



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 118043289 A

(43) 申请公布日 2024.05.14

(21) 申请号 202280065807.6

(22) 申请日 2022.10.13

(30) 优先权数据

63/255,433 2021.10.13 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2024.03.28

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/FI2022/050683 2022.10.13

(87) PCT国际申请的公布数据

W02023/062279 EN 2023.04.20

(71) 申请人 酷布鲁克公司

地址 芬兰赫尔辛基

(72) 发明人 韦利·马蒂·普罗拉 T·欧尼

(74) 专利代理机构 北京世峰知识产权代理有限公司 11713

专利代理师 王建秀 刘小立

(51) Int.Cl.

C04B 7/36 (2006.01)

C04B 9/20 (2006.01)

B01J 19/18 (2006.01)

B01J 6/00 (2006.01)

F24V 40/00 (2006.01)

权利要求书5页 说明书24页 附图5页

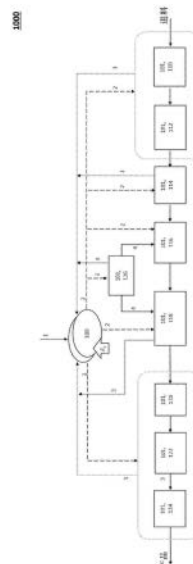
(54) 发明名称

利用旋转产生的热能制造水泥的方法和设  
备

(57) 摘要

本公开提供了一种通过至少一个旋转设备将热能输入到水泥制造过程中的流体介质中的方法,该旋转设备包括:壳体,其具有至少一个入口和至少一个出口;转子,其包括在安装到转子轴上的转子毂的圆周上布置的至少一排转子叶片;以及定子,其被配置为至少布置在至少一排转子叶片的上游的固定叶片的组件。在该方法中,借助于流体介质流分别通过固定导向叶片和至少一排转子叶片时发生的一系列能量转换,将一定量的热能赋予沿着壳体内在入口与出口之间形成的流动路径被引导的流体介质流。该方法还包括:将至少一个旋转设备集成到水泥生产设施中,该水泥生产设施被配置成在基本上等于或超过500摄氏度(°C)的温度下进行水泥生产过程,例如燃烧水泥熟料或煅烧原料,并且将一定量的输入能量传导到集成到耗热过程设施中的至少一个旋转设备中,输入能量包括电能。还提

供了一种旋转设备及其相关用途。



1. 一种水泥生产方法,所述方法包括通过被集成到水泥生产设施中的至少一个旋转设备来产生加热的流体介质,所述至少一个旋转设备包括:

壳体,其具有至少一个入口和至少一个出口,

转子,其包括在安装到转子轴上的转子毂的圆周上布置的至少一排转子叶片,以及多个固定叶片,其在所述至少一排转子叶片的上游被布置为组件,

其中,借助于流体介质流分别通过所述固定叶片和所述至少一排转子叶片时发生的一系列能量转换,将一定量的热能赋予沿着壳体内在入口与出口之间形成的流动路径被引导的所述流体介质流,由此产生加热的流体介质流,

所述方法还包括:

-将一定量的输入能量传导到集成到所述水泥生产设施中的所述至少一个旋转设备中,所述输入能量包括电能,

-将由所述至少一个旋转设备产生的加热的流体介质流供应到所述水泥生产设施中,以及

-操作所述至少一个旋转设备和所述水泥生产设施,以在基本上等于或超过大约500摄氏度(°C)的温度下进行水泥生产。

2. 根据权利要求1所述的方法,其中,在所述水泥生产设施中,所述至少一个旋转设备被连接到和/或集成到至少一个耗热装置中,所述耗热装置被配置成实施与水泥生产相关的一个或多个过程。

3. 根据权利要求1所述的方法,其中,在所述水泥生产设施中,连接和/或集成有所述至少一个旋转设备的所述至少一个耗热装置是下列装置中的任何一个:(i) 被配置用于将水泥原料热转化成水泥熟料的熟料烧成装置、(ii) 被配置用于加热和/或干燥水泥原料、水泥熟料和/或水泥产品的加热器和/或干燥器、(iii) 被配置成作用于水泥原料、水泥熟料和/或水泥产品中的任何一种的混合器和/或均化器、(iv) 被配置用于冷却水泥熟料和/或形成水泥产品的熟料烧成后处理装置、(v) 被配置用于干燥和研磨诸如石油焦和/或煤的固体燃料的磨机、或(vi) 它们的任何组合。

4. 根据任何一项前述权利要求所述的方法,其中,在所述水泥生产设施中,与所述至少一个旋转设备连接的所述耗热装置是至少一个窑炉,所述窑炉被配置成将水泥原料热转化为水泥熟料。

5. 根据任何一项前述权利要求所述的方法,包括产生被加热到基本上等于或超过大约500摄氏度(°C)的温度、优选被加热到基本上等于或超过大约1200°C的温度、更优选被加热到基本上等于或超过大约1700°C的温度的流体介质。

6. 根据任何一项前述权利要求所述的方法,包括调节穿过所述旋转设备传播的所述流体介质流的速度和/或压力,以产生用于产生所述加热的流体介质流的条件。

7. 根据任何一项前述权利要求所述的方法,其中所述加热的流体介质是由所述至少一个旋转设备产生的,所述旋转设备包括沿着所述转子轴按顺序地布置的两排或更多排转子叶片。

8. 根据任何一项前述权利要求所述的方法,其中所述加热的流体介质由所述至少一个旋转设备产生,所述旋转设备还包括在所述至少一排转子叶片的下游布置的扩散器区域,所述方法包括操作被集成到所述水泥生产设施中的所述至少一个旋转设备,以使得借助于

在流体介质流按顺序分别通过所述固定叶片、所述转子叶片和所述扩散器区域时发生的一系列能量转换,将一定量的热能赋予沿着壳体内在入口与出口之间形成的流动路径被引导的所述流体介质流,从而产生加热的流体介质流。

9. 根据权利要求8所述的方法,其中,在所述旋转设备中,所述扩散器区域配有或没有固定扩散器叶片。

10. 根据任何一项前述权利要求所述的方法,其中通过调节被传导到被集成到所述水泥生产设施中的所述至少一个旋转设备中的输入能量的量来控制向穿过所述旋转设备传播的所述流体介质流增加的热能的量。

11. 根据任何一项前述权利要求所述的方法,还包括在所述至少一个旋转设备的下游布置附加的加热设备,并将反应性化合物或反应性化合物的混合物引入到穿过所述附加的加热设备传播的所述流体介质流中,由此通过一个或多个放热反应向所述流体介质流中增加所述一定量的热能。

12. 根据权利要求11所述的方法,其中将所述反应性化合物或反应性化合物的混合物引入到被预热到预定温度的所述流体介质流中。

13. 根据权利要求12所述的方法,其中将所述反应性化合物或反应性化合物的混合物引入到被预热到基本上等于或超过大约1700°C的温度的所述流体介质流中。

14. 根据权利要求11-13中的任何一项所述的方法,其中将所述流体介质流预热到所述预定温度是在所述旋转设备中实施的。

15. 根据任何一项前述权利要求所述的方法,包括通过被集成到所述水泥生产设施中的至少两个旋转设备产生所述加热的流体介质,其中所述至少两个旋转设备并联或串联连接。

16. 根据权利要求15所述的方法,包括通过至少两个顺序连接的旋转设备产生所述加热的流体介质,其中所述流体介质流在序列中的至少第一旋转设备中被预热到预定温度,并且其中通过向穿过所述序列中的第二旋转设备传播的所述被预热的流体介质流输入附加量的热能,所述流体介质流在至少第二旋转设备中被进一步加热。

17. 根据权利要求16所述的方法,其中,在所述序列中的所述至少第一旋转设备中,所述流体介质流被预热到基本上等于或超过大约1700°C的温度。

18. 根据权利要求16或17中的任何一项所述的方法,其中通过将所述反应性化合物或反应性化合物的混合物引入到穿过所述序列中的所述至少第二旋转设备传播的所述流体介质流中而将所述附加量的热能增加到所述流体介质流中。

19. 根据任何一项前述权利要求所述的方法,包括将所述反应性化合物或反应性化合物的混合物引入到与水泥生产相关的一个或多个过程中。

20. 根据任何一项前述权利要求所述的方法,其中进入所述旋转设备的所述流体介质是基本上气态的介质。

21. 根据任何一项前述权利要求所述的方法,包括在所述旋转设备中产生所述加热的流体介质。

22. 根据权利要求21所述的方法,其中在所述旋转设备中产生的所述加热的流体介质包括下列物质中的任何一种:空气、水蒸汽(H<sub>2</sub>O)、氮气(N<sub>2</sub>)、氢气(H<sub>2</sub>)、二氧化碳(CO<sub>2</sub>)、一氧化碳(CO)、甲烷(CH<sub>4</sub>)、或它们的任何组合。

23. 根据权利要求21所述的方法,其中在所述旋转设备中产生的所述加热的流体介质是从与水泥生产相关的一个或多个过程中产生的废气回收的再循环气体。

24. 根据任何一项前述权利要求所述的方法,还包括在所述旋转设备外部产生所述加热的流体介质,例如气体、蒸汽、液体以及它们的混合物,和/或加热的固体物质,这是通过在所述旋转设备中产生的所述加热的流体介质与绕过所述旋转设备的上述物质中的任何一种之间的热传递过程进行的。

25. 根据任何一项前述权利要求所述的方法,其中由所述至少一个旋转设备产生的加热的流体介质被供应到所述水泥生产设施内的至少一个耗热装置中,所述耗热装置被设置为下列装置中的任何一个:(i) 被配置用于将水泥原料热转化成水泥熟料的熟料烧成装置、(ii) 被配置用于加热和/或干燥水泥原料、水泥熟料和/或水泥产品的加热器和/或干燥器、(iii) 被配置成作用于水泥原料、水泥熟料和/或水泥产品中的任何一种的混合器和/或均化器、(iv) 被配置用于冷却水泥熟料和/或形成水泥产品的熟料烧成后处理装置、(v) 被配置用于干燥和研磨诸如石油焦和/或煤的固体燃料的磨机、或(vi) 它们的任何组合。

26. 根据任何一项前述权利要求所述的方法,其中由所述至少一个旋转设备产生的所述加热的流体介质还被供应到所述水泥生产设施内的至少一个耗热装置中,所述至少一个耗热装置被设置为下列装置中的任何一个:燃烧器、熔炉、烘炉、反应器、焚烧炉、燃烧室、锅炉、输送装置、或它们的组合。

27. 根据任何一项前述权利要求所述的方法,还包括增大穿过所述旋转设备传播的所述流体介质流中的压力。

28. 根据任何一项前述权利要求所述的方法,其中所述作为输入能量被传导到集成在所述水泥生产设施中的所述至少一个旋转设备中的电能的量在大约5%至100%范围内。

29. 根据任何一项前述权利要求所述的方法,其中所述作为输入能量被传导到集成在所述水泥生产设施中的所述至少一个旋转设备中的电能的量能够从可再生能源或不同能源的组合获得,任选地,可再生能源的组合。

30. 根据任何一项前述权利要求所述的方法,其中通过将所述至少一个旋转设备与至少一个非电能操作的加热器装置一起集成到所述水泥生产设施中,利用所述至少一个旋转设备来平衡电能的量的变化,例如过量供应和不足,任选地,所述电能是可再生能源。

31. 根据任何一项前述权利要求所述的方法,其中所述水泥生产设施的能效得到提高,和/或其中所述水泥生产设施中的温室气体和颗粒排放减少。

32. 一种水泥生产设施,包括至少一个被配置成产生加热的流体介质的旋转设备和至少一个被配置成实施与水泥生产相关的一个或多个过程的耗热装置,所述至少一个旋转设备包括:

壳体,其具有至少一个入口和至少一个出口,

转子,其包括在安装到转子轴上的转子毂的圆周上布置的至少一排转子叶片,以及多个固定叶片,其至少在所述至少一排转子叶片的上游被布置为组件,

其中所述至少一个旋转设备被配置成在操作时使得借助于流体介质流分别通过所述固定叶片和所述至少一排转子叶片时发生的一系列能量转换,将一定量的热能赋予沿着壳体内在入口与出口之间形成的流动路径被引导的所述流体介质流,由此产生加热的流体介质流,并且

其中所述至少一个旋转设备被配置成接收一定量的输入能量,所述输入能量包括电能;并且产生加热的流体介质,以将热能输入到至少一个耗热装置中,所述耗热装置被配置成在基本上等于或超过大约500摄氏度(°C)的温度下实施与水泥生产相关的一个或多个过程。

33. 根据权利要求32所述的水泥生产设施,其中所述至少一个耗热装置是下列装置中的任何一个:(i) 被配置用于将水泥原料热转化成水泥熟料的熟料烧成装置、(ii) 被配置用于加热和/或干燥水泥原料、水泥熟料和/或水泥产品的加热器和/或干燥器、(iii) 被配置成作用于水泥原料、水泥熟料和/或水泥产品中的任何一种的混合器和/或均化器、(iv) 被配置用于冷却水泥熟料和/或形成水泥产品的熟料烧成后处理装置、(v) 被配置用于干燥和研磨诸如石油焦和/或煤的固体燃料的磨机、或(vi) 它们的任何组合,并且其中所述至少一个旋转设备连接到和/或集成到(i) - (vi)中的任何一个。

34. 根据权利要求32所述的水泥生产设施,其中与所述至少一个旋转设备连接的所述耗热装置是至少一个窑炉,所述窑炉被配置成将水泥原料转化为水泥熟料。

35. 根据前述权利要求32-34中的任何一项所述的水泥生产设施,其中所述至少一个旋转设备还连接至耗热装置,所述耗热装置被配置为下列装置中的任何一个:燃烧器、熔炉、烘炉、反应器、焚烧炉、燃烧室、锅炉、输送装置、或它们的组合。

36. 根据权利要求32所述的水泥生产设施,其中所述至少一个旋转设备包括沿着所述转子轴按顺序布置的两排或更多排转子叶片。

37. 根据权利要求32所述的水泥生产设施,其中所述至少一个旋转设备还包括在所述至少一排转子叶片的下游布置的扩散器区域。

38. 根据权利要求32所述的水泥生产设施,其中所述旋转设备包括配有或没有固定扩散器叶片的扩散器区域。

39. 根据权利要求32所述的水泥生产设施,其中所述至少一个旋转设备还被配置成增大穿过所述至少一个旋转设备传播的所述流体流中的压力。

40. 根据权利要求32-39中的任何一项所述的水泥生产设施,其中至少两个旋转设备被布置成组件并且并联或串联连接。

41. 一种水泥生产设施,其被配置成通过如权利要求1-31中的任何一项所限定的方法实施与水泥生产相关的一个或多个过程。

42. 一种用于将热能输入到与在水泥生产设施中生产水泥相关的一个或多个过程中的方法,所述方法包括通过被集成到所述水泥生产设施中的至少一个旋转设备产生加热的流体介质,所述至少一个旋转设备包括:

壳体,其具有至少一个入口和至少一个出口,

转子,其包括在安装到转子轴上的转子毂的圆周上布置的至少一排转子叶片,以及多个固定叶片,其至少在所述至少一排转子叶片的上游被布置为组件,

所述方法还包括:

-将所述至少一个旋转设备集成到所述水泥生产设施中,所述水泥生产设施被配置成在基本上等于或超过大约500摄氏度(°C)的温度下实施与水泥生产相关的一个或多个过程,

-将一定量的输入能量传导到集成到所述水泥生产设施中的所述至少一个旋转设备

中,所述输入能量包括电能,以及

-操作被集成到所述水泥生产设施中的所述至少一个旋转设备,以使得借助于流体介质流分别通过所述固定叶片和所述至少一排转子叶片时发生的一系列能量转换,将一定量的热能赋予沿着壳体内在入口与出口之间形成的流动路径被引导的所述流体介质流,由此产生加热的流体介质流。

43.根据权利要求42所述的方法,其中与在所述水泥生产设施中生产水泥相关的过程是下列过程中的任何一个:(i)在熟料烧成装置中实施的将水泥原料热转化成水泥熟料的过程、(ii)在加热器和/或干燥器中实施的加热和/或干燥水泥原料、水泥熟料和/或水泥产品的过程、(iii)在混合器和/或均化器中实施的混合和/或均化水泥原料、水泥熟料和/或水泥产品的过程、(iv)在熟料烧成后处理装置中实施的冷却水泥熟料和/或形成水泥产品的过程、(v)在磨机中实施的干燥和研磨诸如石油焦和/或煤的固体燃料的过程、或(vi)它们的任何组合。

## 利用旋转产生的热能制造水泥的方法和设备

### 技术领域

[0001] 本发明总体上涉及用于将热能(热量)输入到流体中的系统和方法。具体而言,本发明涉及一种用于在与在高温和极高温下进行的水泥生产相关的耗热工业过程中优化能效并减少温室气体和颗粒排放的装置和过程。

### 背景技术

[0002] 工业界和政府一直在努力寻找实现显著减少温室气体(GHG)排放的技术。水泥生产等重工业过程在达到由公司、政府和国际组织设定的低排放目标方面发挥着关键作用。但是,将石灰石转化为水泥熟料的核心过程是耗热的,并且是在极高温下进行的,例如在大约850至1600摄氏度(°C)范围内,这目前主要是通过燃烧化石燃料来实现的。

[0003] 水泥制造过程总体上是通过以下几个阶段进行的。首先,通过粉碎矿石并进一步减小矿石的尺寸获得水泥生产所需的水泥原料,例如石灰石( $\text{CaCO}_3$ )、砂子和粘土(硅、铝、铁)。将粉碎的原料与添加剂结合,并进一步研磨,以产生精细均一的混合物。通常,石灰石占80-85%,其余为粘土。在水泥厂中,将生料(raw mix)干燥(使水分含量降至小于1%)并掺混成细粉末,该细粉末将被储存在料仓中。在将原料送入窑炉之前,在预热器中对原料进行预热,该预热器例如由一系列旋风分离器组成。该预热器通常配有燃烧石油、天然气、煤或石油焦(petcoke)的预煅烧炉。各种废料流和生物质材料也可以用作燃料。

[0004] 窑炉阶段是水泥生产过程的主要阶段。在此,从生料通过钙和二氧化硅化合物之间的一系列化学反应产生“水泥熟料”,或简称为熟料。熟料通常是在窑炉系统中产生的,其装料温度为1450-1500°C,气体温度为大约2000°C。因此,水泥生产的高温过程特征通常被称为“燃烧熟料”。在熟料燃烧过程中,被送入窑炉系统的原料被干燥、预热、煅烧和烧结,以生产水泥熟料。后者呈现为多个直径为2-30毫米的团块或圆块。

[0005] 在熟料从窑炉出来后,将熟料迅速冷却至大约100-200°C,并向熟料中添加不同的添加剂,例如石膏、某些有机物质等。将熟料(带有添加剂)进一步转移到(水泥)磨机中并将其研磨成细粉,从而形成最终的水泥粉末产品,该产品通常被称为“水泥”。

[0006] 水泥生产的所有阶段都与二氧化碳排放相关联,其中窑炉阶段和之前的预煅烧炉阶段是排放最密集的阶段。实际上,大部分排放产生自预煅烧炉,在该预煅烧炉中,绝大部分燃料被燃烧,并且从碳酸钙( $\text{CaCO}_3$ ,石灰石)中释放出二氧化碳( $\text{CO}_2$ )。此外,由于高温,常规的回转窑是氮氧化物( $\text{NO}_x$ )排放源。二氧化碳排放难以避免:60%是生产化学过程的不可避免的结果,其余部分是由高温过程要求引起的。虽然水泥行业使用一系列燃料,但是大多数燃料(大约54%)是煤或石油焦,它们适合于非常高的温度,但是排放强度很高。此外,这些燃料是有害和有毒化学物质源,必须采取有针对性的措施以避免它们释放到大气中。已经提出了多种方法来减少水泥行业中的排放,例如通过预煅烧炉、预热、废热回收和其它技术来提高能效。

[0007] 工业过程的电气化一直被视为减少排放的解决方案。但是,水泥生产所需的高温是限制这些过程的电气化的主要原因。虽然工业过程的电气化被认为是减少GHG排放的适

当方案,但是,由于当前技术和现有基础设施无法满足达到足够高温度的需求,因此工业过程的电气化仍然受到阻碍。

[0008] 已经提出了若干个用于加热目的的旋转解决方案。因此,美国专利11,098,725B2 (Sanger等人)公开了一种流体动力加热器泵装置,该装置可操作以选择性地产生加热流体和/或加压流体的料流。所提到的流体动力加热器泵被设计成结合在机动车辆冷却系统中,以提供用于加热车辆车厢的热量,并提供其它能力,例如车窗除冰和发动机冷却。所公开的装置还能够提供用于冷却发动机的加压流体的料流。所公开的技术基于摩擦;并且,由于待加热的流体是液体,因此所提出的设计不适合涉及气体动力学的极端湍流的状况。

[0009] 美国专利7,614,367B1 (Frick)公开了一种通过将旋转动能转化为热量来无焰加热、浓缩或蒸发流体的系统和方法。该系统被配置用于流体加热,可以包括旋转动能产生器、旋转加热装置和主热交换器,这些装置都闭环流体连通。所述旋转加热装置可以是水力制动马力计。该文献公开了该系统在海上钻井或生产平台中用于加热水的用途。但是,所提出的系统不适合加热气态介质,也不能在高温和极高温下使用(由于液体稳定性、蒸汽压等原因)。

[0010] 此外,已知有一些旋转涡轮机型的装置实施烃(蒸汽)裂化过程,并且旨在最大限度地增加诸如乙烯和丙烯等目标产物的产量。

[0011] 在此方面,考虑到以高效和环境友好的方式解决与流体物质的高温相关的挑战,仍然需要在与高效加热系统的设计和制造相关的技术领域中进行革新,尤其是那些适合于与高温和极高温相关应用的技术。

## 发明内容

[0012] 本发明的目的是解决或至少减轻由相关技术的限制和缺点引起的至少一些问题。一个或更多个目的是通过在本文中说明的用于产生加热的流体介质的方法、在本文中限定的旋转设备和相关用途的多种实施方案实现的。

[0013] 在一个方面中,一种用于水泥生产的方法包括通过被集成到水泥生产设施中的至少一个旋转设备产生加热的流体介质。

[0014] 根据一个实施方案,用于水泥生产的方法包括通过被集成到水泥生产设施中的至少一个旋转设备产生加热的流体介质,该方法提高了能效或减少了温室气体和颗粒排放,或既提高了能效又减少了温室气体和颗粒排放。

[0015] 在实施方案中,所述用于水泥生产的方法包括通过被集成到水泥生产设施中的至少一个旋转设备产生加热的流体介质,所述至少一个旋转设备包括:壳体,其具有至少一个入口和至少一个出口;转子,其包括在安装到转子轴上的转子毂(rotor hub)的圆周上布置的至少一排转子叶片,以及多个固定叶片,其至少在至少一排转子叶片的上游被布置成组件,其中,借助于流体介质流分别通过固定叶片和至少一排转子叶片时发生的一系列能量转换,将一定量的热能赋予沿着在壳体内入口与出口之间形成的流动路径被引导的流体介质流,由此产生加热的流体介质流,所述方法还包括:将一定量的输入能量传导到被集成到水泥生产设施中的至少一个旋转设备中,该输入能量包括电能;将由至少一个旋转设备产生的加热的流体介质流供应到水泥生产设施中;以及操作至少一个旋转设备和水泥生产设施以在基本上等于或超过大约500摄氏度(°C)的温度下进行水泥生产。

[0016] 在另一个方面中,提供了一种在水泥生产期间将热能输入到流体介质中的方法。

[0017] 在一个实施方案中,所述方法包括将热能输入到与在水泥生产设施中生产水泥相关的一个或多个过程中,所述方法包括通过被集成到水泥生产设施中的至少一个旋转设备产生加热的流体介质,所述至少一个旋转设备包括:壳体,其具有至少一个入口和至少一个出口;转子,其包括在安装到转子轴上的转子毂的圆周上布置的至少一排转子叶片,以及多个固定叶片,其至少在所述至少一排转子叶片的上游被布置成组件,所述方法还包括:将所述至少一个旋转设备集成到所述水泥生产设施中,所述水泥生产设施被配置成在基本上等于或超过大约500摄氏度(°C)的温度执行与水泥生产相关的一个或多个过程;将一定量的输入能量传导到被集成到所述水泥生产设施中的所述至少一个旋转设备中,所述输入能量包括电能;以及操作被集成到所述水泥生产设施中的所述至少一个旋转设备,以使得借助于流体介质流分别通过所述固定叶片和所述至少一排转子叶片时发生的一系列能量转换,将一定量的热能赋予沿着在壳体内入口与出口之间形成的流动路径被引导的流体介质流,从而产生加热的流体介质流。

[0018] 在实施方案中,所述方法包括操作所述至少一个旋转设备,所述至少一个旋转设备可操作地连接到和/或集成到所述水泥生产设施内的至少一个耗热装置中。在一个实施方案中,所述至少一个耗热装置被配置成执行与水泥生产相关的一个或多个过程。

[0019] 在实施方案中,所述方法包括操作所述至少一个旋转设备,所述至少一个旋转设备可操作地连接到和/或集成到所述水泥生产设施内的至少一个耗热装置中,至少一个耗热装置被配置为下列装置中的任何一个:(i)被配置用于将水泥原料热转化成水泥熟料的熟料烧成装置、(ii)被配置用于加热和/或干燥水泥原料、水泥熟料和/或水泥产品的加热器和/或干燥器、(iii)被配置成作用于水泥原料、水泥熟料和/或水泥产品中的任何一种的混合器和/或均化器、(iv)被配置用于冷却水泥熟料和/或形成水泥产品的熟料烧成后处理装置、(v)被配置用于干燥和研磨诸如石油焦和/或煤等固体燃料的磨机、或(vi)它们的任何组合。

[0020] 在一个实施方案中,所述方法包括操作所述至少一个旋转设备,所述至少一个旋转设备被可操作地连接到至少一个窑炉,所述窑炉被配置成将水泥原料热转化成水泥熟料。在实施方案中,所述方法包括操作所述至少一个旋转设备,所述至少一个旋转设备可操作地连接至下列装置中的任何一个:燃烧器、加热器、熔炉、烘炉、磨机、干燥器、反应器、焚烧炉、燃烧室、锅炉、输送装置、或它们的组合。

[0021] 在一个实施方案中,所述方法包括产生被加热到基本上等于或超过大约500摄氏度(°C)的温度、或基本上等于或超过大约1200°C的温度、或基本上等于或超过大约1700°C的温度的流体介质。

[0022] 在一个实施方案中,所述方法包括调节穿过所述旋转设备传播的所述流体介质流的速度和/或压力,以产生用于产生所述加热的流体介质流的条件。

[0023] 在实施方案中,在所述方法中,所述加热的流体介质是由所述至少一个旋转设备产生的,所述旋转设备包括沿着所述转子轴按顺序地布置的两排或更多排转子叶片。

[0024] 在一个实施方案中,在所述方法中,所述加热的流体介质由所述至少一个旋转设备产生,所述旋转设备还包括布置在所述至少一排转子叶片下游的扩散器区域,所述方法还包括操作被集成到所述水泥生产设施中的所述至少一个旋转设备,以使得借助于流体

介质流按顺序分别通过所述固定导向叶片、所述至少一排转子叶片和所述扩散器区域时发生的一系列能量转换将一定量的热能赋予在被沿着在所述入口与所述出口之间形成在所述壳体内部的流动路径引导的流体介质流,从而产生加热的流体介质流。所述扩散器区域可以配有或没有固定叶片。

[0025] 在实施方案中,在所述方法中,通过调节被传导到被集成到所述水泥生产设施中的所述至少一个旋转设备中的输入能量的量来控制向穿过所述旋转设备传播的所述流体介质流增加的热能的量。

[0026] 在一个实施方案中,所述方法还包括在所述至少一个旋转设备的下游布置附加的加热设备,并将反应性化合物或反应性化合物的混合物引入到穿过所述附加的加热设备传播的所述流体介质流中,由此通过放热反应向所述流体介质流中增加所述一定量的热能。在一个实施方案中,将所述反应性化合物或反应性化合物的混合物引入到被预热到预定温度的所述流体介质流中。在一个实施方案中,将所述反应性化合物或反应性化合物的混合物引入到被预热到基本上等于或超过大约1700°C的温度的所述流体介质流中。在一个实施方案中,将所述流体介质流预热到所述预定温度是在所述旋转设备中实施的。

