处理废弃混凝土制活性渣粉和骨料的方法,其特征在于,利用立窑水泥生产线工艺装备,将破碎的废弃混凝土于立窑内经 $980^{\circ}\text{C}\sim 1280^{\circ}\text{C}$ 焙烧,然后经解理性粉磨、分选,制取活性渣粉和活性骨料,主要包括如下步骤:

(1) 原、燃材料备料:将废弃混凝土破碎至 $\leq 40\text{mm}$,去钢筋,作为原料;以燃煤或\和煤矸石作为燃料,破碎为 $10\sim 40\text{mm}$ 块粒状,细粒状煤制成 $10\sim 40\text{mm}$ 粒状或棒状型煤;

(2) 活化焙烧:将经步骤(1)处理的废弃混凝土原料和块粒状燃料用布料斗布入立窑内,每Kg废弃混凝土原料配热 $100\sim 300\text{KCal}$,控制立窑内高温区段焙烧温度为 $980^{\circ}\text{C}\sim 1280^{\circ}\text{C}$;焙烧的时间控制为 $20\sim 60$ 分钟;

(3) 解理性粉磨:将步骤(2)所得的焙烧物料连续稳定的送入球磨机内,或者配入适宜于掺入活性渣粉的材料一起送入球磨机内;连续加入占入磨物料总量 $0.03\%\sim 0.3\%$ 的醇胺复合型解理性活化助磨剂,在活化助磨剂作用下,经球磨机内小球锻反复研磨为含活性骨料的混合粉料;

(4) 分离活性渣粉和骨料:将步骤(3)所得的含活性骨料的混合粉料送入分选系统,经选粉机分选和颗粒料洁净化分离处理,所得的 $80\mu\text{m}$ 筛余 $< 20\%$ 的细粉即为活性渣粉,所得的粒径 $\geq 0.2\text{mm}$ 的颗粒料即为具有表面活性的活性骨料。

2. 根据权利要求1所述的用立窑厂处理废弃混凝土制活性渣粉和骨料的方法,其特征在于,步骤(3)中,所述适宜于掺入活性渣粉的材料为石膏及其它材料。

3. 根据权利要求1或2所述的用立窑厂处理废弃混凝土制活性渣粉和骨料的方法,其特征在于,步骤(3)中,所述适宜于掺入活性渣粉的材料的质量百分比为 $0\sim 30\%$ 。

4. 根据权利要求1或2所述的用立窑厂处理废弃混凝土制活性渣粉和骨料的方法,其特征在于,所得的活性骨料进一步筛分为 5mm 以下的活性砂细骨料和 $\geq 5\text{mm}$ 的粗骨料。

5. 根据权利要求1或2所述的用立窑厂处理废弃混凝土制活性渣粉和骨料的方法,其特征在于,步骤(1)中,所述燃煤为石煤。

一种用立窑厂处理废弃混凝土制活性渣粉和骨料的方法

技术领域

[0001] 本发明涉及环保固废领域,尤其涉及一种利用立窑水泥生产线装备处理废弃混凝土制活性渣粉和骨料的方法。

背景技术

[0002] 当前,我国废弃混凝土日平均产生量已逾百万吨,且以每年8%的速度增长,预计2020年将达到6.5~7亿吨。这些废弃混凝土如果不能得到良好的再利用,不仅破坏生态环境,而且也是资源的巨大浪费,同时还将进一步加剧建材行业的生产负担。我国水泥产量居世界首位,2014年水泥产能近28亿吨;与此同时,水泥生产所需的石灰石、黏土等原材料却面临资源匮乏的局面。利用废弃混凝土制备再生水泥,通过水泥——混凝土材料的闭路循环,一方面可以直接减少整个混凝土生产系统的废弃物,实现废弃混凝土的高附加值再生利用;另一方面,能够有效缓解水泥工业的生产压力,减少对不可再生资源的消耗。

[0003] 近年来,废弃混凝土资源化利用国内外相关研究多集中于再生骨料,且以多级破碎、振动分选方式为主,但是,受废弃混凝土成分复杂性以及骨料与硬化砂浆分离技术的限制,我国现阶段再生骨料生产成本较高而产品性能有限,骨料破碎过程中产生大量裂缝损伤,且骨料表面嵌附有大量疏松的水泥石矿物,直接影响其应用。此外,再生骨料技术主要利用的是废弃混凝土中的粗骨料,而成本更高的砂浆、尤其是水泥石部分没有被有效的利用。

[0004] 在以废弃混凝土为原料煅烧水泥方面,目前研究的技术途径主要有二:

[0005] 其一是从废弃混凝土中分离出粗骨料,利用废弃混凝土中的粗骨料取代部分天然石灰石作为水泥钙质原料。申请号为201110307407.5的中国专利申请,公开了一种用废弃混凝土制备水泥熟料的方法;2012年4月《土木工程与环境工程》第34卷第2期“废弃混凝土再生水泥熟料的配制与性能”介绍了重庆大学万朝均等在实验室将废弃混凝土多次破碎、分离,去掉含砂较多的水泥石(<5mm颗粒物),获得以石灰石为主的颗粒(粒径5~20mm),取代天然石灰石煅烧熟料。武汉理工大学万惠文等同样以实验室条件利用废弃混凝土代替部分石灰石原料配料烧制水泥,实验室配料中石灰石取代率为60%时可煅烧出熟料。

