



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 115927841 A

(43) 申请公布日 2023. 04. 07

(21) 申请号 202211614023.2

(22) 申请日 2022.12.15

(71) 申请人 中冶长天国际工程有限责任公司
地址 410100 湖南省长沙市高新区麓松路
480号

(72) 发明人 王兆才 储太山 代友训 何璐瑶
师本敬 周晓青 谢朝明 王春林

(74) 专利代理机构 北京卓恒知识产权代理事务
所(特殊普通合伙) 11394
专利代理师 徐楼 卜婷

(51) Int. Cl.
C22B 1/24 (2006.01)
C22B 1/16 (2006.01)

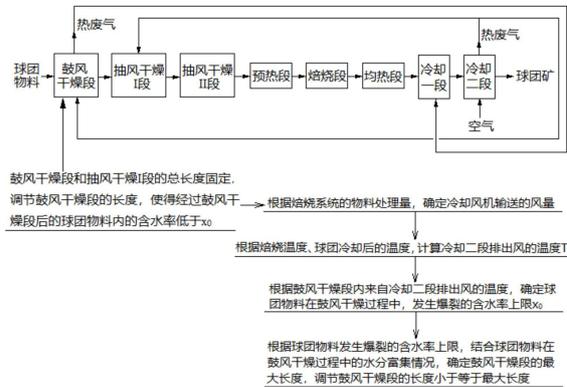
权利要求书2页 说明书11页 附图2页

(54) 发明名称

一种基于焙烧系统的球团干燥焙烧工艺

(57) 摘要

一种基于焙烧系统的球团干燥焙烧工艺,其特征在干:所述焙烧系统上依次设有鼓风干燥段、抽风干燥I段、抽风干燥II段、预热段、焙烧段、均热段、冷却一段、冷却二段;该工艺包括:1) 球团物料依次经过鼓风干燥段、抽风干燥I段、抽风干燥II段进行干燥,预热段、焙烧段、均热段进行预热焙烧,冷却一段和冷却二段进行冷却,获得球团矿;2) 空气经过冷却风机对冷却二段内的球团矿进行冷却,排出后一分为二,分别输送至鼓风干燥段对球团物料进行鼓风干燥,输送至抽风干燥I段对物料进行抽风干燥。采用本发明提高了抽风干燥II段可承受的风温同时保证干燥过程中的球团不会爆裂,减少能耗,强化焙烧,提高设备生产率。



1. 一种基于焙烧系统的球团干燥焙烧工艺,其特征在于:所述焙烧系统(1)上依次设有鼓风干燥段(101)、抽风干燥I段(102)、抽风干燥II段(103)、预热段(104)、焙烧段(105)、均热段(106)、冷却一段(107)、冷却二段(108);所述冷却二段(108)的进风口与冷却风机连接;冷却二段(108)的出风口连接有第一管道(L1),第一管道(L1)一分为二,分为第二管道(L2)和第三管道(L3);第二管道(L2)连接至鼓风干燥段(101)的进风口,第二管道(L2)上设有鼓风机;第三管道(L3)连接至抽风干燥I段(102);该工艺包括以下步骤:

1) 球团物料在焙烧系统(1)上依次经过鼓风干燥段(101)进行鼓风干燥、抽风干燥I段(102)进行抽风干燥、抽风干燥II段(103)进行再次抽风干燥、预热段(104)进行预热、焙烧段(105)进行焙烧、均热段(106)进行均热、冷却一段(107)和冷却二段(108)进行冷却,获得球团矿;

2) 空气经过冷却风机对冷却二段(108)内的球团矿进行冷却,排出后一分为二,分别通过第二管道(L2)输送至鼓风干燥段(101)对球团物料进行鼓风干燥,通过第三管道(L3)输送至抽风干燥I段(102)对物料进行抽风干燥。

2. 根据权利要求1所述的球团干燥焙烧工艺,其特征在于:该工艺还包括步骤:

3) 鼓风干燥段(101)排出的热空气输送至冷却一段(107)对球团矿进行冷却;冷却一段(107)排出的气体分别输送至均热段(106)、焙烧段(105)和预热段(104)参与球团的预热焙烧;焙烧段(105)的后段和均热段(106)排出的气体分别输送至抽风干燥II段(103)和预热段(104)参与球团的干燥预热;抽风干燥I段(102)、抽风干燥II段(103)、预热段(104)、焙烧段(105)的前段排出的气体通过抽风机排出。

3. 根据权利要求1或2所述的球团干燥焙烧工艺,其特征在于:所述焙烧系统(1)的鼓风干燥段(101)、抽风干燥I段(102)的总长度固定,调节鼓风干燥段(101)的长度,使得经过鼓风干燥段(101)后的球团物料内的含水率低于 x_0 ;

其中: x_0 为鼓风干燥过程中,球团物料发生爆裂的含水率上限; x_0 的取值范围为10%~16%。

4. 根据权利要求3所述的球团干燥焙烧工艺,其特征在于:调节鼓风干燥段(101)的长度具体为:

A1) 根据焙烧系统(1)单位时间的物料处理量,确定冷却风机的功率,进而确定冷却风机输送的风量;

A2) 根据焙烧温度、球团冷却后的温度,计算得到冷却二段(108)排出风的温度T;

A3) 根据鼓风干燥段(101)内来自于冷却二段(108)排出风的温度,确定球团物料在鼓风干燥过程中,发生爆裂的含水率上限 x_0 ;

A4) 根据球团物料发生爆裂的含水率上限,结合球团物料在鼓风干燥段(101)干燥过程中的水分富集情况,确定鼓风干燥段(101)的最大长度,调节鼓风干燥段(101)的长度小于等于最大长度。

5. 根据权利要求4所述的球团干燥焙烧工艺,其特征在于:步骤A4)中所述确定鼓风干燥段(101)的最大长度,具体为:

检测球团物料的初始含水率,设计焙烧系统(1)上球团物料的厚度,采用温度为T的风对鼓风干燥段(101)上的球团物料进行鼓风干燥;检测焙烧系统(1)上鼓风干燥段(101)表层球团物料的含水率达到 x_0 的位置,将该位置设定为极限位置;鼓风干燥段(101)起始位置

到极限位置的长度为鼓风干燥段(101)的最大长度。

6. 根据权利要求1或2所述的球团干燥焙烧工艺,其特征在于:所述焙烧系统(1)的鼓风干燥段(101)、抽风干燥I段(102)的总长度固定;其中,鼓风干燥段(101)与抽风干燥I段(102)的长度比为2~6:1,优选为3~4:1。

