

(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102135376 A

(43) 申请公布日 2011. 07. 27

(21) 申请号 201010101203. 1

(22) 申请日 2010. 01. 26

(71) 申请人 蒋明学

地址 710055 陕西省西安市碑林区雁塔路
13 号

(72) 发明人 蒋明学

(51) Int. Cl.

F27B 1/04 (2006. 01)

F27B 1/10 (2006. 01)

权利要求书 1 页 说明书 9 页 附图 7 页

(54) 发明名称

阶梯炉

(57) 摘要

针对固体物料的处理,包括化合与分解反应,固体物料与气体之间的反应,以及将固体物料烧结致密或将其熔化成高温液体,提出了一种竖式窑炉,由上部料仓、给料机构、阶梯炉及阶梯板、底部料仓及出料机构组成,并在底部料仓的下部和顶部料仓的上部安装有气体进出口,阶梯炉中的阶梯板在水平方向上相互错开,使其台跟始终与相互平行的两个炉壁相连接,而台沿则始终与此两个炉壁离开一定距离;在垂直方向上相隔一定距离,并使其台沿到下一个台阶面的铅直距离除够物料流动所需的距离外,还有一定自由空间高度。可以代替竖式反应塔、竖式热分解炉、轻烧炉、熟料烧成炉、熔化炉及一些特殊的冶金熔炼炉。和传统竖窑相比,具有处理物料的质量好,均匀性高,节能降耗效果好,且对环境无污染的特点。

1. 一种阶梯炉,由上部料仓、给料机构、阶梯炉及阶梯板、炉底冷却段及出料机构组成,并在底部料仓的下部和顶部料仓的上部安装有气体进出口,其特点是上部料仓与底部料仓之间的阶梯炉内的阶梯板之间相互隔离,在水平方向上相互错开,使其台跟始终与相互平行的两个炉壁相连接,而台沿则始终与此两个炉壁离开一定距离;在垂直方向上相隔一定距离,并使其台沿到下一个台阶面的铅直距离除够物料流动所需的距离外,还有一定自由空间高度;在阶梯炉的一定高度范围内的阶梯板之间,在与台跟相接的炉壁上安装了若干排燃烧装置或其它热源的进口,每排又根据燃烧装置的规格大小和炉壁的宽度安装若干个烧嘴或其它形式的热源进口。

2. 权利要求1所述的竖式阶梯炉,其特征是在部分阶梯板下面一定距离处还安装有加热装置,阶梯板下安装的加热装置数量及型号在不同高度处的阶梯板下可以是不同的,也可以是相同的。

3. 权利要求1和2所述的阶梯炉,其特征是阶梯板下的加热装置是由电热材料或导热系数较高且气密的热气管道所构成,用来加热物料并维持不同阶梯板下物料烧结或反应所需温度。

4. 权利要求1和3所述的阶梯炉,其特点是阶梯板下的加热装置可以作为一个系统加以控制,还可以在高度方向上分成若干组,每组单独控制调节温度,以便于根据物料烧结或反应物反应的要求提供不同的温度分布。

5. 权利要求1所述的阶梯炉,其特征是上部料仓的物料是由给料机构流入竖炉的,而在仓底是用百页篦板或内向下斜页栅制作,使阶梯炉内气体能够由仓底进入料仓对物料预热,而物料不能由页栅或篦板漏入料仓。阶梯炉内的气体进入料仓的另一种方式是在料仓的一个或几个壁的下部外加夹套,并用内向下斜的页栅板代替此部分壁板。

6. 权利要求1和2所述的阶梯炉,其特征是在最低一层阶梯砌筑成熔化池,物料最终以液体形式由熔池底部的流液口进入下部的链排模或液槽,其熔液的余热由冷空气吸收,并用管道引出,进入熔池上面,或直接进入热气管道通过辐射预热物料,或进入竖窑内直接对流加热物料并作为其上燃烧设备的二次助燃空气,或进入烧嘴作为一次助燃空气。

7. 如上要求所述的阶梯炉,其特征是所设阶梯板可以是水平的,也可以是倾斜的。台沿往上倾斜的最大角度可以与料坡的堆角一样大,往下倾斜的最大角度可以与不能大于物料的休止角。

8. 权利要求1和4所述的阶梯炉,其特征是炉内具有很好的气密性,上部和下部气体进出口均可密封,并能作为抽真空通道的接口和特种气体的进口。

9. 权利要求1和6所述的阶梯炉,其特征是最低处的熔化池与上部阶梯炉是可以分离的,并可以有允许多个接口与阶梯炉接口相配的熔化池轮换使用,并在熔化池的边墙上安装有燃烧装置。

10. 权利要求1和9所述的阶梯炉,其特征是熔化池底部或侧墙液面下部安装了透气装置,可以由外向池内鼓入不同气体与熔液反应,并在边墙或池顶有加料口,以便向池内直接加入某些炉料。

11. 权利要求1和10所述的阶梯炉,其特征是熔化池水平面积大于阶梯炉接口的水平面积,并在池顶自由面上安装人、电极孔和加料孔等。

12. 权利要求1至11所述的阶梯炉用于化学反应、轻烧、烧结、熔化和冶炼的各种方法。

阶梯炉

技术领域：

[0001] 本发明涉及固体物料的处理,包括完成固体物料之间的化合与分解反应、固体物料与气体之间的反应,以及将固体物料烧结致密或将其熔化成高温液体。

技术背景：

[0002] 目前,完成上述任务需要多种专业工程设备,如:(1) 化学反应塔,(2) 某些物料如白云石、菱镁矿、碳酸钙、粘土矿、水铝石、菱铁矿、其它氢氧化物和盐类的分解炉或轻烧炉或转化炉,(3) 将某些物料如高铝矾土矿、粘土矿、水泥原料、铁矿球团料烧结致密的熟料烧结炉,(4) 以及将某些物料如硅石(玻璃原料)、陶瓷色料与釉料、垃圾等物料熔化的熔窑,(5) 将粒状或粉状金属加热熔化直至冶炼的熔化炉。

[0003] 上述第一种设备中,本发明所涉及的设备主要是竖式反应塔;第二种设备主要有回转窑、竖窑、沸腾炉和隧道窑,也有反应塔,而本发明所涉及的只是其中的竖窑和竖式反应塔;第三种设备熟料烧结炉主要有回转窑、隧道窑和竖窑,本发明也只与其中的竖窑相关。硅酸盐类材料的熔窑主要以带蓄热室的玻璃熔窑为主,使用竖作为熔窑属于首次提出;而金属颗粒料(含小规格块料)和粉料的熔化主要在电弧炉、冲天炉、感应炉等设备上生产,用竖窑熔炼也是第一次提出的。本发明对现有竖式反应塔和竖炉所作的改动与它们各自的现状是相关的。

[0004] (1) 竖式反应塔

[0005] 竖式反应塔是在高度一定的竖筒(一般为圆形截面)内设置尽可能多的塔板,来增加物料在塔内的停留时间,并增加物料与反应介质或热介质的接触面积与接触机会,因此塔板之间的距离尽可能小,只需设计成物料流动所需截面积,塔板之间最近处被物料所填充,介质只能通过塔板上分布的小孔或集中孔和塔板之间的狭缝穿过与连续的料层接触,因此塔板之间的狭缝距离不大且几乎相同。并且物料反应所需温度或热量是炉壁的间接传热或外带辅助加热装置使热介质或部分反应物以热介质的形式被加热后进入塔内而实现的。

[0006] (2) 竖窑

[0007] 竖窑主要用于矿石的分解和原料的烧结,在圆筒内填充待处理物料,在炉体的中部布置若干燃烧装置或烧嘴,物料从上部加入并布料,中间完成热分解或烧结,通过下部出料。这样,物料由上而下以料柱的形式缓慢移动,燃烧的高温气体从中部进入,向上运动,再从下部鼓入冷风,冷却烧成的高温物料,自身被加热后可以作为燃烧设备的二次助燃空气。也就是说,物料与气体始终为逆流运动,保证进出窑的物料和气体都不会带走太多热量,能源利用率高是其主要优点。