[0006] 其技术途径二是利用废弃混凝土破碎后分离出的水泥石微粉、含砂硬化水泥石或者砂浆部分作为水泥生料组分。

[0007] 废弃混凝土经破碎、分选制备再生骨料过程中产生的细小微粒,主要成分为水泥石。有研究者将废弃混凝土破碎,经低温热处理、多次磨碎、分次筛分后的微粉(水泥石微粉)煅烧水泥。捷克研究人员用回收的混凝土微粉作为波特兰水泥生料组分,掺入富钙石灰石、铁质校正原料以及CaF₂,于实验室在1430℃煅烧熟料。申请号为201210492158.6的中国专利申请公开了一种废弃混凝土微粉活化方法,介绍了浙江大学孙家瑛等用废弃混凝土微粉与粉状硅酸钠混合后加热(250℃~350℃)1—2小时,冷却后再加脱硫石膏和熟石灰、硫酸铝酸盐、硅酸盐水泥熟料、三乙醇胺外加剂一起粉磨至大于450m²的粉料。

[0008] 经破碎的废弃混凝土中,水泥石与砂紧密黏接、不易分离,有研究者利用这种含砂

的硬化水泥石、或直接利用废砂浆为原料煅烧水泥。如山东大学陶珍东等采用热处理或者三乙醇胺(TEA)处理,并结合机械粉碎,将废弃混凝土中的基质胶凝组分(即水泥石组份)分离出来作为水泥原料,于实验室条件下掺量20%时,熟料强度与常规生料煅烧的熟料相差不大。同济大学王培铭等利用废弃混凝土中分离出的废砂浆为部分粘土替代原料,于实验室分别按照高C₃S、高C₂S和普通硅酸盐水泥3种典型配料煅烧熟料。

[0009] 但,国内外现有的实验显示,以分离后的含砂废弃混凝土胶凝组分为原料煅烧水泥熟料,存在一个关键性的技术难题——结晶态SiO₂的活化。砂的主要矿物成分为石英,在水泥煅烧时不易解聚出[SiO₄]⁴⁻(反应活性体)与CaO结合形成C₂S,进而影响生料易烧性;另外,由于硬度大、难磨,砂中SiO₂晶体的颗粒较粗,对熟料中硅酸盐矿物(C₂S、C₃S)的组成和晶型晶貌有不利影响。万惠文等的研究表明:随着分离后的废弃混凝土取代石灰石比例的上升,熟料中f-CaO含量增加、熟料质量下降;陶珍东等的研究配制的生料易烧性较差,且随着掺量增加,生料易烧性更差,熟料强度降低;王晓波利用以分离的废弃混凝土和废砖为主的建筑垃圾为原料煅烧熟料,随废弃混凝土建筑垃圾掺量增加,熟料抗压强度呈下降趋势。

[0010] 目前,利用废弃混凝土制备水泥的方法大都需要对原料进行破碎、筛分,将组分分离,不仅使废弃混凝土材料利用率偏低,而且增加产品的生产成本和能耗。而废弃混凝土中含有石灰石(粗骨料)和硅质原料(砂),硬化水泥石高温下脱水形成的氧化物成分与水泥生料基本相同,理论上完全可以利用废弃混凝土中所有组分作为原料制备再生水泥。这种方式突出的优点是:废弃混凝土无需分离处理,可以降低再生水泥成本,实现废弃混凝土的完全资源化利用;对原料加工要求精度低,适于大批量生产;废弃混凝土中的硬化水泥石、未水化水泥颗粒以及杂质离子可以促进熟料烧成,降低烧成能耗。但是当前尚没有技术方法可以解决废弃混凝土原料显著区别于普通水泥生料的特点,即国内外至今尚没有可行的技术方法可解决——存在硬化水泥石和由砂提供结晶度高的SiO₂作为硅质原料,及解决结晶态SiO₂的反应活性,以降低熟料烧成能耗、提高熟料质量的技术问题。

[0011] 另一方面,水泥作为最大宗建筑材料之一,为降低其生产成本或改善某些性能,通常加入一定量的掺合材,即水泥通常是采用熟料、掺合材、石膏经熟料配料后粉磨的混合物。常用的活性掺合材是水淬矿渣,其次是磷渣、钢渣、煤渣、粉煤灰及其他冶金废渣。视水泥品种及强度等级不同,掺合材通常用量占5~50%。为降低生产成本,部分水泥粉磨站所用掺合材的用量高达60~80%。由于掺合材需求量巨大,而可用的活性掺合材来源有限,许多企业不得不采用专门焙烧的煤矸石、烧页岩、烧粘土及砂岩、石灰石作为掺合材,甚至部分企业为降低生产成本采用大量的生矸石、碳质页岩乃至粘土质矿物等直接作为掺合材,导致部分水泥除强度和凝结时间正常外,实际上是不能用于机构工程的劣质水泥,而致使豆腐渣工程层出不穷。

[0012] 其次,大规模经济建设致使水泥混凝土工程用砂需求巨大,优质砂石资源逐渐枯竭,因技术与成本原因,高含泥量砂石及高含盐砂石(海砂)被广泛采用,现已严重影响到混凝土工程质量尤其是工程的耐久性。