7. 根据权利要求5或6所述的球团干燥焙烧工艺,其特征在于:第二管道(L2)上设有第一控制阀(2),第三管道(L3)上设有第二控制阀(3);调节第一控制阀(2)和第二控制阀(3),使得通过第二管道(L2)输送至鼓风干燥段(101)的风量与通过第三管道(L3)输送至抽风干燥I段(102)的风量比例等于鼓风干燥段(101)与抽风干燥I段(102)的长度比。

8. 根据权利要求7所述的球团干燥焙烧工艺,其特征在于:检测鼓风干燥段(101)与抽风干燥I段(102)的风速,调节第一控制阀(2)和第二控制阀(3),使得鼓风干燥段(101)与抽风干燥I段(102)两者的风速相等。

9. 根据权利要求1-8中任一项所述的球团干燥焙烧工艺,其特征在于:鼓风干燥段(101)的出风口经由第四管道(L4)连接至冷却一段(107)的进风口,第四管道(L4)上设有冷却一段风机;调节冷却一段风机的转速,使得焙烧段(105)的炉罩压力在设定范围内;其中,焙烧段(105)的炉罩压力的设定范围为-100Pa至-50Pa。

10. 根据权利要求9所述的球团干燥焙烧工艺,其特征在于:在第四管道(L4)上、位于冷却一段风机的上游位置设有冷风阀(4);调节冷风阀(4)的开度,使得从第四管道(L4)进入冷却一段(107)的风同时满足风量需求和能量需求。

一种基于焙烧系统的球团干燥焙烧工艺

技术领域

[0001] 本发明涉及金属氧化物团块焙烧的热工制度,具体涉及一种基于焙烧系统的球团干燥焙烧工艺,属于黑色冶金和有色冶金原料制备领域。

背景技术

[0002] 金属氧化物团块指的是用含有金属氧化物的材料,包括金属矿物和冶金厂回收料,经过细磨后制粒得到的团块,通常为球形。将金属氧化物团块用焙烧机进行高温焙烧以获得适合冶炼的炉料,如球团矿。制粒后的金属氧化物团块(即球团物料)需要在焙烧机中首先干燥脱除水分,然后升温预热,再高温焙烧、冷却,才能得到物理性能和冶金性能都符合要求的冶金炉料。

[0003] 传统带式焙烧机的流程示意如图3所示。球团物料在干燥和焙烧过程中,需要充分利用高温物料的显热以降低热量消耗,同时在焙烧过程中还会产生大量的废气。现有球团焙烧工艺存在以下问题:

[0004] (1) 鼓风干燥段外排热废气温度达100℃以上,导致热量浪费,大大增加了废气排放量;

[0005] (2) 生球经鼓风干燥后,水分往上层球团迁移,再经抽风干燥时,热风温度不宜高于450℃,否则上层球团将发生爆裂。抽风干燥段废气来自于焙烧段和均热段废气,而焙烧段和均热段废气温度往往会高于500℃,为了避免抽风干燥段球团爆裂,通常在回热风机前增加冷风阀兑入大量冷风,从而使回热风低于450℃。但是基于工艺配置和工程实施简约的考虑,焙烧段和均热段废气除了供给抽风干燥段外还要供给预热段,预热段温度要求达900℃,为此又需要在预热段烟罩内通过烧嘴燃烧将回热风由450℃以下升温至900℃以上,消耗了燃料。另外,由于兑入大量冷风后,回风量大于抽风干燥段和预热段的需求量,往往在回热风机和主抽风机间增加连通管进行分流,从而增加了主抽风机负荷。

[0006] (3) 经焙烧段和均热段后球团温度高达1200℃以上,直接用自然风冷却,将发生剧烈气固热交换,不利于球团矿结晶,成品球团强度会受一定影响。

发明内容

[0007] 针对上述现有技术中存在的问题,本发明提出一种基于焙烧系统的球团干燥焙烧工艺。在本发明的技术方案中,将传统带式焙烧机的鼓风干燥段划分为本申请焙烧系统中的鼓风干燥段与抽风干燥I段,并将冷却二段排出的气体一分为二,分别输送至鼓风干燥段和抽风干燥I段。本申请将鼓风干燥段一分为二后,球团物料先经来自冷却二段的低温热风鼓风干燥,水分往上层球团迁移,再经来自冷却二段的低温热风抽风干燥,水分又往下层球团迁移,此时上层球团的水分含量降低,相应的,上层球团的爆裂温度得到明显提升。因而来自焙烧段和均热段的回热风无需额外兑冷风即可直接作为抽风干燥II段的热风进行循环使用,即在确保球团物料不会发生爆裂的前提下大幅提高了球团物料的干燥效率。同时,由于未兑冷风,进入预热段的回热风也更容易满足预热温度要求,从而对节约燃料消耗、提

高球团预热焙烧效果具有显著作用。

[0008] 根据本发明的实施方案,提供一种基于焙烧系统的球团干燥焙烧工艺。

[0009] 一种基于焙烧系统的球团干燥焙烧工艺,所述焙烧系统上依次设有鼓风干燥段、抽风干燥I段、抽风干燥II段、预热段、焙烧段、均热段、冷却一段、冷却二段。所述冷却二段的进风口与冷却风机连接。冷却二段的出风口连接有第一管道,第一管道一分为二,分为第二管道和第三管道。第二管道连接至鼓风干燥段的进风口,第二管道上设有鼓风机。第三管道连接至抽风干燥I段。该工艺包括以下步骤:

[0010] 1) 球团物料在焙烧系统上依次经过鼓风干燥段进行鼓风干燥、抽风干燥I段进行抽风干燥、抽风干燥II段进行再次抽风干燥、预热段进行预热、焙烧段进行焙烧、均热段进行均热、冷却一段和冷却二段进行冷却,获得球团矿。

[0011] 2) 空气经过冷却风机对冷却二段内的球团矿进行冷却,排出后一分为二,分别通过第二管道输送至鼓风干燥段对球团物料进行鼓风干燥,通过第三管道输送至抽风干燥I段对物料进行抽风干燥。

[0012] 在本发明中,该工艺还包括步骤:

[0013] 3) 鼓风干燥段排出的热空气输送至冷却一段对球团矿进行冷却。冷却一段排出的气体分别输送至均热段、焙烧段和预热段参与球团的预热焙烧。焙烧段的后段和均热段排出的气体分别输送至抽风干燥II段和预热段参与球团的干燥预热。抽风干燥I段、抽风干燥II段、预热段、焙烧段的前段排出的气体通过抽风机排出。

