



[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 95192612.8

[43] 授权公告日 2003 年 4 月 2 日

[11] 授权公告号 CN 1104389C

[22] 申请日 1995.4.18 [21] 申请号 95192612.8

[30] 优先权

[32] 1994. 4. 21 [33] DK [31] 459/1994

[86] 国际申请 PCT/DK95/00160 1995. 4. 18

[87] 国际公布 WO95/29138 英 1995. 11. 2

[85] 进入国家阶段日期 1996. 10. 16

[71] 专利权人 弗·尔·斯米德恩公司

地址 丹麦瓦贝

[72] 发明人 S·亨德伯

[56] 参考文献

DE2714811A1 1977. 10. 13

审查员 阎 娜

[74] 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利
商标事务所

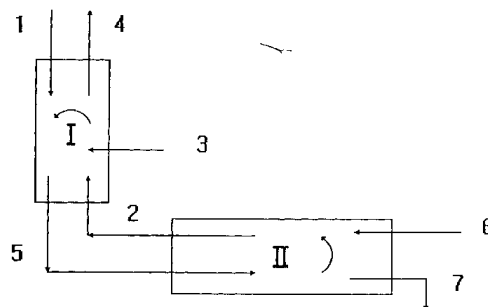
代理人 龙传红

权利要求书 1 页 说明书 6 页 附图 2 页

[54] 发明名称 控制窑炉温度的方法

[57] 摘要

本发明涉及一种控制水泥熟料制造窑中温度的方法，其燃烧区的温度在 1100—1500℃ 范围内。本发明可以控制该窑中的温度，因此可以控制在水泥窑中生产的熟料的制备过程，同时将该窑的 NO_x - 排出量降低到最低值。利用本发明的方法，对窑中的硫挥发量进行计算，从而获得燃烧区中瞬时的温度的测定值。根据在通入窑炉中的旋风分离后物质中的硫含量的测定值或排出该窑炉的排出气体中的硫含量的测定值来计算蒸发因子。



1. 控制水泥熟料制造窑炉温度的方法，其特征在于相对时间 t 测定从该窑排出的或进入该窑的硫含量 $S(t)$ ，然后对送入该窑的燃料进行控制，从而对于送入该窑的硫来说保持所需的蒸发因子 E 。

2. 权利要求 1 所说的方法，其特征在于在该窑的排出气体中测定硫含量 $S_{\text{窑气}}(t)$ 。

3. 权利要求 1 所说的方法，其特征在于在送入该窑的物料流中测定硫含量 $S_{\text{旋转}}(t)$ 。

4. 权利要求 1 或 2 或 3 所说的方法，其特征在于该窑燃烧区中的温度在 $1100 - 1500^{\circ}\text{C}$ 范围内。

5. 权利要求 1、2 或 3 所说的方法，其特征在于该窑燃烧区中的温度在 $1100 - 1350^{\circ}\text{C}$ 范围内。

6. 权利要求 1、2 或 3 所说的方法，其特征在于该窑燃烧区中的温度在 $1275 - 1325^{\circ}\text{C}$ 范围内。

7. 用于制备水泥熟料的设备，其中原料粉料首先经过预热器，然后任选地经过一种煅烧器，最后在窑中煅烧，窑中的温度条件可以通过改变送入该窑中的燃料比而调节，其特征在于在该窑和预热器之间设置一种测定仪，用来记录流出和流入该窑的硫含量，并且其特征在于送入该窑的燃料比作为硫的测定量的函数而变化。

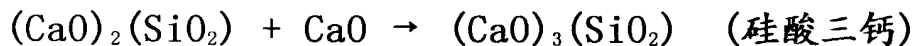
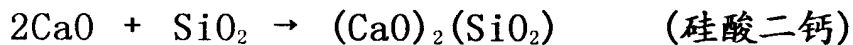
8. 权利要求 7 所说的设备，其特征在于该测定仪位于该窑的排出气体通道 (2) 中。

