



# (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 114904381 A

(43) 申请公布日 2022. 08. 16

(21) 申请号 202210507175.6

B01D 53/18 (2006.01)

(22) 申请日 2022.05.10

F27D 17/00 (2006.01)

(71) 申请人 北京大学

地址 100871 北京市海淀区颐和园路5号

(72) 发明人 王昊

(74) 专利代理机构 北京智汇东方知识产权代理

事务所(普通合伙) 11391

专利代理师 关艳芬

(51) Int. Cl.

B01D 53/75 (2006.01)

B01D 53/56 (2006.01)

B01D 53/80 (2006.01)

B01D 53/90 (2006.01)

B01D 53/78 (2006.01)

B01D 53/58 (2006.01)

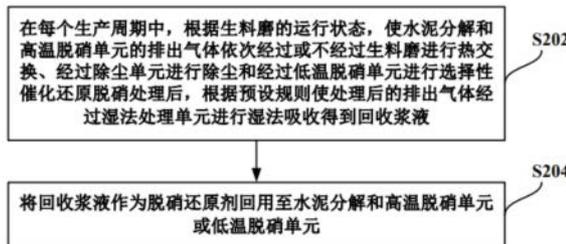
权利要求书3页 说明书9页 附图2页

## (54) 发明名称

一种水泥生产系统及其气体处理方法

## (57) 摘要

本发明提供了一种水泥生产系统及其气体处理方法。水泥生产系统包括顺序气体连接的水泥分解和高温脱硝单元、生料磨、除尘单元、低温脱硝单元和湿法处理单元。气体处理方法包括：在每个生产周期中，根据生料磨的运行状态，使水泥分解和高温脱硝单元的排出气体依次经过或不经生料磨进行热交换、经过除尘单元进行除尘和经过低温脱硝单元进行选择性催化还原脱硝处理后，根据预设规则使处理后的排出气体经过湿法处理单元进行湿法吸收得到回收浆液；将回收浆液作为脱硝还原剂回用至水泥分解和高温脱硝单元或低温脱硝单元。延长低温催化催化剂的寿命，保证脱硝效率，降低氨逃逸，并有效降低脱硝还原剂的消耗从而降低脱硝成本。



1. 一种水泥生产系统的气体处理方法,其特征在于,所述水泥生产系统包括顺序气体连接的水泥分解和高温脱硝单元、生料磨、除尘单元、低温脱硝单元和湿法处理单元,所述气体处理方法包括:

在每个生产周期中,根据所述生料磨的运行状态,使所述水泥分解和高温脱硝单元的排出气体依次经过或不经过所述生料磨进行热交换、经过所述除尘单元进行除尘和经过所述低温脱硝单元进行选择性催化还原脱硝处理后,根据预设规则使处理后的所述排出气体经过所述湿法处理单元进行湿法吸收得到回收浆液;

将所述回收浆液作为脱硝还原剂回用至所述水泥分解和高温脱硝单元或所述低温脱硝单元。

2. 根据权利要求1所述的气体处理方法,其特征在于,

所述生料磨的运行状态包括开启状态和关闭状态;且

在每个生产周期中,当所述生料磨的运行状态为所述开启状态时,使所述水泥分解和高温脱硝单元的排出气体经过所述生料磨进行热交换,当所述生料磨的运行状态为所述关闭状态时,使所述水泥分解和高温脱硝单元的排出气体不经过所述生料磨进行热交换。

3. 根据权利要求2所述的气体处理方法,其特征在于,

所述预设规则包括无论所述生料磨的运行状态是否为所述开启状态均开启所述湿法处理单元;并且

所述根据预设规则使处理后的所述排出气体经过所述湿法处理单元进行湿法吸收得到回收浆液的步骤包括:

无论所述生料磨的运行状态是否为所述开启状态均使处理后的所述排出气体经过所述湿法处理单元进行湿法吸收得到所述回收浆液。

4. 根据权利要求2所述的气体处理方法,其特征在于,

所述预设规则包括当所述生料磨的运行状态是所述开启状态时,关闭所述湿法处理单元,当所述生料磨的运行状态是所述关闭状态时,开启所述湿法处理单元;并且

所述根据预设规则使处理后的所述排出气体经过所述湿法处理单元进行湿法吸收得到回收浆液的步骤包括:

当所述生料磨的运行状态是所述开启状态时,关闭所述湿法处理单元,使处理后的所述排出气体不经过所述湿法处理单元;

当所述生料磨的运行状态是所述关闭状态时,开启所述湿法处理单元,并使处理后的所述排出气体经过所述湿法处理单元进行湿法吸收得到所述回收浆液。

5. 根据权利要求4所述的气体处理方法,其特征在于,

将所述低温脱硝单元配置为使得当所述生料磨的运行状态是所述开启状态时,所述低温脱硝单元中的脱硝催化剂在所述选择性催化还原脱硝处理中吸附并存储所述排出气体中携带的氨,并且然后当所述生料磨的运行状态是所述关闭状态时,允许存储于所述脱硝催化剂内的氨与氮氧化物发生反应;

优选地,所述低温脱硝单元的所述脱硝催化剂为抗硫催化剂。

6. 根据权利要求2-5中任一项所述的气体处理方法,其特征在于,

在每个所述生产周期中,所述生料磨处于所述开启状态的时间占比大于或等于70%且小于100%;

优选地,在每个所述生产周期中,所述生料磨处于所述开启状态的时间占比为80%。

7. 根据权利要求1所述的气体处理方法,其特征在于,

所述回收浆液中包含的物质至少包括铵盐,且以氨基量计,所述铵盐的摩尔数量占所述回收浆液中包含的所有氨类物质的总摩尔数量的50%以上。

8. 根据权利要求7所述的气体处理方法,其特征在于,所述湿法处理单元中所用的吸收液包括以下至少之一:水、稀硫酸和稀亚硫酸;且

所述铵盐包括下列至少之一:硫酸铵、硫酸氢铵、亚硫酸铵和亚硫酸氢铵。

9. 一种水泥生产系统,其特征在于,包括顺序气体连接的水泥分解和高温脱硝单元、生料磨、除尘单元、低温脱硝单元和湿法处理单元,其中,在每个生产周期中,

所述水泥分解和高温脱硝单元配置为对预处理后的水泥生料进行分解,并对气流中的氮氧化物进行选择非催化还原脱硝处理;

