



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104446064 A

(43) 申请公布日 2015. 03. 25

(21) 申请号 201410724013. 3

(22) 申请日 2014. 12. 03

(71) 申请人 北京中晶佳镁环境科技股份有限公司

地址 100176 北京市大兴区北京经济技术开发区地盛北街1号北京工业大学软件园30-2号楼

(72) 发明人 童裳慧

(51) Int. Cl.

C04B 9/04(2006. 01)

B01D 53/78(2006. 01)

B01D 53/50(2006. 01)

权利要求书2页 说明书12页 附图2页

(54) 发明名称

烟气脱硫生产水泥的装置及方法

(57) 摘要

本发明提供一种烟气脱硫生产水泥的装置及方法,具体提供一种氧化镁法烟气脱硫过程同步生产硫酸镁水泥的装置及其方法。本发明的装置包括烟气脱硫设备,浓缩设备,结晶设备,离心设备,干燥设备,废灰供给设备,渣料供给设备、混合设备等。采用本发明的装置及方法,能解决目前传统水泥生产能源消耗大、对环境破坏严重等问题,而且还能解决一般硫酸镁水泥生产成本低,物料转移运输费用大造成的无法大规模市场推广应用的问题。

1. 一种烟气脱硫生产水泥的装置,其特征在于,包括:
 - 烟气脱硫设备,用于采用氧化镁法脱除烟气中的二氧化硫,并形成含硫酸镁的吸收产物;
 - 浓缩设备,用于将来自烟气脱硫设备的含硫酸镁的吸收产物浓缩,以形成浓缩产物;
 - 结晶设备,用于接收浓缩设备形成的浓缩产物,并使得浓缩产物中生成晶粒,以获得含硫酸镁晶体的浓缩产物;
 - 离心设备,用于将来自结晶设备的含硫酸镁晶体的浓缩产物离心分离,以获得含硫酸镁晶体的沉淀;
 - 干燥设备,用于将来自离心设备的含硫酸镁晶体的沉淀干燥,以形成干燥后的沉淀;
 - 废灰供给设备,用于提供废灰;
 - 渣料供给设备,用于提供水泥用渣料;
 - 添加剂供给设备,用于提供水泥用添加剂;
 - 混合设备,用于将来自干燥设备的干燥后的沉淀、来自废灰供给设备的废灰、来自渣料供给设备的水泥用渣料和来自添加剂供给设备的水泥用添加剂混合,以形成水泥。
2. 根据权利要求1所述的烟气脱硫生产水泥的装置,其特征在于,所述的烟气脱硫设备内的上部设有二氧化硫吸收喷淋区,用于采用氧化镁法脱除烟气中的二氧化硫,并形成含硫酸镁的吸收产物。
3. 根据权利要求1所述的烟气脱硫生产水泥的装置,其特征在于,所述的浓缩设备为:
 - 1) 设置在烟气脱硫设备内部的循环沉降槽,并且所述循环沉降槽设置在烟气脱硫设备的下部,或者
 - 2) 设置在烟气脱硫设备外部的蒸发浓缩设备。
4. 根据权利要求1所述的烟气脱硫生产水泥的装置,其特征在于,所述装置还包括渣料研磨设备,用于将水泥用渣料研磨为粉末,并输送至渣料供给设备。
5. 根据权利要求1~4任一项所述的烟气脱硫生产水泥的装置,其特征在于,所述的烟气满足如下条件之一:
 - 1) 所述的烟气为来自燃煤锅炉、烧结机、球团、或窑炉的烟气;
 - 2) 所述的烟气中的二氧化硫含量为 $300\text{mg}/\text{Nm}^3 \sim 40000\text{mg}/\text{Nm}^3$, 并且氧气含量为 $3 \sim 18\text{vt}\%$ 。
6. 一种利用权利要求1~5任一项所述的烟气脱硫生产水泥的装置生产水泥的方法,其特征在于,包括如下步骤:
 - 1) 烟气脱硫步骤:在烟气脱硫设备中采用氧化镁法脱除烟气中的二氧化硫,并形成含硫酸镁的吸收产物;
 - 2) 浓缩步骤:在浓缩设备中将来自烟气脱硫设备的含硫酸镁的吸收产物浓缩,以形成浓缩产物;
 - 3) 结晶步骤:采用结晶设备接收浓缩设备形成的浓缩产物,并使得浓缩产物中生成晶粒,以获得含硫酸镁晶体的浓缩产物;
 - 4) 离心步骤:在离心设备中将来自结晶设备的含硫酸镁晶体的浓缩产物离心分离,以获得含硫酸镁晶体的沉淀;
 - 5) 干燥步骤:在干燥设备中将来自离心设备的含硫酸镁晶体的沉淀干燥,以形成干燥

后的沉淀；

6) 混合步骤：在混合设备中将来自干燥设备的干燥后的沉淀、来自废灰供给设备的废灰、来自渣料供给设备的渣料和来自添加剂供给设备的添加剂混合，以形成水泥。

7. 根据权利要求 6 所述的方法，其特征在于，步骤 3) 中的晶粒的粒度大于 0.2mm。

8. 根据权利要求 6 所述的方法，其特征在于，步骤 5) 中干燥后的沉淀的水分含量小于 1wt%。

9. 根据权利要求 6 所述的方法，其特征在于，

步骤 6) 的渣料选自炉渣、矿渣、钢渣、铁渣、粉煤灰的一种或多种；和 / 或

步骤 7) 的添加剂选自硅橡胶、聚酯纤维、玻璃纤维、磷酸、磷酸二氢盐、磷酸一氢盐、酒石酸、酒石酸盐、氧化镁或氨基三亚甲基磷酸中的一种或多种。

10. 根据权利要求 6 ~ 9 任一项所述的方法，其特征在于，所述的水泥为硫酸镁水泥。

烟气脱硫生产水泥的装置及方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种烟气脱硫生产水泥的装置及方法,尤其涉及氧化镁法烟气脱硫生产水泥的装置及方法,具体涉及一种氧化镁法烟气脱硫过程同步生产硫酸镁水泥的装置及其方法。本发明的装置及其方法属于绿色、节能、环保型水泥生产装置与工艺,尤其适用于燃煤锅炉、烧结机、球团、回转窑烟气等需要烟气脱硫的领域。

背景技术

[0002] 目前,我国水泥工业总产量每年超过 30 亿吨,占世界总产能的一半左右。作为传统工业部门的水泥工业,其存在二高一破坏现象:即能源消耗高、二氧化碳等污染物排放高、生态环境破坏严重。