[0008] 传统竖窑内物料为一密切接触的料柱,高温气体在燃烧器处释放以后,在竖窑内的运动以在物料中的渗透为主。所以料柱与炉壁之间容易渗透,容易过热而过烧,而料柱中心则不容易渗透而欠温出现生烧。有人将燃烧器深入料柱来改变这种现象,有人在燃烧器上方安装斜板使燃气与料柱有一定自由湍动空间。Maerz 窑在燃烧带用桥梁的形式将整体

性的料柱分成若干股料流,并在梁的下部安装燃烧装置,其目的也是为提高烧成料的质量均匀性。显然,在料柱作为整体移动物的情况下,这些改进的效果只能是局部的,而且实际实施也是很难的。当前的竖窑根本没有电加热方式,即使各种新型竖窑,包括本申请人的阶梯式熟料烧成炉在内,也没有涉及电加热和混合加热的技术。

发明内容:

[0009] 本发明主要为一类结构和工作原理全新的工业窑炉,在这一类新形窑炉中,其主要特点是将传统竖式反应塔和窑炉彻底改变,使其成为具有上部料仓、中部阶梯炉、底部料仓及出料装置,并配备相应的给料出料机构,通风、污染处理、燃烧或电加热装置。阶梯炉内腔的水平截面一般为矩形,也可以为圆形或其它形状。在中部的阶梯炉部分,其特点是在一个空腔中用一个或一个以上的阶梯板将其分成二个或二个以上的部分,阶梯板在铅垂方向上相隔一定距离,此距离除足够物料通过以外,还有自由空间供气体或其它介质流动的通道,而从轴向剖面可以看出,相邻的上下阶梯板相互错开,其台跟与相互平行的两个炉壁相接,而其台沿则与此两个炉壁离开一定距离。物料在上下料仓中是块料和 / 或颗粒和 / 或粉体组成的统料紧紧接触但有一定气隙的料柱,而在中部的阶梯炉内,物料首先在阶梯板上堆积成一定倾角的料坡,在生产运行中,所处理的物料由上部料仓经给料机构进入阶梯炉后,沿阶梯板上已经堆积而成的料坡上滚动,到达料坡的最下端时,开始短距离的自由落体运动落到下一个阶梯板上的料坡上向相反方向滚动,在其最下沿作第二次自由落体运动,如此反复交替下行,直达底部料仓,积累到底部料仓的额定容量后,打开底部料仓最下边的出料机构输送处理结束的物料出炉。

[0010] 具有上述结构特征和遵循上述工作原理的阶梯炉除可以用于竖式反应塔、竖式热分解炉、轻烧炉、熟料烧成炉外,由于其超出传统反应塔和竖炉的功能,所以首次提出将阶梯炉用于熔化炉及一些特殊的冶金熔炼炉。到目前为止,也没有人提出在竖式反应塔内完成金属硅粉、钛粉、硅铁粉、铬铁粉、硅锰粉和其它金属粉与合金粉的碳化、氮化、氯化等反应合成的解决方案。在本发明中,通过阶梯炉来完成这个任务是非常简单易行的。

[0011] 在本发明的阶梯炉中,其台阶可以有变高度的各种组合情形,即在阶梯之间,有部分台阶之间可以被物料流动层封闭,另一部分不被物料流动层封闭。在阶梯数较多的情况下,通过这两种形式的台阶的位置设计、比例设计以及组合花样设计,可以更好地适应所处理物料的特性和工艺要求。

[0012] 在加热方式上,本发明允许有电加热、燃烧加热和混合加热三种方式单独加热,其各种组合的协同方式加热也能方便实现,其适应范围和烧成制度的可调性与可控性可以大大超过普通竖式反应塔和竖窑。

附图说明:

[0013] 图 1. 阶梯炉的基本结构与原理。

图 2. 带电 / 热辐射加热的阶梯炉的基本结构与原理。

图 3. 带混合加热的阶梯炉的基本结构与原理。

图 4. 部分封闭部分开口型阶梯炉的基本结构与原理。

图 5. 阶梯炉应用于熔化的基本结构与原理。

图 6. 上部料仓热气进口并通过的一种方案。

图 7. 阶梯板倾斜的阶梯炉。

图 1 是阶梯炉的基本结构图。图中说明如下：(1)——上部料仓，(2)——阶梯炉，(3)——底部料仓，(4)——给料器，(5)——出料器，(6)——阶梯板，(7)——燃烧装置，(8)——冷气进口，(9)——上料仓壁，(10)——阶梯炉壁，(11)——下料仓壁，(M₀)——生料，(M₁)——成品料。

[0014] 图 2 所示为在阶梯板下面设有电加热装置或内部有高温气体流动而外部有辐射加热功能的辐射管。图中说明如下：(1)——上部料仓，(2)——阶梯炉，(3)——下料仓，(4)——给料器，(5)——出料器，(6)——阶梯板，(7)——燃烧装置，(8)——冷气进口，(9)——上部料仓壁，(10)——阶梯炉壁，(11)——下料仓壁，(12)——电热器 / 辐射器，(M₀)——生料，(M)——成品料。

[0015] 图 3 所示，在加热方式的灵活选择范围中，可以用电加热、炉壁上燃烧器的燃烧加热和阶梯板下辐射管加热的任何一种方式，也可以用这三种方式的任意组合来协同加热。图中说明如下：(1)——上部料仓，(2)——阶梯炉，(3)——底部料仓，(4)——给料器，(5)——出料器，(6)——阶梯板，(7)——燃烧装置，(8)——冷气入口，(9)——上部料仓壁，(10)——阶梯炉壁，(11)——底部料仓壁，(12)——电热器 / 辐射器，(M₀)——生料，(M₁)——成品料。

[0016] 图 4 所示，反应物与气体的相互作用的情况中，某些时候不希望参与反应的气体不能连续畅通；即使在竖窑中，有时也希望高温气体的热量尽可能多地交换给物料，采用部分阶梯之间被物料封闭、部分阶梯之间仍然畅通的半封闭与半开口型阶梯炉是可行的。图中说明如下：(1)——上部料仓，(2)——阶梯炉，(3)——底部料仓，(4)——给料器，(5)——出料器，(6)——阶梯板，(7)——燃烧装置，(8)——冷气入口，(9)——上部料仓壁，(10)——阶梯炉壁，(11)——下料仓壁，(12)——电热器 / 辐射器，(M₀)——生料，(M₁)——成品料。

[0017] 图 5 所示为阶梯炉用于熔化的一种方案。图中说明如下：(1)——料仓，(2)——阶梯炉，(3)——熔化室，(4)——熔体冷凝室，(5)——给料器，(6)——阶梯板，(7)——燃烧装置，(8)——锭模装置，(9)——料仓壁，(10)——阶梯炉壁，(11)——熔池壁，(12)——电热器 / 辐射器，(13)——冷风进口，(14)——热风管道，(M₀)——生料。(M)——熔体。

[0018] 图 6 给出了一种热气从上料仓底部侧壁进入，流过仓内料柱，在其上的烟气出口排除，排除的烟气当然还可以用于干燥等目的，但最终进入大气前应进行脱硫脱磷等有害物质的处理，并通过旋风除尘、布袋除尘及静电除尘等粉尘处理。图中说明如下：(1)——加料口，(2)——尾气出口，(3)——百叶栅，(4)——热烟气，(5)——给料器，(6)——阶梯板，(UP)——料仓与夹套部分，(DOWN)——阶梯炉及一下部分，(M₀)——炉料。

[0019] 图 7 所示，对于高温气体流动阻力影响较大的是阶梯板引起的涡流，在需要高温气体快速流动的时候，可以将阶梯板向上倾斜一定角度 α 。(1)——上部料仓，图中说明如下：(2)——阶梯炉，(3)——底部料仓，(4)——给料器，(5)——出料器，(6)——阶梯板，(7)——燃烧装置，(8)——冷气进口，(9)——上部料仓壁，(10)——阶梯炉壁，(11)——下料仓壁，(M₀)——生料，(M₁)——成品料。

[0020] 当然，在本发明中，当物料的形状因素引起料坡不稳定时，会影响阶梯炉的运行稳

定性,我们同样可以将阶梯板设计成向下倾斜一定角度,而且当这个角度处于物料在阶梯板上的休止角范围内时,阶梯板上仍然能堆积一层物料,仍然可以避免物料流动的于阶梯板面的磨损。

具体实施方案:

[0021] 本发明的阶梯炉在相应的炉料准备、供风系统、燃料储存和供应系统或供电系统、炉料提升系统、除尘与污染治理系统及测量与控制系统齐备的条件下才可以运行。

[0022] 入炉的炉料 M_0 一般是中小粒度的颗粒料,尤其以球形度高的球团料或压球料最适宜。虽然可以通过技术措施和实际操作的调整来适应大范围粒度料的处理,但粒度范围越窄越有利于阶梯炉的运行。所以,在阶梯炉的情况下,最好是将物料首先破粉碎成细粉,通过球团机或压球机将其制成球团或压球,并用筛子筛分分级,不同级别范围内的炉料入不同的炉内(在多个阶梯炉并行的时候)或分阶段(只有一个或阶梯炉数量少于粒度段时)处理。对于筛下的很细的物料,为了减少除尘系统的处理量,可以返回制球工段重新制球。

[0023] 准备妥当的炉料进入阶梯炉的方式可以有两种。一是平地上建设的阶梯炉,这时可采用专门的斜轨斗车上料系统或垂直提升上料系统;另一种是山地或山崖边建设的阶梯炉,其顶部在山上台阶下,底部在山底平坝上,这时可汽车运料到顶部台阶的料仓,由固定给料机给料入炉。

[0024] 供风系统主要有炉底冷却风机、燃烧器助燃风机及炉顶抽风机,一般选择高压风机作为供风系统的风机。

[0025] 在采取燃烧加热的阶梯炉中,所用燃料可以有天然气、各种可燃油、煤粒或煤粉、各种煤气(高炉煤气、焦炉煤气、煤井煤气及发生炉煤气)以及各种工业可燃废料与垃圾。使用上述不同燃料时,所需配备不同的燃烧器在市场上都可以得到,无需专门加工。

[0026] 在采取电热加热的阶梯炉中,采用高压电(比如10000V)或工业供电(380V/220V)均可,但输入炉内的电的电压需由电热材料的材质和性能确定,但肯定应在380V以下以提高生产操作的安全性。比如,用硅碳棒作发热体,380V电压即可作为工作电压,其调节和控制均可采用可控硅或变压器调节,而采用硅钼棒发热体时,大多数时候需将电压降到几伏至几十伏而需要配置大变比的变压器来调节和控制。

[0027] 在采取燃烧热转变为辐射加热的阶梯炉中,关键是所使用的辐射管必须能够承受工作高温并具有较高的发射效率,在1450℃以下,采用碳化硅管比较好,更高高温下工作的辐射管材料及制品确实是难选的。

[0028] 混合加热可能给阶梯炉的功能和使用范围带来极大的扩展,但其加热系统也将由单一系统扩大为多个系统,会增加一定的投入和建设场地。

[0029] 测温可以选用铂铑热电偶、其它双金属热电偶等进行,其实现已是很简单的事情,但对于复杂的物料处理,可能需要在阶梯炉的不同高度和不同水平位置设置多个测温点,以便提供精确的温度分布和相应的多段控制,从而达到更好的处理效果。测压主要针对对供风系统各管道中的压力,以及炉内不同高度处的烟气与助燃空气的压力或者反应气体的压力,同样需要多点测压来反映阶梯炉的工作状况并提供控制所需信息。至于炉料对器壁的压力及对阶梯的压力是可以在设计中确定下来的。但物料的流量对于阶梯炉的运行的稳定性至关重要,其确定和控制需要进行相应的物料平衡计算和给料机和出料机的速度调节的

信息,在计算机的辅助下,实时计算和调整也是很容易。

[0030] 作为环保的重要组成部分,除尘系统可以用旋风分离器、布袋除尘器和高压静电除尘器,以及它们的联合使用,这要根据所处理物料的实际情况而定。对于有害气体的处理则应选择专门的处理工艺和设备。

[0031] 上述各项是阶梯炉实施所共同需要具备的,在满足上述各项之后,阶梯炉的实施与一般的竖窑是相似的,不同的只是对处理料的准备要求高一些,适应的情况多一些,处理后的物料性质好一些,尤其是质量会更加均匀一些。下面就重要的常见实践举例加以说明。

[0032] 实施例一:轻烧氧化镁、氧化钙、白云石等

[0033] 从矿山开采的菱镁石、石灰石、白云石、及水镁石洗选后在窑炉中煅烧到900-1000℃,煅烧一定时间后,其矿石分解出二氧化碳气体后,得到活性高的轻烧氧化镁、石灰和白云石,是建材、冶金和化工的重要辅助材料。实际处理中,矿石块料应破碎至实际需要的粒度范围以下,不用煅烧后再破碎,如果实际需要的细颗粒,则应直接将矿石粉碎成细颗粒,这样在阶梯炉中的运行会更加稳定。

[0034] 在阶梯炉中煅烧这些原料,首先购入足够的轻烧料(M_1)用前述各种运输方式之一加入到上部料仓(1),开启给料机(4),使(M_1)落入阶梯炉(2),在第一个阶梯板(6)上堆积成斜坡,并滚动下落到第二个阶梯板(6),如此不断,将所有阶梯板堆积成(M_1)组成的料坡,最后将下部料仓(3)装满,并将(1)中的(M_1)全部通过(4)给入阶梯炉以下,开启(5)出料,使(3)中的料达到其额定容量为止。关闭(4),在(1)中加入(M_0)使之达到正常的仓储量,开启除尘器、污染处理系统,使其空载运行5分钟后给燃烧装置(7)供燃料和助燃空气,并点火燃烧,对烧嘴以上的阶梯炉及料仓进行预热,使各部位的温度达到规定的数值后,不断地往(1)中加入原料(M_0),并打开上部给料器(4),使原料下落至第一个阶梯板的堆坡上,然后在重力作用下沿料坡滚动,在料坡最下沿失去依托而自由落体和借滚动获得的速度抛射到下一阶梯板的料坡上端,继续上述运动,一直到下部料仓(3)的料面上堆积,此时开启(5)使(3)中的料不断输送出炉外,并打开冷风进口(8),开动冷风风机给(3)鼓入冷风,在(3)中不断上行,吸收(M_1)的余热后成为热风,在(7)处与火焰混合,作为其二次助燃空气,使燃烧完全。由(7)的火焰和二次助燃空气完全燃烧后,温度超过物料处理所需的温度一定数值,与物料斜交运动,与物料充分接触,使物料受热升温到处理温度后成为合格物料进入(3)。烟气不断上行,到达料仓(1)的下部,通过夹套或仓底叶栅进入料仓对原料加热,其本身则变成低温气体从排气孔排出炉外,进入除尘和污染处理系统,最后进入大气。

[0035] 阶梯炉就这样运行起来了。由于其它实施例中阶梯炉的实施过程与本例相近,所以在后面的叙述中不再重复这样的描述。

[0036] 在阶梯炉中,燃烧的火焰与流动的材料是斜交运动,它们能够充分接触,火焰又是作用在一层很薄的流动料层上,对料层有足够的穿透作用,所以能够很容易均匀煅烧,质量均匀。由于阶梯炉中的火焰的余热可以在上部料仓中回收,轻烧料的余热又能被炉底鼓入的冷风所吸收,所以热效率很高,且不需要转动窑体的设备及能耗,所以成本很低。

[0037] 所需加热用煤气或喷煤粉燃烧即可实现,布置的烧嘴(7)二至三排即可,而每排的烧嘴数视阶梯炉的宽度和烧嘴的规格而定,通常在3-5个。

[0038] 传统竖窑由于结构的原因,存在过烧和生烧,其中过烧料活性度低,生烧料不能作

为工业原料。所以要得到高活性且质量均匀的石灰，一般在回转窑中煅烧，但其投资和生产成本都很大。

[0039] 实施例二：烧结矾土、镁砂、莫来石、尖晶石、板状刚玉、镁白云石等。

[0040] 这些熟料是重要的耐火原料，随着耐火工业的进步和资源的变化，熟料的烧成已由原来的天然块料入炉煅烧逐渐转变为矿石破粉碎成细粉在压球入炉煅烧，这种方式也正是阶梯炉运行稳定且易于控制的炉料形状。当然，压球的工艺主要还是为各种合成和均化的目的，同时也是为了提高熟料的品位和资源的利用率。对于阶梯炉烧成而言，压球中适当加入粘结剂提高球的强度是必要的，因为在阶梯炉中，压球是不断滚动和自由落体运动下行的，压球之间的碰撞需要强度大才不会二次破碎。也可以采用球团料的形式。在某种意义上，用球团料，尤其是不同粒度范围的球团颗粒分炉或分阶段烧成，得到的熟料直接用于耐火制品的生产，既可以减少加工量，还能够使熟料具有一致的外形和易于致密化成型的颗粒形状。