所述生料磨配置为根据自身的运行状态与所述水泥分解和高温脱硝单元的排出气体进行或不进行热交换;

所述除尘单元配置为对已进行所述热交换或未进行所述热交换的所述排出气体进行除尘;

所述低温脱硝单元配置为对除尘后的所述排出气体进行选择催化还原脱硝处理;

所述湿法处理单元配置为根据预设规则对经过所述选择性催化还原脱硝处理后的所述排出气体进行湿法吸收得到回收浆液,并将所述回收浆液作为脱硝还原剂返回至所述水泥分解和高温脱硝单元或所述低温脱硝单元。

10. 根据权利要求9所述的水泥生产系统,其特征在于,

所述生料磨的运行状态包括开启状态和关闭状态;且

所述生料磨还配置为:

当所述生料磨的运行状态为所述开启状态时,与所述排出气体进行热交换,当所述生料磨的运行状态为所述关闭状态时,不与所述排出气体进行热交换。

11. 根据权利要求10所述的水泥生产系统,其特征在于,

所述预设规则包括无论所述生料磨的运行状态是否为所述开启状态所述湿法处理单元均开启;并且

所述湿法处理单元还配置为:

无论所述生料磨的运行状态是否为所述开启状态均保持开启并对经过所述选择性催化还原脱硝处理后的所述排出气体进行湿法吸收得到所述回收浆液。

12. 根据权利要求10所述的水泥生产系统,其特征在于,

所述预设规则包括当所述生料磨的运行状态是所述开启状态时,所述湿法处理单元关闭,当所述生料磨的运行状态是所述关闭状态时,所述湿法处理单元开启;并且

所述湿法处理单元还配置为:

当所述生料磨的运行状态是所述开启状态时,所述湿法处理单元关闭以不对所述排出气体进行湿法吸收;

当所述生料磨的运行状态是所述关闭状态时,所述湿法处理单元开启,并对所述排出气体进行湿法吸收得到所述回收浆液。

13. 根据权利要求12所述的水泥生产系统,其特征在于,

所述低温脱硝单元还被配置为：当所述生料磨的运行状态是所述开启状态时，所述低温脱硝单元中的脱硝催化剂在所述选择性催化还原脱硝处理中吸附并存储所述排出气体中携带的氨，并且然后当所述生料磨的运行状态是所述关闭状态时，允许存储于所述脱硝催化剂内的氨与氮氧化物发生反应。

14. 根据权利要求10-13中任一项所述的水泥生产系统，其特征在于，

在每个所述生产周期中，所述生料磨处于所述开启状态的时间占比大于或等于70%且小于100%；

优选地，在每个所述生产周期中，所述生料磨处于所述开启状态的时间占比为80%。

15. 根据权利要求9所述的水泥生产系统，其特征在于，

所述回收浆液中包含的物质至少包括铵盐，且以氨基量计，所述铵盐的摩尔数量占所述回收浆液中包含的所有氨类物质的总摩尔数量的50%以上；

所述湿法处理单元中所用的吸收液包括以下至少之一：水、稀硫酸和稀亚硫酸；且

所述铵盐包括下列至少之一：硫酸铵、硫酸氢铵、亚硫酸铵和亚硫酸氢铵。

## 一种水泥生产系统及其气体处理方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及气体处理技术领域,特别是一种水泥生产系统及其气体处理方法。

### 背景技术

[0002] 在水泥生产的高温煅烧、燃料煤燃烧以及生料分解等过程中会产生大量的氮氧化物( $\text{NO}_x$ )。随着环保要求日益严格,氮氧化物( $\text{NO}_x$ )的排放限值越来越低。为达到排放限值的要求,在对含氮氧化物的排气进行脱硝时,脱硝还原剂(如氨水、尿素、三聚氰胺等含氮物质)的喷入量越来越大,不仅引起成本上升,而且导致氨逃逸问题也越来越严重。氨逃逸不仅会污染大气,影响人体健康,也增大了脱硝还原剂的消耗,增加了成本。而且,传统的水泥窑进行排气脱硝时,将脱硝催化剂布置在生料磨之前的高温、高尘段,导致催化剂的寿命极短,同时容易被尘堵塞导致停产。

### 发明内容

[0003] 鉴于上述问题,本发明提供一种克服上述问题或者至少部分地解决上述问题的水泥生产系统及其气体处理方法。

[0004] 本发明的一个目的在于提供一种有效降低脱硝还原剂的消耗从而降低脱硝成本的水泥生产系统的气体处理方法。

[0005] 本发明的一个进一步的目的在于通过合理设置每个生产周期中生料磨和湿法处理单元的开启时间,在保证脱硝效果的前提下,降低整个系统的运行成本。

[0006] 本发明的又一个进一步的目的在于提高回收浆液的稳定性。

[0007] 本发明的又一个进一步的目的在于提高脱硝催化剂的使用寿命。

[0008] 本发明的又一个进一步的目的在于降低催化剂堵塞的风险。

[0009] 本发明的又一个进一步的目的在于对烟气进行脱硫。

[0010] 本发明的另一个目的在于提供一种可实现上述气体处理方法的水泥生产系统。

[0011] 特别地,根据本发明实施例的一方面,提供了一种水泥生产系统的气体处理方法,所述水泥生产系统包括顺序气体连接的水泥分解和高温脱硝单元、生料磨、除尘单元、低温脱硝单元和湿法处理单元,所述气体处理方法包括:

[0012] 在每个生产周期中,根据所述生料磨的运行状态,使所述水泥分解和高温脱硝单元的排出气体依次经过或不经所述生料磨进行热交换、经过所述除尘单元进行除尘和经过所述低温脱硝单元进行选择催化还原脱硝处理后,根据预设规则使处理后的所述排出气体经过所述湿法处理单元进行湿法吸收得到回收浆液;

[0013] 将所述回收浆液作为脱硝还原剂回用至所述水泥分解和高温脱硝单元或所述低温脱硝单元。

[0014] 可选地,所述生料磨的运行状态包括开启状态和关闭状态;且

[0015] 在每个生产周期中,当所述生料磨的运行状态为所述开启状态时,使所述水泥分解和高温脱硝单元的排出气体经过所述生料磨进行热交换,当所述生料磨的运行状态为所

述关闭状态时,使所述水泥分解和高温脱硝单元的排出气体不经过所述生料磨进行热交换。

[0016] 可选地,所述预设规则包括无论所述生料磨的运行状态是否为所述开启状态均开启所述湿法处理单元;并且

[0017] 所述根据预设规则使处理后的所述排出气体经过所述湿法处理单元进行湿法吸收得到回收浆液的步骤包括:

[0018] 无论所述生料磨的运行状态是否为所述开启状态均使处理后的所述排出气体经过所述湿法处理单元进行湿法吸收得到所述回收浆液。

[0019] 可选地,所述预设规则包括当所述生料磨的运行状态是所述开启状态时,关闭所述湿法处理单元,当所述生料磨的运行状态是所述关闭状态时,开启所述湿法处理单元;并且

[0020] 所述根据预设规则使处理后的所述排出气体经过所述湿法处理单元进行湿法吸收得到回收浆液的步骤包括:

[0021] 当所述生料磨的运行状态是所述开启状态时,关闭所述湿法处理单元,使处理后的所述排出气体不经过所述湿法处理单元;

[0022] 当所述生料磨的运行状态是所述关闭状态时,开启所述湿法处理单元,并使处理后的所述排出气体经过所述湿法处理单元进行湿法吸收得到所述回收浆液。

[0023] 可选地,将所述低温脱硝单元配置为使得当所述生料磨的运行状态是所述开启状态时,所述低温脱硝单元中的脱硝催化剂在所述选择性催化还原脱硝处理中吸附并存储所述排出气体中携带的氨,并且然后当所述生料磨的运行状态是所述关闭状态时,允许存储于所述脱硝催化剂内的氨与氮氧化物发生反应;

[0024] 优选地,所述低温脱硝单元的所述脱硝催化剂为抗硫催化剂。

[0025] 可选地,在每个所述生产周期中,所述生料磨处于所述开启状态的时间占比大于或等于70%且小于100%;

[0026] 优选地,在每个所述生产周期中,所述生料磨处于所述开启状态的时间占比为80%。

[0027] 可选地,所述回收浆液中包含的物质至少包括铵盐,且以氨基量计,所述铵盐的摩尔数量占所述回收浆液中包含的所有氨类物质的总摩尔数量的50%以上。

[0028] 可选地,所述湿法处理单元中所用的吸收液包括以下至少之一:水、稀硫酸和稀亚硫酸;且

[0029] 所述铵盐包括下列至少之一:硫酸铵、硫酸氢铵、亚硫酸铵和亚硫酸氢铵。

[0030] 根据本发明实施例的另一方面,还提供了一种水泥生产系统,包括顺序气体连接的水泥分解和高温脱硝单元、生料磨、除尘单元、低温脱硝单元和湿法处理单元,其中,在每个生产周期中,

[0031] 所述水泥分解和高温脱硝单元配置为对预处理后的水泥生料进行分解,并对气流中的氮氧化物进行选择非催化还原脱硝处理;

[0032] 所述生料磨配置为根据自身的运行状态与所述水泥分解和高温脱硝单元的排出气体进行或不进行热交换;

[0033] 所述除尘单元配置为对已进行所述热交换或未进行所述热交换的所述排出气体

进行除尘；

[0034] 所述低温脱硝单元配置为对除尘后的所述排出气体进行选择性催化还原脱硝处理；

[0035] 所述湿法处理单元配置为根据预设规则对经过所述选择性催化还原脱硝处理后的所述排出气体进行湿法吸收得到回收浆液，并将所述回收浆液作为脱硝还原剂返回至所述水泥分解和高温脱硝单元或所述低温脱硝单元。

[0036] 可选地，所述生料磨的运行状态包括开启状态和关闭状态；且

[0037] 所述生料磨还配置为：

[0038] 当所述生料磨的运行状态为所述开启状态时，与所述排出气体进行热交换，当所述生料磨的运行状态为所述关闭状态时，不与所述排出气体进行热交换。

[0039] 可选地，所述预设规则包括无论所述生料磨的运行状态是否为所述开启状态所述湿法处理单元均开启；并且

[0040] 所述湿法处理单元还配置为：

[0041] 无论所述生料磨的运行状态是否为所述开启状态均保持开启并对经过所述选择性催化还原脱硝处理后的所述排出气体进行湿法吸收得到所述回收浆液。

[0042] 可选地，所述预设规则包括当所述生料磨的运行状态是所述开启状态时，所述湿法处理单元关闭，当所述生料磨的运行状态是所述关闭状态时，所述湿法处理单元开启；并且

[0043] 所述湿法处理单元还配置为：

[0044] 当所述生料磨的运行状态是所述开启状态时，所述湿法处理单元关闭以不对所述排出气体进行湿法吸收；

[0045] 当所述生料磨的运行状态是所述关闭状态时，所述湿法处理单元开启，并对所述排出气体进行湿法吸收得到所述回收浆液。

[0046] 可选地，所述低温脱硝单元还被配置为：当所述生料磨的运行状态是所述开启状态时，所述低温脱硝单元中的脱硝催化剂在所述选择性催化还原脱硝处理中吸附并存储所述排出气体中携带的氨，并且然后当所述生料磨的运行状态是所述关闭状态时，允许存储于所述脱硝催化剂内的氨与氮氧化物发生反应。