[0003] 水泥的生产过程有着很多工艺环节(例如原料开采、生料制备、熟料煅烧、水泥粉磨)需要使用输送设备、破碎设备、粉磨设备、煅烧设备以及电机、风机等,这些都需要消耗大量电能。每生产一吨水泥,需要消耗电能约 110kW·h。水泥的熟料煅烧包括一系列物理、化学过程(如原料矿物分解、固相反应、液相烧结、熟料冷却),这些过程都需要消耗大量热能。目前常用的煅烧工艺为预分解窑炉工艺,其中喷煤管将燃煤分别送入分解炉和回转窑进行燃烧。水泥熟料形成反应的理论热耗约为 1700kJ/kg。由于窑炉筒体表面散热、燃烧烟气带出热量及出窑熟料带出热量,水泥熟料形成反应的实际热耗约为 3200kJ/kg,即每吨水泥熟料的综合煤耗约为 110kg 标准煤。

[0004] 水泥生产过程中直接产生二氧化碳,燃煤的二氧化碳排放因子介于 2.31-2.55 千克二氧化碳/千克标准煤,而国家发改委能源所推荐的排放因子为 2.46 千克二氧化碳/千克标准煤。由此,可以计算出生产每吨水泥熟料所需燃煤燃烧产生的直接二氧化碳排放量约为 295 千克。水泥生产采用石灰质原料,经煅烧后石灰质原料中的碳酸盐矿物会分解,释放出大量二氧化碳。通常,每吨水泥熟料需要消耗 1.55 吨生料,即产生的直接二氧化碳排放量约为 550 千克。按水泥中的熟料系数为 0.75 计,可计算出生产每吨水泥的二氧化碳总排放量约为 728kg。以年产 30 亿水泥计算,年排放二氧化碳近 21.84 亿吨。目前,我国全年二氧化碳总排放量约为 57 亿吨,由此可见,传统水泥工业的二氧化碳排放量占到 38% 以上。

[0005] 在我国传统的钙法脱硫技术中,有采用钙法脱硫后产生的脱硫石膏生产水泥的工艺,即用脱硫石膏完全取代传统石膏。每吨水泥节约原料成本约 5~8 元左右。然而,用脱硫石膏替代传统石膏生产水泥的方法只是解决了石膏来源的问题,整体生产工艺却一直保持原有工艺,能源消耗、资源消耗等都跟原有工艺差不多。

[0006] 申请号为 95193375.2 的中国专利申请提供了一种改进的发泡镁氧水泥制备方法,通过将氧化镁、氯化镁和/或硫酸镁、水和能使该水泥发泡的某些有机羧酸,和/或它们酸酐和/或它们的盐混合而制备水泥。这种方法不需要烧制过程,但其生产制备过程中需要的氯化镁、硫酸镁等材料均需要外购,外购成本、运输成本计入后,每吨水泥的生产成本超过普通 3.25 或 4.25 型号水泥近一倍。发泡镁氧水泥性能虽然比普通水泥更好,但因为

生产成本太高,造成售价居高不下,限制了其在中国推广应用。

[0007] 公开号为 CN103265263A 的中国专利申请公开了一种硫氧镁水泥的制备方法,主要采用废硫酸、氧化镁、粉煤灰、磷酸或磷酸二氢盐按照一定的配比,投入搅拌机中搅拌均匀后制得硫氧镁水泥。该方法通过废硫酸与氧化镁反应生产硫酸镁,因而硫酸镁不需要外购,但生产成本依然很高。

[0008] 综上,上述两种水泥方法的制造成本很高,限制了其市场推广应用的速度,并且,硫酸镁、氯化镁等生产仍然需要消耗较多的自然资源与能源,生产过程也会排入较多的污染物如废水、二氧化硫等。

发明内容

[0009] 为了克服现有技术的缺陷,本发明提供一种烟气脱硫生产水泥的装置及方法,尤其是提供一种氧化镁法烟气脱硫生产水泥的装置及方法,具体地提供一种氧化镁法烟气脱硫过程同步生产硫酸镁水泥的系统及其方法。采用本发明的装置及方法,可以能解决目前传统水泥生产能源消耗大、对环境破坏严重等问题,而且还能解决一般硫酸镁水泥生产成本高,物料转移运输费用大造成的无法大规模市场推广应用的问题。

[0010] 根据本发明优选的装置及方法,可以解决长期困扰燃煤发电企业、钢铁冶金企业采用镁法脱硫技术生产出的硫酸镁品质不高、售价较低产生经济收益较小、废灰及废渣(钢渣、铁渣、矿渣)处理困难的问题。

[0011] 本发明提供了一种烟气脱硫生产水泥的装置,包括:

[0012] 烟气脱硫设备,用于采用氧化镁法脱除烟气中的二氧化硫,并形成含硫酸镁的吸收产物;

[0013] 浓缩设备,用于将来自烟气脱硫设备的含硫酸镁的吸收产物浓缩,以形成浓缩产物;

[0014] 结晶设备,用于接收浓缩设备形成的浓缩产物,并使得浓缩产物中生成晶粒,以获得含硫酸镁晶体的浓缩产物;

[0015] 离心设备,用于将来自结晶设备的含硫酸镁晶体的浓缩产物离心分离,以获得含硫酸镁晶体的沉淀;

[0016] 干燥设备,用于将来自离心设备的含硫酸镁晶体的沉淀干燥,以形成干燥后的沉淀;

[0017] 废灰供给设备,用于提供废灰;

[0018] 渣料供给设备,用于提供水泥用渣料;

[0019] 添加剂供给设备,用于提供水泥用添加剂;

[0020] 混合设备,用于将来自干燥设备的干燥后的沉淀、来自废灰供给设备的废灰、来自渣料供给设备的水泥用渣料和来自添加剂供给设备的水泥用添加剂混合,以形成水泥。

[0021] 根据本发明所述的烟气脱硫生产水泥的装置,优选地,所述的烟气脱硫设备内的上部设有二氧化硫吸收喷淋区,用于采用氧化镁法脱除烟气中的二氧化硫,并形成含硫酸镁的吸收产物。

[0022] 根据本发明所述的烟气脱硫生产水泥的装置,优选地,所述的浓缩设备为:

[0023] 1) 设置在烟气脱硫设备内部的循环沉降槽,并且所述循环沉降槽设置在烟气脱硫

设备的下部,或者

[0024] 2) 设置在烟气脱硫设备外部的蒸发浓缩设备。

[0025] 本发明的蒸发浓缩设备优选为一效、二效或三效蒸发浓缩设备。

[0026] 根据本发明所述的烟气脱硫生产水泥的装置,优选地,所述装置还包括渣料研磨设备,用于将水泥用渣料研磨为粉末,并输送至渣料供给设备。

[0027] 根据本发明所述的烟气脱硫生产水泥的装置,优选地,所述的烟气满足如下条件之一:

[0028] 1) 所述的烟气为来自燃煤锅炉、烧结机、球团、或窑炉的烟气;