[0013] 再者,原来量大面宽的立窑水泥线被淘汰、停产,实际上造成了社会财富的巨大浪费和失业率的攀升。

发明内容

[0014] 本发明所要解决的技术问题是,克服现有技术的不足,提供一种用立窑厂处理废弃混凝土制活性渣粉和骨料的方法,可利用立窑水泥生产线设备,简便地、较低成本的有效利用废弃混凝土组成的全部组份,生产有较高附加值且市场用途广泛的优质活性渣粉和优质活性骨料。

[0015] 本发明解决其技术问题采用的技术方案是,一种用立窑厂处理废弃混凝土制活性渣粉和骨料的方法,利用立窑水泥生产线工艺装备,将破碎的废弃混凝土于立窑内经 $980^{\circ}\text{C}\sim 1280^{\circ}\text{C}$ 焙烧,然后经解理性粉磨、分选,制取活性渣粉和活性骨料,主要包括如下步骤:

[0016] (1)原、燃材料备料:将废弃混凝土破碎至 $\leq 40\text{mm}$,去钢筋,作为原料;以燃煤或\和石煤或\和煤矸石作为燃料,破碎为 $10\sim 40\text{mm}$ 块粒状,细粒状煤制成 $10\sim 40\text{mm}$ 粒状或棒状型煤;

[0017] (2)活化焙烧:将经步骤(1)处理的废弃混凝土原料和块粒状燃料用布料斗布入立窑内,每Kg废弃混凝土原料配热 $100\sim 300\text{KCa1}$ (可视情况调整燃料配入量),控制立窑内高温区段焙烧温度为 $980^{\circ}\text{C}\sim 1280^{\circ}\text{C}$;焙烧的时间控制为 $20\sim 60$ 分钟;

[0018] 以确保块粒状废弃混凝土中的原水泥石矿物组份及原惰性的硅铝酸盐等矿物热分解活化后可以在原位吸收氧化钙化合为硅酸二钙、铁酸钙、铁铝酸钙、铝酸钙、硫铝酸钙、硫铁酸钙等有良好的水化活性的矿物,并形成大量的活性氧化钙,而在有限时间内氧化钙不会被死烧、并可保持水泥石结构疏松,且不会生成硅酸三钙;同时,石英砂骨料与水泥石的结合结构变得很疏松(结合部疏松则易于剥离和磨削),且石英砂的表面得以被高温碱活化形成表面活化的优质骨料,另一方面,碳酸钙骨料的外部区和破损裂缝区受热分解为活性氧化钙,较粗大颗粒的碳酸钙骨料的内核得以保留而化为较小粒径的优质骨料;

[0019] (3)解理性粉磨:将步骤(2)所得的焙烧物料连续稳定的送入球磨机内,或者配入石膏等适宜于掺入活性渣粉的材料一起送入球磨机内;连续加入占入磨物料总量 $0.03\%\sim 0.3\%$ 的醇胺复合型解理性活化助磨剂(市售产品,长沙紫宸科技开发有限公司提供的含醇醚和醇胺等组份的醇胺复合型解理性活化助磨剂),在活化助磨剂作用下,经球磨机内小球锻反复研磨为含活性骨料的混合粉料;

[0020] 所述石膏等适宜于掺入活性渣粉的材料配入量,按以下标准:配料后,石膏等适宜于掺入活性渣粉的材料的质量百分比为 $0\sim 30\%$;

[0021] (4)分离活性渣粉和骨料:将步骤(3)所得的含活性骨料的混合粉料送入分选系统,经选粉机分选和颗粒料洁净化分离处理,所得的 $80\mu\text{m}$ (微米)筛余 $< 20\%$ 的细粉即为活性渣粉,所得的粒径 $\geq 0.2\text{mm}$ 的颗粒料即为具有表面活性的活性骨料。

[0022] 所得的活性渣粉可供应水泥厂作为水泥掺配料,或供应商品混凝土搅拌站作为掺和料,或作为砌筑水泥或砌筑灰,或用于生产建筑砂浆。

[0023] 所得的活性骨料可进一步筛分为 5mm 以下的活性砂细骨料和 $\geq 5\text{mm}$ 的粗骨料。粗、细骨料再生过程中消除了因废弃混凝土强力破碎所产生的微裂缝损伤,且骨料表面经大量球锻磨削去除了尖锐棱角和全部的疏松组织,同时,骨料表面被高温碱化活化及醇胺型活化剂的吸附而成为具有良好表面活性的活性骨料。

[0024] 本发明的技术原理:

[0025] (1) 针对废弃混凝土,其材料组成为粗骨料、细骨料、水泥石,其量最大的粗骨料为石灰岩、细骨料为石英砂、水泥石为硅酸盐水泥,而硅酸盐水合矿物可再活化重生、骨料可高温碱蚀与磨削再生,且其种类具有批量化、并可进行定性和定量分析的特点,将废弃混凝土简单破碎处理作为生产活性渣粉和优质活性骨料的原料。

[0026] (2) 利用立窑生产线装备可焙烧块粒状物料、且通过加减燃料即可简便地调整窑内高温段焙烧温度、控制卸料速度即可控制焙烧时间、及可利用劣质燃料且环保相对易于处理的特点,对废弃混凝土进行简单破碎处理和立式窑焙烧,以降低废弃物的利用成本。