[0014] 在本发明中,所述焙烧系统的鼓风干燥段、抽风干燥I段的总长度固定,调节鼓风干燥段的长度,使得经过鼓风干燥段后的球团物料内的含水率低于 x_0 。

[0015] 其中: x_0 为鼓风干燥过程中,球团物料发生爆裂的含水率上限。 x_0 的取值范围为10%~16%。

[0016] 在本发明中,调节鼓风干燥段的长度具体为:

[0017] A1) 根据焙烧系统单位时间的物料处理量,确定冷却风机的功率,进而确定冷却风机输送的风量。

[0018] A2) 根据焙烧温度、球团冷却后的温度,计算得到冷却二段排出风的温度 T 。

[0019] A3) 根据鼓风干燥段内来自于冷却二段排出风的温度,确定球团物料在鼓风干燥过程中,发生爆裂的含水率上限 x_0 。

[0020] A4) 根据球团物料发生爆裂的含水率上限,结合球团物料在鼓风干燥段干燥过程中的水分富集情况,确定鼓风干燥段的最大长度,调节鼓风干燥段的长度小于等于最大长度。

[0021] 在本发明中,步骤A4)中所述的确定鼓风干燥段的最大长度,具体为:

[0022] 检测球团物料的初始含水率,设计焙烧系统上球团物料的厚度,采用温度为 T 的风对鼓风干燥段上的球团物料进行鼓风干燥。检测焙烧系统上鼓风干燥段表层球团物料的含水率达到 x_0 的位置,将该位置设定为极限位置。鼓风干燥段起始位置到极限位置的长度为鼓风干燥段的最大长度。

[0023] 在本发明中,所述焙烧系统的鼓风干燥段、抽风干燥I段的总长度固定。其中,鼓风干燥段与抽风干燥I段的长度比为2~6:1,优选为3~4:1。

[0024] 在本发明中,第二管道上设有第一控制阀,第三管道上设有第二控制阀。调节第一

控制阀和第二控制阀,使得通过第二管道输送至鼓风干燥段的风量与通过第三管道输送至抽风干燥I段的风量比例等于鼓风干燥段与抽风干燥I段的长度比。

[0025] 作为优选,检测鼓风干燥段与抽风干燥I段的风速,调节第一控制阀和第二控制阀,使得鼓风干燥段与抽风干燥I段两者的风速相等。

[0026] 在本发明中,鼓风干燥段的出风口经由第四管道连接至冷却一段的进风口,第四管道上设有冷却一段风机。调节冷却一段风机的转速,使得焙烧段的炉罩压力在设定范围内。其中,焙烧段的炉罩压力的设定范围为-100Pa至-50Pa。

[0027] 作为优选,在第四管道上、位于冷却一段风机的上游位置设有冷风阀。调节冷风阀的开度,使得从第四管道进入冷却一段的风同时满足风量需求和能量需求。

[0028] 传统的带式焙烧机一般设有鼓风干燥段、抽风干燥段、预热段、焙烧段、均热段、冷却一段、冷却二段七个工艺段,生球首先在鼓风干燥段和抽风干燥段脱除水分,然后在预热段进行升温预热,再进入焙烧段进行高温焙烧,随后经均热段进入冷却一段和冷却二段进行冷却,即得到球团矿产品。在现有技术中,生球经鼓风干燥后,水分会往上层球团迁移,使得上层球团内的水分含量不断升高。而生球中的水分会导致生球塑性变形使生球在后续的抽风干燥阶段或预热阶段产生裂纹或爆裂,生球中的水分含量越高,生球对应的爆裂温度(即生球在升温过程中球团结构遭到破坏的温度)就越低。如此一来,当鼓风干燥段排出的生球再经抽风干燥时,抽风干燥段的温度则必须加以控制(例如控制进入抽风干燥段的风温在450℃以下,例如400℃),否则上层水分含量高的球团将发生爆裂。而抽风干燥段废气来自于焙烧段和均热段废气,焙烧段和均热段废气温度往往会高于500℃,为避免抽风干燥段球团爆裂,通常在回热风机前增加冷风阀兑入大量冷风,从而使回热风低于450℃。但焙烧段和均热段废气除了供给抽风干燥段外还要供给预热段,预热段温度要求达900℃,显然,兑冷风后的回热风无法满足预热段温度要求,为此又需要在预热段烟罩内通过烧嘴燃烧将回热风由450℃以下升温至900℃以上,增加了燃料消耗。另外,由于兑入大量冷风后,回热风量大于抽风干燥段和预热段的需求量,如图3所示,往往在回热风机和主抽风机间增加连通管进行分流,从而增加了主抽风机负荷。

[0029] 针对上述现有技术中存在的上层球团在干燥过程中由于过湿易爆裂,抽风干燥段与预热段的热风温度被限制影响焙烧进程、增加燃耗等不足,本发明提出一种基于焙烧系统的球团干燥焙烧工艺。在本发明的技术方案中,将传统带式焙烧机的鼓风干燥段划分为本申请焙烧系统中的鼓风干燥段与抽风干燥I段,并将冷却二段排出的气体一分为二,分别输送至鼓风干燥段对球团物料进行鼓风干燥,同时输送至抽风干燥I段对球团物料进行抽风干燥。本申请将鼓风干燥段一分为二后,球团物料先经来自冷却二段的低温热风鼓风干燥,水分往上层球团迁移,再经同样来自冷却二段的低温热风抽风干燥,水分又往下层球团迁移,此时上层球团的水分含量降低,相应的,上层球团的爆裂温度得到明显提升。因而来自焙烧段和均热段的回热风无需额外兑冷风即可直接作为抽风干燥II段的热风进行循环使用,即在确保球团物料不会发生爆裂的前提下大幅提高了球团物料的干燥效率,使得焙烧过程得以强化。同时,由于未兑冷风,进入预热段的回热风也更容易满足预热温度要求,从而对节约燃料消耗、提高球团预热焙烧效果具有显著作用。此外,由于未兑冷风,回热风量不会大量增加,在回热风量满足抽风干燥段和预热段风量需求的前提下,无需在回热风机与主抽风机之间使用连通管进行分流。相比传统带式焙烧机,本申请中焙烧系统取消了