[0029] 2) 所述的烟气中的二氧化硫含量为 $300\text{mg}/\text{Nm}^3 \sim 40000\text{mg}/\text{Nm}^3$, 并且氧气含量为 $3 \sim 18\text{vt}\%$ 。

[0030] 本发明还提供一种利用上述烟气脱硫生产水泥的装置生产水泥的方法,包括如下步骤:

[0031] 1) 烟气脱硫步骤:在烟气脱硫设备中采用氧化镁法脱除烟气中的二氧化硫,并形成含硫酸镁的吸收产物;

[0032] 2) 浓缩步骤:在浓缩设备中将来自烟气脱硫设备的含硫酸镁的吸收产物浓缩,以形成浓缩产物;

[0033] 3) 结晶步骤:采用结晶设备接收浓缩设备形成的浓缩产物,并使得浓缩产物中生成晶粒,以获得含硫酸镁晶体的浓缩产物;

[0034] 4) 离心步骤:在离心设备中将来自结晶设备的含硫酸镁晶体的浓缩产物离心分离,以获得含硫酸镁晶体的沉淀;

[0035] 5) 干燥步骤:在干燥设备中将来自离心设备的含硫酸镁晶体的沉淀干燥,以形成干燥后的沉淀;

[0036] 6) 混合步骤:在混合设备中将来自干燥设备的干燥后的沉淀、来自废灰供给设备的废灰、来自渣料供给设备的渣料和来自添加剂供给设备的添加剂混合,以形成水泥。

[0037] 根据本发明所述的方法,优选地,步骤 3) 中的晶粒的粒度大于 0.2mm 。

[0038] 根据本发明所述的方法,优选地,步骤 5) 中干燥后的沉淀的水分含量小于 $1\text{wt}\%$ 。

[0039] 根据本发明所述的方法,优选地,步骤 6) 的渣料选自炉渣、矿渣、钢渣、铁渣、粉煤灰的一种或多种;和/或

[0040] 步骤 7) 的添加剂选自硅橡胶、聚酯纤维、玻璃纤维、磷酸、磷酸二氢盐、磷酸一氢盐、酒石酸、酒石酸盐、氧化镁或氨基三亚甲基磷酸中的一种或多种。

[0041] 根据本发明所述的方法,优选地,所述的水泥为硫酸镁水泥。

[0042] 本发明的装置及方法将氧化镁法烟气脱硫工艺与硫酸镁水泥生产工艺完美结合,使得二者同步进行。本发明的装置及方法取消了传统水泥生产过程中的均化、烧成、预热分解环节。采用本发明优选的装置及方法,解决了氧化镁法脱硫产生的废液处理问题。采用本发明优选的装置及方法,解决了企业采用钙法脱硫后脱硫石膏量太大无法消化处理的问题。采用本发明优选的装置及方法,解决了一般硫酸镁水泥生产过程需要大量外购废酸或成品硫酸镁的问题。本发明的装置及方法在保证解决企业烟气正常脱硫条件下,使工业企业内部生产产生的渣、灰等废弃物都得到循环再利用,是一种既节省了水泥生产线投资又大大降低了脱硫运行成本、既保障企业烟气脱硫设施高效率运行又使各类废弃物得以循环

再利用的绿色、节能、环保技术。

[0043] 通过本发明生产出来的硫酸镁水泥可以添加大量的工业废渣,且主要组成成份硫酸镁是通过脱硫后的废液制备而成的,属于脱硫副产品,价格低廉,大幅降低了硫酸镁水泥的成本,减少了传统水泥生产及一般硫酸镁、氯氧镁水泥生产带来的环境污染问题。其生产出的硫酸镁水泥不仅可以完全取代氯氧镁水泥,因为其成本低更可以直接取代传统的3.25、4.25、5.25、6.25水泥。在提高建筑物质量、减轻建筑物重量、减少资源浪费与能源消耗、提升企业烟气治理积极性、改善大气环境质量方面均有优秀的表现。

附图说明

[0044] 图1是本发明实施例1的装置示意图。

[0045] 图2是本发明实施例2的装置示意图。

[0046] 图中:1为脱硫塔、2为二氧化硫吸收喷淋区、3为排出泵、41为循环沉降槽、42为三效蒸发器、6为结晶器、7为离心机、8为干燥机、9为搅拌机、10为渣料研磨机、11渣料供给器、12为粉煤灰供给器、13为添加剂供给器、14为包装机。

具体实施方式

[0047] 本发明所述的“%”,如无特殊说明,均为体积百分比。本发明所述的“vt%”表示体积百分比。

[0048] 在本发明中,所述的氧化镁法烟气脱硫是指以氧化镁为脱硫剂的主要成份、但不限制添加其它成份(例如氧化钙、生石灰等)的烟气脱硫。脱硫剂的结构和组成因后端产出硫酸镁水泥的品类、品种、质量的不同而会有所变化,但其配方或变化对于技术人员来说是熟知的。

[0049] 根据本发明的一个具体实施方式,本发明的烟气可以为来自燃煤锅炉、烧结机、球团、或窑炉的烟气;优选为来自燃煤锅炉、烧结机、或窑炉的烟气;更优选为来自燃煤锅炉或烧结机的烟气。由于上述烟气中存在一定量的氧气以及二氧化硫含量适中,可以提高硫酸镁产物的纯度。根据本发明的另一个具体实施方式,所述的烟气中的二氧化硫含量可以为 $300\text{mg}/\text{Nm}^3 \sim 40000\text{mg}/\text{Nm}^3$,优选为 $500\text{mg}/\text{Nm}^3 \sim 30000\text{mg}/\text{Nm}^3$,更优选为 $1000\text{mg}/\text{Nm}^3 \sim 5000\text{mg}/\text{Nm}^3$ 。本发明所述的烟气中的氧气含量可以为 $3 \sim 18\text{vt}\%$,优选为 $9 \sim 18\text{vt}\%$,更优选为 $12 \sim 18\text{vt}\%$ 。这样可以提高硫酸镁产物的产量及产品纯度。

[0050] 本发明的水泥为含有硫酸镁的水泥,包括硫酸镁水泥、硫氧镁水泥或镁氧水泥。镁氧水泥意味着包括氯氧镁水泥和索瑞尔(Sorel)水泥,及以上各种水泥的混合物。本发明的水泥优选为硫酸镁水泥。

[0051] <烟气脱硫生产水泥的装置>

[0052] 本发明的烟气脱硫生产水泥的装置包括如下设备:烟气脱硫设备,浓缩设备,结晶设备,离心设备,干燥设备,废灰供给设备,渣料供给设备和混合设备。优选地,本发明的烟气脱硫生产水泥的装置还可以包括排出设备。更优选地,本发明的烟气脱硫生产水泥的装置还可以包括包装设备。