[0027] (3) 利用水泥水化生成的水合胶凝矿物(水泥石)及粘土类硅铝酸盐矿物在500~750℃可完全分解为活性氧化钙、氧化硅、氧化铝、氧化铁等矿物,于900℃左右又可开始化合,在980℃以上可快速大量化合生成硅酸二钙、铝酸钙、铁酸钙、铁铝酸钙、硫铝酸钙、硫铁酸钙等活性矿物,至1450℃左右才能生成硅酸三钙的特征,控制立窑内高温区段焙烧温度为980℃~1280℃,以确保块粒状废弃混凝土中的原水泥石矿物组份及原惰性的硅铝酸盐等矿物热分解活化后可以在原位吸收氧化钙化合为硅酸二钙、铁酸钙、铁铝酸钙、铝酸钙、硫铝酸钙、硫铁酸钙等良好水硬活性的矿物,并形成大量的活性氧化钙,而氧化钙在此温度区有限时间内不会被死烧,且不会生成硅酸三钙;同时,石英砂骨料与水泥石的结合结构变得很疏松(结合部疏松则易于剥离和磨削),且石英砂的表面得以被高温碱活化形成表面活化的优质骨料,另一方面,碳酸钙骨料的外部区和破损裂缝区受热分解为活性氧化钙,较粗大颗粒的碳酸钙骨料的内核得以保留而化为较小粒径的优质骨料。

[0028] (4) 针对980~1280℃处理废弃混凝土的骨料和水泥石矿物结合的结构疏松相对脆弱的点,加醇胺复合型解理性活化助磨剂协同作用,实施解理性粉磨,于球磨机内借小球锻反复研磨作用实现骨料与活性矿物的有效剥离;并利用硅酸盐矿物粉料及被高温碱表面活化的砂料对特定的醇胺类分子的吸附,尤其是对在水泥混凝土中具有排气功能的醇醚与醇胺复合型活化助磨剂的吸附,进一步活化活性渣粉和活性骨料表面,提高对其应用的混凝土的耐久性。

[0029] (5) 以通用的选粉机分选和颗粒料洁净化分离处理,获得活性渣粉和具有表面活性的优质活性骨料。

[0030] 以再生过程中的适宜焙烧温度和时间、及解理性活化助磨剂协同作用下的小球锻研磨,消除了因废弃混凝土强力破碎所产生的微裂缝损伤,且骨料表面经大量球锻反复磨削去除了尖锐棱角和全部的疏松组织,同时,骨料表面被高温碱化活化和活化剂吸附而成为具有良好表面活性的活性骨料。

[0031] 本发明的有益效果:

[0032] (1) 为分布面广、数量众多的立窑水泥企业的产业转型提供了一种可行的方案,利于盘活社会存量资产,提供就业机会。

[0033] (2) 可有效利用大量弃置的废弃混凝土,利于保护社会生态环境及自然环境。

[0034] (3) 可实现废弃混凝土的完全循环利用,提供大量的优质活性渣粉和优质再生骨料,减少经济建设所需水泥的生产对有限的自然资源石灰石、粘土、页岩等的消耗,减少工程建设需要对自然砂石资源的过度开采和消耗,实现资源循环利用。

[0035] (4) 充分利用年产生量巨大的废弃混凝土再生活性渣粉和优质骨料,可一定程度上解决水泥企业掺合材的短缺问题,利于抑制水泥生产中搭掺劣质掺和材尤其是生研石、

生页岩、粘土质等有害原料,同时,减少当前过度的高含泥量砂石、高含氯碱砂石的利用,减少一些劣质水泥和豆腐渣工程的出现。

具体实施方式

[0036] 以下结合具体实施例对本发明作进一步详细说明。

[0037] 实施例1

[0038] 用某刚停窑待拆的 $\phi 3 \times 8\text{m}$ 立窑水泥生产线工艺装备,按下述步骤制取活性渣粉和活性骨料:

[0039] (1)原、燃材料备料:废弃混凝土为取自民房拆解弃置于山地的废弃混凝土,检测废弃混凝土块状物中含有不便于剔除的废砖类建筑垃圾,其中废弃混凝土平均质量占比82.1%、废砖质量占比17.9%,其废弃混凝土材料构成组份为石灰石质粗骨料、石英砂质细骨料和普通水泥,废砖为烧粘土砖和煤渣水泥砖。将废弃混凝土破碎至 $\leq 30\text{mm}$,去钢筋,作为原料;以粒径20mm的棒状型煤作为燃料;

[0040] (2)活化焙烧:将所得块粒状废弃混凝土原料和棒状燃料用布料斗布入立窑内,每Kg废弃混凝土原料配热按130KCal,视情况调整燃料配入量,控制立窑内高温区段焙烧温度为 $1050^{\circ}\text{C} \sim 1280^{\circ}\text{C}$,焙烧的时间控制为24~40分钟;以确保块粒状废弃混凝土的焙烧质量。

[0041] 取焙烧的物料进行衍射分析、显微电镜观测及化学分析,废弃混凝土中的原水泥石矿物组份及原惰性的硅铝酸盐等矿物热分解活化良好,在原位吸收氧化钙化合为硅酸二钙、铁酸钙、铁铝酸钙、铝酸钙、硫铝酸钙、硫铁酸钙等有良好的水化活性的矿物,并形成有大量的活性氧化钙,其在有限时间内氧化钙无被死烧现象、水泥石结构疏松,未见生成硅酸三钙矿物;同时,石英砂骨料与水泥石的结合结构变得很疏松(结合部疏松易于剥离和磨削),且石英砂的表面已被高温碱活化形成表面活化的优质骨料,另一方面,碳酸钙骨料的外部区和破损裂缝区受热分解为活性氧化钙,较粗大颗粒的碳酸钙骨料的内核得以保留而化为较小粒径的优质骨料。