冷风阀和连通管,减少了主抽风机负荷,降低了生产成本。

[0030] 传统带式焙烧机中对球团物料进行鼓风干燥后排出的废气往往在经过除尘净化后直接排放,未能回收其显热,且大大增加了球团焙烧工艺过程的废气排放量。为克服这一缺陷,本发明将鼓风干燥段排出的热废气作为冷却一段的冷却风循环利用,从而实现对该部分废气显热的回收利用,减少了热量消耗,同时大大减少了废气排放,还提高了冷却一段所排出热废气的温度,有助于减少焙烧段及预热段烧嘴的燃料消耗。而且,在冷却一段采用鼓风干燥段的热废气(低温热风,例如100℃)对高温球团(例如1200℃)进行冷却,减少了气固温差,有利于球团结晶,提升球团强度。此外,球团生产时往往粉尘浓度不高,当鼓风干燥段废气粉尘含量低于风机可承受能力时(通常 $<100\text{mg}/\text{m}^3$ 即可),可取消除尘装置直接由冷却一段风机鼓入冷却一段,减少了该部分废气除尘系统的固定投资。

[0031] 本发明将现有技术中的鼓风干燥段细分为本申请中的鼓风干燥段和抽风干燥I段,因而本申请中鼓风干燥段和抽风干燥I段的总长度是固定的,本申请中的抽风干燥II段即对应现有技术中的抽风干燥段。根据前述分析,要提高抽风干燥II段可承受的风温同时保证进入抽风干燥II段的球团不会爆裂,则需要降低球团中的水分含量以提高球团的爆裂温度。而球团在经过鼓风干燥段和抽风干燥I段时,由于鼓风干燥段会使得水分往上层球团迁移,抽风干燥I段会使得水分往下层球团迁移,因而水分含量最高的球团即位于鼓风干燥段与抽风干燥I段的分界位置,且水分含量最高(即爆裂温度最低)的球团为分界位置的表层球团。基于此,本发明通过调节鼓风干燥段的长度,即确定鼓风干燥段与抽风干燥I段的分界位置,使得经过鼓风干燥段后的球团物料内的含水率低于鼓风干燥过程中球团发生爆裂的含水率上限 x_0 。

[0032] 在本发明中,所述调节鼓风干燥段的长度,包括以下步骤:

[0033] A1) 根据焙烧系统单位时间的物料处理量,确定冷却风机的功率,进而确定冷却风机输送的风量。

[0034] 在步骤A1)中,首先根据焙烧系统在单位时间内的物料处理量,确定处理相应物料量所需的风量,然后根据焙烧系统整体的风量需求选定各风机型号,从而确定冷却二段所连接的冷却风机的功率,进而确定冷却风机所输送的风量。

[0035] A2) 根据焙烧温度、球团冷却后的温度,计算得到冷却二段排出风的温度 T 。

[0036] 在步骤A2)中,根据球团焙烧后进入冷却二段的温度、球团冷却后的温度,及经由冷却风机进入冷却二段的冷却风的温度,基于热平衡公式,即能够计算得到冷却二段排出风的温度 T 。本申请无需实际检测,通过在线过程模拟的方式即能够获得冷却二段排出风的温度,以便于对实际生产过程进行指导和调整。

[0037] A3) 根据鼓风干燥段内来自于冷却二段排出风的温度,确定球团物料在鼓风干燥过程中,发生爆裂的含水率上限 x_0 。

[0038] 球团物料中的水分含量越高,球团物料对应的爆裂温度就越低。本申请发明人通过多次实验得出球团物料水分含量(即含水率,%)与球团物料爆裂温度(℃)的对应关系,如表1所示:

[0039] 表1球团物料的含水率与爆裂温度的对照表

	球团物料的含水率, %	球团物料的爆裂温度, °C
[0040]	6	600
	8	530
[0041]	10	480
	12	440
	14	360
	15	320
	16	270

[0042] 基于表1,在步骤A3)中,本申请即能够根据鼓风干燥段内来自冷却二段排出风的温度,进而确定在鼓风干燥过程中,球团物料发生爆裂的含水率上限 x_0 。

[0043] A4)根据球团物料发生爆裂的含水率上限,结合球团物料在鼓风干燥段干燥过程中的水分富集情况,确定鼓风干燥段的最大长度,调节鼓风干燥段的长度小于等于最大长度。

[0044] 本申请在已经获知球团物料在鼓风干燥段内发生爆裂的含水率上限的情况下,再根据球团物料在鼓风干燥段的水分富集情况,尤其是鼓风干燥段的表层球团物料的水分富集情况,从而确定球团物料发生爆裂的含水率上限所对应的位置,该位置为鼓风干燥段与抽风干燥I段的分界位置,即确定鼓风干燥段的最大长度。调节鼓风干燥段的长度小于等于该最大长度,即能避免球团在干燥过程中发生爆裂。此外,由于本申请中鼓风干燥段的风循环至冷却一段进行利用,抽风干燥I段的风直接外排,因而调节鼓风干燥段的长度最大化(即等于最大长度),能够最大程度地减少废气排放,实现利益的最大化。

[0045] 在步骤A4)中,所述确定鼓风干燥段的最大长度,具体可通过如下操作:

[0046] 检测球团物料的初始含水率,设计焙烧系统上球团物料的厚度,采用温度为T的风(即冷却二段排出的温度为T的风)对鼓风干燥段上的球团物料进行鼓风干燥。检测焙烧系统上鼓风干燥段表层球团物料的含水率达到 x_0 的位置,将该位置设定为极限位置。鼓风干燥段起始位置到极限位置的长度为鼓风干燥段的最大长度。

[0047] 在鼓风干燥段的风温和球团物料厚度确定的前提下,本申请发明人通过多次实验得出鼓风干燥段表层球团物料含水率与鼓风干燥段长度的对应关系,如表2所示:

[0048] 表2表层球团物料的含水率与鼓风干燥段长度的对照表

风温 320°C, 物料厚度 400mm		风温 320°C, 物料厚度 500mm		风温 320°C, 物料厚度 600mm	
表层球团 含水率, %	鼓风干燥 段长度, m	表层球团 含水率, %	鼓风干燥 段长度, m	表层球团 含水率, %	鼓风干燥 段长度, m
10	4	10	4	10	5
12	6	12	7	12	8
14	8	14	10	14	11

[0050]	15	10	15	12	15	13
	16	12	16	14	16	16

[0051] 注意:随着料层厚度的增加,整个焙烧系统的设备长度会随之增加,因而在风温一样的情况下,不同料层厚度所对应的鼓风干燥段长度也是不一样的。

[0052] 基于表2,本申请根据鼓风干燥段表层球团含水率的情况,即能够快速获取鼓风干燥段对应的长度位置,当表层球团物料的含水率达到 x_0 时,此时对应的长度位置即为鼓风干燥段长度的极限位置。鼓风干燥段起始位置到该极限位置的长度即为鼓风干燥段的最大长度。