[0041] 烧成温度一般都很高，比如烧结矾土熟料和莫来石一般在 1500-1650℃，镁砂、尖晶石和镁白云石需在 1600-1800℃，而烧结板状刚玉则需在 1800℃ 以上的温度。一般可以采用煤气、天然气和油作为燃料，通过燃烧加热来实现烧成。喷煤虽然也可以加热，但会对熟料造成一定程度的污染（煤的灰份增加熟料的杂质含量），所以尽量不用喷煤的方式。由于烧成温度大部分是在很高的温度下进行的，所以阶梯炉的烧成带的内衬材料必须是具有耐高温的不与所烧熟料反应的耐火材料。由于耐火材料具有较大的抗压强度而其抗折强度不高，所以阶梯板最好采用下拱沿平的结构，既增加阶梯的承载能力，又不使物料出现偏流的现象。

[0042] 烧嘴的布置相对于轻烧炉应多些，且将上部的若干排烧嘴作为预热，火焰温度适当调低，只将物料预热到一定温度，便于在烧成带能被快速烧成。

[0043] 物料以压球和球团工艺获得炉料，同样采取分粒度料分炉烧成或分时烧成，得到直接分级的熟料。对于镁白云石熟料而言是非常有力的。

[0044] 由于烧成的熟料粘性很大，所以，烧嘴布置得离下部料仓尽可能近，以便烧成的熟料能很快被冷却下来，尽力减少粘炉的不正常现象。

[0045] 实施例三：烧成水泥熟料、氧化铝熟料

[0046] 水泥熟料和氧化铝熟料在国民经济中有非常的需求，我国已经成为水泥和氧化铝生产大国。由于传统竖窑烧成熟料质量差，国家已不允许竖窑生产水泥熟料了。但竖窑的经济和成本优势仍然存在，人们并没有放弃对可以高质量生产熟料的竖窑的探索，阶梯炉应是其中之一。

[0047] 在回转窑中，水泥料（球团料或预分解的粉料聚集颗粒）沿着回转筒壁的一边堆积，到一定高度后，由于重力作用而下滚，这样，物料在料坡上不断上下来回滚动，并由于转筒的倾斜而经过一个来回的滚动就在筒内前进一定距离，而火焰与筒体平行，靠其扩散和高温辐射加热炉壁上滚动的物料，虽然相互作用不是垂直的直接热交换，但物料受热却是很均匀的，所以熟料的质量很均匀，且可以控制得到高质量的熟料，而传统竖窑则难以达到。用阶梯炉来烧成水泥熟料，烧成过程中火焰与物料是垂直相交，传热效果明显优于回转窑，而物料颗粒也是在料坡上作滚动并在烟气中坠落，其受热也是很均匀的，所以其质量同样可以很高，且质量的均匀性也是有保证的。对于氧化铝熟料的烧成和前述水泥熟料类似，

所不同的是其备料方法和入炉的物料的形态不同,以及烧结温度不同。对于水泥,烧结温度一般在 1450℃左右,而氧化铝孰料的烧结温度一般在 1250℃左右。

[0048] 水泥料主要由石灰石、粘土、硅石等组成,通过控制各自的加料速度实现相互的比例,小窑烧结是将水泥料加水球团成形,大窑是通过在料仓或预热预分解过程中的沸腾而均化并逐步造粒。氧化铝孰料的原料主要是铝土矿和纯碱,通过干式或湿式共磨成细粉或粉浆,细粉可以成球,粉浆可以喷雾入窑,在窑中干燥凝聚造粒。

[0049] 用阶梯炉烧结这些孰料以球团成形料更加合适,所以原料应先破粉碎成细粉,通过压球或球团的成形工艺造粒。在烧结水泥孰料和氧化铝孰料中,造粒料无需分级。

[0050] 烧成带的燃烧设备布置与实施例三相似,而烧成制度与前述水泥和氧化铝孰料的已有制度并没有大的区别。

[0051] 实施例四:球团矿烧结

[0052] 球团矿实际是铁矿石粉碎后用少量结合剂粘结并经球团成形的一种造粒料,这种造粒料由于其量大而将球团矿几乎作为其专有名称。现在球团矿主要以带式烧结机、步进炉和竖窑为其烧结设备。虽然球团矿因导热系数大而均匀性略优于其它竖窑料,但仍然不是令人满意的。尤其是因球团矿的比重大,烧结时的液相量多(烧结温度 800-1200℃),粘窑等不正常现象很容易发生。

[0053] 在阶梯炉中烧结球团矿,其效果是可想而知的。除均匀性更加有保证外,由于料层变成一个很薄的滚动料层,结窑的风险大大降低,对于保证烧结的稳定运行奠定了基础。

[0054] 相关的烧结制度和窑炉安装特征已如前述,此处不必赘述。

[0055] 实施例五:氮化合成氮化硅、氮化合成氮化钛

[0056] 氮化硅、氮化钛等是高级高性能陶瓷的原料,而氮化硅铁、氮化铬铁、氮化钒铁等则是新型冶金炉料,其合成和使用量已随科技进步而逐年大幅度增加。但其工业合成工艺尚不是十分成熟。现阶段主要是先将金属或合金块压碎、粉磨成细粉,加入少量可烧尽的结合剂,压成砖坯,在梭式窑或其它间歇式窑炉内高温氮化合成。由于它们都是放热反应,在合成过程中极易因过热而熔化成块,导致塌窑、氮化不充分的现象。在阶梯炉中进行这类合成,则可使问题变得如此简单,既可避免过热,又是连续运转,既能利用反应的热效应于物料的加热,又可以通过炉壁冷却和氮气循环流动加强反应物料的冷却和反应得散热。

[0057] 在阶梯炉的情况下,先将金属或合金块压碎,再磨成细粉,用少量暂时性结合剂在高速混合造粒机中将细粉造粒,其粒度范围应是适当的,比如 0.2-2mm 范围,大的颗粒可以打碎继续造粒,小的细粉则直接进行造粒。

[0058] 由于氮化过程使用的是高纯氮气,在氮化过程中不允许其他气体进入,目前以电加热方式恰当(当然,电加热在阶梯炉合成过程中主要用于启动合成过程和调节合成温度的一个手段)。又由于氮气是作为反应气体而需要的,所以不需要大量的流动性氮气,因此,在这种情况下,采用部分封闭部分开口的阶梯炉会更加有益。

[0059] 氮化温度和制度与通常的梭式窑氮化工艺相似,只是工作方式为连续的,其预热、氮化合成、冷却是在阶梯炉的不同段带完成的。例如氮化硅的反应温度控制在 1250℃左右,而为了减少反应激烈而熔料的情况,在反应炉料中配合适当的合成料,其合成过程可以很安全平稳地进行,保证了产量的最大化和质量的均匀、高质。

[0060] 用这种阶梯炉进行氮化物的合成工艺是目前还没出现过的。但就其原理而言,这

类工艺完全可以推广到其它反应合成,如碳化(包括碳化物合成和碳酸盐的合成)、硅化、硼化、氯化等。

[0061] 实施例六:粘土热还原氮化合成赛隆

[0062] 塞隆和氮化硅、碳化硅等一样,是人工合成的高级高性能陶瓷原料。由氧化铝、氮化硅及氮化铝等通过高温固溶反应可以合成塞隆,但原料成本太高。上世纪七十年代初提出由粘土碳热还原氮化合成塞隆,到现在虽然实验室合成已经实现,但还没有工业规模的生产线。如果像氮化硅的合成那样,将粘土和碳的混合物压成砖坯,在梭式窑或其它间歇式窑炉内高温还原氮化合成,则气氛条件很难掌握,因为此类反应不仅要吸收氮气,同时还产生一氧化碳气体需要排除。这种汇源性双气体参与的反应由于气体的传质十分复杂,砖坯中很难进行。即使在竖窑中用粒状料,料柱中的传质同样是困难的。因此按目前的设备,其合成是难以实现的。

