



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102878552 B

(45) 授权公告日 2015. 04. 15

(21) 申请号 201210232754. 0

(22) 申请日 2012. 07. 06

(73) 专利权人 华北电力大学

地址 102206 北京市昌平区朱辛庄北农路 2 号

(72) 发明人 董长青 梁志永 覃昊 胡笑颖 肖显斌 高攀

(74) 专利代理机构 北京众合诚成知识产权代理有限公司 11246

代理人 张文宝

(51) Int. Cl.

F23C 10/28(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 102037280 A, 2011. 04. 27,

CN 101216175 A, 2008. 07. 09,

CN 101746721 A, 2010. 06. 23,

CN 101672530 A, 2010. 03. 17,

CN 101671002 A, 2010. 03. 17,

CN 1754065 A, 2006. 03. 29,

CN 1493814 A, 2004. 05. 05,

US 2009020405 A1, 2009. 01. 22,

审查员 朱丽丹

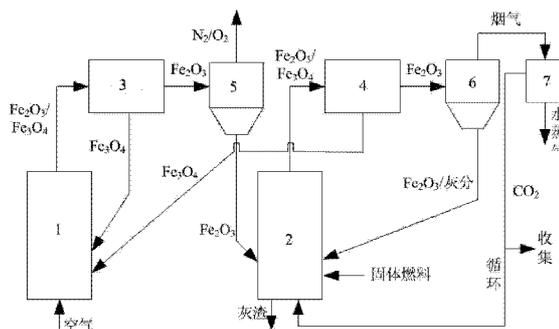
权利要求书1页 说明书3页 附图1页

(54) 发明名称

一种基于磁性载氧体的固体燃料化学链燃烧系统及工艺

(57) 摘要

本发明属于化学链燃烧技术领域,具体涉及一种基于磁性载氧体的固体燃料化学链燃烧系统及工艺。该系统是基于铁基载氧体在氧化-还原反应过程中,高价态 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>无磁性、低价态 Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>有磁性的特点,利用电磁控制装置,将包含低价态 Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>的载氧体从燃料反应器中分离出来,送入空气反应器,同时将包含高价态 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>的载氧体从空气反应器中分离出来,送入燃料反应器,从而完成煤、生物质等固体燃料的化学链燃烧。该系统利用电磁分离装置,不仅有效实现了固体燃料直接化学链燃烧过程中,载氧体与未燃尽固体燃料、燃尽灰渣等固体颗粒的高效分离,而且还实现了高价态 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>和低价态 Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>的有效分离,从而实现了载氧体的高效充分利用。



1. 一种基于磁性载氧体的固体燃料化学链燃烧系统,空气反应器(1)与第一气固分离装置(5)相连,第一气固分离装置(5)的固体出口与燃料反应器(2)相连;燃料反应器(2)与第二气固分离装置(6)相连,第二气固分离装置(6)的固体出口与燃料反应器(2)相连,第二气固分离装置(6)的气体出口与冷凝装置(7)的入口相连,冷凝装置(7)的气体出口与燃料反应器(2)相连,其特征在于,

在空气反应器(1)与第一气固分离装置(5)之间,以及燃料反应器(2)与第二气固分离装置(6)之间设置至少一个电磁控制装置;

具体连接方式为:

在空气反应器(1)与第一气固分离装置(5)之间设置第一电磁控制装置(3)时,空气反应器(1)出口与第一电磁控制装置(3)的进口相连,第一电磁控制装置(3)的磁性载氧体出口与空气反应器(1)相连,第一电磁控制装置(3)的无磁性载氧体出口通过第一气固分离装置(5)与燃料反应器(2)相连;

在燃料反应器(2)与第二气固分离装置(6)之间设置第二电磁控制装置(4)时,燃料反应器(2)的出口与第二电磁控制装置(4)的入口相连,第二电磁控制装置(4)的磁性载氧体出口与空气反应器(1)相连,第二电磁控制装置(4)的无磁性载氧体出口与第二气固分离装置(6)的入口相连。

2. 根据权利要求1所述的一种基于磁性载氧体的固体燃料化学链燃烧系统,其特征在于,所述空气反应器(1)和燃料反应器(2)均为流化床反应器。

3. 一种基于权利要求1所述系统的燃烧工艺,其特征在于,将固体燃料和载氧体送入燃烧反应器(2)中混合燃烧并发生氧化和还原反应,利用第二电磁控制装置(4)将反应后载氧体中包含高价态无磁性金属氧化物的无磁性载氧体与包含低价态磁性金属氧化物的磁性载氧体相分离,将无磁性载氧体送入燃料反应器(2),将磁性载氧体送入空气反应器(1),提高载氧体的循环效率。