[0053] 需要说明的是,本申请将现有的鼓风干燥段一分为二,即设置了三个干燥段。根据前述分析,如此设置能够有效降低球团物料的水分含量、提高球团物料的爆裂温度从而大大提高抽风干燥II段的风温,因而本申请能够采用厚料层操作(例如,在包括铺底料厚度的前提下,整个球团物料的堆积高度可达600mm),焙烧过程得以强化,降低焙烧热量消耗,提高设备生产率。

[0054] 另外,在现有技术中,也可能存在鼓风干燥段的风温较低,即鼓风干燥段末端(即鼓风干燥段与抽风干燥段的分界位置)的含水率也不会达到该风温对应的含水率上限,此时鼓风干燥段内不会出现生球爆裂的情况。但是,由于抽风干燥段的风温较高,因而仍然存在鼓风干燥段的球团在进入抽风干燥段后发生爆裂的情况,此时为避免球团爆裂仍然需要兑冷风来降低抽风干燥段的风温,即前述现有技术中存在的问题并没有得到解决。基于这种情况,本申请发明人根据经验将鼓风干燥段一分为二,即包括本申请中的鼓风干燥段和抽风干燥I段,在鼓风干燥段末端的表层球团含水率达到最高时,如前所述,再通过进入抽风干燥I段的同样的低温热风来降低表层球团物料的含水率,即能避免后续抽风干燥II段风温过高而引起球团爆裂的情况,且无需进行兑冷风操作。在鼓风干燥段与抽风干燥I段的总长度固定的前提下,此时鼓风干燥段与抽风干燥I段的长度比为2~6:1,优选为3~4:1,例如4:1。

[0055] 作为优选方案,本发明在第二管道上设有第一控制阀,在第三管道上设有第二控制阀。第一控制阀用于调节冷却二段通过第二管道输送至鼓风干燥段的风量,第二控制阀用于调节冷却二段通过第三管道输送至抽风干燥I段的风量。鉴于风量平衡与能量平衡对焙烧系统球团的质量保障至关重要,因而本申请通过调节第一控制阀和第二控制阀,使得通过第二管道输送至鼓风干燥段的风量与通过第三管道输送至抽风干燥I段的风量比例等于鼓风干燥段与抽风干燥I段的长度比,从而确保鼓风干燥段与抽风干燥I段两者的风速相同。

[0056] 在本发明中,还可直接对鼓风干燥段和抽风干燥I段的风速进行检测,若检测结果显示两段风速相同,则无需调整,若检测结果显示两者风速不同,则调节第一控制阀和第二控制阀,使得鼓风干燥段与抽风干燥I段两者的风速相同。

[0057] 考虑到焙烧系统风量平衡和能量平衡的重要性,本发明还通过调节冷却一段风机的转速,使得焙烧段的炉罩压力在设定范围内。其中,焙烧段的炉罩压力的设定范围为-100Pa至-50Pa(例如-50Pa)。另外,本申请还在冷却一段风机的上游设有冷风阀,调节冷风阀的开度,使得进入冷却一段的风能够同时满足系统风量需求和能量需求。

[0058] 与现有技术相比,本发明具有以下有益技术效果:

[0059] 1、本发明将现有的鼓风干燥段细分为鼓风干燥段与抽风干燥I段,并将冷却二段排出的气体一分为二,分别输送至鼓风干燥段和抽风干燥I段。球团物料先经来自冷却二段的低温热风鼓风干燥,水分往上层球团迁移,再经同样来自冷却二段的低温热风抽风干燥,水分又往下层球团迁移,此时上层球团的水分含量降低,相应的,上层球团的爆裂温度得到明显提升。因而来自焙烧段和均热段的回热风无需额外兑冷风即可直接作为抽风干燥II段的热风进行循环使用,即在确保球团物料不会发生爆裂的前提下大幅提高了球团物料的干燥效率,使得焙烧过程得以强化。

[0060] 2、在本发明中,由于来自焙烧段和均热段的回热风未兑冷风,进入预热段的回热风也更容易满足预热温度要求,从而节约了燃料消耗、提高了球团预热焙烧效果。由于未兑冷风,回热风量不会大量增加,因而无需在回热风机与主抽风机之间使用连通管进行分流。相比传统带式焙烧机,本申请中焙烧系统取消了冷风阀和连通管,减少了主抽风机负荷,降低了生产成本。

[0061] 3、本发明将鼓风干燥段排出的热废气作为冷却一段的冷却风循环利用,实现对这部分废气显热的回收利用,减少了热量消耗,同时大大减少了废气排放,还提高了冷却一段所排出热废气的温度,有助于减少焙烧段及预热段烧嘴的燃料消耗。而且,冷却一段采用鼓风干燥段的热废气对高温球团进行冷却,减少了气固温差,有利于球团结晶,提升球团强度。此外,球团生产时粉尘浓度不高,可取消除尘装置直接由冷却一段风机鼓入冷却一段,减少了该部分废气除尘系统的固定投资。

[0062] 4、本发明首先根据焙烧系统的物料处理量,确定冷却风机输送的风量,然后根据球团物料量、冷却风量、球团物料冷却前后的温度、冷却风的温度,计算得到冷却二段排出的风的温度,再根据这一温度确定球团物料在鼓风干燥过程中,发生爆裂的含水率上限 x_0 ,最后根据这一含水率上限,确定鼓风干燥段的最大长度,调节鼓风干燥段的长度小于等于该最大长度,即能避免球团在干燥过程中发生爆裂。调节鼓风干燥段的长度最大化,即能最大程度地减少废气排放,实现利益的最大化。此外,当现有技术中鼓风干燥段末端的含水率也不会达到鼓风干燥段风温对应的含水率上限时,根据经验确定鼓风干燥段一分为二的长度比例,从而确保球团在后续抽风干燥II段内也不会发生爆裂。

[0063] 5、本发明还在冷却一段风机的上游设有冷风阀,调节冷风阀的开度,使得进入冷却一段的风能够同时满足系统风量需求和能量需求,从而加强对焙烧系统球团矿的质量保障。

附图说明

[0064] 图1为本发明一种基于焙烧系统的球团干燥焙烧工艺的流程示意图;

[0065] 图2为本发明中焙烧系统的结构示意图;

[0066] 图3为现有技术中带式焙烧机的结构示意图。

[0067] 附图标记:

[0068] 1:焙烧系统;101:鼓风干燥段;102:抽风干燥I段;103:抽风干燥II段;104:预热段;105:焙烧段;106:均热段;107:冷却一段;108:冷却二段;2:第一控制阀;3:第二控制阀;4:冷风阀;