9. 权利要求 7 所说的设备，其特征在于该测定仪位于该窑的加料物流通道 (5) 中。

控制窑炉温度的方法

本发明涉及一种控制水泥熟料制造窑炉温度的方法。

由多种原料，特别是石灰石（ CaCO_3 ）、粘土、砂子、黄铁矿灰、粉煤灰和其它物料，通过混合并磨碎成氧化物 CaO ， SiO_2 ， Al_2O_3 ， Fe_2O_3 含量必须特别限定在相当窄的范围内的原料粉料来制造水泥，这是一种普通技术。然后将原料粉料预热并煅烧，在该过程中， H_2O 和 CO_2 被排出。然后在这些氧化物之间发生一些列反应，最初的和最重要的是下列反应：



在固体物料之间的这些反应在熔融物料发生，其中氧化铝和氧化铁是形成熔融物料所必需的。

对于每一个燃烧过程来说，总的目标是确保形成足量的硅酸三钙以及同时使游离的尚未消耗的 CaO 降低到足够低的量。传统地，燃烧过程发生在回转窑中，而最后的反应发生在回转窑的燃烧区中，通过调节燃烧速度和火焰参数来调节温度，从而控制该反应过程。对于普通熟料来说，燃烧过程的温度接近 $1400 - 1500^\circ\text{C}$ 。

因此，必须进行测量，以提供连续的窑内温度数据，从而表明熟料的组成和质量，但至今人们还不能直接测量所述的温度。

由于与硬熟料接触，热电偶（ Pt-PtRh ）不能以不在短时间内受到损坏的方式安装。

可以使用辐射高温计，但它只有在燃烧区中具有良好的可见度时才能使用，由于在燃烧过程中不可避免地要产生一些灰尘，因此这种情况很少见。

被广泛用来表示温度的一种间接信号是用来旋转该窑的力的测量值。

可以采用该信号的原因在于熟料的温度越高，所形成的熔融物料的量越大，从而在旋转过程中使更多的物料沿回转窑的壁带到高处。结果，力矩（力×臂）增加了，从而增加了用来旋转窑的功率。但是，力矩是一个受到多个因素影响的相对信号：外皮形成过程中的任意偏移，原料沿窑的整个长度的粘接性能等等。因此，不能确切地表明什么力矩可以确保充分燃烧。

另一种测量燃烧区中温度的方法是测量该窑的 NO_x 排出量。在燃烧区中形成的 NO_x 特别与火焰的温度有关，在生产稳定和燃烧器参数不变时，它仅受燃烧过程所需的过量空气的影响，由于总的目标是保持过量空气恒定，因此 NO_x 排出量是燃烧温度的直接测量值。由此根据 NO_x 测量值操作窑炉许多年，例如通过模糊逻辑进行手工和自动控制。

但是， NO_x 的排放对于环境是有害的，这是一个已经证实的事实，因此许多努力主要集中在 NO_x 排放量的降低上，包括水泥窑设备的回转窑的 NO_x 排放量。

这些手段严重降低了控制窑炉的可能性。通过作为温度 $T(^{\circ}\text{C})$ 的函数的 NO_x 形成量的曲线可以最好地理解这一点（参见图 1）。通过测量作为具有特定火焰参数的熟料的最终温度的函数的 NO_x 形成量可以建立该曲线。

当煅烧普通熟料时，存在一个位于与 A 相同位置的操作点。在这里，所形成的 NO_x 主要是热源，即 NO_x 中的氮原子来自空气中的 N_2 ，与目标温度的高/低偏差很明显地反映在所形成的 NO_x 量的显著变化上。

当为了降低 NO_x 量而引入一些手段时，对应于窑中低温，将会接近操作点 B，在这里，所形成的 NO_x 主要来自燃料中。在点 B 的附近，温度对 NO_x 的形成量的依赖性是可以忽略的，并且在实际操作中， NO_x 测量值不能在这种低 NO_x 操作方式中用作控制参数。