[0042] (3)解理性粉磨:将所得的焙烧物料连续送入球磨机内,加长沙紫宸科技开发有限公司提供的含乙醇醚和醇胺等组份的醇胺复合型解理性活化助磨剂(市售),用量为焙烧物料质量的千分之一,在活化助磨剂的协同作用下,经球磨机内小球锻反复研磨为含具有表面活性骨料的混合粉料;

[0043] (4)分离活性渣粉和骨料:将上述所得的含具有表面活性骨料的混合粉料送入分选系统,经选粉机分选和颗粒料洁净化分离处理,所得的 $80\mu\text{m}$ (微米)筛余 $< 6\%$ 的细粉即为活性渣粉,所得的粒径 $\geq 0.2\text{mm}$ 的颗粒料即为具有表面活性的优质骨料。

[0044] 所得的活性渣粉经衍射分析显示主要矿物为硅酸二钙、氧化钙、铝酸钙、铁铝酸钙、硫铝酸钙等,物检指标:安定性合格,初凝时间2:31、终凝时间3:13,3天抗压强度14.7MPa、抗折强度1.9MPa,28天抗压强度29.1MPa、抗折强度4.7MPa。试验所得活性渣粉共计1561吨,分别供应水泥厂、商品混凝土搅拌站和建筑工地应用,供应某粉磨站900吨直接作为生产水泥掺合粉料,供应某商品混凝土搅拌站600吨作为掺和料,供应某建筑工地61吨作为砌筑水泥,三个不同类用户的反馈意见一致:易起浆和易性好,施工性好,强度高。

[0045] 所得的骨料经振动筛筛分为5mm以下的活性砂细骨料和 $\geq 5\text{mm}$ 的粗骨料。经检测,粗、细骨料表面状态为圆润无棱角。这是由于粗细骨料在再生过程中消除了因废弃混凝土

强力破碎所产生的微裂缝损伤,且骨料表面经大量球锻反复磨削去除了尖锐棱角和全部的疏松组织,同时,骨料表面被活化而成为了具有表面活性的优质骨料。

[0046] 所得的活性砂料经送检反馈质量与优质天然石英砂的强度、弹性模量相当。活性砂料的活性系数或界面活性系数因无标准未做检测。供民用建筑用户使用效果很好,用于砂浆或水泥混凝土易起浆。制成的砂浆及混凝土块养护3个月破碎检测,活性砂料表面与水泥石矿物结合致密、砂与水泥石界面为无缺陷高强度过渡型结构,未见普通砂料与水泥石矿物之间的界面结合缺陷。

[0047] 实施例2

[0048] 用某山沟正在运行的 $\phi 2.8 \times 7.8\text{m}$ 立窑水泥生产线工艺装备,按下述步骤制取活性渣粉和活性骨料:

[0049] (1)原、燃材料备料:废弃混凝土取自弃置的高速公路维修拆解废弃混凝土,检测废弃混凝土材料构成组份为石灰石质粗骨料、石英砂质细骨料和普通水泥。将废弃混凝土破碎至 $\leq 30\text{mm}$,作为原料;以破碎的粒径 $< 30\text{mm}$ 石煤作为燃料。

[0050] (2)活化焙烧:将所得块粒状废弃混凝土原料和块粒状石煤燃料用布料斗布入立窑内,每Kg废弃混凝土原料配热按 200KCa1 ,视情况调整燃料配入量,控制立窑内高温区段焙烧温度为 $1000^\circ\text{C} \sim 1280^\circ\text{C}$,焙烧的时间控制为 $25 \sim 40$ 分钟以确保块粒状废弃混凝土的焙烧质量;

[0051] 取焙烧的物料-焙烧混凝土和石煤残粒进行衍射分析、显微电镜观测及化学分析,废弃混凝土中的原水泥石矿物组份及原惰性的硅铝酸盐等矿物热分解活化良好,在原位吸收氧化钙化合为硅酸二钙、铁酸钙、铁铝酸钙、铝酸钙、硫铝酸钙、硫铁酸钙等有良好的水化活性的矿物,并形成大量的活性氧化钙,其在有限时间内氧化钙无被死烧现象,石煤灰渣颗粒表面亦形成大量的活性胶凝矿物,且从外向内呈梯度分布。水泥石结构疏松,未见生成硅酸三钙矿物;同时,石英砂骨料与水泥石的结合结构变得很疏松(结合部疏松易于剥离和磨削),且石英砂的表面已被高温碱活化形成表面活化的优质骨料,另一方面,碳酸钙骨料的外部区和破损裂缝区受热分解为活性氧化钙,较粗大颗粒的碳酸钙骨料的内核得以保留而化为较小粒径的优质骨料。

[0052] (3)解理性粉磨:将所得的焙烧混合物料94%和6%的脱硫石膏配料(焙烧混合物料按质量百分比94%,脱硫石膏按质量百分比6%配料),送入球磨机内,加长沙紫宸科技开发有限公司提供的醇胺复合型解理性活化助磨剂(市售),用量为焙烧物料质量的千分之一,在活化助磨剂的协同作用下,经球磨机内小球锻反复研磨为含具有表面活性骨料的混合粉料;