[0069] L1:第一管道;L2:第二管道;L3:第三管道;L4:第四管道。

具体实施方式

[0070] 下面对本发明的技术方案进行举例说明,本发明请求保护的范围包括但不限于以下实施例。

[0071] 实施例1

[0072] 一种基于焙烧系统的球团干燥焙烧工艺,所述焙烧系统1上依次设有鼓风干燥段101、抽风干燥I段102、抽风干燥II段103、预热段104、焙烧段105、均热段106、冷却一段107、冷却二段108。所述冷却二段108的进风口与冷却风机连接。冷却二段108的出风口连接有第一管道L1,第一管道L1一分为二,分为第二管道L2和第三管道L3。第二管道L2连接至鼓风干燥段101的进风口,第二管道L2上设有鼓风机。第三管道L3连接至抽风干燥I段102。该工艺包括以下步骤:

[0073] 1) 球团物料在焙烧系统1上依次经过鼓风干燥段101进行鼓风干燥、抽风干燥I段102进行抽风干燥、抽风干燥II段103进行再次抽风干燥、预热段104进行预热、焙烧段105进行焙烧、均热段106进行均热、冷却一段107和冷却二段108进行冷却,获得球团矿。

[0074] 2) 空气经过冷却风机对冷却二段108内的球团矿进行冷却,排出后一分为二,分别通过第二管道L2输送至鼓风干燥段101对球团物料进行鼓风干燥,通过第三管道L3输送至抽风干燥I段102对物料进行抽风干燥。

[0075] 实施例2

[0076] 一种基于焙烧系统的球团干燥焙烧工艺,如图2所示,所述焙烧系统1上依次设有鼓风干燥段101、抽风干燥I段102、抽风干燥II段103、预热段104、焙烧段105、均热段106、冷却一段107、冷却二段108。所述冷却二段108的进风口与冷却风机连接。冷却二段108的出风口连接有第一管道L1,第一管道L1一分为二,分为第二管道L2和第三管道L3。第二管道L2连接至鼓风干燥段101的进风口,第二管道L2上设有鼓风机。第三管道L3连接至抽风干燥I段102。该工艺包括以下步骤:

[0077] 1) 球团物料在焙烧系统1上依次经过鼓风干燥段101进行鼓风干燥、抽风干燥I段102进行抽风干燥、抽风干燥II段103进行再次抽风干燥、预热段104进行预热、焙烧段105进行焙烧、均热段106进行均热、冷却一段107和冷却二段108进行冷却,获得球团矿。

[0078] 2) 空气经过冷却风机对冷却二段108内的球团矿进行冷却,排出后一分为二,分别通过第二管道L2输送至鼓风干燥段101对球团物料进行鼓风干燥,通过第三管道L3输送至抽风干燥I段102对物料进行抽风干燥。

[0079] 3) 鼓风干燥段101排出的热空气输送至冷却一段107对球团矿进行冷却。冷却一段107排出的气体分别输送至均热段106、焙烧段105和预热段104参与球团的预热焙烧。焙烧段105的后段和均热段106排出的气体分别输送至抽风干燥II段103和预热段104参与球团的干燥预热。抽风干燥I段102、抽风干燥II段103、预热段104、焙烧段105的前段排出的气体通过抽风机排出。

[0080] 实施例3

[0081] 重复实施例2,只是所述焙烧系统1的鼓风干燥段101、抽风干燥I段102的总长度固定,调节鼓风干燥段101的长度,使得经过鼓风干燥段101后的球团物料内的含水率低于 x_0 。

[0082] 其中： x_0 为鼓风干燥过程中，球团物料发生爆裂的含水率上限。 x_0 的取值范围为14%~15%。

[0083] 实施例4

[0084] 如图1所示，重复实施例3，只是所述调节鼓风干燥段101的长度具体为：

[0085] A1) 根据焙烧系统1单位时间的物料处理量，确定冷却风机的功率，进而确定冷却风机输送的风量。

[0086] A2) 根据焙烧温度、球团冷却后的温度，计算得到冷却二段108排出风的温度T。

[0087] A3) 根据鼓风干燥段101内来自于冷却二段108排出风的温度，确定球团物料在鼓风干燥过程中，发生爆裂的含水率上限 x_0 。

[0088] A4) 根据球团物料发生爆裂的含水率上限，结合球团物料在鼓风干燥段101干燥过程中的水分富集情况，确定鼓风干燥段101的最大长度，调节鼓风干燥段101的长度小于等于最大长度。

[0089] 实施例5

[0090] 重复实施例4，只是步骤A4)中所述的确定鼓风干燥段101的最大长度，具体为：

[0091] 检测球团物料的初始含水率，设计焙烧系统1上球团物料的厚度，采用温度为T的风对鼓风干燥段101上的球团物料进行鼓风干燥。检测焙烧系统1上鼓风干燥段101表层球团物料的含水率达到 x_0 的位置，将该位置设定为极限位置。鼓风干燥段101起始位置到极限位置的长度为鼓风干燥段101的最大长度。

[0092] 实施例6

[0093] 重复实施例5，只是第二管道L2上设有第一控制阀2，第三管道L3上设有第二控制阀3。调节第一控制阀2和第二控制阀3，使得通过第二管道L2输送至鼓风干燥段101的风量与通过第三管道L3输送至抽风干燥I段102的风量比例等于鼓风干燥段101与抽风干燥I段102的长度比。

[0094] 实施例7

[0095] 重复实施例6，只是检测鼓风干燥段101与抽风干燥I段102的风速，调节第一控制阀2和第二控制阀3，使得鼓风干燥段101与抽风干燥I段102两者的风速相等。

[0096] 实施例8

[0097] 重复实施例7，只是鼓风干燥段101的出风经由第四管道L4连接至冷却一段107的进风口，第四管道L4上设有冷却一段风机。调节冷却一段风机的转速，使得焙烧段105的炉罩压力在设定范围内。其中，焙烧段105的炉罩压力的设定为-50Pa。

[0098] 实施例9

[0099] 重复实施例8，只是在第四管道L4上、位于冷却一段风机的上游位置设有冷风阀4。调节冷风阀4的开度，使得从第四管道L4进入冷却一段107的风同时满足风量需求和能量需求。