[0063] 根据阶梯炉的原理和反应物料的运行特征,将阶梯炉用于粘土碳热还原氮化合成是可行的。首先将物料高速混合造粒成细小颗粒料,与气体的相互作用比较容易进行。在运行中,是一层很薄的料层与气体相互作用,气体的进入与排除相对较为容易。此反应为吸热反应,通过电加热的方式提供物料升温和反应所需热量,以维持合成的不断进行。

[0064] 反应物料的准备需要将粘土和碳素原料在磨机中共同磨至超细,用碳质结合剂在高速混合造粒机中将粉状料聚集成细颗粒(比如0.2-1mm),充分干燥后入阶梯炉进行还原氮化合成。用硅碳棒等做发热体,在阶梯板下面设置,并将不同高度处的硅碳棒分成若干组,每组所加热的区域分别测温、分别控制加热强度,以实现不同区域有不同的控制温度,在最高的反应温度区域(如1400-1450℃)下部及料仓则不设发热体。物料由上向下在阶梯板的料坡上逐级下降,氮气则由底部料仓进入,先对合成料进行冷却,自身被加热到一定的温度,在高温区域进行氮化合成反应。在高温区上部,物料逐步被加热并被还原,放出一氧化碳气体。为了减低上部料仓及给料机的工作温度,接替路的上部若干阶梯板之间可以被物料流动层所塞积。

[0065] 为了避免碳质物料的燃烧,应尽可能排除物料中的空气或氧气,其方案有物料预先抽真空,在氮气中混合少量氢气或氨气。粘土中的钾钠氧化物在反应中会蒸发成气体而逸出炉外,所以对排气进行冷凝是必要的。放出的一氧化碳气体中虽然混合有氮气,但仍然是可燃的,可以引出加以燃烧利用,绝不能直接放入大气中。

[0066] 实施例七:熔化玻璃、陶瓷釉料、铝酸钙预熔料

[0067] 玻璃是人民生产生活和工作都离不开的重要的建筑材料,我国已经成为世界上第一玻璃生产大国。玻璃生产的基础是固体材料的熔化,现在主要在带蓄热室的熔窑中生产。这种熔窑是一个拱顶的长方形熔化室,后顶部或后墙上部加入原料,两侧炉墙上安装烧嘴,燃烧加热,熔化后的玻璃液从前墙中间的一定高度处流出,进入澄清池。后顶部排出烟气,由于烟气含有大量的热能,所以此时不能直接排入大气中,而是轮换通过两个管道进入两个轮换间歇工作的蓄热室,对其中的格子砖等加热,冷空气经风机鼓入,轮换进入蓄热室,吸收被热烟气加热过的格子砖等所蓄热量,从而被加热到一定温度,之后进入烧嘴的助燃空气管道,作为燃料燃烧的助燃空气。这种熔化方式的主要优点是烟气的热量得到很大的回收,蓄热室是作为换热器的一种形式而设置的。这种换热方式相对于金属换热器而言,具有工作稳定,换热器材料抗腐蚀性强,工作寿命长,但由于是轮换间歇式工作,管道阀门频

繁开闭,格子砖频繁热震,增加了冷风和热风的流动阻力,能耗增加(当然相对于烟气热能小得多)。

[0068] 在阶梯炉上进行熔化可以取消两个蓄热室及相应的多个管道和阀门,原料进入顶部料仓,经阶梯炉逐级下降,在下降过程中吸收高温烟气的热量,而高温烟气经炉料冷却后,低温低热进入大气,热能同样大量回收,极大地降低了能耗。熔化室位于阶梯炉底部,最低的一级阶梯板(通常为拱形)可作为上部阶梯炉的阶梯板,同时也是下部熔化室的拱顶,其开口既是熔化室的加料口,又是高温烟气的排出口。烧嘴可安装在熔化室的四周墙壁上一定高度处。熔化后的玻璃或熔液可经端墙的中间一定高度处流出,也可以经熔化室底部安装的铸孔砖流出,进入澄清池或直接成型。如果直接成型,可在成型室通入冷风,进一步回收玻璃熔体的余热,此吸热后的热风可作烧嘴的助燃热空气而加以利用。

[0069] 在阶梯炉熔化玻璃等的情况下,原料应作相应的预处理,可以将各种原料加工成一定粒度的颗粒(自然破碎颗粒或成型颗粒),并按规定的比例预先混合,然后进入料仓。对于不合格的小颗粒,可以二次成型,大颗粒则直接再破碎成合格颗粒。

[0070] 既然是固体物料的熔化,上述阶梯炉可以很方便地用于陶瓷色料和釉料的预熔,以及现阶段大量需求的冶金用铝酸钙预熔料的熔化。

[0071] 在熔化陶瓷色料、釉料和铝酸钙预熔料的过程中,可以采取燃烧加热和电加热同时工作的混合加热方式。因为在熔化这些材料时,如果燃料中含硫,则高温烟气的三氧化硫或二氧化硫很容易被熔液吸收而进入熔料,使其受到污染。在低温阶段,固体原料与二氧化硫和三氧化硫不易反应,而燃料燃烧可以节约用电,因此在阶梯炉的上部安装烧嘴进行原料的余热可以减低成本。但在最后的熔化阶段,因熔液不能接触带硫的烟气,所以必须安装电热材料对原料加热熔化。

[0072] 实施例八:直接还原铁、熔炼金属,熔融还原炼钢

[0073] 直接还原铁是将氧化铁或铁精矿磨细,并与磨细的碳素原料(比如焦炭粉)混合均匀后装入匣钵在高温隧道窑或梭式窑中高温还原得到金属铁,这一过程与前述实施例五并无太大区别,所不同的是例五为吸气反应,本例为放出气体的反应。所以,本例中因为是固体和固体之间的反应,两种固体反应料需要均匀的混合和良好的接触,以及在反应时间的准确控制。

[0074] 熔炼金属虽然不可能一步到位地大规模炼钢等,但对于某些铁合金的预熔混合或合金化是可以按照例七的原理用阶梯炉来完成的。在这些操作中,铁合金可以通过破碎或压碎的方式制成颗粒料入炉。而金属铁往往是用钢材或铁锭,其它金属也可能使用金属锭。在阶梯炉的初期使用大的金属锭肯定存在困难,但这种工艺完全可以使用现有的替代品,比如金属铁可以改用前述直接还原铁粉,而其它金属也有金属粒或粉,另外对于某些少量加入的金属,完全可以在熔化室的边壁开口加料,烟气的热量主要靠粒状金属在阶梯炉中加以回收。