[0027] 在一个实施方案中,所述方法包括通过被集成到所述水泥生产设施中的至少两个旋转设备产生所述加热的流体介质,其中所述至少两个旋转设备并联或串联连接。在实施方案中,所述方法包括通过至少两个按顺序连接的旋转设备产生所述加热的流体介质,其中所述流体介质流在序列中的至少第一旋转设备中被预热到预定温度,并且其中通过向穿过所述序列中的第二旋转设备传播的所述被预热的流体介质流输入附加量的热能,所述流体介质流在序列中的至少第二旋转设备中被进一步加热。在一个实施方案中,在所述方法中,在所述序列中的至少第一旋转设备中,所述流体介质流被预热到基本上等于或超过大约1700°C的温度。在一个实施方案中,在所述方法中,通过将所述反应性化合物或反应性化合物的混合物引入到穿过所述序列中的所述至少第二旋转设备传播的所述流体介质流中而将所述附加量的热能增加到所述流体介质流中。在一个实施方案中,所述方法包括将所述反应性化合物或反应性化合物的混合物引入到与水泥生产相关的一个或多个过程中。

[0028] 在一个实施方案中,在所述方法中,进入所述旋转设备的所述流体介质基本上是气态介质。

[0029] 在一个实施方案中,所述方法包括在所述旋转设备中产生所述加热的流体介质。在实施方案中,在所述方法中,在所述旋转设备中产生的所述加热的流体介质包括下列物质中的任何一种:空气、蒸汽(H<sub>2</sub>O)、氮气(N<sub>2</sub>)、氢气(H<sub>2</sub>)、二氧化碳(CO<sub>2</sub>)、一氧化碳(CO)、甲烷(CH<sub>4</sub>)、或它们的任何组合。在适当的情况下,可以使用任何其它气体。在一个实施方案中,在所述旋转设备中产生的所述加热的流体介质是从与水泥生产相关的一个或多个过程中产生的废气回收的再循环气体。

[0030] 在一个实施方案中,所述方法还包括在所述旋转设备外部产生所述加热的流体介质(例如气体、蒸汽、液体以及它们的混合物)和/或加热的固体物质,这是通过在所述旋转设备中产生的所述加热的流体介质与绕过所述旋转设备的上述物质中的任何一种之间的热传递过程进行的。

[0031] 在实施方案中,在所述方法中,由所述至少一个旋转设备产生或在所述至少一个旋转设备中产生的所述加热的流体介质被供应到所述水泥生产设施内的至少一个耗热装

置中,所述耗热装置被设置为下列装置中的任何一个:(i)被配置用于将水泥原料热转化成水泥熟料的熟料烧成装置、(ii)被配置用于加热和/或干燥水泥原料、水泥熟料和/或水泥产品的加热器和/或干燥器、(iii)被配置成作用于水泥原料、水泥熟料和/或水泥产品中的任何一种的混合器和/或均化器、(iv)被配置用于冷却水泥熟料和/或形成水泥产品的熟料烧成后处理装置、(v)被配置用于干燥和研磨诸如石油焦和/或煤等固体燃料的磨机、或(vi)它们的任何组合。

[0032] 在实施方案中,在所述方法中,由所述至少一个旋转设备产生或在所述至少一个旋转设备中产生的所述加热的流体介质被进一步供应到所述水泥生产设施内的至少一个耗热装置中,所述耗热装置被设置为下列装置中的任何一个:燃烧器、加热器、熔炉、烘炉、磨机、干燥器、反应器、焚烧炉、燃烧室、锅炉、输送装置、或它们的组合。

[0033] 在一个实施方案中,所述方法还包括增大穿过所述旋转设备传播的所述流体介质流中的压力。

[0034] 在一个实施方案中,在所述方法中,所述被作为输入能量传导到集成在所述水泥生产设施中的所述至少一个旋转设备中的电能的量在大约5%至100%的范围内。

[0035] 在实施方案中,在所述方法中,所述被作为输入能量传导到集成在所述水泥生产设施中的所述至少一个旋转设备中的电能的量可以从可再生能源或不同能源(任选地,可再生能源)的组合获得。

[0036] 在实施方案中,在所述方法中,通过将所述至少一个旋转设备与至少一个非电能操作的加热器装置一起集成到所述混凝土生产设施中,利用所述至少一个旋转设备来平衡电能(例如通过供电和/或发电获得的电能)的量的变化,例如过量供应和不足,任选地,所述电能是可再生能源。

[0037] 在另一个方面中,提供了一种水泥生产设施,所述水泥生产设施包括至少一个被配置成产生加热的流体介质的旋转设备和至少一个被配置成执行与水泥生产相关的一个或多个过程的耗热装置。

[0038] 在一个实施方案中,在所述水泥生产设施中,所述至少一个旋转设备包括:壳体,其具有至少一个入口和至少一个出口;转子,其包括在安装到转子轴上的转子毂的圆周上布置的至少一排转子叶片,以及多个固定叶片,其至少在所述至少一排转子叶片的上游被布置成组件,其中所述至少一个旋转设备被配置成在操作时使得借助于流体介质流分别通过所述固定叶片和所述至少一排转子叶片时发生的一系列能量转换将一定量的热能赋予沿着在壳体内入口与出口之间形成的流动路径引导的流体介质流,由此产生加热的流体介质流,并且其中所述至少一个旋转设备被配置成接收一定量的输入能量,该输入能量包括电能;并且产生加热的流体介质,以将热能输入到至少一个耗热装置中,所述耗热装置被配置成在基本上等于或超过大约500摄氏度(°C)的温度下执行与水泥生产相关的一个或多个过程。

[0039] 在实施方案中,在所述水泥生产设施内提供的所述至少一个耗热装置是下列装置中的任何一个:(i)被配置用于将水泥原料热转化成水泥熟料的熟料烧成装置、(ii)被配置用于加热和/或干燥水泥原料、水泥熟料和/或水泥产品的加热器和/或干燥器、(iii)被配置成作用于水泥原料、水泥熟料和/或水泥产品中的任何一种的混合器和/或均化器、(iv)被配置用于冷却水泥熟料和/或形成水泥产品的熟料烧成后处理装置、(v)被配置用于干燥

和研磨诸如石油焦和/或煤等固体燃料的磨机、或(vi)它们的任何组合,并且其中所述至少一个旋转设备被连接到和/或集成到(i)-(vi)中的任何一个中。

[0040] 在一个实施方案中,在所述水泥生产设施内,所述至少一个旋转设备连接到至少一个窑炉,该窑炉被配置成将水泥原料转化成水泥熟料。在实施方案中,在所述水泥生产设施内,所述至少一个旋转设备还连接到下列装置中的任何一个:燃烧器、加热器、熔炉、烘炉、磨机、干燥器、反应器、焚烧炉、燃烧室、锅炉、输送装置、或它们的组合。

[0041] 在实施方案中,在所述水泥生产设施中,所述至少一个旋转设备包括沿着所述转子轴按顺序地布置的两排或更多排转子叶片。在一个实施方案中,在所述至少一排转子叶片上游被布置成组件的固定叶片被配置为固定导向叶片。在一个实施方案中,所述至少一个旋转设备还包括被布置在所述至少一排转子叶片的下游的扩散器区域。所述扩散器区域可以配有或没有固定扩散器叶片。在一些配置中,可以将叶片扩散器实施为在所述至少一排转子叶片的下游被布置为组件的多个固定叶片。

[0042] 在一个实施方案中,在所述水泥生产设施内提供的所述至少一个旋转设备还被配置成增大在其中穿过并传播的流体流中的压力。

[0043] 在一些配置中,在所述水泥生产设施内提供的所述至少一个旋转设备被配置成实现在入口与出口之间沿着按照下列轨迹中的任何一种形成的流动路径流动的流体流:在基本上环形的壳体内形成的基本上螺旋形的轨迹;在基本上管状的壳体内形成的基本上螺旋形的轨迹;以及沿着由卷成左右方向的涡环的两个螺旋的形式的流体介质流形成的流动路径的基本上径向的轨迹。

[0044] 在一个实施方案中,所述水泥生产设施包括被布置成组件并且并联或串联连接的至少两个旋转设备。

[0045] 在另一个方面中,提供了一种组件,该组件包括至少两个根据一些前述方面所述的旋转设备,所述旋转设备是并联或串联连接的。

[0046] 在另一个方面中,提供了一种装置,该装置包括至少一个根据一些前述方面所述的旋转设备,所述至少一个旋转设备被连接到至少一个耗热装置。

[0047] 在另一个方面中,提供了一种水泥生产设施,该水泥生产设施被配置成通过根据一些前述方面和实施方案所述的方法实施水泥生产过程;并且该水泥生产设施包括至少一个根据一些前述方面所述的旋转设备。

[0048] 根据本发明的每个特定实施方案,由于多种原因,本发明具有实用性。

[0049] 总体来说,实施方案提供了一种提供用于水泥生产中的高温流体(例如气体)的电驱动的旋转流体加热器,而不是燃烧燃料的加热器。所提出的方法能够将热能输入到在水泥生产中涉及的各种过程装置中,并在高温和极高温度下操作,例如大致超过500°C的温度。本发明提供了一种用于将流体物质加热到大约500°C至大约2000°C范围内的温度(即,在水泥生产中使用的温度)的设备和方法。

[0050] 水泥生产通常使用对热能和热消耗有很高需求的设施,例如火焰加热器。所述耗热设施用于将流体加热至水泥生产过程所需的温度。在此提出的本发明能够使用旋转设备替代常规的耗热设施,例如燃料燃烧的加热器。在所述方法中,用旋转设备替代火焰加热器的优点至少包括:

[0051] -支持电加热;

[0052] -消除或至少显著地减少源自燃料的温室气体(例如 $\text{NO}$ 、 $\text{CO}_2$ 、 $\text{CO}$ 、 $\text{NO}_x$ )、其它有害成分(例如 $\text{HCl}$ 、 $\text{H}_2\text{S}$ 、 $\text{SO}_2$ 和重金属)、颗粒排放和烟尘排放;

[0053] -减小加热器的体积:与常规的过程加热器或热交换器的体积相比,所述旋转设备的体积小至少一个数量级;

[0054] -提高在使用易燃、危险流体/气体的情况下的安全性;

[0055] -能够处理大体积气体;

[0056] -没有压降;

[0057] -所述旋转(加热器)设备也能够用于气体压缩(鼓风机功能);

[0058] -气体直接加热与温度差异无关。旋转设备中的温升可以在大约10至1700°C或更高数值的范围内;

[0059] -任选地通过优化热交换器中的温度差异能够在流体的间接加热中使用所述旋转设备;

[0060] -能够至少部分地回收利用热的过程气体,从而改善和简化热量回收并提高能效;

[0061] -能够通过添加反应性化学物质进一步提高待加热的气体的温度,所述反应性化学物质通过放热反应进一步提高气体温度,例如提高至2000°C或更高。

[0062] 在实施方案中,所述旋转设备可用于替代在水泥生产中用于直接或间接加热的常规火焰加热器或过程加热炉。传统上,这种热量主要是通过燃烧化石燃料产生的,而这导致大量二氧化碳排放。用木材或其它生物基材料替代化石燃料具有严重的资源限制和其它严重的环境影响,例如在可持续土地利用方面。随着可再生电力的成本效率的提高,即,随着风能和太阳能的快速发展,有可能使用由可再生电力驱动的旋转设备替代化石燃料燃烧,从而显著减少温室气体排放。所述旋转设备允许将流体通过电加热至高达1700°C或更高的温度。使用目前的电加热应用很难或不可能达到这样的温度。

[0063] 所述旋转设备可用于直接加热过程气体、惰性气体、空气或任何其它气体,或用于间接加热过程流体(液体、蒸汽、气体、蒸汽/液体混合物等)。在所述旋转设备中产生的加热的流体可用于加热气体、蒸汽、液体和固体物质中的任何一种。尤其是,所述旋转设备可用于直接加热从水泥熟料的燃烧产生的废气进行回收的再循环气体。所述旋转设备可以至少部分地替代在传统上用固体、液体或气体化石燃料或在某些情况下用生物基燃料燃烧或加热的多种类型的熔炉、加热器、窑炉、气化和反应器,包括在水泥生产中使用的回转窑,或者可以与它们组合(例如作为预热器)。一些其它实例包括但不限于:高炉、冲天炉、罐式炉和池炉、竖炉、回转窑、多膛炉、蓄热炉、蒸汽锅炉、催化反应器和流化床窑/反应器。加热的气体可能是易燃的、反应性的或惰性的,并且可以被再循环至旋转设备。除了加热之外,所述旋转设备可以作为组合的鼓风机和加热器,从而允许增加压力和使气体再循环。

[0064] 加热的流体(例如气体)可用于各种应用中。加热的物体可以是固体物质、液体或气体,该气体还参与若干个反应或被用作加热介质。因此,热气体可用于加热水泥生产厂中的固体材料。

[0065] 在替代火焰加热器的情况下,本发明能够减少温室气体( $\text{CO}$ 、 $\text{CO}_2$ 、 $\text{NO}_x$ )和颗粒排放。通过使用所述旋转设备,能够具有用于过程的闭合或半闭合加热回路,并且能够通过减少烟道气中的热损失来提高过程的能效。在常规的加热器中,烟道气只能被部分地回收利用。

[0066] 此外,本方案能够在间接加热中改善热交换器中的温度差异优化。

[0067] 本发明还实现了灵活地使用电能,例如能够从可再生资源获得的电能。可再生能源的生产每天甚至每小时都在变化。本发明允许通过本文公开的旋转设备与常规的燃料操作(燃烧燃料)加热器的集成来平衡可再生电力生产,以向水泥生产过程(例如水泥熟料燃烧过程)提供热量。

[0068] 与传统的化石燃料燃烧炉相比,本发明还能够降低现场投资成本。

[0069] 表述“若干个”在此指从一(1)开始的任何正整数,例如一、二或三。表述“多个”在此指从二(2)开始的任何正整数,例如二、三或四。术语“第一”和“第二”在此仅用于将一个要素与另一个要素区分开来,而不表示任何特定的顺序或重要性,除非另有明确说明。

[0070] 术语“气化”在此用于表示物质被通过任何可能的方式转化为气体形式。

[0071] 通过考虑详细说明和附图,本发明的不同实施方案将变得明显。

[0072] 附图简要说明

[0073] 图1A和1B是表示高温耗热过程设施的布局(在1000处)的框图,该高温耗热过程设施作为被配置成实施本发明的实施方案的方法的水泥制造过程设施;

[0074] 图2A示意性地示出了常规的热气体产生设备。图2B示出了根据本发明的实施方案使用该设备产生热气体;

[0075] 图3是表示被配置成实施本发明的实施方案的方法的高温耗热过程设施的布局(在1000处)的框图;