除了降低 NO_x 排出量，在火焰温度降低时还实现了节能，它使得这些条件特别适用于窑炉的操作过程中。

为了获得具有低 NO_x 排出量的操作条件，可以采用在该窑中的火焰延伸方案，例如通过降低燃烧器的一次空气流量或一次流速。利用这种方法，熟料可以具有较低的终温度，但是，另一方面，熟料需要在高于形成硅酸三钙最低温度极限的温度下保持较长的时间。

另一种获得具有低 NO_x 排出量和低火焰温度的方法是向原料中加入矿化剂，从而降低硅酸三钙形成所需的温度，举例来说，加入硫和氟化物使得熟料煅烧过程可以在低于正常温度大约 125°C 的温度即 $1275 - 1325^\circ\text{C}$ 下发生。

因此，本发明的目的在于确保可以对窑中的温度进行控制，并且在水泥窑中产生的熟料的制备过程同时将窑中 NO_x 排出量降低到绝对最低值。

这一点可以通过本发明的方法而获得，在该方法中，对窑中硫的挥发量进行测量，从而获得燃烧区中瞬时温度的测量值。

根据本发明的一个方面，提供了一种控制水泥熟料制造窑炉温度的方法，其特征在于相对时间 t 测定从该窑排出的或进入该窑的硫含量 $S(t)$ ，然后对送入该窑的燃料进行控制，从而对于送入该窑的硫来说保持所需的蒸发因子 E 。

根据本发明方法的一个优选方案，该窑燃料区中的温度在 $1100 - 1500^\circ\text{C}$ 范围内，优选在 $1100 - 1350^\circ\text{C}$ ，更优选在 $1275 - 1325^\circ\text{C}$ 范围内。

根据本发明的另一方面，提供了一种用于制备水泥熟料的设备，其中原料粉料首先经过预热器，然后任选地经过一种煅烧器，最后在窑中煅烧，窑中的温度条件可以通过改变送入该窑中的燃料比而调节，其特征在于在该窑和预热器之间设置一种测定仪，用来记录流出和流入该窑的硫含量，并且其特征在于送入该窑的燃料比作为硫的测定量的函数而变化。

根据本发明设备的一个优选方案，所述测定仪位于该窑的排出气体通道中。

根据本发明设备的另一个优选方案，所述测定仪位于该窑的加料物流通道中。

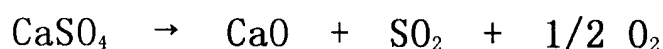
下面将参照附图对本发明作详细描述，其中

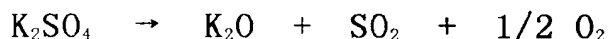
图 1 表示作为温度的函数的所形成的 NO_x 的量；

图 2 表示作为该温度的函数的蒸发因子 E ；

图 3 表示水泥制造设备中物料流动的示意图。

在本文中，采用蒸发来表示在高于 1100°C 的温度下发生的分解反应：





蒸发因子 E 定义为与煅烧原料一起送入窑炉燃烧区并受到蒸发的硫 S 的分数。该分数是非常有趣的，因为当温度在 1100 - 1500℃ 范围内时它会增加（参见图 2）而且因为该温度范围是用于熟料煅烧过程的。

通过使用用于水泥熟料制备的设备的两种物料平衡，可以发现蒸发因子 E 的表示值（参见图 3）。

这种设备由制备原料用于煅烧的系统 I 和发生煅烧的系统 II 组成。系统 I 中可以引入旋转预热器和可能的煅烧器，而系统 II 中可以引入回转窑。

不同料流中的硫含量，即流进和流出系统 I 和系统 II 的硫 S 的含量可以作为 kg 硫/小时或作为 kg 硫/kg 在该设备中制得的熟料来测量。

硫含量为 $S_{\text{进料}}$ 的原料 1 和硫含量为 $S_{\text{窑气}}$ 的来自回转窑的排出气体 2 被送入系统 I 中。

还可以将硫， $S_{\text{二次燃料}}$ 通过二次燃料在 3 处送入煅烧器或上升通道中。

硫含量为 $S_{\text{排出气体}}$ 的经过冷却的排出气体 4 由系统 I 排出，而经过预煅烧的或仅仅预热过的物料在 5 处（通常来自旋风器）以硫含量为 $S_{\text{旋转}}$ 向下进入到窑中。