[0053] 本发明的烟气脱硫设备用于采用氧化镁法脱除烟气中的二氧化硫,并形成含硫酸镁的吸收产物。本发明的烟气脱硫设备可以为烟气脱硫器或者烟气脱硫塔。从工业应用的

角度讲,优选为烟气脱硫塔。

[0054] 在本发明的一个具体实施方案,所述的烟气脱硫设备内的上部设有二氧化硫吸收喷淋区,用于采用氧化镁法脱除烟气中的二氧化硫,并形成含硫酸镁的吸收产物。烟气从烟气脱硫设备的下部进入设备内部,在上升过程中经过二氧化硫吸收喷淋区,烟气中的二氧化硫被吸收,净化后的烟气从烟气脱硫设备的顶部排出。二氧化硫吸收喷淋区所使用的制剂可以使用本领域常用的氧化镁法脱除烟气所使用的那些脱硫剂浆液。优选地,本发明的脱硫剂可以使用 CN102745726A、CN102745725A、CN102836636A 中所公开的那些脱硫剂。例如, CN102745726A 的实施例 1 或 2 公开的那些脱硫剂。在此,将上述专利申请的全部内容引入本文作为参考。将这些脱硫剂均匀分散在水中即得到脱硫剂浆液。

[0055] 本发明的浓缩设备用于将来自烟气脱硫设备的含硫酸镁的吸收产物浓缩,以形成浓缩产物。根据本发明的一个具体实施方案,所述的浓缩设备为设置在烟气脱硫设备内部的循环沉降槽,并且所述循环沉降槽设置在烟气脱硫设备的下部。本发明的循环沉降槽可设置成单层沉降或双层沉降或多层沉降。循环沉降槽的材质可以是玻璃钢、特种钢、或防腐处理后的普通钢材料。

[0056] 根据本发明的另一个具体实施方案,所述的浓缩设备可以是一效、二效或三效蒸发结晶器。该蒸发浓缩设备的材质主要为钛类材质。优选地,本发明的浓缩设备为设置在烟气脱硫设备外部的三效蒸发浓缩设备。

[0057] 在本发明中,所述的浓缩设备优选地用于将含硫酸镁的吸收产物(有时也称为硫酸镁溶液)中的水分蒸发制成硫酸镁饱和溶液。本发明的浓缩设备优选为三效蒸发浓缩设备(例如三效蒸发器):第一效产生的二次蒸汽进入二效作为热源,第二效蒸发产生的二次蒸汽作为第三效热源,以节约生蒸汽。设备第二、三效采用强制循环浓缩方式,以提高传热效率,循环力度大,蒸发速度快,受热时间短,不易结垢。三效蒸发浓缩设备进料硫酸镁溶液的温度为 30 ~ 40℃、密度为 1.1 ~ 1.26t/m³,蒸发后硫酸镁溶液温度为 60 ~ 70℃、密度为 1.32 ~ 1.46t/m³。

[0058] 本发明的结晶设备用于接收浓缩设备形成的浓缩产物,并使得浓缩产物中生成晶粒,以获得含硫酸镁晶体的浓缩产物。优选地,本发明的结晶设备用于浓缩产物(有时也称为硫酸镁饱和溶液)冷却结晶,使得硫酸镁从溶液中析出。结晶设备优选为连续冷却结晶器,更优选 DTB 连续冷却结晶器,最优选为三级重结晶闪蒸罐,硫酸镁废液由一效浓缩,过二效浓缩,到三效浓度达到 38%,已经是饱和溶液,由出料泵抽晶液,送到三级重结晶闪蒸罐停留结晶。其中 DTB 结晶器由结晶罐、冷凝器、强制循环泵、出料泵、真空泵等组成。DTB(Drabt Tube Babbled) 型结晶器即导流筒加挡板型结晶器是一种细晶浆循环式结晶器。结晶器内设有导流筒和筒形挡板,配置推进式搅拌系统,操作时热饱和料液连续加到循环管下部,与循环管内夹带有小晶体的母液混合后泵送至加热器。加热后的溶液在导流筒底部附近流入结晶器,并由缓慢转动的螺旋桨沿导流筒送至液面。溶液在液面蒸发冷却,达到过饱和状态,其中部分溶质在悬浮的颗粒表面沉积,使晶体长大。在环形挡板外围还设有一个沉降区。在沉降区内大颗粒沉降,而小颗粒则随母液进入循环管并受热溶解。晶体于结晶器底部沉入淘析柱。为使结晶产品的粒度尽量均匀,将沉降区来的部分母液加到淘析柱底部,利用水力分级的作用,使小颗粒随溶液流回结晶器,结晶产品从淘析腿下部排出。冷却结晶温度一般控制在 25 ~ 35℃,优选 25 ~ 30℃。

[0059] 根据本发明所述的装置,所述结晶设备也可以为结晶槽,该结晶槽可以为自然冷却,也可为带水冷环装置的自动降温系统。其冷源可以自然风,也可以是常温水,也可以是冷冻水。可单独设置凉水塔等降温装置。

[0060] 本发明的离心设备用于将来自结晶设备的含硫酸镁晶体的浓缩产物离心分离,以获得含硫酸镁晶体的沉淀。离心设备是本领域所熟知的那些,这里不再赘述。

[0061] 本发明的干燥设备用于将来自离心设备的含硫酸镁晶体的沉淀干燥,以形成干燥后的沉淀。本发明的干燥装置优选为振动流化床干燥装置,该装置特别适合硫酸镁晶体的干燥过程。本发明优选采用配置热风装置的振动流化床干燥装置。送风机将过滤后的空气输入空气加热器,经过加热的热空气,进入主机的下箱体内,然后通过流化床的空气分布板由下向上垂直吹入被干燥的物料,使物料呈沸腾状态。物料自进料口进入,主机在振动电机的激振力作用下产生匀称振动,使物料沿水平抛掷,被干燥的物料在上述的热气流和机器振动的综合作用下,形成流态化状态,这样就使物料与热空气接触时间长,面积大,因而获得高效率的干燥效果。本发明的装置可以利用热值较低的温度为 $120 \sim 133^{\circ}\text{C}$ 、压力为 $0.2 \sim 0.3\text{MPa}$ 饱和蒸汽将空气加热送入振动流化床在并机械振动的作用下实现硫酸镁晶体充分烘干成硫酸镁物料。从流化床输出的蒸汽可以用于蒸发浓缩设备,其不但节约能源,还降低了运营成本。