[0076] 图4A-4D是本发明的实施方案的在水泥生产设施内布置旋转设备100的示例性布局。

## 具体实施方式

[0077] 在此参照附图公开本发明的详细实施方案。

[0078] 图1A和1B是表示被配置成实施本发明的实施方案的方法的高温水泥制造过程设施的布局(在1000处)的框图。图2B和图4A-4D说明了本发明的实施方案的设备和方法。图3总体上示出了将实施方案的设备集成到高温水泥制造过程设施1000中。附图和相关实方案仅用于示例性目的,并非意图将本发明概念的适用性限制于在本公开中明确呈现的布局。以虚线示出的框图部分是任选的。

[0079] 水泥制造具有很高的热量(热能)需求和消耗,并且,在常规方案中(即,在此呈现的热集成方案1000之外)产生很多向大气中排放的工业排放物,例如二氧化碳。本公开提供了一种用于将热能输入到水泥制造过程中的设备和方法,由此能够显著提高所述过程的能效和/或减少释放到大气中的空气污染物量。布局1000(图1A和1B)示意性地示出了这些改进的设施和方法。

[0080] 耗热过程设施1000是被配置成在基本上等于或超过500摄氏度(°C)的温度下执行一个或多个与水泥生产相关的耗热工业过程的设施。设施1000可以表示为工业厂房、工厂或包含被设计用于执行上述的与水泥生产相关的耗热工业过程的设备的任何工业系统。

[0081] 在实施方案中,设施1000被配置成在500-1700°C范围内的温度执行所述耗热工业过程。在实施方案中,设施1000被配置成执行与水泥生产相关的耗热工业过程,该过程以基本上在大约800-900°C或更高数值的范围内的温度开始。在实施方案中,设施1000被配置成在基本上等于或超过1000°C的温度下执行所述与水泥生产相关的耗热工业过程。在实施方

案中,设施1000被配置成执行与水泥生产相关的耗热工业过程,该过程以基本上在大约1100-1200°C或更高数值的范围内的温度开始。在实施方案中,所述设施被配置成在基本上等于或超过1200°C的温度下执行所述与水泥生产相关的耗热工业过程。在实施方案中,所述设施被配置成在大约1300-1700°C范围内的温度下执行所述与水泥生产相关的耗热工业过程。在实施方案中,所述设施被配置成在基本上等于或超过1500°C的温度下执行所述与水泥生产相关的耗热工业过程。在实施方案中,所述设施被配置成在基本上等于或超过1700°C的温度下执行所述与水泥生产相关的耗热工业过程。在一些实施方案中,所述设施可以被配置成在超过1700°C的温度下、例如在2000°C或更高温度下、例如在大约1700°C至大约2500°C范围内执行与水泥生产相关的工业过程。所述设施可以被配置成在大约1700°C、大约1800°C、大约1900°C、大约2000°C、大约2100°C、大约2200°C、大约2300°C、大约2400°C、大约2500°C以及上述温度点之间的任何温度值执行与水泥生产相关的工业过程。应指出的是,不排除设施1000在低于500°C的温度下执行至少一部分工业过程。

[0082] 在工业中,“水泥”与水例如砂子或石头的骨料结合形成“混凝土”。水泥的生产是耗能和高温的过程,而水泥与水与骨料结合形成混凝土通常是通过简单的混合来进行的。但是,如果“混凝土”的生产被认为包括“水泥”的生产,那么该生产过程可以包括本文中所述的高温过程。此外,水泥生产还可能包括水泥熟料的生产所需的原材料或水泥熟料前体材料的生产。

[0083] 在本公开中,术语“水泥”用于泛指在施工中使用的凝固并硬化以粘附到如石头、砖、瓦的建筑构件上的粘合剂。另一方面,术语“熟料”用于表示在水泥生产中使用的粘合剂。例如,水泥是通过在水泥磨机中将熟料(添加有不同的活性成分以实现所需的水泥特性)研磨成细粉来生产的。

[0084] 用于水泥熟料生产的化合物包括一种或更多种水泥熟料前体材料,例如石灰石、石灰和碱性硅酸盐源,包括但不限于铝硅酸盐和硅酸盐矿物,例如粘土、页岩、不纯石灰岩(impure limestone)或其他材料。可以利用金属硅酸盐,例如硅酸镁、硅酸钙、硅酸钠等。在原料或反应性水泥前体中包含的其它材料可以包括设计用于增强石灰石和硅酸盐的烧结的熔剂(flux)。在水泥生产中使用的一种常见熔剂是氧化镁,但是也使用氧化铝或铁氧化物。换句话说,水泥生产可能还包括从石灰石形成石灰,或从碳酸镁形成氧化镁。

[0085] 石灰通常是通过将碳酸钙( $\text{CaCO}_3$ ,石灰石)煅烧成氧化钙( $\text{CaO}$ ,石灰)和二氧化碳( $\text{CO}_2$ )来生产的。石灰石的煅烧是在大约900-1200°C进行的。类似地,在通常超过1000°C的温度下煅烧碳酸镁( $\text{MgCO}_3$ )会产生氧化镁( $\text{MgO}$ )和二氧化碳( $\text{CO}_2$ )。因此,石灰和氧化镁的产生是对由水泥生产引起的二氧化碳副产物的总体产生有贡献的高温过程。

[0086] 除非另外明确指出,否则进一步的说明使用如图1A和1B中所示的附图标记。在图1A所示的方框中用文字表述了在水泥生产中通常涉及的耗热工业过程,该耗热工业过程包括但不限于下列各项中的任何一项:水泥原料/熟料前体的熟料烧成预处理,例如破碎、研磨、均化和碾磨熟料前体材料(参见图1A中的方框“预处理”);熟料前体材料的(预)加热和(预)煅烧;在熟料烧成系统(例如窑炉系统)中将水泥材料转化为水泥熟料(被称为熟料燃烧的过程),包括对送入窑炉系统的原料进行干燥、预加热、煅烧和烧结中的任何一项;进行熟料的熟料烧成后处理以生产水泥产品(参见图1A中的方框“后处理”);和/或干燥和研磨用作窑炉和煅烧炉系统的燃料的煤和/或石油焦。这些过程在图1B中用附图标记101统一表

示。相应地,也用同一个附图标记(101)表示被配置成执行与水泥生产相关的一个或多个耗热过程(例如上述过程)中的任何一个的耗热过程单元/装置。

[0087] 由于水泥生产设施1000包括若干个被配置成执行相同或不同的耗热过程的操作装置101,因此另外用附图标记110-126表示被配置成执行不同的耗热过程的操作装置101(图1B)。在实施方案中,每个操作装置101包括至少一个被配置成执行耗热过程的耗热装置或系统,或由至少一个被配置成执行耗热过程的耗热装置或系统组成。

[0088] 在实施方案中,耗热装置101是被配置成将水泥原料热转化为水泥熟料的熟料烧成系统。在实施方案中,熟料烧成装置118是窑炉系统,该窑炉系统还被称为“窑炉”(图1B的118)。在水泥制造过程中,有两个重要的化学反应:在大约900°C至1050°C煅烧水泥原料(原料(raw meal)),随后在大约1450°C至1500°C烧结以产生水泥熟料。这两个过程都可以在熟料烧成装置118中进行。替代地,熟料烧成装置(窑炉)118可以被配置用于烧结阶段,而煅烧过程可以按照以下反应(方程式1)在(预)煅烧炉116中发生:

[0089]  $\text{CaCO}_3(\text{固}) \rightarrow \text{CaO}(\text{固}) + \text{CO}_2(\text{气})$ ,  $\Delta H_r = 3180$ 千焦/千克的CaO,在25°C进行

[0090] 水泥生产的高温过程特征包括在耗热熟料烧成装置中加热原料和/或一种或更多种水泥熟料前体材料的混合物。在水泥生产设施中,熟料烧成装置包括烧结系统,该烧结系统通常是配有(预)煅烧炉和/或预热器的(主)窑炉系统。在所述熟料烧成装置中,水泥原料/熟料前体被热处理,以形成水泥熟料。在水泥生产中涉及的高温过程还包括在熟料烧成阶段之前对水泥原料/熟料前体的预处理、从熟料烧成阶段输出的熟料的后处理(例如冷却从窑炉中出来的熟料,随后例如在水泥磨机中研磨/碾磨水泥产品)、和/或在水泥生产期间应用的任何其它类型的高温过程,例如将煤焦化成焦炭,该焦炭被用于生产用于熟料烧成装置118和煅烧炉116系统的燃料。

[0091] 在实施方案中,所述方法包括借助于旋转加热器装置100产生加热的流体介质,例如空气、蒸汽、氮气(N<sub>2</sub>)、氢气(H<sub>2</sub>)、二氧化碳、一氧化碳、甲烷或任何其它(烟道)气体,该旋转加热器装置100包括至少一个旋转设备或由至少一个旋转设备组成,该旋转设备在下文中被称为设备100。为了清楚起见,所述旋转加热器装置在本公开中由与旋转设备相同的附图标记100表示。所述旋转加热器装置优选集成到水泥生产设施1000中。在一个实施方案中,所述加热的流体介质由至少一个旋转设备产生。

[0092] 旋转设备100可以被设置为独立设备,或者被设置为串联(顺序)或并联布置的若干个设备。一个或更多个设备可以连接至公用的耗热装置101,例如熟料烧成装置/窑炉118或煅烧炉116。连接可以是直接连接,或者可以通过若干个热交换器连接。

[0093] 用于水泥制造的耗热单元/装置101包括各种窑炉、熔炉、加热器、干燥器、混合器等。在一些配置中,若干个旋转设备单元100可以连接至多个耗热装置101。可以设想不同的配置,例如连接至n个装置(例如熔炉)的n+x个旋转设备,其中n等于或大于零(0),x等于或大于一(1)。因此,在一些配置中,设施1000(尤其是旋转加热器装置100)可以包括一个、两个、三个或四个并联的旋转设备单元,这些旋转设备单元连接至公用的耗热装置,例如熔炉;不排除超过四(4)个的旋转设备数量。当将若干个旋转设备并联连接至公用的耗热装置时,所述设备100中的一个或更多个可以具有不同类型的驱动引擎,例如,由电动机驱动的反应器可以与由蒸汽轮机、燃气轮机和/或燃气发动机驱动的反应器组合。

[0094] 在一个实施方案中,一定量的输入能量E<sub>1</sub>被传导到作为(旋转)加热器装置集成到

过程设备1000中的至少一个旋转设备100中。输入能量 $E_1$ 优选包括电能。在实施方案中,作为输入能量被传导到集成在耗热过程设施中的所述至少一个旋转设备中的电能的量在大约5%至大约100%的范围内,优选在大约50%至大约100%的范围内。因此,作为输入能量被传导到集成在耗热过程设施中的所述至少一个旋转设备中的电能的量可以构成下列百分数中的任何一个:5%、10%、15%、20%、25%、30%、35%、40%、45%、50%、55%、60%、65%、70%、75%、80%、85%、90%、95%和100%(来自总能量输入)、或者介于上述的点之间的任何中间值。

[0095] 电能可以从外部源或内部源提供。实际上,提供到所述设备中的电输入能量 $E_1$ 可以用功率来定义,功率被定义为每单位时间的能量转移率(以瓦特为单位测量)。

[0096] 在实施方案中,在旋转设备100中产生的加热的流体介质被供应到与在水泥生产设施1000中生产水泥相关并在该水泥生产设施内的耗热装置中实施的一个或多个过程中。在实施方案中,耗热过程/装置101包括但不限于:在熟料烧成装置/窑炉(118)中实施的将水泥原料热转化成水泥熟料的过程,在(预)煅烧炉(116)和/或窑炉(118)中实施的水泥原料(熟料前体)的(预)煅烧过程,在加热器和/或干燥器(110、112、114、120、122、124)中实施的加热和/或干燥水泥原料、水泥熟料和/或水泥产品的过程,在混合器和/或均化器(110、112、114、120、122、124)中实施的混合和/或均化水泥原料、水泥熟料和/或水泥产品的过程,在熟料烧成后处理装置(120、122、124)中实施的用于冷却水泥熟料和/或形成水泥产品的过程、在磨机/干燥器(126)中实施的干燥和研磨煤和/或石油焦的过程、或它们的任何组合。

[0097] 热能随着在旋转设备100中产生的加热的流体介质而被输入到水泥生产设施1000内的各种耗热过程/装置101中,如图1A中的虚线所示(参见图1B中的附图标记2)。

[0098] 总体来说,耗热装置101被设置为一个或更多个窑炉、燃烧器、加热器、干燥器、运输机和/或输送机装置、机械加工装置(破碎机、研磨机、磨机)、混合和/或均化装置、熔炉、烘炉、焚烧炉、燃烧室、锅炉、反应器和/或适于单独或组合地实施与水泥制造相关的过程(包括在水泥熟料制造中涉及的过程)的其它单元。在图1A和1B的布局中,在装置100中被加热的流体1(参见图1B)将其热能传递给在耗热装置/过程101中使用的过程流体,以向所述过程提供反应热量和/或产生加热的流体介质。在这种情况下,在装置100中被加热的流体1不同于在耗热装置/过程101中使用的过程流体。出于本发明的目的,术语“过程流体”、“过程料流”或“过程流体流”用于表示气体、液体、蒸汽、固体(包括粒状、颗粒状或粉末状材料)中的任何一种或它们的混合物。在水泥制造设施1000中,在旋转设备100中产生(被加热)的气态流体介质2用于主要加热被运送通过耗热过程装置101(110-124)的固体物质和/或间接地参与水泥生产的物质(参见煤/石油焦磨机和干燥器126)。

[0099] 在图1A和1B中示出了一个实施方案,其为在水泥生产中利用燃烧熟料进行旋转设备加热,并用于所谓干法工艺。按照类似的方式,所述旋转设备可以用于其它类型的水泥工艺,例如湿法水泥生产。如图1A和1B所示的典型水泥生产设施1000包括耗热熟料烧成装置118,其旨在进行水泥原料的熟料烧成并被统称为“窑炉”。应注意的是,窑炉系统118可以采用任何适当的配置,包括但不限于回转窑系统、静态窑系统以及流化床窑或反应器系统。可以利用任何其它适当的烧结装置。煅烧炉116和原料预热器114可以作为独立的过程装置101提供(如图1A和1B所示),或者包括在窑炉系统118中。

[0100] 图1A和1B示出了用于将在旋转设备100中产生的加热的流体介质输入到水泥生产设施1000内的耗热过程101中的若干种主要方法。然在下文中未明确说明,但可以通过类似的方式将在装置100中产生的加热的流体流引导至过程101(110-126)中的任何一个。