4. 根据权利要求3所述的燃烧工艺,其特征在于:所述载氧体为铁基载氧体,所述低价态磁性金属氧化物为 $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ,高价态无磁性金属氧化物为 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 。

5. 根据权利要求3所述的燃烧工艺,其特征在于:所述固体燃料为煤粉颗粒或生物质颗粒。

## 一种基于磁性载氧体的固体燃料化学链燃烧系统及工艺

### 技术领域

[0001] 本发明属于化学链燃烧技术领域,具体涉及一种基于磁性载氧体的固体燃料化学链燃烧系统及工艺。

### 背景技术

[0002] 近年来,全球气候变暖趋势日益加剧,各种自然灾害也明显增加,大量研究表明这与人类利用化石燃料有着密切的联系。煤、石油与天然气等化石燃料提供了 85% 以上的世界用能的同时,但也在燃烧利用过程中也产生了大量的温室气体,是导致温室效应的一个主要原因。1997 年京都会议制定的颇具影响的《京都议定书》中规定了六种主要的温室气体:CO<sub>2</sub>、CH<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>O、NFC<sub>s</sub>、PFC<sub>s</sub>、SF<sub>6</sub>,其中 CO<sub>2</sub>的增加对增强温室效应的贡献大约是 70%,因此公约的核心是节约能源、提高能源利用效率以达到控制和减少 CO<sub>2</sub>排放。尽管人类活动所引起的 CO<sub>2</sub>的排放量比自然循环过程中的释放量要少得多,但在人类大量使用化石燃料之前,地球上 CO<sub>2</sub>的排放与吸收基本上出于平衡状态;而人类活动排放的大量 CO<sub>2</sub>,使得这种平衡在短时间内被打破,从而导致温室效应的加剧。并且 CO<sub>2</sub>在大气中的寿命很长(50-200 年),而且自然界对 CO<sub>2</sub>的吸收率非常小,使得 CO<sub>2</sub>在自然界中的累积量急剧增加。因此,减少化石燃料燃烧所排放的 CO<sub>2</sub>对于控制温室效应和全球变暖具有重要的意义。

[0003] 因此,如何减少 CO<sub>2</sub>的排放成为各国关注的热点。化学链燃烧一种减排 CO<sub>2</sub>的有效方法,它是通过载氧体将空气中的氧以晶格氧的方式传递给燃料,实现燃料在无空气氛围下的燃烧,从而富集 CO<sub>2</sub>。化学链燃烧系统包括 2 个反应器,即燃料反应器和空气反应器。金属氧化物作为氧载体在两个反应器中循环,实现氧和能量的转移。

[0004] 一个高效的化学链燃烧系统至少要满足下述三个主要条件:

[0005] (1) 在空气反应器和燃料反应器间运载足够的载氧体;

[0006] (2) 能够提供足够的反应时间;

[0007] (3) 能够阻止两个反应器之间的气体混合。目前,国内外大多采用的是串行流化床反应器化学链燃烧系统。其中,空气反应器为快速流化床,空气将载氧体颗粒携带到气固分离器,载氧体经分离进入燃料反应器,载氧体与燃料反应后由燃料反应器进入一个颗粒密封装置回到空气反应器。虽然这种反应器由较高的燃气转化效率,但在固体燃料化学链燃烧系统中,受其结构和工作原理的限制,其存在着固体混合物分离困难等问题,导致载氧体的传递量和利用效率均较低,实现大型化运行仍然任重道远。化学链燃烧反应器不仅要符合前述化学链燃烧系统的运行要求,还要考虑到其大型化和简易化运行的要求。完成上述要求才能使得化学链燃烧技术带来实质性的经济价值和社会价值。

### 发明内容

[0008] 本发明的目的在于克服现有技术的不足,提供一种基于磁性载氧体的固体燃料化学链燃烧反应系统及工艺。

[0009] 本发明采用的技术方案是:

[0010] 空气反应器与第一气固分离装置相连,第一气固分离装置的固体出口与燃料反应器相连;燃料反应器与第二气固分离装置相连,第二气固分离装置的固体出口与燃料反应器相连,第二气固分离装置的气体出口与冷凝装置的入口相连,冷凝装置的气体出口与燃料反应器相连,在空气反应器与第一气固分离装置之间,以及燃料反应器与第二气固分离装置之间设置至少一个电磁控制装置。

[0011] 具体连接方式为:

[0012] 在空气反应器与第一气固分离装置之间设置第一电磁控制装置时,空气反应器出口与第一电磁控制装置的进口相连,第一电磁控制装置的磁性载氧体出口与空气反应器相连,第一电磁控制装置的无磁性载氧体出口通过第一气固分离装置与燃料反应器相连;