[0062] 本发明的废灰供给设备用于提供废灰。该供给设备是本领域所熟知的那些,这里不再赘述。

[0063] 本发明的渣料供给设备,用于提供水泥用渣料。由于不同来源的渣料粒度较大且粒度不均一,需要对其进行粉末化和均匀化,因此,本发明的烟气脱硫生产水泥的装置还可以包括渣料研磨设备,用于将水泥用渣料研磨为粉末,并输送至渣料供给设备。本发明的渣料研磨设备主要是指水泥生产领域用的球磨机。该球磨机能研磨矿渣、钢渣、粉煤灰、工业垃圾等废渣,研磨后的产品能达到 $400\text{m}^2/\text{kg} \sim 600\text{m}^2/\text{kg}$ 的比表面积。

[0064] 本发明的添加剂供给设备用于提供水泥用添加剂。该供给设备是本领域所熟知的那些,这里不再赘述。

[0065] 本发明的废灰供给设备、渣料供给设备、添加剂供给设备优选为并列设置,分别向混合设备中供给原料。

[0066] 本发明的混合设备用于将来自干燥设备的干燥后的沉淀、来自废灰供给设备的废灰、来自渣料供给设备的水泥用渣料和来自添加剂供给设备的水泥用添加剂混合,以形成水泥。本发明的混合设备可以为单轴混合机、双轴混合机或搅拌机。优选地,本发明的混合设备为搅拌机。

[0067] 本发明的烟气脱硫生产水泥的装置还可以包括排出设备,该排出设备用于将来自烟气脱硫设备的含硫酸镁的吸收产物排出,并输送至浓缩设备。根据本发明的一个具体实施方案,本发明的排出设备为排出泵。

[0068] 本发明的烟气脱硫生产水泥的装置还可以包括包装设备,例如本领域熟知的那些水泥包装设备。这里不再赘述。

[0069] <生产水泥的方法>

[0070] 利用本发明的烟气脱硫生产水泥的装置可以生产水泥。本发明的生产水泥的方法可以包括如下步骤:1) 烟气脱硫步骤,2) 浓缩步骤,3) 结晶步骤,4) 离心步骤,5) 干燥步

骤,6) 混合步骤。本发明的生产水泥的方法还可以包括排出步骤。优选地,本发明的生产水泥的方法还可以包括包装步骤。

[0071] 本发明的烟气脱硫步骤为在烟气脱硫设备中采用氧化镁法脱除烟气中的二氧化硫,并形成含硫酸镁的吸收产物。在本发明的一个具体实施方案,所述的烟气脱硫设备内的上部设有二氧化硫吸收喷淋区。烟气从烟气脱硫设备的下部进入设备内部,在上升过程中经过二氧化硫吸收喷淋区,烟气中的二氧化硫被吸收,净化后的烟气从烟气脱硫设备的顶部排出。二氧化硫吸收喷淋区所使用的制剂如前所述,这里不再赘述。

[0072] 本发明的浓缩步骤为在浓缩设备中将来自烟气脱硫设备的含硫酸镁的吸收产物浓缩,以形成浓缩产物。根据本发明的一个具体实施方案,将来自烟气脱硫设备的含硫酸镁的吸收产物在设置在烟气脱硫设备内部的循环沉降槽(所述循环沉降槽设置在烟气脱硫设备的下部)中进行浓缩,即通过重力作用将含硫酸镁的吸收产物引入循环沉降槽。

[0073] 根据本发明的另一个具体实施方案,将来自烟气脱硫设备的含硫酸镁的吸收产物在设置在烟气脱硫设备外部的三效蒸发浓缩设备中进行浓缩。例如,可以通过排出设备(例如排出泵)将上述吸收产物引入三效蒸发浓缩设备中,然后进行浓缩。

[0074] 本发明的结晶步骤为采用结晶设备接收浓缩设备形成的浓缩产物,并使得浓缩产物中生成晶粒,以获得含硫酸镁晶体的浓缩产物。本发明的浓缩产物为主要是硫酸镁饱和溶液,通过冷却得到硫酸镁晶浆。冷却结晶温度一般控制在 25 ~ 35℃,优选 28 ~ 30℃。本发明的结晶步骤得到的硫酸镁晶粒的粒度大于 0.2mm,优选大于 0.3mm。本发明的粒度采用筛分法测定(参见 GB/T21524-2008)。

[0075] 本发明的离心步骤为在离心设备中将来自结晶设备的含硫酸镁晶体的浓缩产物离心分离,以获得含硫酸镁晶体的沉淀。为了保证离心充分,离心速度控制在 1500 ~ 2000rpm,优选为 1600 ~ 1800rpm。对于间歇式操作,每批物料的离心时间控制在 5 ~ 30 分钟,优选为 5 ~ 10 分钟。对于连续式操作,每批物料的离心时间控制在 10 ~ 30 分钟,优选为 10 ~ 15 分钟。

[0076] 本发明的干燥步骤为在干燥设备中将来自离心设备的含硫酸镁晶体的沉淀干燥,以形成干燥后的沉淀。本发明的干燥步骤可以通过真空干燥或者通入加热空气的方式进行。干燥温度为 90 ~ 150℃,优选为 100 ~ 130℃,更优选为 110 ~ 120℃;干燥压力为 0.01 ~ 0.5MPa,优选为 0.05 ~ 0.2MPa。通过干燥步骤,干燥后的沉淀的水分含量小于 1wt%,优选小于 0.5wt%,更优选小于 0.1wt%。

[0077] 本发明的混合步骤为在混合设备中将来自干燥设备的干燥后的沉淀、来自废灰供给设备的废灰、来自渣料供给设备的渣料和来自添加剂供给设备的添加剂混合,以形成水泥。本发明的渣料可以选自炉渣、矿渣、钢渣、铁渣的一种或多种。优选地,本发明的渣料可以选自炉渣和/或矿渣。本发明的添加剂可以选自硅橡胶、聚酯纤维、玻璃纤维、磷酸、磷酸二氢盐、磷酸一氢盐、酒石酸、酒石酸盐、氧化镁或氨基三亚甲基磷酸中的一种或多种;优选地选自磷酸、磷酸二氢盐、磷酸一氢盐、酒石酸、酒石酸盐、氨基三亚甲基磷酸中的一种或多种。本发明的废灰可以为粉煤灰、石膏粉、白云石粉、页岩粉中的一种或多种,优选为粉煤灰。

[0078] 在生产过程中,可以收集电厂、钢厂、化工厂内生产产生的各种渣类如炉渣、矿渣、钢渣、铁渣,然后经由渣料研磨设备研磨成需要规格的粉状时送入渣库备用;电厂、钢厂燃