[0053] (4)分离活性渣粉和骨料:将上述所得的含具有表面活性骨料的混合粉料送入分选系统,经选粉机分选和颗粒料洁净化分离处理,所得的 $80\mu\text{m}$ (微米)筛余 $< 8\%$ 的细粉即为活性渣粉,所得的粒径 $\geq 0.2\text{mm}$ 的颗粒料即为具有表面活性的优质骨料。所得的活性渣粉经衍射分析显示主要矿物为硅酸二钙、氧化钙、铝酸钙、铁铝酸钙、硫铝酸钙等,物检指标:安定性合格,初凝时间 $2:43$ 、终凝时间 $3:33$,3天抗压强度 13.7MPa 、抗折强度 1.6MPa ,28天抗压强度 27.8MPa 、抗折强度 4.6MPa 。此立窑水泥厂用所得的活性渣粉与该厂的32.5级水泥按 $1:1$ 比例掺和均匀作为32.5级水泥供应民用建筑,用户反馈起浆性好(和易性好)、施工性好,强度高。

[0054] 所得的骨料经检测,粗细骨料表面状态为圆润无棱角。这是由于粗细骨料在再生过程中消除了因废弃混凝土强力破碎所产生的微裂缝损伤,且骨料表面经大量球锻反复磨削去除了尖锐棱角和全部的疏松组织,同时,骨料表面被活化而成为了具有表面活性的优质骨料。

[0055] 混合粒径骨料未经进一步分选,直接供民用建筑,用户反映使用效果很好,用于砂浆或水泥混凝土易起浆。

[0056] 所得的活性砂料经送检反馈质量与优质天然石英砂的强度、弹性模量相当。活性砂料的活性系数或界面活性系数因无标准未做检测。制成的砂浆及混凝土块养护3个月破碎检测,活性砂料表面与水泥石矿物结合致密、砂与水泥石界面为无缺陷高强度过渡型结构,未见普通砂料与水泥石矿物之间的界面结合缺陷。

[0057] 实施例3

[0058] 用某 $\phi 3.8 \times 8.5\text{m}$ 立窑水泥生产线工艺装备,按下述步骤进行制取活性渣粉和活性骨料的试验:

[0059] (1)原、燃材料备料:废弃混凝土取自小区拆解弃置于山地的废弃混凝土,检测废弃混凝土中含有不便于剔除的废砖类建筑垃圾,其中废弃混凝土平均质量占比62.8%、废砖质量占比37.2%,其废弃混凝土材料构成组份为石灰石质粗骨料、石英砂质细骨料和普通水泥,废砖为烧粘土砖和煤渣水泥砖。将废弃混凝土破碎至 $<30\text{mm}$ 作为原料;以破碎至粒径 $<40\text{mm}$ 的块粒状无烟煤作为燃料。

[0060] (2)活化焙烧:将所得块粒状废弃混凝土原料和块粒状燃料用布料斗布入立窑内,每Kg废弃混凝土原料配热按 135KCa1 ,视情况调整燃料配入量,控制立窑内高温区段焙烧温度为 $980^\circ\text{C} \sim 1280^\circ\text{C}$,焙烧的时间控制为 $20 \sim 35$ 分钟,以确保块粒状废弃混凝土的焙烧质量。

[0061] 取焙烧的物料进行衍射分析、显微电镜观测及化学分析,废弃混凝土中的原水泥石矿物组份及原惰性的硅铝酸盐等矿物热分解活化良好,在原位吸收氧化钙化合为硅酸二钙、铁酸钙、铁铝酸钙、铝酸钙、硫铝酸钙、硫铁酸钙等有良好的水化活性的矿物,并形成大量的活性氧化钙,其在有限时间内氧化钙无被死烧现象、水泥石结构疏松,未见生成硅酸三钙矿物;同时,石英砂骨料与水泥石的结合结构变得很疏松(结合部疏松易于剥离和磨削),且石英砂的表面已被高温碱活化形成表面活化的优质骨料,另一方面,碳酸钙骨料的外部区和破损裂缝区受热分解为活性氧化钙,较粗大颗粒的碳酸钙骨料的内核得以保留而化为较小粒径的优质骨料。

[0062] (3)解理性粉磨:将所得的焙烧物料送入球磨机内,加长沙紫宸科技开发有限公司提供的醇胺复合型解理性活化助磨剂(市售),用量为焙烧物料质量的千分之一,在活化助磨剂的协同作用下,经球磨机内小球锻反复研磨为含具有表面活性骨料的混合粉料;

(4)分离活性渣粉和骨料:将上述所得的含具有表面活性骨料的混合粉料送入分选系统,经选粉机分选和颗粒料洁净化分离处理,所得的 $80\mu\text{m}$ 筛余 $<5\%$ 的细粉即为活性渣粉,所得的粒径 $\geq 0.2\text{mm}$ 的颗粒料即为具有表面活性的优质骨料。