[0100] 实施例10

[0101] 重复实施例2，只是所述焙烧系统1的鼓风干燥段101、抽风干燥I段102的总长度固定。其中，鼓风干燥段101与抽风干燥I段102的长度比为4:1。

[0102] 实施例11

[0103] 重复实施例10，只是鼓风干燥段101与抽风干燥I段102的长度比为2:1。

[0104] 应用实施例1

[0105] 将实施例5所述的工艺用于球团干燥焙烧。鼓风干燥段不同的风温和物料厚度,对应球团物料在鼓风干燥过程中,发生爆裂的不同含水率上限 x_0 。设置4组风温和物料厚度,分别对同一批次的球团物料进行干燥焙烧,检测鼓风干燥段表层球团物料的含水率达到 x_0 的位置,得到鼓风干燥段的最大长度。实验结果如下:

	鼓风干燥段的 风温, °C	球团物料的 厚度, mm	球团物料发生爆 裂的含水率 上限, %	鼓风干燥段的 最大长度, m	
[0106]	第1组	300	400	15%	10
	第2组	360	400	14%	8
	第3组	300	600	15%	13
	第4组	360	600	14%	11

[0107] 注意:随着球团物料厚度的增加,整个焙烧系统的设备长度会随之增加,因而在风温一定的情况下,不同料层厚度对应的鼓风干燥段长度也是不一样的。例如,第1组和第3组,第2组和第4组,同样的风温对应相同的含水率上限,却对应不同的鼓风干燥段长度。

[0108] 对比例1

[0109] 如图3所示,带式焙烧机上依次设有鼓风干燥段、抽风干燥段、预热段、焙烧段、均热段、冷却一段、冷却二段。冷却一段和冷却二段所需的冷却风均来自冷却风机所引入的空气,冷却二段排出的热废气输送至鼓风干燥段对生球进行鼓风干燥,鼓风干燥段排出的废气在除尘净化处理后直接外排。

[0110] 在对比例1中,所采用的鼓风干燥段风温和物料厚度与应用实施例1的第1组相同,对同一批次的球团物料进行干燥焙烧,检测并记录球团焙烧过程中的各项工艺数据。

[0111] 对比例2

[0112] 重复对比例1,只是在对比例2中,所采用的鼓风干燥段风温和物料厚度与应用实施例1的第2组相同,对同一批次的球团物料进行干燥焙烧,检测并记录球团焙烧过程中的各项工艺数据。

[0113] 对比例3

[0114] 重复对比例1,只是在对比例3中,所采用的鼓风干燥段风温和物料厚度与应用实施例1的第3组相同,对同一批次的球团物料进行干燥焙烧,检测并记录球团焙烧过程中的各项工艺数据。

[0115] 对比例4

[0116] 重复对比例1,只是在对比例4中,所采用的鼓风干燥段风温和物料厚度与应用实施例1的第4组相同,对同一批次的球团物料进行干燥焙烧,检测并记录球团焙烧过程中的各项工艺数据。

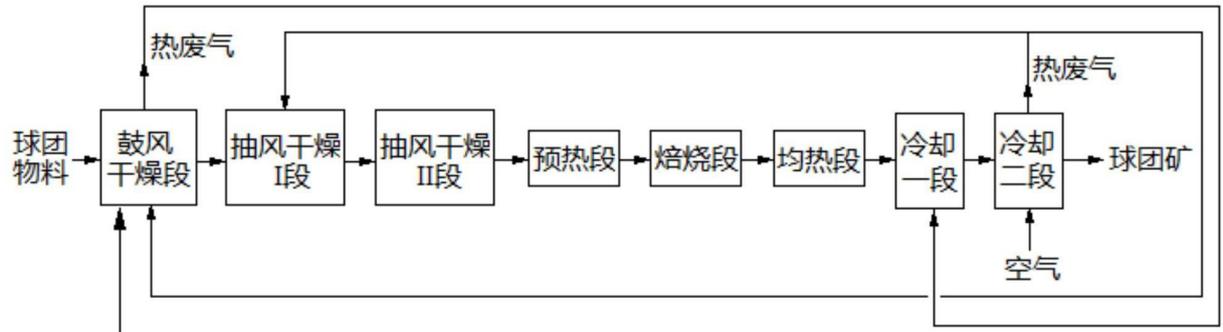
[0117] 检测并记录应用实施例1中4组不同条件下球团焙烧过程中的各项工艺数据,与对比例1-4进行比较,实验结果如下:

	抽风干燥 II段的风 温, °C	燃气或燃料 消耗, m ³ /t	外排废气 量, m ³ /t	风机实际 消耗功率, kW·h/t	球团矿成品 率(>5mm), %	球团矿抗 压强度, N	
[0118]	第1组	520	32	1570	19.8	98	2800
	第2组	560	33	1720	21	98	2900
	第3组	540	31	1500	19	98	3000
	第4组	580	32	1620	20	98	3100
	对比例1	400	38	2250	22	95	2500
	对比例2	450	40	2400	24.5	95	2600
	对比例3	410	38	2280	22.5	94.5	2400
	对比例4	460	40	2420	25	94.5	2600

[0119] 说明:在对比例1-4中,抽风干燥II段的风温即对应抽风干燥段的风温。

[0120] 对比例1-4为采用现有带式焙烧机对球团进行干燥焙烧的常规工艺,而对比例1-4分别对应应用实施例1中第1组至第4组的工艺条件(即鼓风干燥段风温与物料厚度相同)。通过上表中第1组与对比例1、第2组与对比例2、第3组与对比例3、第4组与对比例4之间的实验验证数据比较可以看出,应用实施例1中采用本申请新工艺得到的4组数据相较于对比例1-4中采用常规工艺来说,应用实施例1中各组的抽风干燥II段的风温得到显著提升,相应的,燃气或燃料消耗、外排废气量、风机实际消耗功率明显降低,最终所得到的球团矿的成品率及其抗压强度大为提高。由此,本申请将现有的鼓风干燥段细分为鼓风干燥段与抽风干燥I段,在确保球团物料不会发生爆裂的前提下大幅提高了球团物料的干燥效率,使得焙烧过程得以强化,同时球团焙烧工艺的各项指标均得到明显改善或提升。

[0121] 此外,对比例1和对比例3所采用的工艺条件分别与应用实施例1中的第1组和第3组相同,即对比例1和对比例3的鼓风干燥段风温均为300°C,但是对比例1的料层厚度为400mm,对比例3的料层厚度为600mm;同样的,对比例2和对比例4所采用的工艺条件分别与应用实施例1中的第2组和第4组相同,即对比例2和对比例4的鼓风干燥段风温均为360°C,但是对比例2的料层厚度为400mm,对比例4的料层厚度为600mm。比较上表中对比例1和对比例3、对比例2和对比例4的各项数据,可以发现采用常规工艺进行球团焙烧时,在鼓风干燥段风温相同的条件下,直接增加料层厚度,所得到的实验结果为在燃料消耗不变的情况下,除了抽风干燥段的风温略有变化外,外排废气量、风机能耗、球团矿成品率及其抗压强度等指标反而会变差。反观采用了本申请新工艺的应用实施例1中的第1组和第3组、第2组和第4组,所得到的实验结果为在鼓风干燥段风温相同的条件下,增加料层厚度后抽风干燥II段的风温、燃气或燃料消耗、外排废气量、风机实际消耗功率、球团矿的抗压强度等多项指标都有所提升。由此,可以看出采用本申请的新工艺有助于实现厚料层焙烧。