煤锅炉、烧结机、竖炉、球团等设备后的除尘器下部排出的灰（如粉煤灰）全部收入废灰库中备用。

[0079] 除非特别声明，以下实施例以及应用例中所使用的原料、工艺条件说明如下：

[0080] 1、烟气脱硫工况参见下表。

[0081] 钢厂烧结机烟气脱硫项目工况参数

[0082]

| 序号 | 项目 | 数量 | 单位 |
|----|--------------|---------|--------------------|
| 1 | 脱硫塔入口烟气量（工况） | 1590000 | m ³ /h |
| 2 | 标态烟气量 | 1104504 | Nm ³ /h |
| 3 | 脱硫塔入口温度 | 120 | °C |
| 4 | 二氧化硫入口浓度 | 2000 | mg/Nm ³ |
| 5 | 脱硫效率 | 98 | %质量百分比 |
| 6 | 镁硫比 | 1.02 | |
| 7 | 氧化镁纯度 | 85 | %质量百分比 |
| 8 | 烟气含湿量 | 9 | %质量百分比 |

[0083] 脱硫项目排放情况

[0084]

| 序号 | 项目 | 数量 | 单位 |
|----|--------------|---------|--------------------|
| 1 | 脱硫塔出口烟气量（工况） | 1374117 | m ³ /h |
| 2 | 排烟温度 | 50 | °C |
| 3 | 二氧化硫排放浓度 | < 50 | mg/Nm ³ |
| 4 | 硫酸镁产出量 | 4.3 | t/h |
| 5 | 硫酸镁品质 | > 98 | %质量百分比 |

[0085] 2、其他说明

[0086] 脱硫剂的组成与配比如下：氧化镁粉末

[0087] 脱硫剂浆液的配比如下：脱硫剂与水的重量比例为 1：3

[0088] 循环沉降槽温度为 60°C、物料停留时间为 30 分钟；

[0089] 三效蒸发器温度中，一效、二效、三效的温度分别为 120°C、90°C、60°C；物料停留时间分别为 30 分钟、20 分钟和 20 分钟；

[0090] 结晶器的冷却温度为 30°C、结晶时间为 10 分钟；

[0091] 离心机转速为 2000rpm、离心时间为 5 分钟；

[0092] 干燥温度为 120℃、干燥时间为 30 分钟

[0093] 复合型添加剂中，磷酸二氢钠与氧化镁的重量比例为 0.5 : 9.5。

[0094] 以下结合附图对本发明进行更详细的说明。

[0095] 实施例 1

[0096] 图 1 是本实施例的装置示意图。将脱硫剂氧化镁粉末中加入工业自来水制成脱硫剂浆液 - 氢氧化镁浆液，并泵送至脱硫塔 1 中，用于在二氧化硫吸收喷淋区吸收烟气中的二氧化硫。

[0097] 来自于燃煤锅炉的烟气（二氧化硫含量为 2000mg/Nm³，氧气含量为 18vt%）从脱硫塔 1 的下部进入脱硫塔 1 内部。在烟气上升过程中，与二氧化硫吸收喷淋区 2 接触，烟气从脱硫塔 1 顶部排出。二氧化硫吸收喷淋区 2 喷淋脱硫剂浆液以吸收烟气中的二氧化硫。

[0098] 脱硫剂浆液在吸收二氧化硫后形成的含硫酸镁的吸收产物（温度为 30℃、密度为 1.2t/m³）通过重力作用被引入脱硫塔 1 内位于下部的循环沉降槽 41，经浓缩得到浓缩产物（硫酸镁饱和溶液，温度为 70℃、密度为 1.4t/m³）。

[0099] 上述浓缩产物进入结晶器 6，在结晶器内生成粒度大于 0.2mm 的晶粒，然后经由离心机 7 脱除大部分水份，并送入干燥机 8 干燥。该干燥机 8 为振动流化床。将温度为 120℃、压力为 0.2MPa 的空气送入振动流化床在并机械振动的作用下实现硫酸镁晶体充分烘干，当硫酸镁物料的水分含量小于 1wt% 时，送入搅拌机 9。

[0100] 将收集自钢厂的炉渣经由研磨机 10 研磨成比表面积约为 500m²/kg 的粉状物，然后送入渣料供给器 11；将来自钢厂燃煤锅炉的粉煤灰加入粉煤灰供给器 12；将复合型添加剂加入添加剂供给器 13。将上述渣料、粉煤灰、复合型添加剂经由气力输送设备送入搅拌机 9 中。

[0101] 在搅拌机 9 中，上述渣料、粉煤灰、复合型添加剂与上述烟气脱硫过程中生产出的硫酸镁产品搅拌均匀，搅拌时间为 30 分钟，即得到硫酸镁水泥。硫酸镁水泥成品经包装机 14 包装后入库。

[0102] 实施例 2

[0103] 图 2 是本实施例的装置示意图。将脱硫剂氧化镁粉末中加入工业自来水制成脱硫剂浆液 - 氢氧化镁浆液，并泵送至脱硫塔 1 中，用于在二氧化硫吸收喷淋区吸收烟气中的二氧化硫。

[0104] 来自于燃煤锅炉的烟气（二氧化硫含量为 2000mg/Nm³，氧气含量为 18vt%）从脱硫塔 1 的下部进入脱硫塔 1 内部。在烟气上升过程中，与二氧化硫吸收喷淋区 2 接触，烟气从脱硫塔 1 顶部排出。二氧化硫吸收喷淋区 2 喷淋脱硫剂浆液以吸收烟气中的二氧化硫。

[0105] 脱硫剂浆液在吸收二氧化硫后形成的含硫酸镁的吸收产物（温度为 30℃、密度为 1.2t/m³）经排出泵 3 被导入脱硫塔 1 外部的三效蒸发器 42，经浓缩得到浓缩产物（硫酸镁饱和溶液，温度为 70℃、密度为 1.4t/m³）。

[0106] 上述浓缩产物进入结晶器 6，在结晶器内生成粒度大于 0.2mm 的晶粒，然后经由离心机 7 脱除大部分水份，并送入干燥机 8 干燥。该干燥机 8 为振动流化床。温度为 120℃ 压力为 0.2MPa 的饱和蒸汽将空气加热送入振动流化床在并机械振动的作用下实现硫酸镁晶体充分烘干，当硫酸镁物料的水分含量小于 1wt% 时，送入搅拌机 9。

[0107] 将收集自钢厂的炉渣经由研磨机 10 研磨成比表面积为 $400\text{m}^2/\text{kg}$ 的粉状物, 然后送入渣料供给器 11; 将来自钢厂燃煤锅炉的粉煤灰加入粉煤灰供给器 12; 将复合型添加剂加入添加剂供给器 13。将上述渣料、粉煤灰、复合型添加剂经由气力输送设备送入搅拌机 9 中。

[0108] 在搅拌机 9 中, 上述渣料、粉煤灰、复合型添加剂与上述烟气脱硫过程中生产出的硫酸镁产品搅拌均匀, 搅拌速度为 1600rpm, 搅拌时间 30 分钟, 即得到硫酸镁水泥。硫酸镁水泥成品经包装机 14 包装后入库。