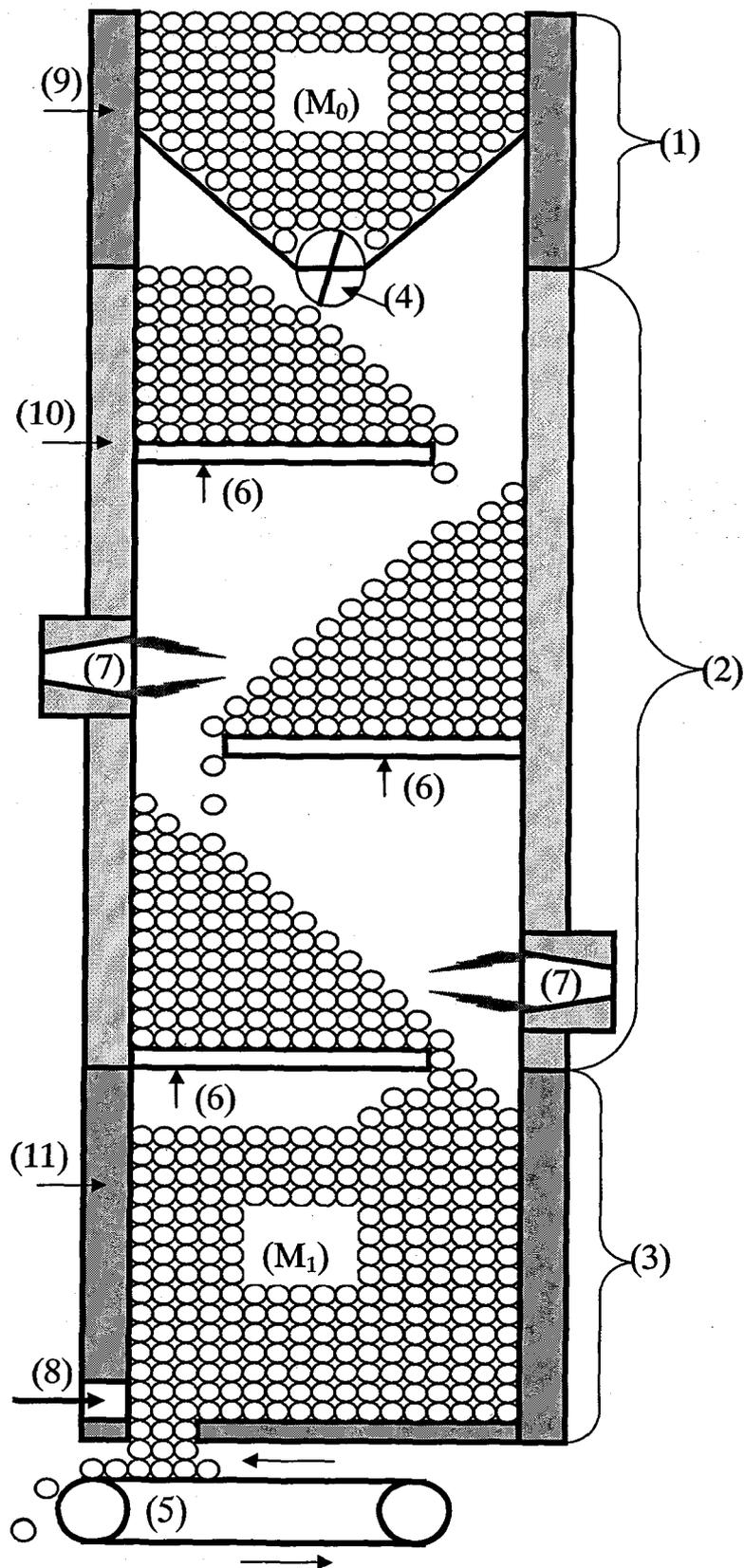


图 1

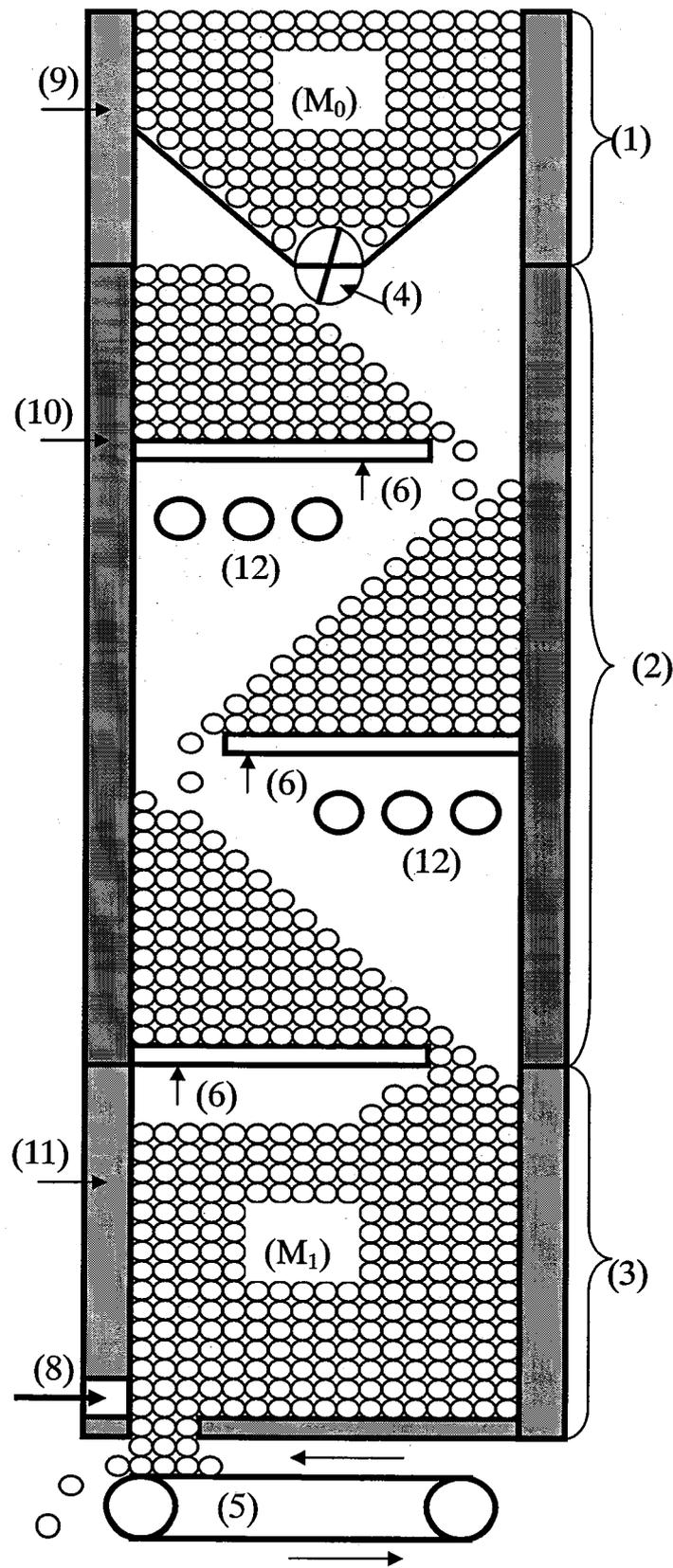


图 2