鼓风干燥段和抽风干燥I段的总长度固定,

调节鼓风干燥段的长度, 使得经过鼓风干燥段后的球团物料内的含水率低于 x_0

根据焙烧系统的物料处理量, 确定冷却风机输送的风量

根据焙烧温度、球团冷却后的温度, 计算冷却二段排出风的温度 T

根据鼓风干燥段内来自冷却二段排出风的温度, 确定球团物料在鼓风干燥过程中, 发生爆裂的含水率上限 x_0

根据球团物料发生爆裂的含水率上限, 结合球团物料在鼓风干燥过程中的水分富集情况, 确定鼓风干燥段的最大长度, 调节鼓风干燥段的长度小于等于最大长度

图1

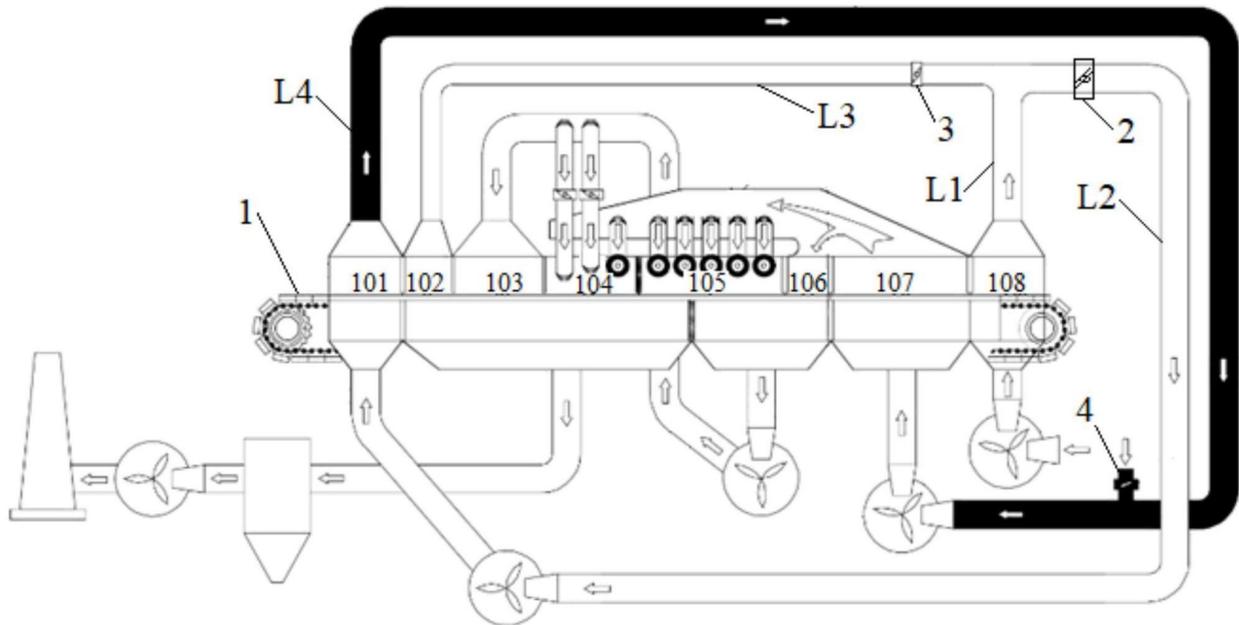


图2

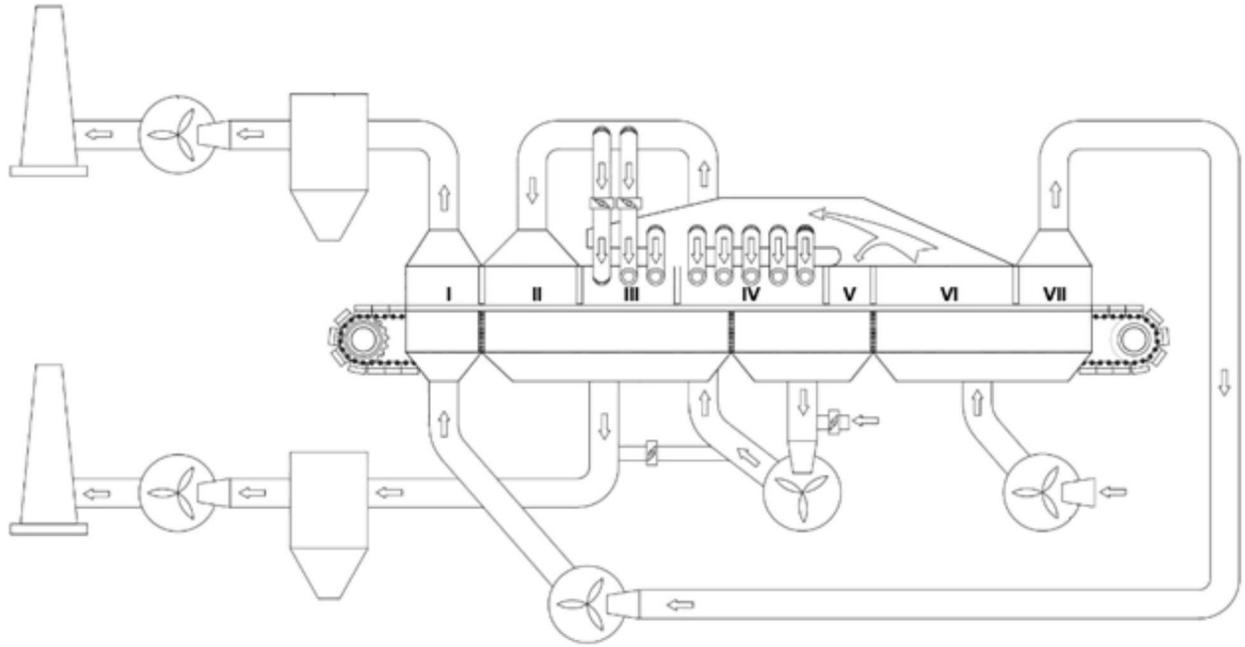


图3