[0047] 可选地，在每个所述生产周期中，所述生料磨处于所述开启状态的时间占比大于或等于70%且小于100%；

[0048] 优选地，在每个所述生产周期中，所述生料磨处于所述开启状态的时间占比为80%。

[0049] 可选地，所述回收浆液中包含的物质至少包括铵盐，且以氨基量计，所述铵盐的摩尔数量占所述回收浆液中包含的所有氨类物质的总摩尔数量的50%以上；

[0050] 所述湿法处理单元中所用的吸收液以下至少之一：水、稀硫酸和稀亚硫酸；且

[0051] 所述铵盐包括下列至少之一：硫酸铵、硫酸氢铵、亚硫酸铵和亚硫酸氢铵。

[0052] 本发明的水泥生产系统及其气体处理方法中，将低温催化脱硝工序布置在生料磨和除尘单元之后，并在低温催化脱硝工序之后布置湿法处理单元，其根据预设规则开启以用于吸收排出气体中携带的逃逸的二氧化硫、三氧化硫、硫酸盐、氨和铵盐等，并将吸收后的废液作为还原剂回用到高温SNCR脱硝或低温SCR脱硝。这延长了低温催化脱硝工序中的

催化剂的寿命,保证了脱硝效率,降低了氨逃逸,有效降低了脱硝还原剂的消耗从而降低脱硝成本。

[0053] 进一步地,本发明的水泥生产系统及其气体处理方法中,在每个生产周期中,生料磨的运行状态包括开启状态和关闭状态。当生料磨处于开启状态时,其内的生料与来自水泥分解和高温脱硝单元的排出气体进行热交换,并且湿法处理单元关闭,氨逃逸由低温脱硝单元吸附。当生料磨处于关闭状态时,则其内的生料不与该排出气体进行热交换,低温脱硝单元可以在较高的温度下与氮氧化物充分反应,并且湿法处理单元开启,以对经低温催化脱硝工序之后的排出气体进行湿法吸收得到回收浆液。这样,通过合理设置每个生产周期中生料磨和湿法处理单元的开启时间,能够在保证脱硝效果的前提下,降低整个系统的运行成本。

[0054] 进一步地,本发明的水泥生产系统及其气体处理方法中,所得到的回收浆液中所包含的物质以铵盐为主,浆液更稳定,不易形成二次氨逃逸。

[0055] 上述说明仅是本发明技术方案的概述,为了能够更清楚了解本发明的技术手段,而可依照说明书的内容予以实施,并且为了让本发明的上述和其它目的、特征和优点能够更明显易懂,以下特举本发明的具体实施方式。

[0056] 根据下文结合附图对本发明具体实施例的详细描述,本领域技术人员将会更加明了本发明的上述以及其他目的、优点和特征。

## 附图说明

[0057] 通过阅读下文优选实施方式的详细描述,各种其他的优点和益处对于本领域普通技术人员将变得清楚明了。附图仅用于示出优选实施方式的目的,而并不认为是对本发明的限制。而且在整个附图中,用相同的参考符号表示相同的部件。在附图中:

[0058] 图1示出了根据本发明一实施例的水泥生产系统的示意性结构框图;

[0059] 图2示出了根据本发明一实施例的水泥生产系统的气体处理方法的流程示意图;

[0060] 图3示出了根据本发明另一实施例的水泥生产系统的气体处理方法的流程示意图。

## 具体实施方式

[0061] 下面将参照附图更详细地描述本公开的示例性实施例。虽然附图中显示了本公开的示例性实施例,然而应当理解,可以以各种形式实现本公开而不应被这里阐述的实施例所限制。相反,提供这些实施例是为了能够更透彻地理解本公开,并且能够将本公开的范围完整的传达给本领域的技术人员。

[0062] 为解决上述技术问题,本发明提供了一种水泥生产系统。

[0063] 图1示出了根据本发明一实施例的水泥生产系统100的示意性结构框图。参见图1所示,水泥生产系统100至少可以包括顺序气体连接的水泥分解和高温脱硝单元110、生料磨120、除尘单元130、低温脱硝单元140和湿法处理单元150。此处提及的顺序气体连接可以理解为每一在前的单元的气体出口与相邻的在后单元的气体进口相连。需要说明的是,图1中带箭头的实线表示气体通道,带箭头的虚线表示作为脱硝还原剂的物质自湿法处理单元150返回至水泥分解和高温脱硝单元110或低温脱硝单元140的回用传输通道,带箭头的点

划线则表示自生料磨120至水泥分解和高温脱硝单元110的生料传输通道。

[0064] 在每个生产周期中,水泥分解和高温脱硝单元110配置为对预处理后的水泥生料进行分解,并对气流中的氮氧化物进行选择非催化还原(Selective Non-Catalytic Reduction,简称为SNCR)脱硝处理。具体地,在SNCR脱硝处理中喷入还原剂,如氨水、尿素、三聚氰胺等含氮物质。水泥生料分解及相应的SNCR脱硝处理的具体操作应为本领域技术人员所习知,本文不再详细介绍。

[0065] 生料磨120配置为根据自身的运行状态与水泥分解和高温脱硝单元110的排出气体进行或不进行热交换。具体地,在生料磨120中可以使该排出气体通过预热器对生料进行预加热。当然,也可以通过其他方式使排出气体与生料进行热交换,本发明对此不做限制。生料磨120中处理后的生料通过生料传输通道输送至水泥分解和高温脱硝单元110。