[0109] 应用例 1

[0110] 采用实施例 1 的装置以及工艺过程生产水泥, 混合步骤的配方如下:

[0111]

| 规格 | 硫酸镁物料 | 渣料 | 粉煤灰 | 复合型添加剂 |
|----|-------|----|-----|--------|
| kg | 40 | 20 | 30 | 10 |

[0112] 将 100kg 上述硫酸镁水泥在 $20\times 20\times 20\text{mm}$ 的模板中填行浇注, 按 GB177-85 标准硫酸进行测试, 结果见下表。

[0113]

| 天数 (d) | 强度 (MPa) | 密度 (g/cm^3) | 吸水率 (%) | 弯曲强度 (MPa) |
|-----------|-------------|----------------------------------|------------|---------------|
| 1 | 30 | 1.0 | 6.8 | 1.89 |
| 5 | 62 | 1.13 | 5.9 | 3.5 |
| 10 | 86 | 1.16 | 4.7 | 4.6 |
| 30 | 112 | 1.20 | 3.6 | 6.5 |

[0114] 应用例 2

[0115] 采用实施例 2 的装置以及工艺过程生产水泥, 混合步骤的配方如下:

[0116]

| 规格 | 硫酸镁物料 | 渣料 | 粉煤灰 | 复合型添加剂 |
|----|-------|----|-----|--------|
| kg | 30 | 25 | 30 | 15 |

[0117] 将 100kg 上述硫酸镁水泥在 $20\times 20\times 20\text{mm}$ 的模板中填行浇注, 按 GB177-85 标准进行测试, 结果见下表。

[0118]

| 天数 (d) | 强度 (MPa) | 密度 (g/cm ³) | 吸水率 (%) | 弯曲强度 (MPa) |
|-----------|-------------|----------------------------|------------|---------------|
| 1 | 28 | 1.2 | 8.6 | 1.92 |
| 5 | 57 | 1.33 | 7.9 | 3.8 |
| 10 | 76 | 1.26 | 6.7 | 5.2 |
| 30 | 98 | 1.42 | 5.6 | 6.3 |

[0119] 应用例 3

[0120] 采用实施例 2 的装置以及工艺过程生产水泥,混合步骤的配方如下:

[0121]

| 规格 | 硫酸镁物料 | 渣料 | 粉煤灰 | 复合型添加剂 |
|----|-------|----|-----|--------|
| kg | 45 | 15 | 25 | 15 |

[0122] 将 100kg 上述硫酸镁水泥在 20×20×20mm 的模板中填行浇注,按 GB177-85 标准进行测试,结果见下表。

[0123]

| 天数 (d) | 强度 (MPa) | 密度 (g/cm ³) | 吸水率 (%) | 弯曲强度 (MPa) |
|-----------|-------------|----------------------------|------------|---------------|
| 1 | 35 | 1.16 | 6.3 | 1.85 |
| 5 | 64 | 1.28 | 5.8 | 2.74 |
| 10 | 89 | 1.48 | 4.2 | 4.92 |
| 30 | 108 | 1.46 | 3.8 | 6.6 |

[0124] 应用例 4

[0125] 采用实施例 2 的装置以及工艺过程生产水泥,混合步骤的配方如下:

[0126]

| 规格 | 硫酸镁物料 | 渣料 | 粉煤灰 | 复合型添加剂 |
|----|-------|----|-----|--------|
| kg | 40 | 20 | 30 | 10 |

[0127] 将 100kg 上述硫酸镁水泥在 20×20×20mm 的模板中填行浇注,按 GB177-85 标准进行测试,结果见下表。

[0128]

| 天数 (d) | 强度 (MPa) | 密度 (g/cm ³) | 吸水率 (%) | 弯曲强度 (MPa) |
|-----------|-------------|----------------------------|------------|---------------|
| 1 | 32 | 1.08 | 6.1 | 1.36 |
| 5 | 68 | 1.16 | 5.3 | 1.74 |
| 10 | 84 | 1.28 | 4.02 | 3.92 |
| 30 | 112 | 1.46 | 3.54 | 5.9 |

[0129] 应用例 5

[0130] 采用实施例 2 的装置以及工艺过程生产水泥,混合步骤的配方如下:

[0131]

| 规格 | 硫酸镁物料 | 渣料 | 粉煤灰 | 复合型添加剂 |
|----|-------|----|-----|--------|
| kg | 50 | 20 | 25 | 5 |

[0132] 将 100kg 上述硫酸镁水泥在 20×20×20mm 的模板中填行浇注,按 GB177-85 标准进行测试,结果见下表。

[0133]

| 天数 (d) | 强度 (MPa) | 密度 (g/cm ³) | 吸水率 (%) | 弯曲强度 (MPa) |
|-----------|-------------|----------------------------|------------|---------------|
| 1 | 28 | 1.02 | 5.5 | 1.0 |
| 5 | 53 | 1.12 | 4.6 | 1.14 |
| 10 | 68 | 1.19 | 3.9 | 2.18 |
| 30 | 87 | 1.28 | 3.24 | 3.7 |

[0134] 通过以上数据说明,水泥中硫酸镁含量在 30 ~ 45wt%之间时,所得水泥的各项性能较好;硫酸镁含量超过 45%后,水泥的强度、弯曲强度均有所降低。另外,为了保持水泥的各项性能,水泥中复合型添加剂的含量最好保持在 10 ~ 15wt%之间。