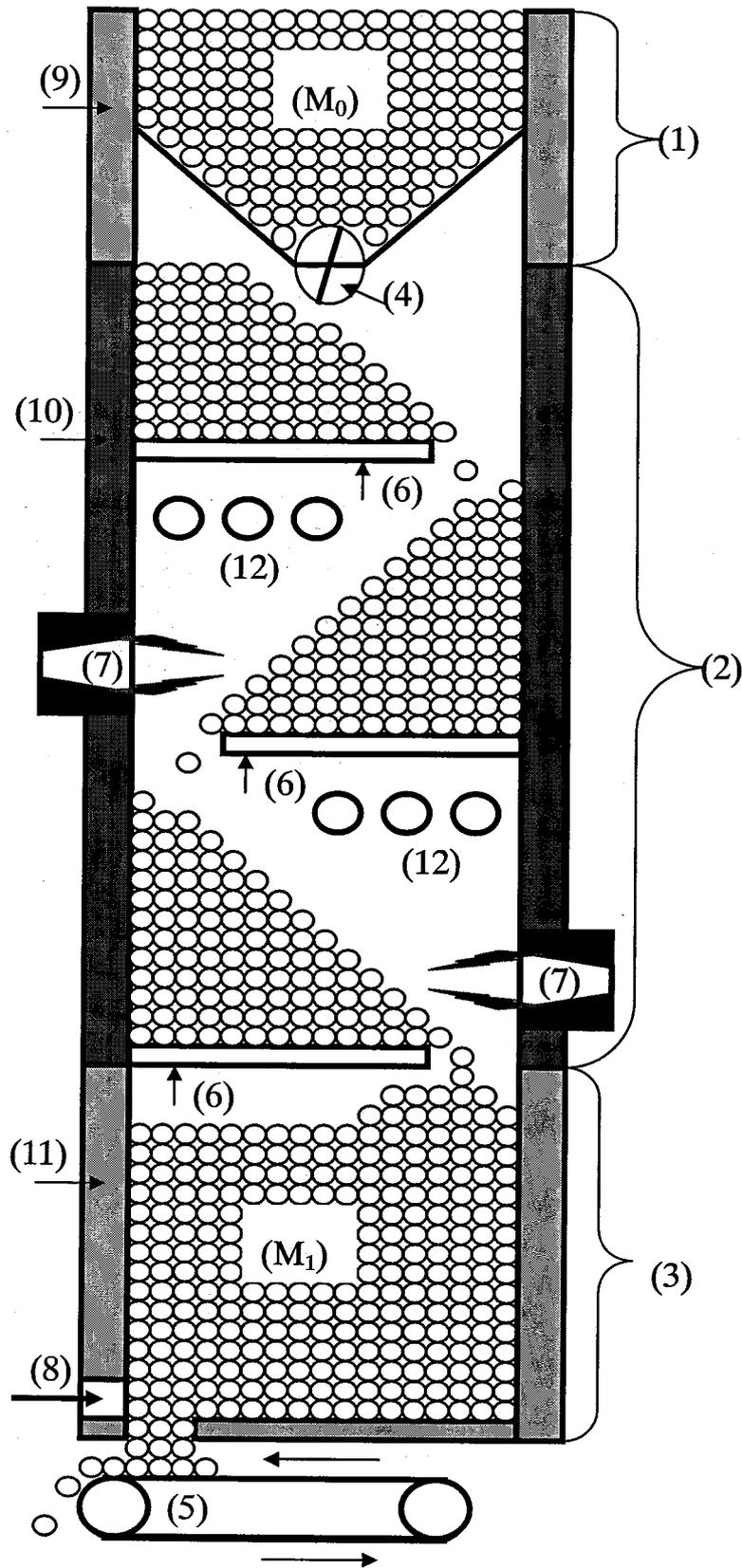


图 3

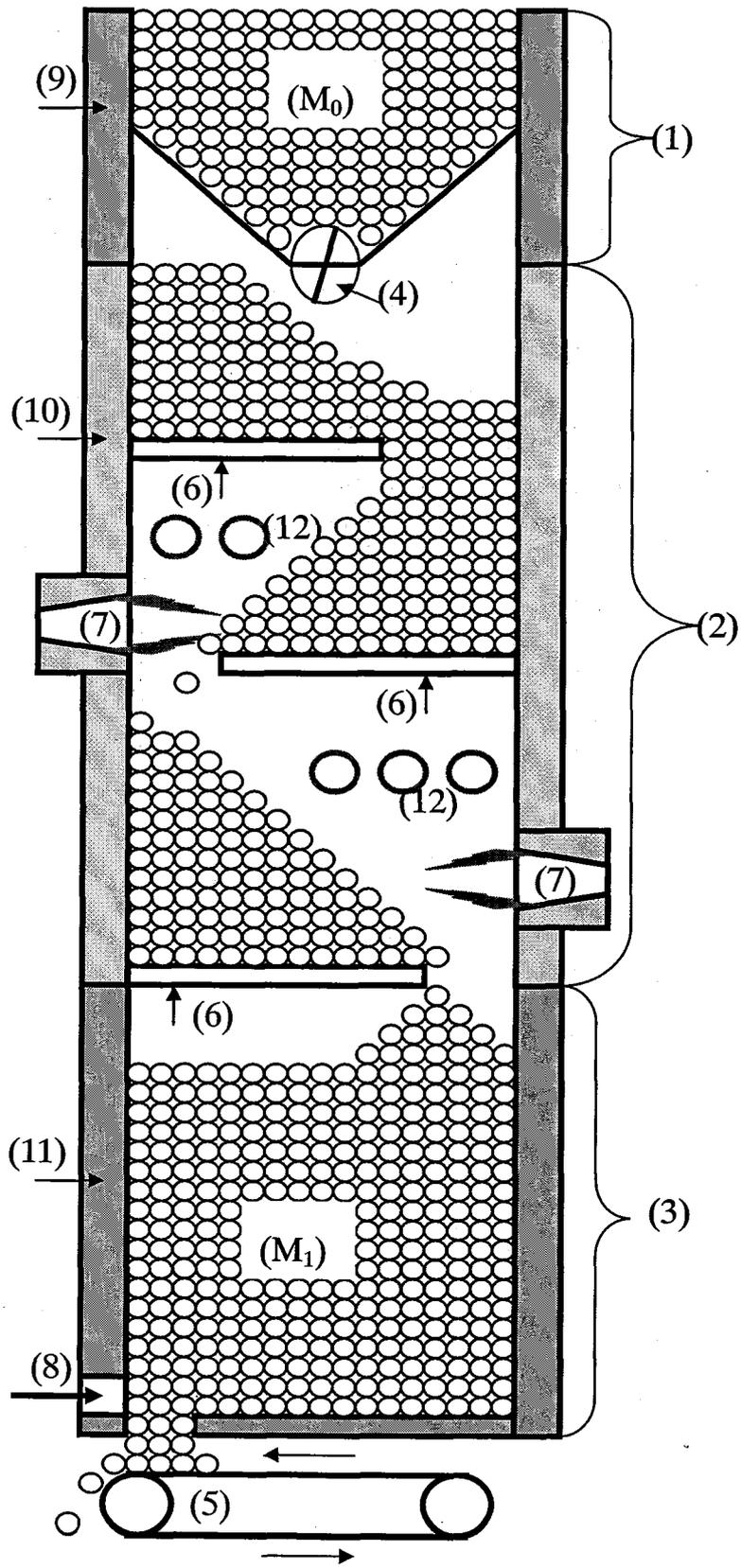


图 4

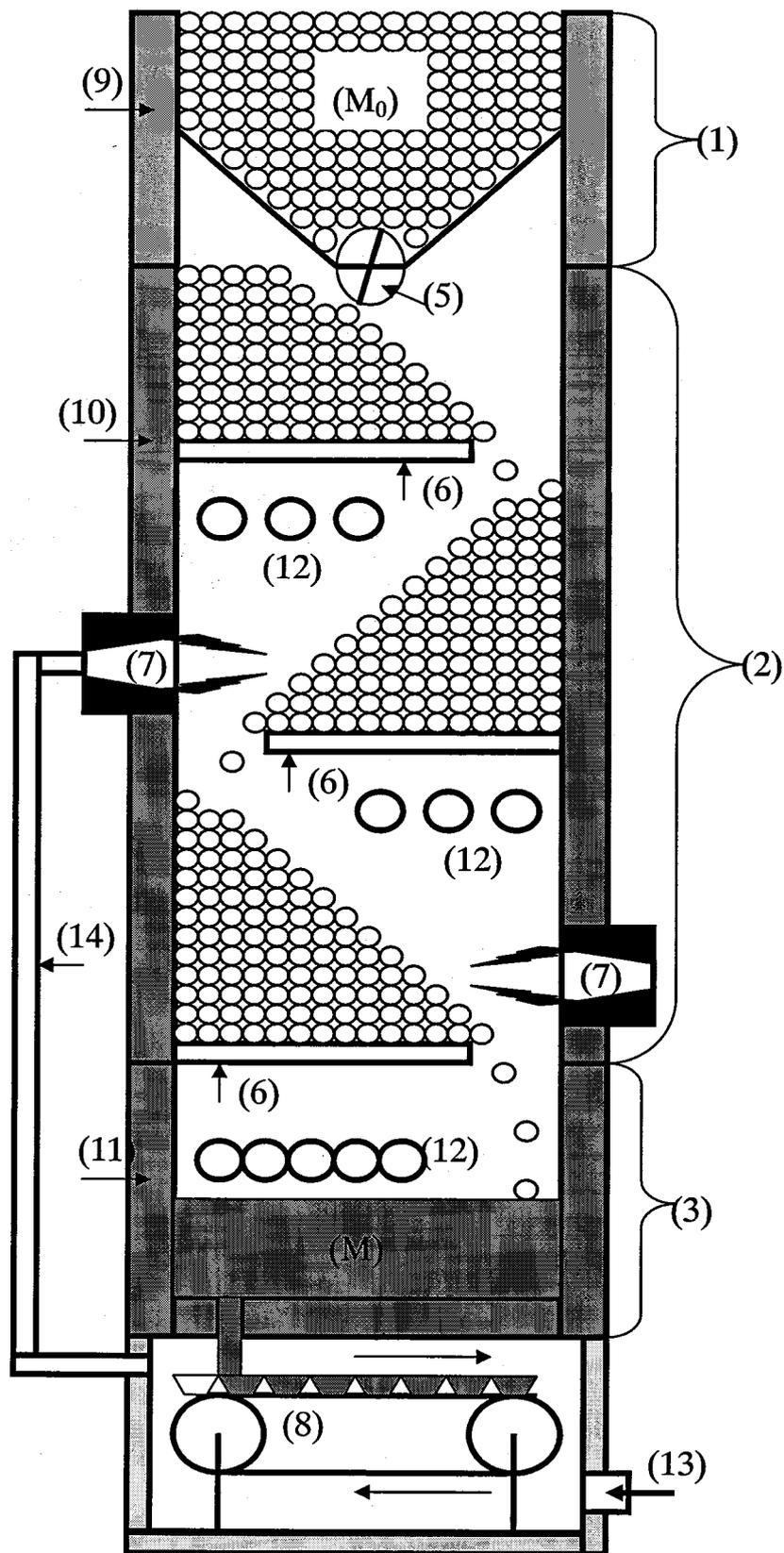