[0066] 除尘单元130配置为对已进行热交换或未进行热交换的排出气体进行除尘。具体地,除尘单元130可采用布袋除尘器等。

[0067] 低温脱硝单元140配置为对除尘后的排出气体进行选择催化还原(Selective Catalytic Reduction,简称为SCR)脱硝处理。具体地,低温脱硝单元140中可设置低温脱硝催化剂,通过喷入还原剂,在120°C至200°C的温度,优选120°C至180°C的温度,例如130°C、140°C、150°C、160°C、170°C温度下,进行选择催化还原反应。低温脱硝催化剂可采用当前市面上可得低温脱硝催化剂,当然也可以采用其他的低温脱硝催化剂,优选具备抗硫能力的催化剂,本发明对此不做限制。

[0068] 湿法处理单元150配置为根据预设规则对经过选择性催化还原脱硝处理后的排出气体进行湿法吸收得到回收浆液,并将回收浆液作为脱硝还原剂返回至水泥分解和高温脱硝单元110。具体地,在湿法处理单元150中使该排出气体与吸收液接触进行湿法吸收,从而通过吸收液吸收排出气体中携带的逃逸的二氧化硫、三氧化硫、硫酸盐、氨和铵盐等。吸收液可以包括水,也可以用酸性溶液(例如稀硫酸、稀亚硫酸等),以提高氨和铵盐等氨类物质的吸收效果。得到的回收浆液通过回用传输通道输送至水泥分解和高温脱硝单元110或者低温脱硝单元140。

[0069] 由于回收浆液中富含氨类还原性物质,在一些实施方案中,可以将回收浆液直接喷入水泥分解和高温脱硝单元110(如分解炉及其附近工段),实现SNCR脱硝。在另一些可替换的实施方案中,也可以先在回收浆液中加入碱性物质(如碳酸氢钠等),使其与铵盐反应生成氨气,再将氨气喷入水泥分解和高温脱硝单元110,实现SNCR脱硝。回收浆液回用至低温脱硝单元140时,方式与水泥分解和高温脱硝单元110类似,不再赘述。

[0070] 本发明实施例的水泥生产系统100中,将低温脱硝单元140布置在生料磨120和除尘单元130之后,并在低温脱硝单元140之后布置湿法处理单元150,湿法处理单元150根据预设规则开启以用于吸收排出气体中携带的逃逸的二氧化硫、三氧化硫、硫酸盐、氨和铵盐等,这延长了低温催化脱硝工序中的催化剂的寿命,保证了脱硝效率,降低了氨逃逸。并且,湿法处理单元150还将通过吸收得到的回收浆液作为脱硝还原剂回用至水泥生产的高温脱硝或低温脱硝工序,有效降低了脱硝还原剂的消耗从而降低脱硝成本。

[0071] 在一些实施例中,回收浆液中包含的物质至少包括铵盐,且以氨基量计,铵盐的摩尔数量占回收浆液中包含的所有氨类物质的总摩尔数量的50%以上。换言之,所得到的回收浆液中所包含的物质以铵盐为主,浆液更稳定,不易形成二次氨逃逸。相比之下,现有技

术中直接吸收氨气的方案中,形成的氨水比较不稳定,容易形成二次氨逃逸。

[0072] 在一些进一步的实施例中,为了尽量将氨转化为铵盐,湿法处理单元150中所用的吸收液可以包括稀硫酸、稀亚硫酸等。铵盐具体可以包括硫酸铵、硫酸氢铵、亚硫酸铵和亚硫酸氢铵的至少之一,具体取决于所用的吸收液成分。

[0073] 在一些实施例中,在每个生产周期中,生料磨120的运行状态包括开启状态和关闭状态。当生料磨120的运行状态为开启状态时,与排出气体进行热交换,当生料磨120的运行状态为关闭状态时,不与排出气体进行热交换。

[0074] 一般情况下,当生料磨120处于开启状态时,由于该排出气体与生料进行了热交换,其到达低温脱硝单元140时温度较低,低温脱硝催化剂的脱硝效率会比较低,而当生料磨120处于关闭状态时,由于该排出气体不必与生料进行热交换,其温度较高,则低温脱硝催化剂的脱硝效率会较高,从而会影响整个系统的脱硝情况。

[0075] 考虑到上述情况,可相应地设置针对湿法处理单元150的预设规则,以实现期望的效果。

[0076] 在一些实施例中,预设规则包括无论生料磨120的运行状态是否为开启状态湿法处理单元150均开启,也就是说,无论生料磨120处于开启状态还是处于关闭状态,湿法处理单元150均保持开启。相应地,湿法处理单元150还配置为无论生料磨120的运行状态是否为开启状态均保持开启并对经过选择性催化还原脱硝处理后的排出气体进行湿法吸收得到回收浆液。这种方式可以在适当增加系统的运行成本的基础上最大程度地保证逃逸氨的吸收。

[0077] 在另一些实施例中,预设规则包括当生料磨120的运行状态是开启状态时,湿法处理单元150关闭,当生料磨120的运行状态是关闭状态时,湿法处理单元150开启。相应地,湿法处理单元150还配置为:当生料磨120的运行状态是开启状态时,湿法处理单元150关闭以不对排出气体进行湿法吸收;当生料磨120的运行状态是关闭状态时,湿法处理单元150开启,并对排出气体进行湿法吸收得到回收浆液。这种方式可以选择性开启湿法处理单元150,通过合理设置每个生产周期中生料磨120和湿法处理单元150的开启时间,就能够在保证脱硝效果的前提下,降低整个系统的运行成本。

[0078] 进一步地,低温脱硝单元140还被配置为当生料磨120的运行状态是开启状态时,低温脱硝单元140中的脱硝催化剂在选择性催化还原脱硝处理中吸附并存储排出气体中携带的氨,并且然后当生料磨的运行状态是关闭状态时,允许存储于脱硝催化剂内的氨与氮氧化物发生反应。

[0079] 换言之,当生料磨120处于开启状态时,该排出气体的温度较低,低温脱硝催化剂的脱硝效率比较低。此时,通过水泥分解和高温脱硝单元110完成脱硝,剩余的氨逃逸后,在低温脱硝单元140中被低温脱硝催化剂吸附/吸收,得以大量储存。这样,湿法处理单元150不必启用,而是通过低温脱硝催化剂吸附/吸收即可控制氨逃逸。