[0135] 本发明并不限于上述实施方式,在不背离本发明的实质内容的前提下,本领域技术人员可以想到的任何变形、改进、替换均落入本发明的范围。

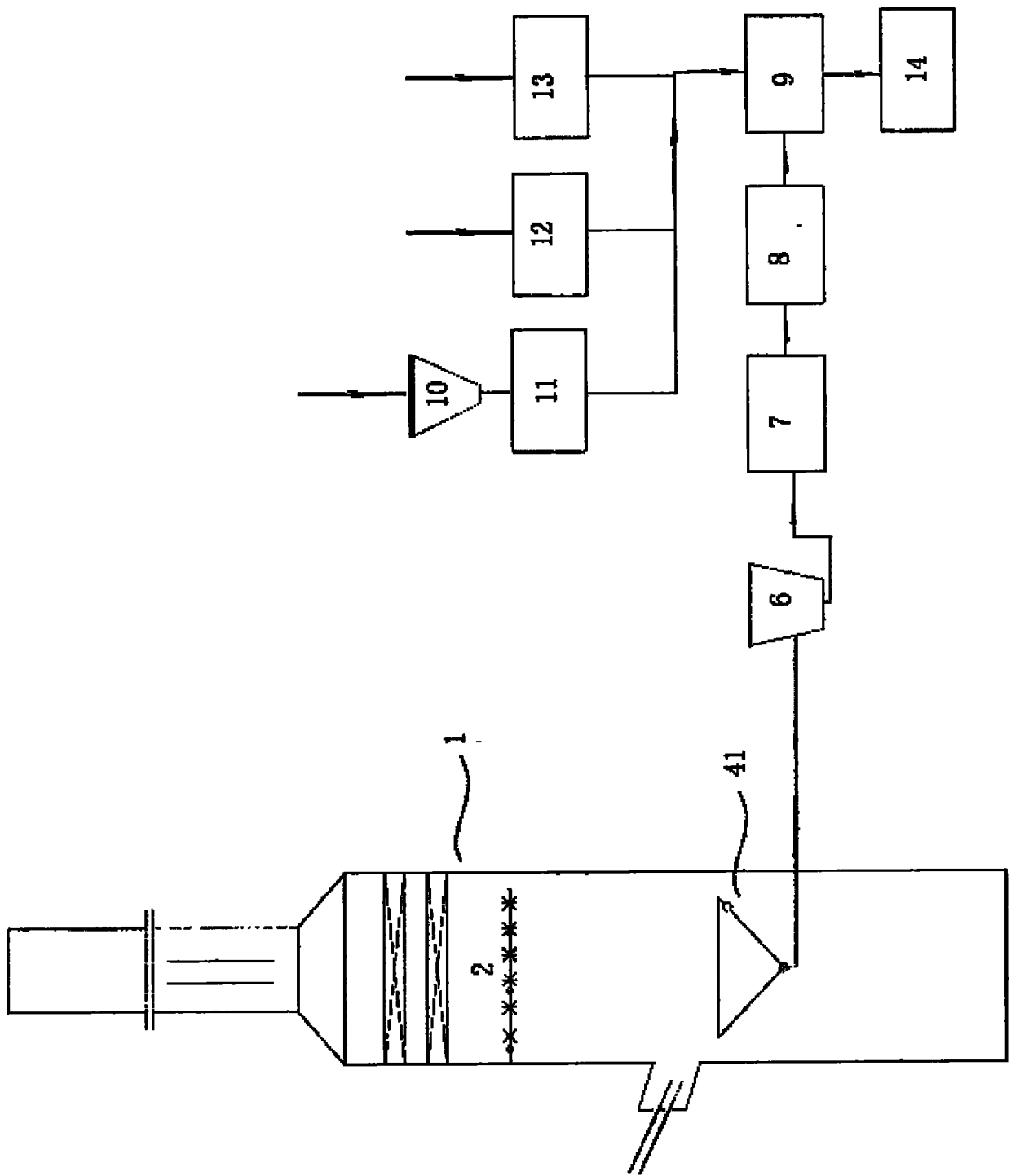


图 1

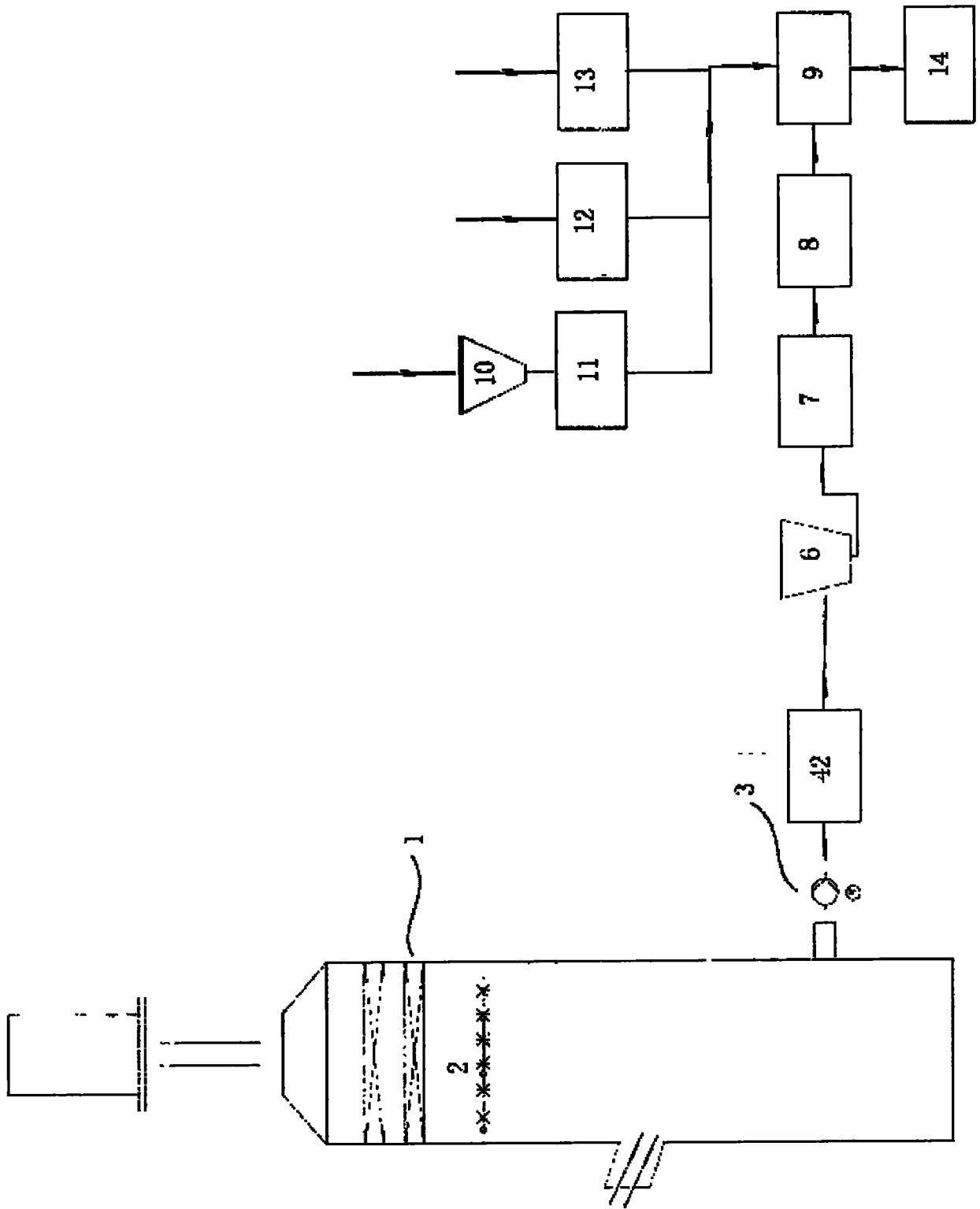


图 2