[0101] 在一个实施方案中,旋转设备100用于替代常规的热气体产生器,该热气体产生器用于在窑炉系统118外部干燥原材料和/或产品,即,在原材料的(预)处理中,在熟料的(后)处理中/水泥产品的处理中,和/或在其它过程中,例如在燃料/焦炭的生产中。在这个实施方案中,旋转设备100被安装在适当的装置101中,并用于产生热流体介质2,例如空气、二氧化碳或其它烟道气、或它们的混合物,该热流体介质2被进一步供应到所述耗热过程中。示例性过程包括在熟料烧成前和熟料烧成后,在水泥生产过程的任何阶段(110、112、114、120、122、134、126)实施的水泥原料、水泥熟料和/或水泥产品中的任何一种的加热和干燥。举例来说,在水泥生产过程中涉及的物质的加热和/或干燥可以在以下过程期间进行:生料磨机(110)和/或水泥磨机(124)中的研磨或碾磨、混合、均化和储存(112),添加剂混合器(122)中的混合,任选地作为单独焦化设备的一部分提供的煤/石油焦磨机(126)中的原料干燥,预热器(114)中的熟料前体加热,和/或冷却装置(120)中的熟料干燥。

[0102] 图2A和2B以及下面的表格1A和1B示出了将旋转设备100安装到过程装置101中而不是安装到常规的热气体产生器装置中的益处。图2A示意性地示出了使用化石燃料操作的常规气体燃烧室,该气体燃烧室用于在空气2a存在的条件下燃烧燃料气体1以产生热的烟道气3a,使用稀释空气2b将该热烟道气3a的温度调节至期望水平,以供进一步使用(料流4)。表1A示出了图2A的常规热气体产生器与流量和过程相关的参数。

[0103] 图2B示出了根据实施方案,使用旋转设备100替代热气体产生装置。在此,进料2a是惰性气体,例如空气、氮气或水蒸汽。由于不使用化石燃料,因此图2B的装置基本上不产生GHG排放。例如,表1B示出了不形成二氧化碳。按照类似的方式,能够避免或显著减少氮氧化物( $\text{NO}_x$ )排放的形成(未示出)。在设备100中被加热的气体可以作为料流4进一步导入到在图1A和1B中示出的任何耗热过程101中。

[0104] 表1A:热流体介质在常规燃气燃烧室/热气体产生器中的产生(图2A)。

[0105]

		1	2a	2b	3a	4
流量	千克/小时	879	24806	34764	25685	60449
流量	立方米/小时	1293	21097	29569	123646	163604
温度	°C	25	25	25	1346	659
成分						
二氧化碳	千克/小时				2382	2382
氮气( $\text{N}_2$ )	千克/小时		18834	26395	18834	45229
水	千克/小时		253	355	2148	2502
氧气( $\text{O}_2$ )	千克/小时		5719	8015	2321	10336
天然气	千克/小时	879				

[0106] 表1B:热流体介质在旋转设备100中的产生(图2B)。

		<b>2a</b>	<b>4</b>
[0107]	流量	千克/小时	67262
	流量	立方米/小时	58452
	温度	°C	25
	成分		
	氮气 (N <sub>2</sub> )	千克/小时	51052
	水	千克/小时	673
[0108]	氧气 (O <sub>2</sub> )	千克/小时	15538

[0109] 可以将旋转设备100进一步配置成向(预)煅烧炉116提供热量输入。所述旋转设备可以替代(预)煅烧炉装置中的化石燃料燃烧器。(预)煅烧发生在熟料烧成118之前,并且熟料生产所需的能量的大约60%在该处被消耗。能量用于预热原料并从按照上文给出的方程式1分解的石灰石中去除二氧化碳。常规的(预)煅烧装置除了使用燃料之外,还使用从熟料冷却(参见图1B中的附图标记120)回收到此处的热空气(大约900°C)。旋转设备100可以适于提高(预)煅烧中的空气流的温度,从而减少(预)煅烧所需的化石燃料的量。

[0110] 旋转设备100还可以适于向熟料烧成装置118(在此是窑炉)提供热量输入。可以将设备100改装到现有的窑炉装置中以加热燃烧空气。可以由设备100产生的加热的空气(图1B中的料流2)供应到窑炉系统的一个或多个主燃烧器中。通过这种方式,能够减少用于为窑炉燃烧器提供动力的化石燃料量。在一些配置中,旋转设备100可以被配置成将燃烧空气加热到大约1500-1700°C,并且可以将另外的反应性化学物质或反应性化学物质的混合物直接添加到烧结过程(118)中以进一步提高过程温度。通过这种方式,从窑炉燃烧器排出的烟道气的温度能够升高到高达2200-2400°C。例如,如果氢气被用作所述另外的反应性化学物质,那么能够显著减少熟料烧成装置118中的二氧化碳排放。可以将熟料烧成装置118配置为传统的回转窑系统(例如流化床窑炉系统)的任何替代装置。

[0111] 水泥窑炉通过将石灰石和粘土的混合物加热到1450摄氏度以上来生产水泥,在此期间石灰石释放二氧化碳并反应生成氧化钙。虽然石灰石转化为氧化钙的化学反应是水泥制造过程中二氧化碳排放的主要来源,但很大一部分排放是由焚烧化石燃料以达到所需的高温引起的。通过提供热空气、氮气、蒸汽或二氧化碳来加热原料,所述旋转设备可用于部分地或完全替代化石燃料焚烧。

[0112] 在煅烧水泥熟料时,有必要将装料温度保持在高达1450°C,以确保所需的烧结反应发生。在常规加热过程中,这是通过将燃烧气体加热到大约2000°C来实现的。借助于旋转

设备100,能够产生附加量的热能以用于熟料烧成过程118,因而实现最高温度所需的气体温度需要的化石燃料较少。熟料烧成过程118在燃烧气体中氧气过量(通常为2-3%)的条件下进行,因为需要在氧化条件下煅烧熟料。

[0113] 粘土是一种在水泥制造中常用的原料。热活化或化学活化的粘土提高水泥产品的反应性。但是,当粘土与水泥原料(例如石灰石)混合时,其在窑炉系统118中的热活化可能产生反应性较低的粘土。在这种情况下,可以使用单独的粘土活化窑炉(未示出)来优化煅烧条件并产生具有改善的(反应)活性的粘土。可以将具有超过大约20%的水分含量的粘土直接送入例如被配置为回转窑的窑炉系统118中,在该窑炉系统118中,使用通过燃烧燃料产生的热烟道气或用气体产生器装置产生的热气体在高达900°C的温度下干燥、加热和活化粘土。旋转设备100可以用于向窑炉系统118或如上文所述的粘土活化窑炉输入热量,例如通过完全或部分地替代窑炉系统的热气体产生器和/或燃烧器来实现。

[0114] 旋转设备100还可以适于在被配置成煤磨机/石油焦磨机的磨机126中向干燥和研磨诸如石油焦(petcoke)和/或煤等固体燃料的过程提供热量输入。石油焦是炼油工业的副产品。干燥形式的石油焦在水泥窑炉系统118和(预)煅烧炉116中用作高能燃料。在磨机126中,使用热气体产生器来产生热气体以干燥研磨的材料,从而实现更好的粉碎。在实施方案中,旋转设备100用于产生加热的流体介质,然后将该加热的流体介质供应到磨机126中,从而替代热气体产生器,如上文所述。在旋转设备100中被加热的流体介质1(例如空气、氮气、蒸汽等)被作为料流2供应至磨机126。来自磨机126的废气3可以在热交换器(未示出)中冷却,并被再循环回到旋转设备中,以实现最佳的热整合以及热量和能量回收。可以根据从磨机126再循环到旋转设备100的废气3的量,相应地减少维持最佳流量和能量容量所需的气体2的量。通过废气3的再循环,能够最大限度地减少排放到大气中的废气量。在磨机126中生产的精细研磨/粉碎的石油焦4在窑炉118、煅烧炉116和/或水泥生产设施内的任何其它过程(未示出)中实施的熟料烧成/烧结过程中被用作燃料。

[0115] 磨机126可以构成水泥制造设施1000的一部分。附加地或替代地,可以在水泥制造设施1000外部提供用于将煤焦化焦炭的单独的焦化装置(未示出)。附加地或替代地,可以在适当的过程装置/设备中从干燥的废物(例如城市固体废物)、干燥的生物质以及化石衍生燃料(例如柴油或重瓦斯油(未示出))生产用于窑炉118和煅烧炉116的燃料(图1B中的料流4)。

[0116] 按照类似的方式,旋转设备100可以适于向预热器114提供热量输入以预热水泥原料(反应性水泥熟料前体),向热量回收装置/冷却器120提供热量输入以从热煅烧熟料回收热量,并冷却熟料以进行中间储存。在本发明中,旋转设备100加热再循环气体,并且还提供再循环所需的压力升高,由此减少了对鼓风机的需求。

[0117] 可以将设备100中产生的热气体2输送到任何一个装置/过程101中,并作为料流3回收到设备100。举例来说,来自窑炉118的热气体可以用于将预热器114(未示出再循环路径)中的原料加热到大约810°C至大约830°C范围内的温度。离开窑炉118的温度在大约1200-1250°C范围内的熟料在热量回收装置/熟料冷却器120中被快速冷却,并且在冷却中回收的热气体还可以被再循环回到旋转设备100(未示出再循环路径)。目标是回收高温气体并将其再循环回到旋转设备。在熟料冷却器120中(未示出再循环路径)也可以使用离开预热器114的温度为大约300-360°C的废气。可以将装置101中释放的富含二氧化碳的废

气进一步净化和/或可以从这些废气中捕获碳,并重新使用捕获的碳,或例如将其永久储存在地下地质构造(未示出)中。

[0118] 在所公开的设施中,还可以将从耗热过程101排出的废气的至少一部分再循环回到旋转设备中(直接或间接地进行,即,通过若干个净化装置/热量回收装置实现)。在这种情况下,可以将所述旋转设备设置成加热含有大量二氧化碳的再循环气体。

[0119] 还应注意的是,图1B未示出通常用于热量回收的热交换器或装置。参照图3说明了这样的装置。

[0120] 根据实施方案,被配置成用于产生待供应到水泥生产设施中的加热的流体介质的旋转设备100包括转子和壳体,所述转子包括在安装到转子轴上的转子毂或转子盘的圆周上布置成至少一排的多个转子叶片,所述壳体具有至少一个入口和至少一个出口,所述转子被封闭在所述壳体内。在设备100中,借助于流体介质流在旋转设备壳体内的入口与出口之间传播期间,通过至少一排转子叶片时发生的一系列能量转换,将一定量的热能赋予沿着在壳体内的入口与出口之间形成的流动路径被引导的流体介质流,从而产生加热的流体介质流。

[0121] 旋转设备100的实施方案总体上可以遵循第7,232,937号美国专利(Bushuev)、第9,494,038号美国专利(Bushuev)和第9,234,140号美国专利(Seppälä等人)中的旋转反应器设备的公开内容、以及第10,744,480号美国专利(Xu和Rosic)中的径向反应器设备的公开内容,这些文献的全部内容通过引用并入本文。可以利用能够被配置成采用本发明的实施方案的方法的任何其它实施方案。

[0122] 在上面引用的专利文献中,旋转涡轮机型的设备被设计为用于处理烃类、尤其是用于蒸汽裂化的反应器。这些应用的总体要求是:气体的快速加热、高温、短停留时间和平推流(一种意味着无轴向混合的流动模型)。这些要求导致了涡轮机型反应器在较小的体积内具有多个加热级的设计。

[0123] 本公开基于以下观察结果:旋转设备(包括但不限于上文中提到的那些旋转设备)可以是电驱动的,并且用作加热器以产生加热的流体介质,而该加热的流体介质又被供应至诸如与水泥制造相关的一个或多个过程等耗热过程101。通过将旋转设备加热器装置集成到一个或多个耗热过程中,能够显著减少温室气体和颗粒排放。举例来说,所述旋转设备可以在上文所述的各种应用中替代燃烧燃料的加热器。所述温度范围可以从大约1000°C(使用上述的反应器装置通常可以达到)扩展到至少大约1700°C,并且进一步达到2500°C。由于没有空气动力学障碍,因此构造能够达到这些高温的旋转设备是可能的。

[0124] 因此,被集成到本发明的实施方案的水泥生产设施中并配置成产生用于本发明的实施方案的方法的加热的流体介质的旋转设备100包括沿着水平(纵向)轴线布置的转子轴,至少一个转子装置被安装到该转子轴上。所述转子装置包括多个转子(工作)叶片,这些叶片布置在转子毂或转子盘的圆周上,并且共同构成转子叶栅。因此,旋转设备100包括多个转子(工作)叶片,这些叶片在被安装到转子轴上的转子毂或转子盘的圆周上布置成至少一排,并形成基本上环形的转子叶片组件或转子叶栅。

[0125] 在实施方案中,所述设备还包括多个固定叶片,这些固定叶片至少在所述至少一排转子叶片的上游被布置成组件。在这个配置中,所述旋转设备在操作时使得借助于流体介质流分别通过所述固定叶片和所述至少一排转子叶片时发生的一系列能量转换,将一定

量的热能赋予沿着在壳体内的入口与出口之间形成的流动路径被引导的所述流体介质流,由此产生加热的流体介质流。

[0126] 在一些实施方案中,可以将所述多个固定叶片布置成固定叶栅(定子),该固定叶栅在所述至少一排转子叶片的上游被设置为基本上环形的组件。可以将所述至少一排转子叶片的上游被布置成组件的所述固定叶片设置为固定导向叶片,例如(入口)导向叶片(IGV),并且根据其围绕中心轴的轮廓、尺寸和布置将其配置成将所述流体流沿着预定方向引导到转子中,从而控制并在某些情况下最大限度地提高针对转子的功输入(work input)能力。

[0127] 所述旋转设备可以配有按顺序地布置在转子轴上/沿着转子轴布置的两排或更多排基本上环形的转子叶片(叶栅)。在这些排转子叶片按顺序布置的情况下,可以将所述固定导向叶片安装在序列中的第一排转子叶片的上游、每排转子叶片的上游、或任何选定的一排转子叶片的上游。

[0128] 在实施方案中,旋转设备100还包括布置在所述至少一排转子叶片(转子叶栅)的下游的扩散器区域。在这种情况下,所述旋转设备在操作时使得借助于流体介质流依次通过所述固定导向叶片、所述至少一排转子叶片和所述扩散器区域时发生的一系列能量转换,而将一定量的热能赋予沿着在壳体内的入口与出口之间形成的流动路径被引导的流体介质流,由此产生加热的流体介质流。所述扩散器区域可以配有或没有固定扩散器叶片。在一些配置中,在所述至少一个转子叶栅下游的所述扩散器区域中布置有带叶片或无叶片的扩散器。在一些配置中,可以将所述扩散器实施为被布置成扩散器叶栅的多个固定(定子)叶片,该扩散器叶栅在所述转子的下游被设置为基本上环形的组件。