[0013] 在燃料反应器与第二气固分离装置之间设置第二电磁控制装置时,燃料反应器的出口与第二电磁控制装置的入口相连,第二电磁控制装置的磁性载氧体出口与空气反应器相连,第二电磁控制装置的无磁性载氧体出口与第二气固分离装置的入口相连。

[0014] 所述空气反应器和燃料反应器均为流化床反应器。

[0015] 本发明提供的基于上述燃烧系统的燃烧工艺为:将固体燃料和载氧体送入燃烧反应器中混合燃烧并发生氧化和还原反应,利用电磁控制装置将反应后载氧体中包含高价态无磁性金属氧化物的无磁性载氧体与包含低价态磁性金属氧化物的磁性载氧体相分离,将无磁性载氧体送入燃料反应器,将磁性载氧体送入空气反应器,提高载氧体的循环效率。

[0016] 所述载氧体为铁基载氧体,所述低价态磁性金属氧化物为  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ,高价态无磁性金属氧化物为  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 。

[0017] 所述固体燃料为煤粉颗粒或生物质颗粒。

[0018] 本实发明与现有技术比较具有以下优点:

[0019] 本发明利用铁基载氧体在氧化-还原反应过程中,高价态  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  无磁性、低价态  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  有磁性的特点,利用电磁控制装置,将包含低价态  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  的载氧体从燃料反应器中分离出来,送入空气反应器,同时将包含高价态  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  的载氧体从空气反应器中分离出来,送入燃料反应器;从而不仅有效实现了固体载氧体与未燃尽固体燃料、燃尽灰渣等固体颗粒的高效分离,而且还实现了高价态  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  和低价态  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  的有效分离。

## 附图说明

[0020] 图1为本发明的工艺流程图;

[0021] 图中标号:

[0022] 1-空气反应器;2-燃料反应器;3-第一电磁控制装置;4-第二电磁控制装置;5-第一气固分离装置;6-第二气固分离装置;7-冷凝装置。

## 具体实施方式

[0023] 本发明提供了一种基于磁性载氧体的固体燃料化学链燃烧系统及工艺,下面结合附图和具体实施方式对本发明做进一步说明。

[0024] 本发明所述系统的结构为:空气反应器1与第一气固分离装置5相连,第一气固分离装置5的固体出口与燃料反应器2相连;燃料反应器2与第二气固分离装置6相连,第二气固分离装置6的固体出口与燃料反应器2相连,第二气固分离装置6的气体出口与冷凝

装置 7 的入口相连,冷凝装置 7 的气体出口与燃料反应器 2 相连。在空气反应器 1 与第一气固分离装置 5 之间,以及燃料反应器 2 与第二气固分离装置 6 之间设置至少一个电磁控制装置。

[0025] 具体连接方式为:

[0026] 在空气反应器 1 与第一气固分离装置 5 之间设置第一电磁控制装置 3 时,空气反应器 1 出口与第一电磁控制装置 3 的进口相连,第一电磁控制装置 3 的磁性载氧体出口与空气反应器 1 相连,第一电磁控制装置 3 的无磁性载氧体出口通过第一气固分离装置 5 与燃料反应器 2 相连;

[0027] 在燃料反应器 2 与第二气固分离装置 6 之间设置第二电磁控制装置 4 时,燃料反应器 2 的出口与第二电磁控制装置 4 的入口相连,第二电磁控制装置 4 的磁性载氧体出口与空气反应器 1 相连,第二电磁控制装置 4 的无磁性载氧体出口与第二气固分离装置 6 的入口相连。

[0028] 实施例 1:

[0029] 采用图 1 所示的双电磁控制装置结构。固体燃料选用褐煤,载氧体选用天然铁矿石,燃料反应器 2 和空气反应器 1 均为循环流化床反应器。煤粉和炙热的  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  在燃料反应器 2 中充分混合,并发生剧烈的气化反应和氧化还原反应;部分  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  被还原为  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  后,在第二电磁控制装置 4 的作用下,与未还原的  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  以及其他固体颗粒分离,从燃料反应器 2 进入空气反应器 1 中; $\text{Fe}_3\text{O}_4$  在空气反应器 1 中和  $\text{O}_2$  反应而被氧化为  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,并在第一电磁控制装置 3 的作用下,与未氧化的  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  分离,从空气反应器 1 进入燃料反应器 2,从而完成实现载氧体的循环。在 100h 的实验内,褐煤的燃尽率达 99%,铁矿石的损失率为 3%。