[0063] 所得的活性渣粉经衍射分析显示主要矿物为硅酸二钙、氧化钙、铝酸钙、铁铝酸钙、硫铝酸钙等,物检指标:安定性合格,初凝时间 $2:22$ 、终凝时间 $3:13$,3天抗压强度 13.8MPa 、抗折 1.6MPa ,28天抗压强度 28.2MPa 、抗折 4.5MPa 。试验所得活性渣粉用于该水泥厂生产32.5级和42.5级水泥,在出磨水泥中掺配后一起入选粉机,其32.5级水泥掺配量为

出磨水泥量的100%，即1:1。其42.5级水泥掺配量为出磨水泥量的60%，即1:0.6。生产的32.5级水泥供民用建筑，生产的42.5级水泥供应商品混凝土搅拌站。用户的反馈意见：易起浆和易性好，施工性好，强度高。

[0064] 所得的骨料经振动筛筛分为5mm以下的活性砂细骨料和>5mm的粗骨料。经检测，粗、细骨料表面状态为圆润无棱角。这是由于粗细骨料在再生过程中消除了因废弃混凝土强力破碎所产生的微裂缝损伤，且骨料表面经大量球锻反复磨削去除了尖锐棱角和全部的疏松组织，同时，骨料表面被活化而成为了具有表面活性的活性骨料。

[0065] 所得的活性砂料经送检反馈质量与优质天然石英砂的强度、弹性模量相当。活性砂料的活性系数或界面活性系数因无标准未做检测。供民用建筑用户反映使用效果很好，用于砂浆或水泥混凝土易起浆。制成的砂浆及混凝土块养护3个月破碎检测，活性砂料表面与水泥石矿物结合致密、砂与水泥石界面为无缺陷高强度过渡型结构，未见普通砂料与水泥石矿物之间的界面结合缺陷。

[0066] 实施例4

[0067] 用某 $\phi 3.2 \times 8\text{m}$ 立窑水泥生产线工艺装备，按下述步骤进行制取活性渣粉和活性骨料的试验：

[0068] (1)原、燃材料备料：废弃混凝土取自弃置于山地的公路翻修、楼板、管桩废弃混凝土，检测废弃混凝土材料构成组份为石灰石质粗骨料、石英砂质细骨料和普通水泥。将废弃混凝土破碎至<30mm作为原料；以破碎至粒径<40mm的块粒状无烟煤和煤矸石(质量比1:1搭配)作为燃料。

[0069] (2)活化焙烧：将所得块粒状废弃混凝土原料和块粒状燃料用布料斗布入立窑内，每Kg废弃混凝土原料配热按153KCal，视情况调整燃料配入量，控制立窑内高温区段焙烧温度为1080℃~1280℃，焙烧的时间控制为30~45分钟，以确保块粒状废弃混凝土的焙烧质量。

[0070] 取焙烧的物料进行衍射分析、显微电镜观测及化学分析，废弃混凝土中的原水泥石矿物组份及原惰性的硅铝酸盐等矿物热分解活化良好，在原位吸收氧化钙化合为硅酸二钙、铁酸钙、铁铝酸钙、铝酸钙、硫铝酸钙、硫铁酸钙等有良好的水化活性的矿物，并形成有大量的活性氧化钙，其在有限时间内氧化钙无被死烧现象、水泥石结构疏松，未见生成硅酸三钙矿物；同时，石英砂骨料与水泥石的结合结构变得很疏松(结合部疏松易于剥离和磨削)，且石英砂的表面已被高温碱活化形成表面活化的优质骨料，另一方面，碳酸钙骨料的外部区和破损裂缝区受热分解为活性氧化钙，较粗大颗粒的碳酸钙骨料的内核得以保留而化为较小粒径的优质骨料。

[0071] (3)解理性粉磨：将所得的焙烧物料送入球磨机内，加长沙紫宸科技开发有限公司提供的醇胺复合型解理性活化助磨剂(市售)，用量为焙烧物料质量的千分之二，在活化助磨剂的协同作用下，经球磨机内小球锻反复研磨为含具有表面活性骨料的混合粉料；

[0072] (4)分离活性渣粉和骨料：将上述所得的含具有表面活性骨料的混合粉料送入分选系统，经选粉机分选和颗粒料洁净化分离处理，所得的80 μm (微米)筛余<7%的细粉即为活性渣粉，所得的粒径 $\geq 0.2\text{mm}$ 的颗粒料，即为具有表面活性的优质骨料。

[0073] 所得的活性渣粉经衍射分析显示主要矿物为硅酸二钙、氧化钙、铝酸钙、铁铝酸钙、硫铝酸钙等。物检指标：安定性合格，初凝时间2:46、终凝时间3:37，3天抗压强度

17.2MPa、抗折3.1MPa,28天抗压强度31.6MPa、抗折5.3MPa。试验所得活性渣粉用于该水泥厂生产32.5级水泥,在出磨水泥中掺配后一起入选粉机,其32.5级水泥掺配量为出磨水泥量的100%,即1:1。生产的32.5级水泥供民用建筑。用户的反馈意见:易起浆和易性好,施工性好,强度好。

[0074] 所得的骨料经振动筛筛分为5mm以下的活性砂细骨料和 ≥ 5 mm的粗骨料。经检测,粗、细骨料表面状态为圆润无棱角。这是由于粗细骨料在再生过程中消除了因废弃混凝土强力破碎所产生的微裂缝损伤,且骨料表面经大量球锻反复磨削去除了尖锐棱角和全部的疏松组织,同时,骨料表面被活化而成为了具有表面活性的优质骨料。