[0129] 所述转子、所述固定导向叶片和所述扩散器区域被封闭在形成在所述壳体中的内部通道(导管)内。

[0130] 在例如在Xu和Rosic的第10,744,480号美国专利中所述的一些配置中,可以省略扩散器(装置)的设置,并且所述扩散器区域可以由位于转子下游的导管的基本上无叶片的部分(所谓的无叶片空间)表示,并且根据其几何形状和/或尺寸参数被配置成扩散来自转子的高速流体流。

[0131] 所述导管的无叶片部分的设置对于上述旋转设备100的所有配置都是通用的。根据配置,所述无叶片部分(无叶片空间)被布置在转子叶片的下游(参见Xu和Rosic的第10,744,480号美国专利)或扩散器叶栅的下游(参见Bushuev的第9,494,038号美国专利和Seppälä等人的第9,234,140号美国专利)。在例如由Seppälä等人说明的一些配置中,各排旋转和固定叶片在壳体内的内部通道中布置为使得在布置在转子叶片下游的固定扩散器叶片的出口与布置在随后的转子叶栅装置的转子叶片上游的固定导向叶片的入口之间产生一个或多个无叶片部分。

[0132] 术语“上游”和“下游”在此指在整个设备中的流体流动方向上(从入口到出口),结构部分或部件相对于预定部分或部件(在此指转子)的空间和/或功能布置。

[0133] 总体来说,带有工作叶栅的转子可以位于成排工作叶片的一侧或两侧被布置成基本上环形的组件(称为叶栅)的所述多排固定(定子)叶片之间。可以设想包括在转子轴上/沿着转子轴串联(按顺序)布置的两排或更多排转子叶片/转子叶栅并且在它们之间有或没有固定叶片的配置。在所述多排转子叶片之间没有固定叶片的情况下,穿过所述导管传播

的流体介质的速度在每个后续排中增加。在这种情况下,多个固定叶片可在所述序列中的第一个转子叶栅的上游布置成组件(作为固定导向叶片),并在最后一个转子叶栅的下游布置成组件(作为固定扩散器叶片)。

[0134] 被封闭在任选地设有固定扩散器叶片组件(扩散器区域)的壳体內的成排转子叶片(转子叶栅)和转子叶片下游导管的一部分可以被视为最小过程级(以下被称为级),该最小过程级被配置成调节完整的能量转换循环。因此,在所述流体介质流离开转子叶片并在导管中朝着下一排转子叶片传播或者沿着在基本上环形的壳体内形成的基本上螺旋形的轨迹进入同一排转子叶片时,由至少一排旋转叶片向流体介质流增加的动能的量足以将流体介质的温度升高到预定值。所述导管(其围住转子的外围)优选被成形为在流体流在导管中传播时,使得流体流减速并将动能耗散为流体介质的内能,并且一定量的热能被增加到所述流体介质流中。

[0135] 布置在所述至少一排转子叶片的上游的所述一排或多排固定导向叶片在能量转换循环期间在成排旋转叶片(叶栅)的入口处准备所需的流动条件。

[0136] 在一些配置中,所述过程级由固定导向叶片(在转子叶片的上游)、成排转子叶片和布置在所述转子叶片的下游的扩散器区域的组件构成,该扩散器区域被设置为任选地设有扩散器叶片的导管的基本上无叶片的部分。在能量转换循环期间,通过所述流体介质流以受控方式分别相继通过所述固定导向叶片、至少一排转子叶片和扩散器区域传播,所述转子轴的机械能被转换成动能并进一步转换成流体的内能,随后流体温度升高。当所述流体介质流离开所述转子叶片并在所述导管内通过所述扩散器区域时,由转子的旋转叶片向所述流体介质流增加的动能的量足以将所述流体介质的温度升高到预定值,于是所述流减速并将动能耗散为所述流体介质的内能,并且一定量的热能被增加到所述流体介质流。在成排转子叶片中,流动加速,所述轴和旋转叶片的机械能被传递到流体流。在每排转子叶片的至少一部分中,流动能够达到超音速流动状态。在所述扩散器区域中,来自转子的高速流体流随着显著的熵增而扩散,由此该流将动能耗散为所述流体物质的内能,从而将热能提供给所述流体。如果扩散器上游的流动是超音速的,那么所述流体流的动能通过多重冲击和粘性混合及耗散系统被转化为所述流体的内能。所述流体内能的增加导致流体温度升高。所述能量转换功能例如可以由位于转子叶片下游的导管的无叶片部分执行(参见Xu和Rosic的第10,744,480号美国专利)和/或由扩散叶片组件执行(参见Seppälä等人的第9,234,140号美国专利)。

[0137] 可以将旋转设备100配置成多级或单级方案。可以设想多级配置包括与一个或多个公用扩散器区域(无叶片或有叶片)交替布置的若干个转子装置(例如在转子轴上/沿着转子轴按顺序布置的1-5排转子叶片)。

[0138] 在Seppälä等人的第9,234,140号美国专利中概述的示例性配置中,可以基本上将旋转设备100实现为环面形状,其中所述导管在子午面內的横截面形成环形轮廓。所述设备包括被布置在固定导向叶片(喷嘴叶片)与固定扩散叶片之间的转子装置。所述级形成为具有多排固定喷嘴叶片、转子叶片和扩散叶片,所述流体流以连续方式沿着按照基本上螺旋的轨迹建立的流动路径穿过这些叶片传播。在这种配置中,流体流穿过旋转的转子叶栅并循环若干次,同时在所述设备內的入口与出口之间传播。在Bushuev的第9,494,038号美

国专利中说明了类似的环形配置。

[0139] 在 **Seppälä** 等人的第9,234,140号美国专利中概述的另一种示例性配置中,可以将旋转设备100配置为基本上管状的轴流型涡轮机。在这种配置中,所述设备包括加长的(细长的)转子毂,多个转子叶片被沿着该转子毂布置成若干个连续排。所述转子封装在所述壳体内,所述壳体的内表面设有固定(定子)叶片和扩散器叶片,定子、转子和扩散器叶栅的叶片沿着转子毂在纵向上交替排列(沿着转子轴的长度,从入口到出口)。转子叶栅的叶片在纵向上在沿着转子的某个位置分别与相邻的成对固定导向(喷嘴)叶片和扩散叶片形成所述的级。

[0140] 在所述的配置中,在后续的级之间具有无叶片空间。

[0141] 在 **Xu**和**Rosie**的第10,744,480号美国专利中概述的另一种示例性配置中,可以将旋转设备100配置为大致遵循离心式压缩机或离心泵的设计的径流型涡轮机。术语“离心”意味着装置内的流体流动是径向的;因此,在本公开中,所述设备可以被称为“径流型设备”。所述设备包括安装到细长轴上的若干个转子装置,其中在每个转子装置之前有固定导向叶片。以能够进行能量转换的方式成形的导管无叶片部分(例如U形弯曲部或S形弯曲部)位于转子装置之后。此外,配置可以包括布置在转子的下游的单独的扩散器装置(有叶片或无叶片)。

[0142] 在上述的所有配置中,旋转设备100以相似的方式执行在本文中公开的方法。在操作时,被传导到集成到耗热过程设施中的至少一个旋转设备中的输入能量被转换成转子的机械能。调节所述旋转设备中的条件以产生特定的流速条件,在该流速条件下,如以上所说明的,当所述流体介质流按照上述方式离开所述至少一排转子叶片并穿过所述导管和/或穿过所述扩散器区域从而进入下一排转子叶片或同一排转子叶片时,由所述转子的旋转叶片向所述流体介质流增加的动能的量足以将所述流体介质的温度升高到预定值。所述一排或多排转子叶片的前面可以有固定导向叶片。因此,所述可调节条件包括至少调节在旋转设备壳体内的入口与出口之间传播的流体介质的流量。调节流量可以包括调节与设备操作相关的参数,例如温度、质量流速、压力等。附加地或替代地,可以通过修改在所述壳体内形成的导管的形状来调节流动条件。

[0143] 在一些示例性配置中,可以将所述旋转设备配置成沿着按照下列轨迹中的任何一个轨迹建立的流动路径在其入口与出口之间实施流体流动:在基本上环形的壳体内形成的基本上螺旋形的轨迹,如 **Bushuev**的第9,494,038号美国专利和 **Seppälä** 等人的第9,234,140号美国专利中的任何一个中所述;在基本上管状的壳体内形成的基本上螺旋形的轨迹,如 **Seppälä** 等人的第9,234,140号美国专利中所述;基本上径向的轨迹,如 **Xu**和**Rosic**的第10,744,480号美国专利中所述;以及沿着由卷成左右方向的涡环的两个螺旋的形式的流体介质流建立的流动路径流动,如 **Bushuev**的第7,232,937号美国专利中所述。所述旋转设备的空气动力学设计可以变化。

[0144] 所述旋转设备利用驱动引擎。在优选实施方案中,所述设备利用电能作为输入能量,因此是由电动机驱动的。为了本发明的目的,可以使用任何适当类型的电动机(即,能够将能量从电源传递到机械负载的装置)。在此不说明布置在电动机驱动轴与转子轴之间的适当联轴器以及各种用具,例如功率转换器、控制器等。此外,所述设备可以由燃气轮机或

蒸汽轮机等或任何其它适当的驱动装置直接驱动。在涉及若干个旋转设备100并联连接至公用耗热装置101 (例如熔炉) 的布局中,所述设备中的一个或多个可以利用不同类型的驱动引擎,例如,由电动机驱动的设备可以与由蒸汽轮机、燃气轮机和/或燃气发动机驱动的设备组合。

[0145] 可以通过向用于推动所述旋转设备的旋转轴的电动机供应电流而向所述旋转设备供应电力(定义为每单位时间的能量转移率)。可以从(与旋转加热器装置/设备100和/或耗热过程设施1000相关的)一个或多个外部源向所述旋转设备供应电力。附加地或替代地,可以在设施1000内部产生电能。

[0146] 一个或多个外部源包括为可持续能源生产提供的各种支持设施。因此,可以从利用至少一种可再生能源的发电系统或利用不同可再生能源的发电系统的组合来提供电力。外部可再生能源可以提供为太阳能、风能和/或水能。因此,电力可以从下列装置中的至少一个被接收到所述过程中:光伏发电系统、风力发电系统和水力发电系统。在一些示例性实例中,可以提供核电设备作为外部电源。核电设备通常被认为是零排放的。术语“核电设备”应被解释为使用传统的核能,附加地或替代地,还使用聚变能。

[0147] 可以由发电设备提供电力,该发电设备利用涡轮机作为动能源来驱动发电机。在某些情况下,可以从至少一个燃气轮机(GT)提供驱动所述至少一个设备100的电力,该燃气轮机例如被设置为单独的装置,或者被设置在热电联产设施和/或联合循环发电设施内。因此,可以从下列装置中的至少一个提供电力:联合循环发电设施,例如联合循环燃气轮机发电厂(CCGT)、和/或被配置用于通过热电联产(CHP)与热量回收利用相结合的发电的热电联产设施。在一些实例中,CHP设备可以是燃烧生物质的设备,以在所述过程中增加可再生能源的份额。附加地或替代地,供电可以从火花点火发动机(例如燃气发动机)和/或压缩发动机(例如柴油发动机)实现,这些发动机任选地作为发动机发电设备的一部分提供。更进一步,任何被配置成从煤、石油、天然气、汽油等化石原料产生电能(通常利用蒸汽轮机来调节)的常规发电设备都可用于产生电能,以作为旋转设备100的输入能量。此外,氢也可用作可再生能源,例如使用燃料电池将其重新转化为电能。

[0148] 可以设想被实现为外部和内部电源的上述电力源的任何组合。来自低排放替代(外部)源的所输入的电力能够提高所述耗热过程设施的能效。

[0149] 将输入能量(包括电力)传导到所述旋转设备的驱动引擎中还可以伴随有将来自动力涡轮机的机械轴功率传导到其中,例如,任选地利用设施1000中的其它位置或所述设施外部产生的热能进行。轴功率被定义为从一个旋转元件传递至另一个旋转元件的机械功率,并被计算为轴的扭矩和转速之和。机械功率被定义为每单位时间内的功或能量(单位为瓦特)。

[0150] 例如,在实践中,可以将来自电动机和动力涡轮机的轴功率分开,使得其中任何一个都能够提供全部轴功率或部分轴功率。

[0151] 图3是在1000处表示被配置成实施本发明的实施方案方法的高温耗热过程设施的布局(在1000处)的框图。耗热过程101可以是与水泥制造相关的任何过程,并且参照图1A和1B进行说明。以虚线示出的框图部分是任选的。因此,图3所示的布局可以整体应用于图1A和1B所示的任何一个过程装置101。根据耗热过程101的性质,可以引入必要的改动。

[0152] 旋转设备100被配置成接收进料流1,该进料流1在下文中被称为进料1。总体来说,

进料1可以包括作为纯组分或组分混合物提供的任何流体或由任何流体组成,流体例如液体或气体或它们的组合。进料可以是原料气体、过程气体、补充气体(所谓的置换/补充气体)等。气态进料可以包括惰性气体(空气、氮气等)或反应性气体,例如氧气、可燃气体(例如烃)或任何其它气体(例如氢气和氨气)。进料的选择取决于过程;也就是说,耗热过程101的性质(以及实际上所述耗热过程101所属的特定行业/行业领域)意味着对进料物质的选择的某些要求和/或限制。因此,在水泥制造中,进料1通常是空气或空气和附加的氧气和/或燃烧燃料的组合。在某些情况下,可以利用(水)蒸汽。可以使用其它无氧气体,例如氮气(N<sub>2</sub>)、氢气(H<sub>2</sub>)、二氧化碳(CO<sub>2</sub>)、一氧化碳(CO)和甲烷(CH<sub>4</sub>)。碳氧化物可以以其在进料气体中的浓度不影响(预)煅烧炉116中的煅烧反应的程度使用。

[0153] 优选进料1基本上以气态形式进入设备100。对进料进行预热或将液态或基本上液态的进料转化为气态形式可以在任选的预热器装置102中进行,该预热器装置102被配置成(预)加热器设备或设备的组。在预热器装置102中,最初以气态形式提供的进料流(例如一种或更多种过程气体)可以被进一步加热(例如过热)。在预热器装置102中,如果进料1还不是气体形式,那么可以将其蒸发,并且任选地过热。