[0080] 当生料磨120处于关闭状态(即停磨)时,该排出气体的温度较高,低温脱硝催化剂的脱硝效果较高,此时,之前低温状态下储存于低温脱硝催化剂内的氨得以在催化剂内反应。具体地,催化剂一方面提供氧化性环境将二氧化硫氧化为亚硫酸根或硫酸根,另一方面提供反应平台,从而使得部分二氧化硫与氨反应生成铵盐。后置的湿法处理单元150开启,可以将逃逸的铵盐、氨、二氧化硫等吸收并回用至水泥分解和高温脱硝单元110。

[0081] 在这种方式中,开生料磨120时被吸收的氨储存于低温脱硝催化剂中,等待停磨时再进行脱硝反应,所以不会浪费。另外,在停磨状态下,通常水泥窑系统(如分解炉)的排气中的硫(如二氧化硫、三氧化硫等)会超标,需要通过增加喷氨量来实现脱硫,导致氨耗量很大。通过加装低温脱硝单元140后,低温脱硝催化剂可以有效地使得氨与硫反应生成铵盐被排气带出,从而可以减少喷氨量。而且,由于生成了铵盐,后面的湿法处理单元150将其捕捉后,还可以形成较为稳定的回收浆液。

[0082] 在一些实施例中,在每个生产周期中,生料磨120处于开启状态的时间占比可大于或等于70%且小于100%,例如,可以为75%、80%、85%、90%、95%等。优选地,在每个生产周期中,生料磨120处于开启状态的时间占比可以为80%。通过合理设置生料磨120在每个生产周期中处于开启状态的时间占比,以尽量保证较好的水泥生产系统100的整个运行效率,包括余热利用效率、脱硝效率和还原剂回用效率等。

[0083] 基于同一技术构思,本发明还提供了一种水泥生产系统100的气体处理方法。该水泥生产系统100的结构可如图1所示。图2示出了根据本发明一实施例的水泥生产系统100的气体处理方法的流程示意图。参见图2所示,该水泥生产系统100的气体处理方法至少可以包括以下步骤S202至步骤S204。

[0084] 步骤S202,在每个生产周期中,根据生料磨120的运行状态,使水泥分解和高温脱硝单元110的排出气体依次经过或不经过生料磨120进行热交换、经过除尘单元130进行除尘和经过低温脱硝单元140进行选择催化还原脱硝处理后,根据预设规则使处理后的排出气体经过湿法处理单元150进行湿法吸收得到回收浆液。

[0085] 步骤S204,将回收浆液作为脱硝还原剂回用至水泥分解和高温脱硝单元110或低温脱硝单元140。

[0086] 由于回收浆液中富含氨类还原性物质,在一些实施方案中,可以将回收浆液直接喷入水泥分解和高温脱硝单元110(如分解炉及其附近工段),实现SNCR脱硝。在另一些可替换的实施方案中,也可以先在回收浆液中加入碱性物质(如碳酸氢钠等),使其与铵盐反应生成氨气,再将氨气喷入水泥分解和高温脱硝单元110,实现SNCR脱硝。回收浆液回用至低温脱硝单元140时,方式与水泥分解和高温脱硝单元110类似,不再赘述。

[0087] 在一些实施例中,生料磨120的运行状态包括开启状态和关闭状态;并且,在每个生产周期中,当生料磨120的运行状态为开启状态时,使水泥分解和高温脱硝单元110的排出气体经过生料磨120进行热交换,当生料磨120的运行状态为关闭状态时,使水泥分解和高温脱硝单元110的排出气体不经过生料磨120进行热交换。

[0088] 在一些实施例中,预设规则包括无论生料磨120的运行状态是否为开启状态均开启湿法处理单元150。相应地,根据预设规则使处理后的排出气体经过湿法处理单元150进行湿法吸收得到回收浆液的步骤包括:无论生料磨120的运行状态是否为开启状态均使处理后的排出气体经过湿法处理单元150进行湿法吸收得到回收浆液。

[0089] 在另一些实施例中,预设规则包括当生料磨120的运行状态是开启状态时,关闭湿法处理单元150,当生料磨120的运行状态是关闭状态时,开启湿法处理单元150。相应地,根据预设规则使处理后的排出气体经过湿法处理单元150进行湿法吸收得到回收浆液的步骤包括:当生料磨120的运行状态是开启状态时,关闭湿法处理单元150,使处理后的排出气体不经过湿法处理单元150;当生料磨120的运行状态是关闭状态时,开启湿法处理单元150,

并使处理后的排出气体经过湿法处理单元150进行湿法吸收得到回收浆液。

[0090] 在一些进一步的实施例中,还将低温脱硝单元140配置为使得当生料磨120的运行状态是开启状态时,低温脱硝单元140中的脱硝催化剂在选择性催化还原脱硝处理中吸附并存储排出气体中携带的氨,并且然后当生料磨的运行状态是关闭状态时,允许存储于脱硝催化剂内的氨与氮氧化物发生反应。

[0091] 在一些实施例中,在每个生产周期中,生料磨120处于开启状态的时间占比大于或等于70%且小于100%。

[0092] 优选地,在每个生产周期中,生料磨120处于开启状态的时间占比为80%。

[0093] 在一些实施例中,回收浆液中包含的物质至少包括铵盐,且以氨基量计,铵盐的摩尔数量占回收浆液中包含的所有氨类物质的总摩尔数量的50%以上。换言之,所得到的回收浆液中所包含的物质以铵盐为主。

[0094] 在一些进一步的实施例中,为了尽量将氨转化为铵盐,湿法处理单元150中所用的吸收液可以包括、稀亚硫酸等。铵盐具体可以包括硫酸铵、硫酸氢铵、亚硫酸铵和亚硫酸氢铵的至少之一种,具体取决于所用的吸收液成分。