[0075] 所得的活性砂料经送检反馈质量与优质天然石英砂的强度、弹性模量相当。活性砂料的活性系数或界面活性系数因无标准未做检测。供民用建筑用户反映使用效果很好,用于砂浆或水泥混凝土易起浆。制成的砂浆及混凝土块养护3个月破碎检测,活性砂料表面与水泥石矿物结合致密、砂与水泥石界面为无缺陷高强度过渡型结构,未见普通砂料与水泥石矿物之间的界面结合缺陷。

[0076] 实施例5

[0077] 用某 $\phi 3 \times 8$ m立窑水泥生产线工艺装备,按下述步骤制取活性渣粉和活性骨料:

[0078] (1)原、燃材料备料:废弃混凝土取自小区拆解弃置于山地的废弃混凝土及公路翻修废弃混凝土,检测废弃混凝土中含有废砖类建筑垃圾,亦含有部分废弃陶粒混凝土和石灰石骨料砂浆,其中废弃普通混凝土平均质量占比54.7%、陶粒混凝土占比6.8%、石灰石骨料砂浆占比7.1%、废砖质量占比31.4%,其废弃混凝土材料构成组份为石灰石质粗骨料、石英砂细骨料和普通水泥,废砖为烧粘土砖和煤渣水泥砖。将含有建筑垃圾的废弃混凝土破碎至 < 30 mm,铲车均化,作为原料;以破碎至粒径 < 40 mm的块粒状无烟煤作为燃料。

[0079] (2)活化焙烧:将所得块粒状废弃混凝土原料和块粒状燃料用布料斗布入立窑内,每Kg废弃混凝土原料配热按167KCa1,视情况调整燃料配入量,控制立窑内高温区段焙烧温度为 $980^{\circ}\text{C} \sim 1280^{\circ}\text{C}$,焙烧的时间控制为25~35分钟以确保块粒状废弃混凝土的焙烧质量。

[0080] 取焙烧的物料进行衍射分析、显微电镜观测及化学分析,废弃混凝土中的原水泥石矿物组份及原惰性的硅铝酸盐等矿物热分解活化良好,在原位吸收氧化钙化合为硅酸二钙、铁酸钙、铁铝酸钙、铝酸钙、硫铝酸钙、硫铁酸钙等有良好的水化活性的矿物,并形成大量的活性氧化钙,其在有限时间内氧化钙无被死烧现象、水泥石结构疏松,未见生成硅酸三钙矿物;同时,石英砂骨料与水泥石的结合结构变得很疏松(结合部疏松易于剥离和磨削),且石英砂的表面已被高温碱活化形成表面活化的优质骨料,另一方面,碳酸钙骨料的外部区和破损裂缝区受热分解为活性氧化钙,较粗大颗粒的碳酸钙骨料的内核得以保留而化为较小粒径的优质骨料。

[0081] (3)解理性粉磨:将所得的焙烧物料送入球磨机内,加长沙紫宸科技开发有限公司提供的醇胺复合型解理性活化助磨剂(市售),用量为焙烧物料质量的千分之一,在活化助磨剂的协同作用下,经球磨机内小球锻反复研磨为含具有表面活性骨料的混合粉料;

[0082] (4)分离活性渣粉和骨料:将上述所得的含具有表面活性骨料的混合粉料送入分选系统,经选粉机分选和颗粒料洁净化分离处理,所得的细粉即为活化渣粉 $80\mu\text{m}$ 筛余 $< 8\%$ 的细粉即为活性渣粉,所得的粒径 ≥ 0.2 mm的颗粒料,即为具有表面活性的优质骨料。所得的活性渣粉经衍射分析显示主要矿物为硅酸二钙、氧化钙、铝酸钙、铁铝酸钙、硫铝酸钙等,

物检指标:安定性合格,初凝时间2:17、终凝时间3:13,3天抗压强度14.7MPa、抗折2.4MPa,28天抗压强度29.2MPa、抗折4.8MPa。试验所得活性渣粉用于该水泥厂生产32.5级和42.5级水泥,在出磨水泥中掺配后一起入选粉机,其32.5级水泥掺配量为出磨水泥量的100%,即1:1。其42.5级水泥掺配量为出磨水泥量的50%,即1:0.5。生产的32.5级水泥供民用建筑,生产的42.5级水泥供应商品混凝土搅拌站。用户的反馈意见:易起浆和易性好,施工性好,强度高。

[0083] 所得的骨料经振动筛筛分为5mm以下的活性砂细骨料和>5mm的粗骨料。经检测,粗、细骨料表面状态为圆润无棱角。这是由于粗细骨料在再生过程中消除了因废弃混凝土强力破碎所产生的微裂缝损伤,且骨料表面经大量球锻反复磨削去除了尖锐棱角和全部的疏松组织,同时,骨料表面被活化而成为了具有表面活性的优质骨料。

[0084] 所得的活性砂料经送检反馈质量与优质天然石英砂的强度、弹性模量相当。活性砂料的活性系数或界面活性系数因无标准未做检测。供民用建筑用户反映使用效果很好,用于砂浆或水泥混凝土易起浆。制成的砂浆及混凝土块养护3个月破碎检测,活性砂料表面与水泥石矿物结合致密、砂与水泥石界面为无缺陷高强度过渡型结构,未见普通砂料与水泥石矿物之间的界面结合缺陷。