[0154] 预热器装置102可以是配置成向流体物质提供热量的任何常规装置/系统。在一些配置中,预热器装置102可以是火焰加热器(即,使用热燃烧气体(烟道气)来提高流体进料(例如流过布置在加热器内的盘管的过程流体)的温度的直燃式热交换器)。附加地或替代地,可以将预热器装置102配置成利用从所述耗热设施中的其它装置可获得的能量(例如通过来自热量回收的热料流13提取热能)。因此,可以将预热器装置102配置成利用其它蒸气流以及电力和/或废热流(未示出)。

[0155] 根据耗热过程和相关设备(在这个实施方案中是水泥生产),用于借助于旋转加热器装置(设备100)产生加热的流体介质(例如空气)的进料流1包括原始进料(新鲜进料)和/或再循环流。因此,进料1可以由新鲜进料、再循环(流体)流以及它们的混合物中的任何一种组成。除了进料1之外,代表(预)加热进料的料流2可以包括所有再循环料流,例如来自净化段105和/或热量回收段104的料流。

[0156] 在旋转加热器装置/旋转设备100中,温度升高到耗热过程101所需的水平或旋转设备所达到的最高水平。在由旋转设备100实现的温升不足以用于耗热过程的情况下和/或例如在流体已经将其热量传递给耗热过程之后需要使流体的温度再次升高的情况下,可以通过在旋转加热器装置100(100A)的下游布置附加的加热器装置(100B、103)来实现进一步的温度升高,所述附加的加热器装置(100b、103)进一步被称为“辅助”加热器;参见对图4B的说明。每个附加的加热器装置包括按照以下说明实施的附加加热装置或由该附加加热装置组成。

[0157] 热量回收段在图3中以附图标记104示出。回收的热量可以进一步用于加热进料流1和/或循环流(单独的循环流在图3中以附图标记11示出)。

[0158] 热量回收可以通过收集离开过程装置101的气体并将这些气体再循环到预热器装置102和/或旋转设备100来布置。热量回收装置104可以用至少一个热交换器装置(未示出)来表示。可以使用基于任何适当技术的热交换器。如果热量在其它地方被消耗,或者因安全或任何其它原因而不能回收热量,那么热量回收对于加热进料气体可能是任选的。

[0159] 在设施布局1000中,可以将热量回收装置104布置在预热器102之前和/或之后。在

后一种配置中,热量回收装置104被布置成从来自水泥制造过程101的热流体介质(料流5)中回收热量,该热量可以被进一步用于加热进料流1和再循环流11。另一方面,当热量回收装置104被布置在预热器102之前时,进料1首先被引导至装置104(作为料流12),然后被作为料流13返回预热器102。在这种情况下,装置104作为第一预热器。

[0160] 在某些情况下,气体在被引导至热回收之前需要净化,例如去除灰尘和细颗粒。净化可以通过例如布置在热回收段104之前的一系列过滤器(未示出)来完成。附加地或替代地,可以将离开过程装置101的气体引导至净化装置105(绕过装置104),并且在净化后返回至热回收(未示出)。

[0161] 过程气体除了包含有价值的产物之外,还可能包含不需要的杂质和副产物,这些杂质和副产物可能累积或/和对加热器设备100、103和/或过程装置101有害。从耗热过程101排出的料流的净化和分离在净化装置105中进行。装置105可以包括若干个适于通过机械方式去除灰尘和固体颗粒的用具,例如过滤器、旋风分离器等。可以使用任何常规的净化/分离方法和装置。示例性的净化/分离方法包括但不限于:低温分离法、膜工艺、变压吸附(PSA)、蒸馏、吸收、以及这些方法的任何组合。装置105还可以包括例如被配置成通过压缩来提高气体压力的装置。净化装置105通常在比过程装置101更低的温度下操作;因此,产物气流在进入净化装置之前被冷却(例如在热回收104中)。为了最大限度地降低101中的反应器床层的劣化程度,控制再循环气11的组成也很重要。

[0162] 净化装置105还可以适于净化废气,例如二氧化碳,以实现进一步的碳捕获。因此,被作为料流7(图3)从所述水泥生产设施中排出的废气还可以用于碳捕获(未示出)。净化废气的适当方法例如包括变压吸附(PSA)、蒸馏、吸收等。

[0163] 执行耗热过程101所需的加热的流体介质由至少一个旋转设备100产生。

[0164] 在实施方案中,所述加热的流体介质在旋转设备100中产生,其中一定量的热能被直接添加到穿过所述设备传播的流体介质中。在这种情况下,在所述旋转设备中产生的所述加热的流体介质例如可以是过程气体,例如含烃气体。

[0165] 在水泥制造中,在所述旋转设备中产生的所述加热的流体介质通常被用作载体,以将热能传递给耗热装置101,该耗热装置101被配置成实施或调节一个或更多个耗热过程(101)。例如,可以在旋转设备100中加热诸如空气、氮气或蒸汽( $H_2O$ )等惰性气体,并进一步使用该惰性气体将由所述旋转设备产生的热量传递至适于执行与水泥制造相关的过程101的熔炉。在此方面,加热的介质(例如过程101利用的流体或固体流)的产生可以通过在旋转设备中产生的加热的流体介质与过程101利用的适当介质之间的热传递过程在旋转设备外部执行,从而绕过旋转设备。因此,图3示出了绕过旋转设备100的料流9(过程料流),该料流9在本文中指进料/过程料流(例如水泥原料(例如石灰石)、水泥熟料、水泥产品和/或焦炭),而经由旋转加热器100到达过程装置101的料流1-4指被引导至过程装置101的用于加热“冷”过程料流9的流体介质(例如空气、氮气、蒸汽、含二氧化碳的气体或其它加热介质)。当待加热的过程料流处于高压或真空下时,在间接加热应用中使用惰性热气体作为加热介质可能是优选的。料流10分别代表“热”过程料流和/或产物料流。在装置101是熟料烧成窑(图1A、1B中的118)的情况下,料流10代表水泥熟料(在图1B中被导向用于冷却的装置120),而料流5代表离开装置/过程101的(惰性)流体介质流(与1-4相同)。在间接加热中,料流9和10涉及工作或过程流体,而料流1-5代表传热介质。因此,在间接加热中,装置101作为“热交

换热器”型装置,该装置能够在流过其中的两种流体之间传递热能,而所述流体之间没有任何直接接触。

[0166] 图4A-4D示出了关于耗热装置/过程101的旋转设备100的示例性布局。

[0167] 图4A总体上遵循在图2B中示意性地呈现的实施方案设置。图4A示出了旋转设备100的基本实施方案,该旋转设备100被配置成将热量输入到被引导通过其中的流体介质流(进料流1)中。离开设备100的加热的料流分别用附图标记2表示。在基本实施方案中,旋转设备100的转子系统被以空气动力学方式配置成使得一定量的流体在入口与出口之间沿着形成在设备100的壳体中的流动路径传播的同时被加热到预定温度(所谓的“单程”实施方式)。设备100能够在一级中实现在大约10°C至大约120°C范围内、并且在一些配置中高达大约500°C的温升( $\Delta T$ )。因此,在多级实施方案的情况下,在“单程”实施方式中,能够将流体加热到1000°C(在10级设备中,每级的温升为100°C)。由于流体介质通过设备的级所花费的停留时间在几分之一秒的量级,例如大约0.01-1.0毫秒,因此在基本配置中已经能够实现快速且高效的加热。可以根据需要优化温升。

[0168] 图4B示出了涉及所谓的辅助加热的基本构思。辅助加热是一种加热流体介质(例如过程气体)的任选方法,例如在超出单机加热器设备100的能力时。

[0169] 辅助温度提升(temperature boost)可以被视为热辅助加热、化学辅助加热或这两者。在第一种配置(a)(也被称为“热辅助加热”)中,在“主”旋转加热器设备(在图4B、4C和4D中被标示为100A)的下游布置有附加的旋转加热器设备(在图4B、4C和4D中被标示为100B)。在本公开中,设备100A、100B一般被认为是旋转加热器装置100。因此,通过提供至少两个按顺序连接的旋转设备100A、100B,能够实现加热的流体介质的产生,其中所述流体介质流(参见进料流1)在序列的至少第一旋转设备(100A)中被加热至预定温度,该旋转设备在此被称为主加热器,并且其中通过向在第一旋转设备100A中被“预热”并穿过所述序列中的至少第二旋转设备100B传播的流体介质流(参见料流3)输入附加量的热能,所述流体介质流(参见料流2)在第二旋转设备100B中被进一步加热。因此,设备100B被称为辅助加热器。设备100A、100B可以是相同的,并且在尺寸或内部设计方面有所不同。在主加热器100A之后可以布置由两个或更多个辅助设备(例如100B)构成的辅助设备序列。可以将辅助设备并联或串联布置,或者以允许优化其转速和空气动力学的任何组合布置。

[0170] 在附加或替代的第二配置中(也被称为“化学辅助加热”),被标示为103(图3、4B)的附加加热设备适于将反应组分5(例如可燃燃料)接收到穿过其传播的流体介质流中,以在将所述流体介质流引导至水泥制造的耗热过程101之前通过放热反应提供热量。在这种配置中,可以通过将一种或更多种反应性化学物质5引入(例如通过注射引入)到被引导通过附加加热器装置/加热设备103的流体介质流中来实现辅助升温。应注意的是,图4B的料流5与图3所示的料流8对应。

[0171] 基于反应性化学物质的辅助加热器装置103可以位于热辅助加热器装置100、100B之后(图4B),或者直接位于主加热器100、100A之后(图3)。反应性化学物质(反应物)5可以包括燃烧气体,例如氢气、烃、氨气、氧气、空气、其它气体和/或任何其它适当的反应性化合物,任选地包括催化剂。在装置103中,由于放热反应,流体流可以被加热到通常无法通过不涉及化学介导加热的单个旋转设备达到的水平(参见料流4)。例如,可以将燃料气体(例如氢气)引入到含氧过程气体(例如空气)中。在升高的温度下,氢气和氧气发生放热反应从而

产生水分子(氢燃烧)。

[0172] 可以将燃料气体与空气(或富集的氧气)一起通过燃烧器注入到辅助加热器装置103中,以升高气体的温度。如果加热的气体含有可燃气体,并且有可能消耗这些气体来进行加热,那么只能添加空气和/或氧气。过程气体可能包含氢气、氨气、一氧化碳、燃料气体(甲烷、丙烷等),这些气体能够燃烧从而产生热量。如果可行的话,也可以注入其它反应性气体来产生热量。

[0173] 可以将适于执行化学辅助加热的附加加热器103配置为在其中发生放热反应的一段管道或腔室和/或其可以包括至少一个旋转设备100,该旋转设备100被布置成接收反应性化合物以容纳放热反应从而产生附加的热能。因此,辅助加热段103可以包括至少一个旋转设备100。任选地,可以将所述反应性化学物质直接注入到耗热过程101中(未示出)。附加地或替代地,可以在相应地修改的单个设备100、103中实施反应性化学物质介导的辅助升温。

[0174] 在涉及辅助加热的布置中,在第一旋转设备(100A)中被预热到预定温度的流体介质流的温度可以在随后的加热器装置(100B,103)中进一步升高到最大极限值。举例来说,在主加热器(100A)中被预热到大约1700°C的流体介质流的温度可以在随后的加热器装置(100B、103)中进一步升高到最高2500°C或更高。

[0175] 所提及的构思可以单独使用或组合使用,使得反应性化学物质5能够被引入到并联或串联(按顺序)连接的设备100中的任何一个中。提供辅助加热器是任选的。

[0176] 在附加或替代的配置中,预热和附加加热可以在同一个设备100中实施(未示出)。这可以在多级配置中实现,该多级配置包括与公用扩散器区域(无叶片或有叶片)交替排列的若干个转子装置(例如在转子轴上/沿着转子轴按顺序布置的1-5排转子叶片)。

[0177] 附加地或替代地,例如,在流体在旋转设备100中被加热后,在该流体已经将其热量传递至耗热过程101(未示出)之后需要再次升高其温度的情况下,可以使用辅助加热。

[0178] 在将所述至少两个旋转设备(例如100A、100B)和任选的设备103(在设备103被实施为旋转设备100的情况下)并联或串联连接时,可以形成旋转设备组件(例如参见图4B-4D)。被实施为“主”加热器100A或“辅助”加热器100B、103的旋转设备100之间的连接可以是机械的和/或功能性的。功能性(例如就可实现的热量输入而言)连接可以在至少两个单独的、物理集成或非集成的独立设备单元之间相关联时建立。在后一种情况下,所述至少两个旋转设备之间的关联可以通过若干个辅助装置(未示出)来建立。在一些配置中,所述组件包括至少两个彼此镜像地连接的设备,由此所述至少两个设备通过它们的中心(转子)轴至少功能性地连接。可以将这种镜像配置进一步定义为具有至少两个机械地串联(按顺序)连接的旋转设备100,而功能性连接可以被视为并联连接(以阵列方式连接)。在某些情况下,可以将前述的“镜像”布置进一步修改为包括至少两个入口和基本上位于该布置结构的中心的公用排气(排放)模块。

[0179] 可以将旋转设备(参见图4B的100A,100B,103)组装在同一个(转子)轴上。每个旋转设备可以任选地设有单独的驱动装置(电动机),这允许所述设备的独立优化。在使用两个或更多个独立的旋转设备时,可以根据操作温度和压力优化建造成本(材料等)。

[0180] 附加地或替代地,所述组件内的至少一个旋转设备可以被设计成增大流体流的压力。因此,所述组件中的至少一个旋转设备可以分配有组合的加热器和鼓风机功能。

[0181] 附加地或替代地,可以将含有反应性或惰性气体的料流(例如图3的料流8)进料至旋转设备100(未示出)或所述设备的下游的任何设备(例如馈送到耗热过程段101中)。这样,在耗热过程装置101被配置成接收这种化学物质的情况下,可以将反应性气体(例如图3的料流8)直接注入到耗热过程装置101中。

[0182] 图4C示出了旋转加热器设备100A和任选的100B用于间接过程加热的用途。旋转设备100(100A、100B)可用于耗热装置101中的流体的间接加热,其中热量在两种非混合流体之间传递,就像在热交换器类型的配置中一样。因此,能够在可行的热交换器装置101中使流体(例如气体或液体)在旋转设备100中加热的流体的作用下被蒸发(汽化)或过热。被配置成适应耗热过程的耗热装置101可以用任何(现有的)火焰加热器、反应器或熔炉或任何常规的热交换器装置来表示。可以根据最佳热传递的需要来选择所述“热交换器”配置(101)的类型。可以选择最适合于加热和安全的加热气体(参见料流1-3)(例如蒸汽、氮气、空气)。在旋转设备100A、100B中被加热的气体可以接近大气压力,或者可以提高压力以改善热传递。在设备100中被加热的传热介质3(参见离开100B的料流3)被引导至耗热过程101,在该处,热量被从料流3传递至“冷”过程料流6,以产生“热”过程料流7。料流4分别表示流出的传热介质。