[0095] 上文中介绍了本发明的水泥生产系统100的气体处理方法的各环节的多种实施方式,下面将通过一个具体实施例来更详细地说明本发明的水泥生产系统100的气体处理方法的具体实现方式。

[0096] 图3示出了根据本发明另一实施例的水泥生产系统100的气体处理方法的流程示意图。本实施例中,在每个生产周期中,生料磨120处于开启状态的时间占比为80%。参见图3所示,该水泥生产系统100的气体处理方法包括以下步骤S302至步骤S316。

[0097] 步骤S302,确定生料磨120的运行状态为开启状态还是关闭状态。

[0098] 步骤S304,若生料磨120的运行状态为开启状态,使水泥分解和高温脱硝单元110的排出气体经过生料磨120进行热交换。之后,执行步骤S308至S310。

[0099] 步骤S306,若生料磨120的运行状态为关闭状态,使水泥分解和高温脱硝单元110的排出气体不经过生料磨120进行热交换。之后,执行步骤S312至S316。

[0100] 步骤S308,使该排出气体经过除尘单元130进行除尘。

[0101] 步骤S310,使除尘后的排出气体经过低温脱硝单元140进行选择性催化还原脱硝处理。

[0102] 具体地,当生料磨120的运行状态是开启状态时,低温脱硝单元140中的脱硝催化剂在选择性催化还原脱硝处理中吸附/吸收排出气体中携带的氨,以将氨存储在低温脱硝催化剂内。

[0103] 并且,此时湿法处理单元150关闭,选择性催化还原脱硝处理后的排出气体不经过湿法处理单元150。

[0104] 步骤S312,使该排出气体经过除尘单元130进行除尘。

[0105] 步骤S314,使除尘后的排出气体经过低温脱硝单元140进行选择性催化还原脱硝处理。

[0106] 具体地,当生料磨120处于关闭状态时,之前低温状态下储存于低温脱硝催化剂内的氨得以在催化剂内反应。催化剂一方面提供氧化性环境将二氧化硫氧化为亚硫酸根或硫酸根,另一方面提供反应平台,从而使得部分二氧化硫与氨反应生成铵盐。

[0107] 步骤S316,开启湿法处理单元150,并使处理后的排出气体经过湿法处理单元150进行湿法吸收得到回收浆液。

[0108] 具体地,湿法处理单元150中所用的吸收液包括稀硫酸。以氨基量计,回收浆液中铵盐的摩尔数量占回收浆液中包含的所有氨类物质的总摩尔数量的50%以上。铵盐包括硫酸铵和/或硫酸氢铵。

[0109] 在本实施例中,在水泥生产系统100运行过程中,将步骤S316中得到的回收浆液返回至水泥分解和高温脱硝单元110用作SNCR脱硝的还原剂。

[0110] 在此处所提供的说明书中,说明了大量具体细节。然而,能够理解,本发明的实施例可以在没有这些具体细节的情况下实践。在一些实例中,并未详细示出公知的方法、结构和技术,以便不模糊对本说明书的理解。

[0111] 至此,本领域技术人员应认识到,虽然本文已详尽示出和描述了本发明的多个示例性实施例,但是,在不脱离本发明精神和范围的情况下,仍可根据本发明公开的内容直接确定或推导出符合本发明原理的许多其他变型或修改。因此,本发明的范围应被理解和认定为覆盖了所有这些其他变型或修改。