[0030] 实施例 2:

[0031] 以  $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$  为载体,通过等体积浸渍法制备  $\text{Fe}_2\text{O}_3/\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$  载氧体,以褐煤为固体燃料,采用和实施例 1 相同的工艺进行化学链燃烧实验。在 100h 的实验内,褐煤的燃尽率达 99%, $\text{Fe}_2\text{O}_3/\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$  载氧体的损失率为 1.5%。

[0032] 实施例 3:

[0033] 以无烟煤为固体燃料,实施例 2 中制备的  $\text{Fe}_2\text{O}_3/\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$  为载氧体,并采用和实施例 2 相同的工艺进行化学链燃烧实验。在 100h 的实验内,无烟煤的燃尽率达 98.5%, $\text{Fe}_2\text{O}_3/\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$  载氧体的损失率为 1.5%。

[0034] 实施例 4:

[0035] 以稻壳为原料,实施例 2 中制备的  $\text{Fe}_2\text{O}_3/\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$  为载氧体,并采用和实施例 2 相同的工艺进行化学链燃烧实验。在 100h 的实验内,稻壳的燃尽率达 98%, $\text{Fe}_2\text{O}_3/\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$  载氧体的损失率为 1.5%。

[0036] 实施例 5:

[0037] 以  $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$  为载体,通过沉淀法制备  $\text{Fe}_2\text{O}_3/\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$  载氧体,以玉米秆为原料,采用和实施例 2 相同的工艺进行化学链燃烧实验。在 100h 的实验内,玉米秆的燃尽率达 98%, $\text{Fe}_2\text{O}_3/\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$  载氧体的损失率为 1%。

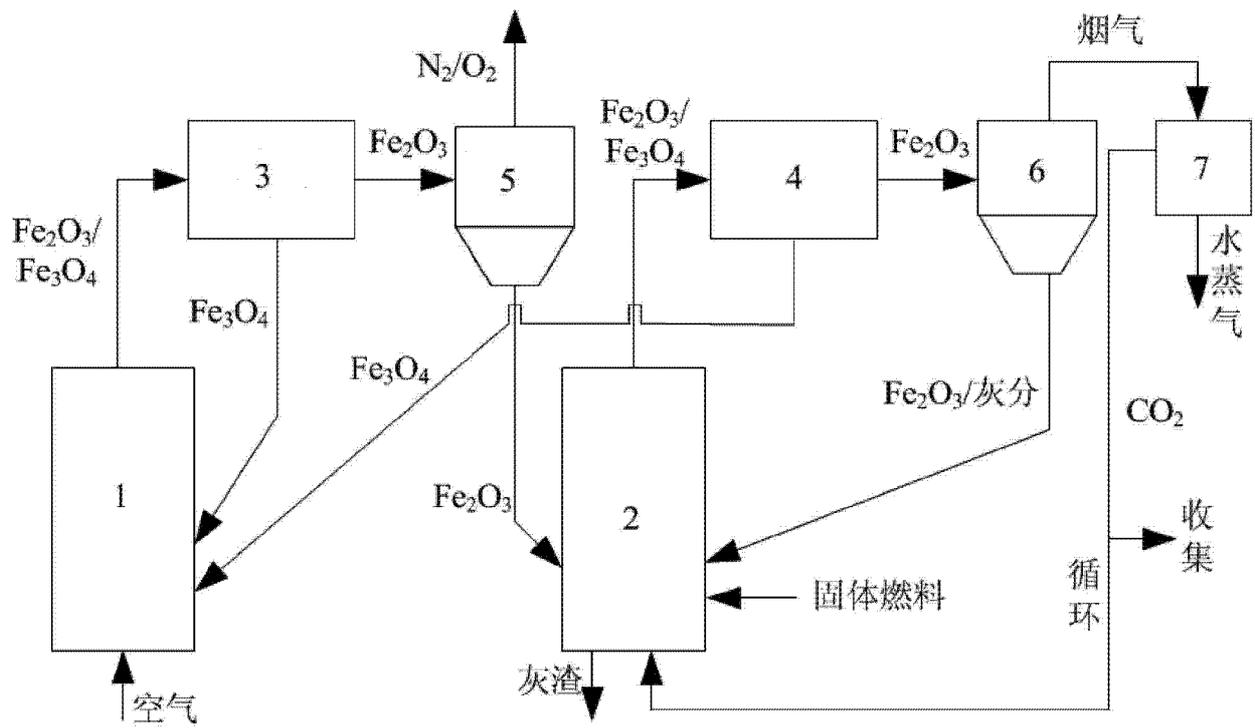


图 1