[0183] 因此,图4C的过程料流6和7分别与图3的料流9和10(间接加热配置)对应;而图4C的传热介质流3和4分别与料流3(任选地是料流4)和5(间接加热配置)对应。

[0184] 图4D示出了具有预热器102和从耗热过程(未示出)再循环的再循环过程流体(料流4)的旋转加热器设备100A。预热器可以是电驱动型、燃烧型、内燃机型、燃气轮机型等,或者可以是用于从过程中的任何高温流中回收多余热量的热交换器。预热器102的设置是任选的。所述概念还可以包括位于设备100A的下游的任选的辅助加热器100B。可以利用热辅助加热或化学辅助加热。料流1'表示被送至预热器102的(进料)流体。所述流体进一步穿过旋转设备100A、100B传播,在旋转设备100A、100B中,进料被加热,并且在料流3处被送至耗热过程。

[0185] 旋转设备100A、100B中的任何一个都可以配有流体再循环装置(参见图4D的料流4)。可以设想旋转设备和流体再循环装置的任何组合。通过由所述至少一个旋转设备使所述流体介质流再循环,能够实现再循环。

[0186] 在一些配置中,旋转设备100可以利用从常规的火焰加热器排出的低氧含量的烟道气。在这种情况下,从所述火焰加热器排出的热烟气与再循环气体(图4D的料流4)混合,以用于在旋转加热器100、100A中加热。在所述情况下使用的烟道气中的氧含量优选低于可燃限值,以提供安全加热。

[0187] 对于本领域技术人员来说很清楚的是,随着技术的进步,可以按各种方式实施和组合本发明的基本思想。因此,本发明及其实施方案不限于上述示例,相反,它们通常可以在所附权利要求的范围内变化。

1000

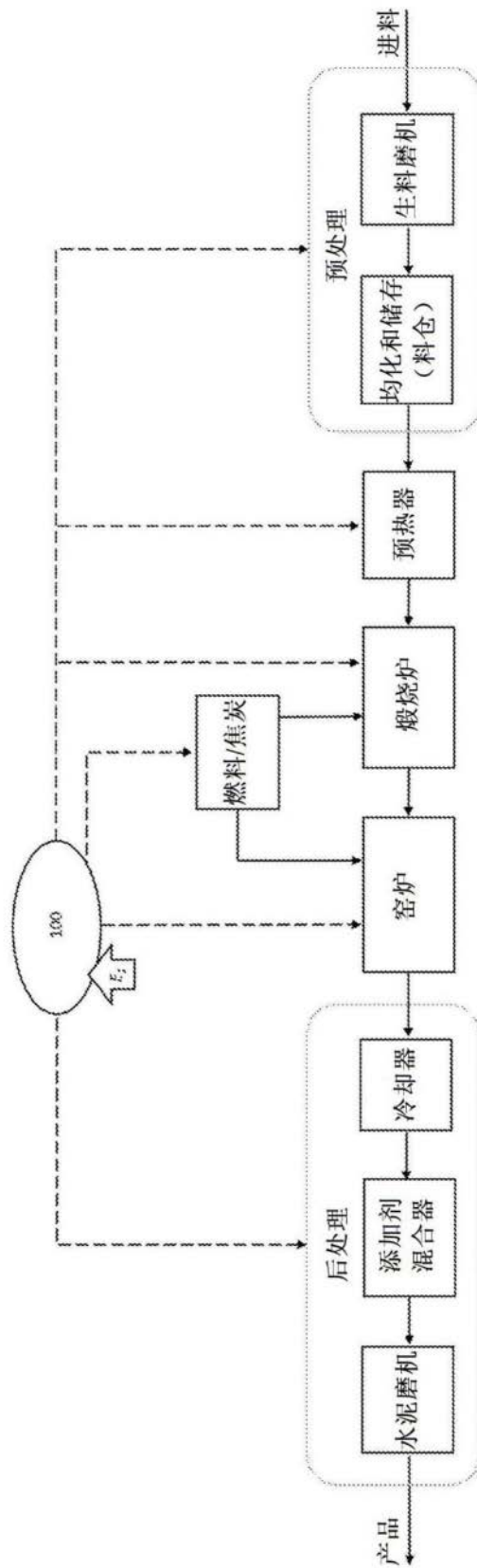


图1A

1000

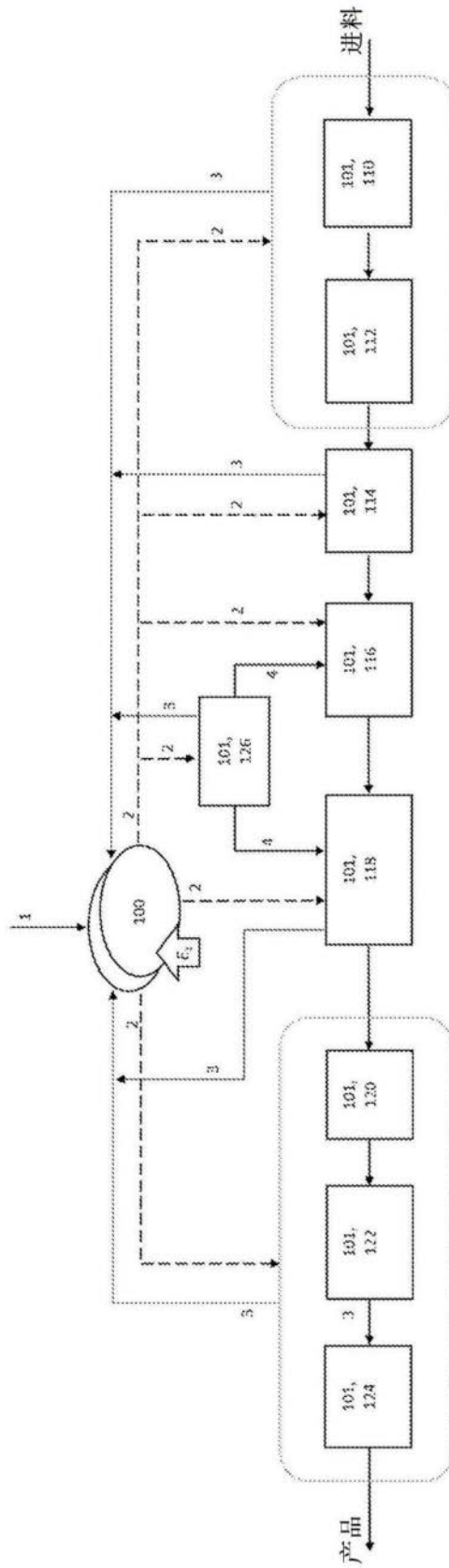


图1B

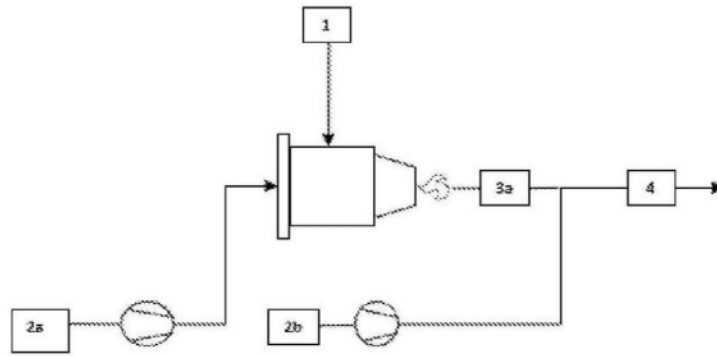


图2A(现有技术)

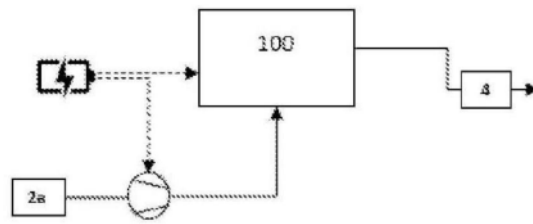


图2B

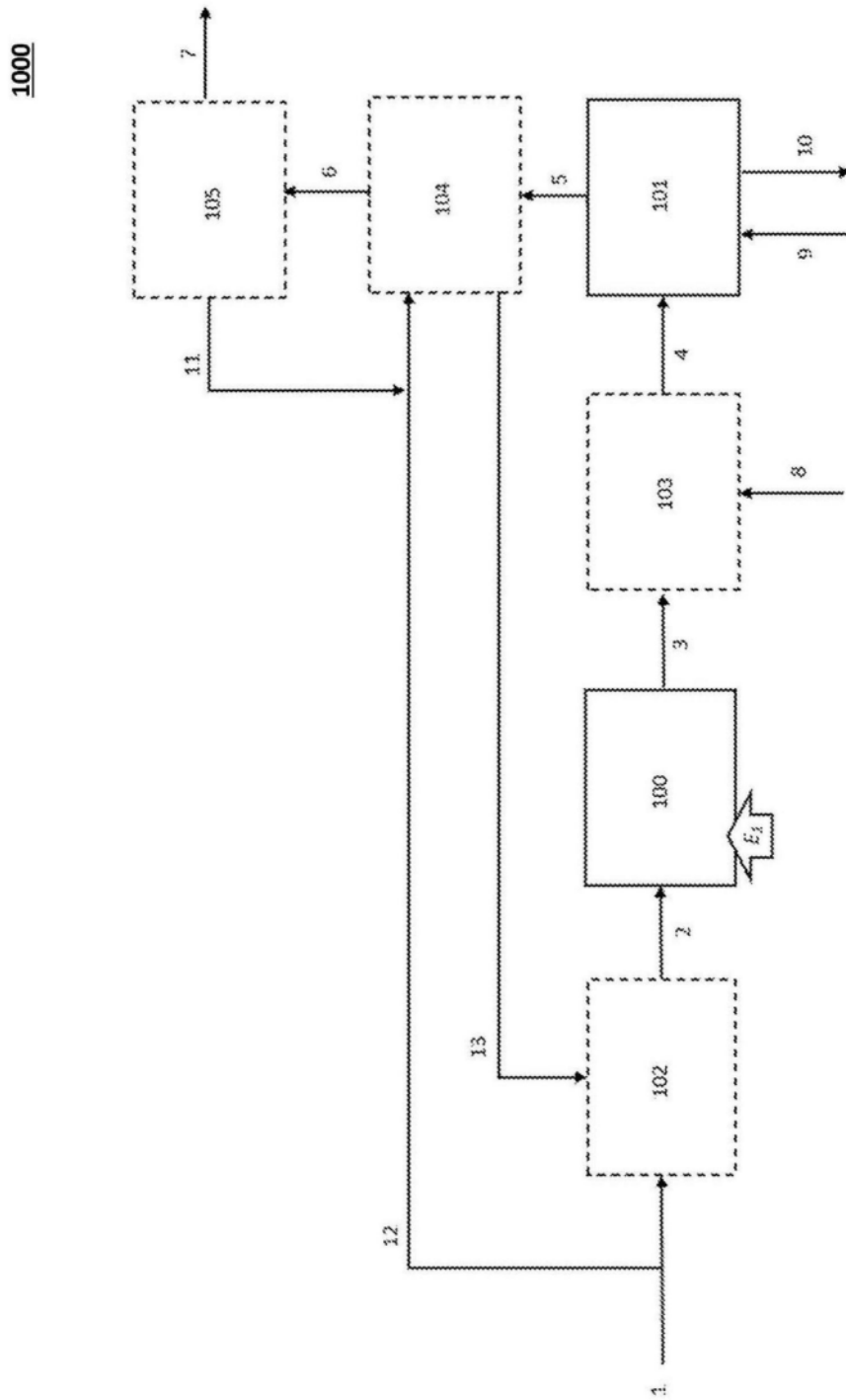


图3

100

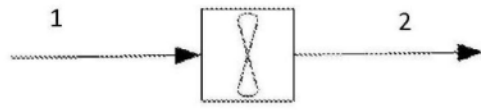


图4A

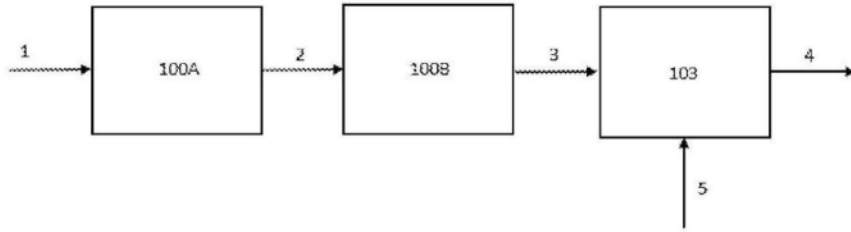


图4B

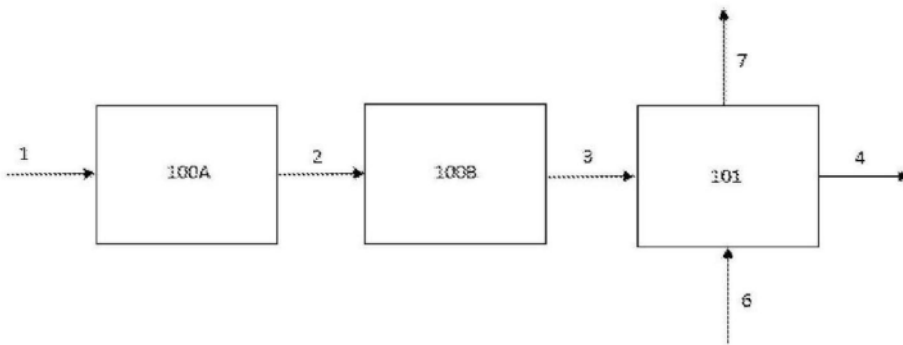


图4C

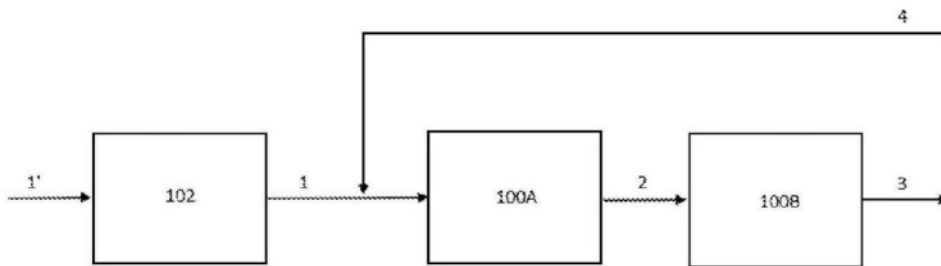


图4D