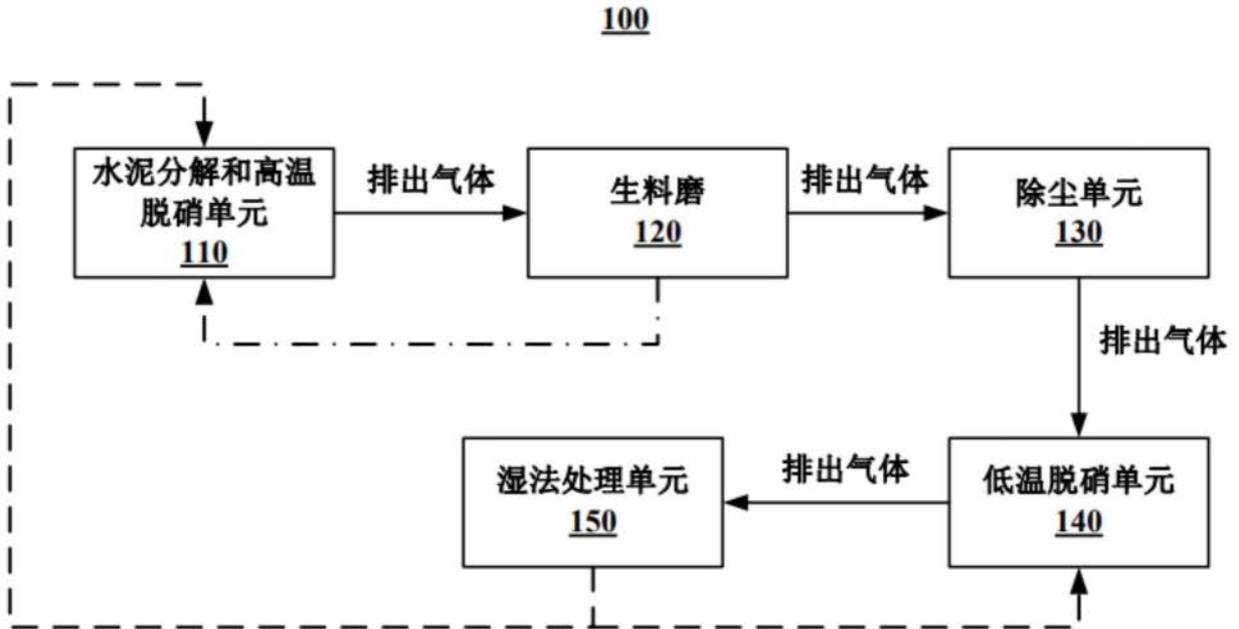


图1

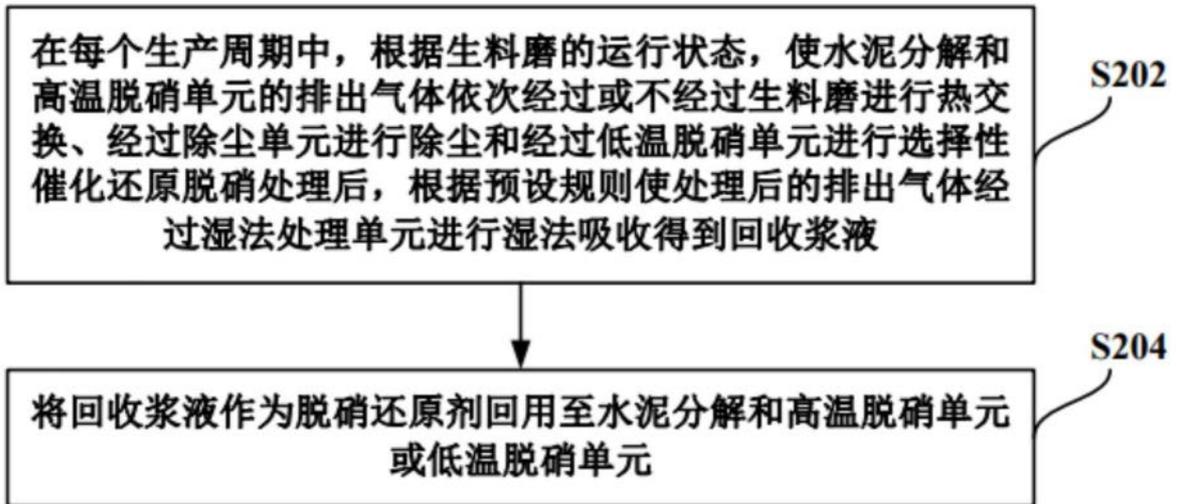


图2

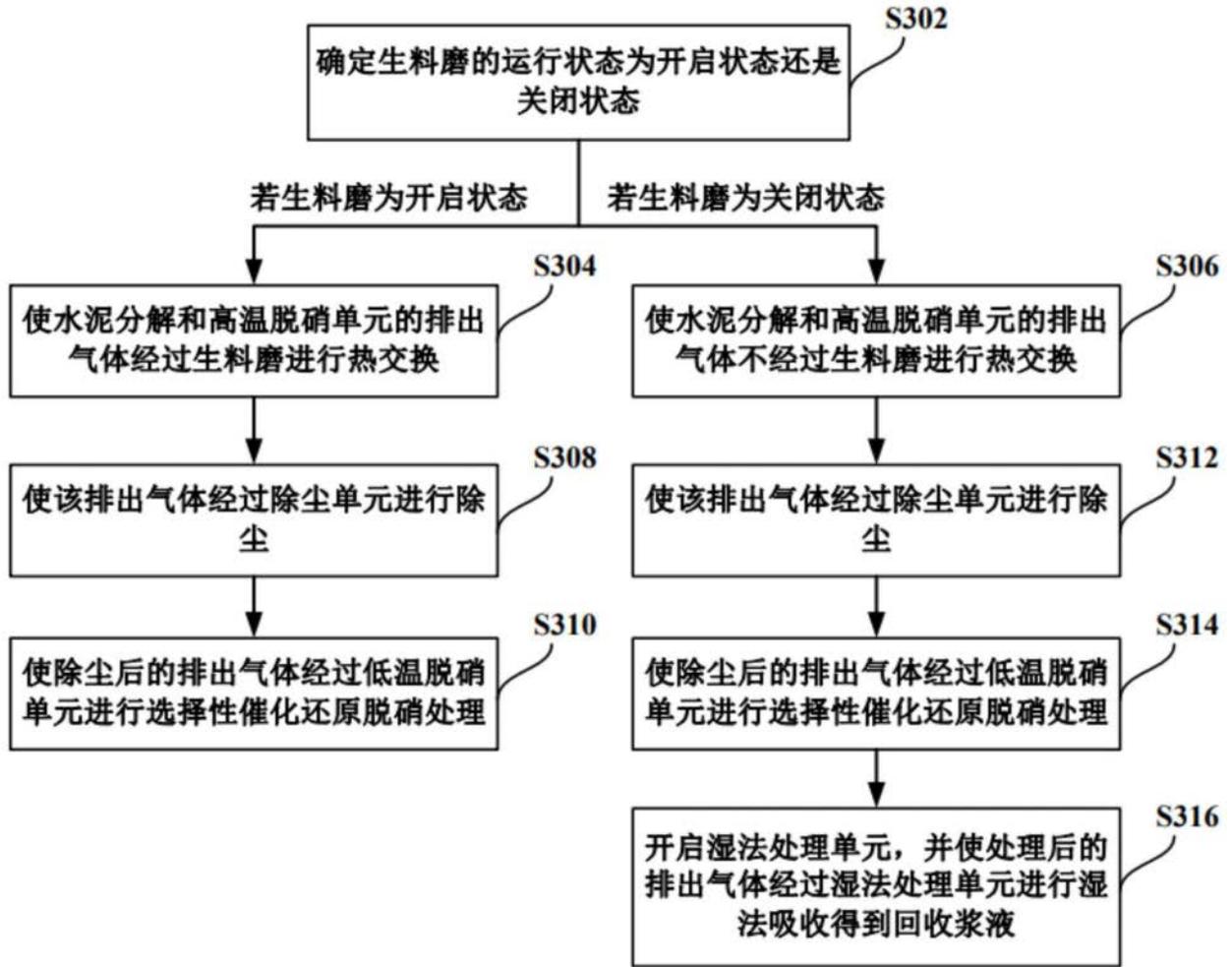


图3