图 5

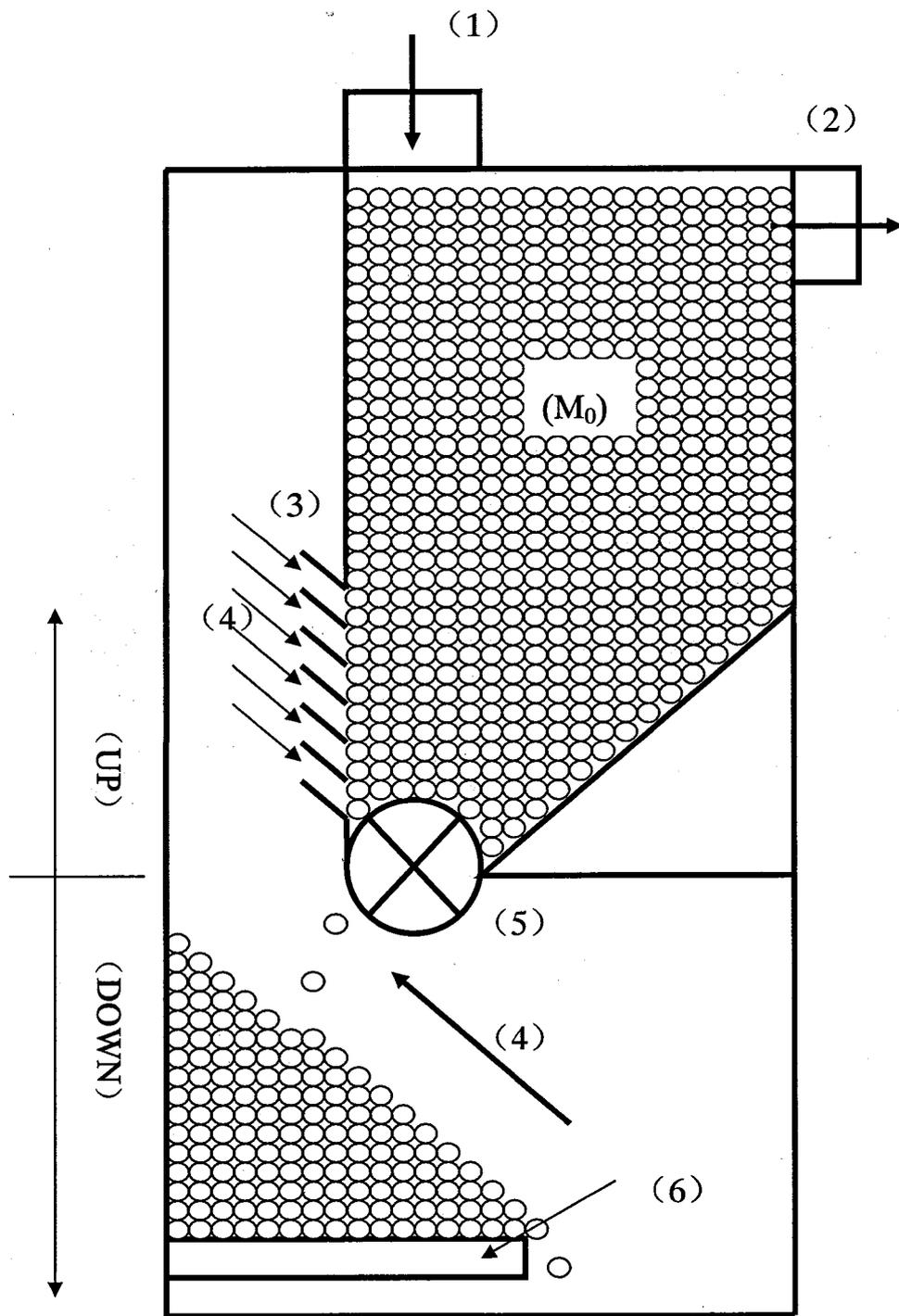


图 6

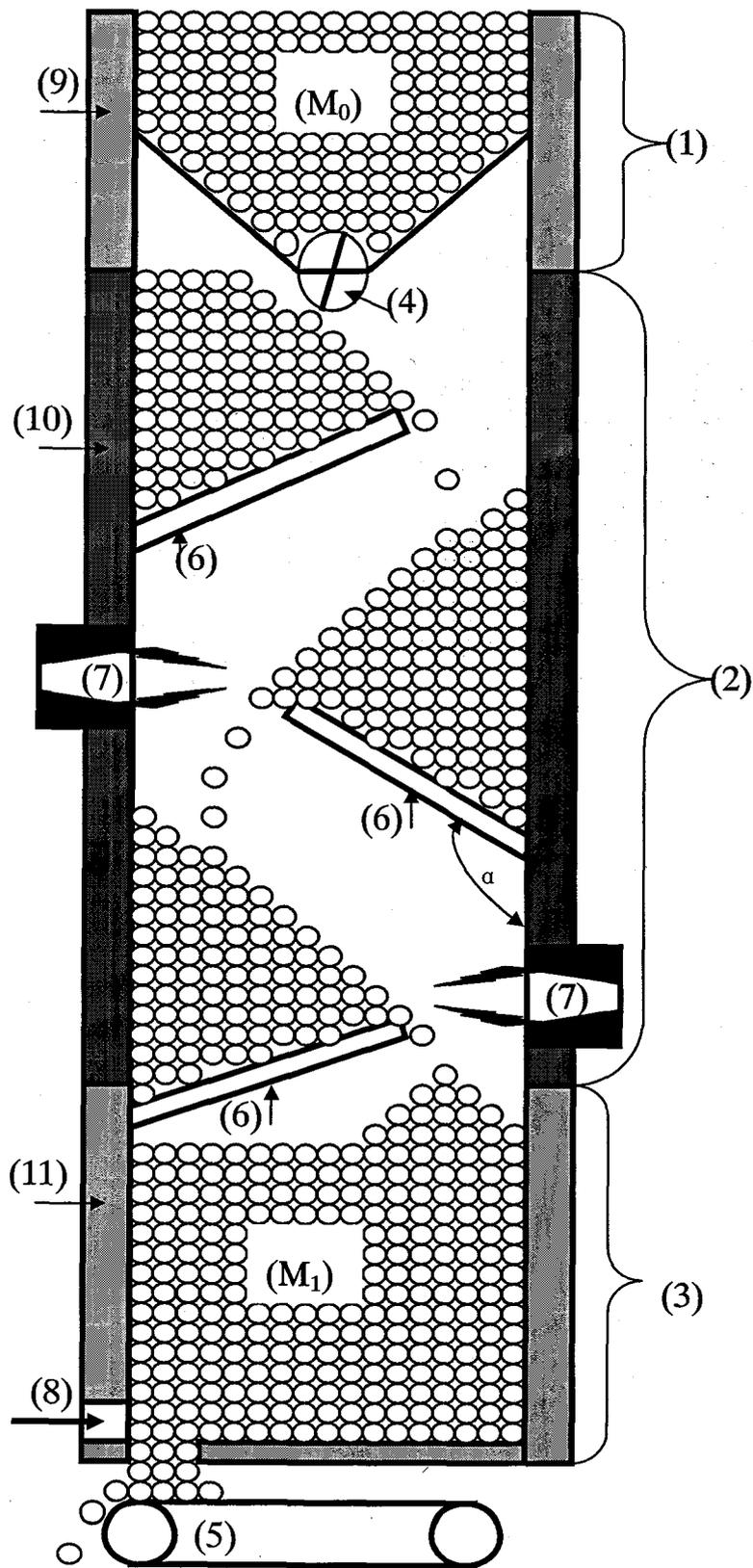


图 7