进入系统 II 的料流由经过预热的或经过预煅烧的物料 $S_{\text{旋转}}$ 5 和窑燃料 6，即硫含量为 $S_{\text{一次燃料}}$ 的一次燃料组成。出口料流则由来自该窑的排出气体 $S_{\text{窑气}}$ 2 和硫含量为 $S_{\text{熟料}}$ 的成品熟料 7 组成。

在任何时候，蒸发因子 E 代表在燃烧区中蒸发的硫量与流入燃烧区的固态结合硫的数量之比。但是测定燃烧区中这两种料流的硫含量的可能性不存在。

具体情况是这样的，在燃烧区中蒸发的硫量大约等于在 2 处流出窑的硫量 $S_{\text{窑气}}$ 减去来自一次燃料的硫量 $S_{\text{一次燃料}}$ ，而固态结合流入燃烧区的硫的数量大约等于在 5 处由系统 I 向下流出的量 $S_{\text{旋转}}$ 。也就是：

$$E = \frac{S_{\text{窑气}} - S_{\text{一次燃料}}}{S_{\text{旋转}}}$$

一次燃料中的硫含量对于特定的燃料种类来说是恒定的，因此，如果

在时间范围 t 内的燃料消耗量是已知的, 则 $S_{\text{一次燃料}}$ 就是已知的。由于送入燃烧区的硫的波动以及燃烧区中温度的变化, $S_{\text{旋转}}$ 随着时间而变化。在一种从测定 $S_{\text{旋转}}$ 处的窑入口到燃烧区的物料路径需要较长时间的回转窑中, 相对 $S_{\text{窑气}}$ 的测定 (它几乎瞬时发生) 来说, 可以采用一个时间延迟量 τ , 也就是说:

$$E(t) \approx \frac{S_{\text{窑气}}(t) - S_{\text{一次燃料}}(t)}{S_{\text{旋转}}(t - \tau)}$$

在任何一个时间点, 在 5 处向下进入窑的硫含量大约等于在 1 处流入的硫 ($S_{\text{进料}}$), 在 2 处流入的硫 ($S_{\text{窑气}}$) 和在 3 处流入的硫 ($S_{\text{二次燃料}}$) 的总和减去在 4 处流出的硫量 ($S_{\text{排出气体}}$)。在大多数窑系统中, 在上述气流中的硫含量, $S_{\text{排出气体}} = 0$, 因此可以得出:

$$S_{\text{旋转}} = S_{\text{进料}}(t) + S_{\text{窑气}}(t) + S_{\text{二次燃料}}(t)$$

$$\text{或者 } S_{\text{窑气}} = S_{\text{旋转}}(t) - S_{\text{进料}}(t) - S_{\text{二次燃料}}(t)$$

这就是说 $E(t)$ 可以通过测定窑排出气体中的硫含量和测定送入窑中的物料中的硫含量而计算出来:

$$(A) \quad E(t) = \frac{S_{\text{窑气}}(t) - S_{\text{一次燃料}}(t)}{S_{\text{进料}}(t - \tau) + S_{\text{窑气}}(t - \tau) + S_{\text{二次燃料}}(t - \tau)}$$

或者

$$(B) \quad E(t) = \frac{S_{\text{旋转}}(t) - S_{\text{进料}}(t) - S_{\text{二次燃料}}(t) - S_{\text{一次燃料}}(t)}{S_{\text{旋转}}(t - \tau)}$$

这两个表达式仅仅在该窑炉是回转窑时才有效, 但是, 对于其它的窑, 如静止窑, 可以采用类似的表达式。

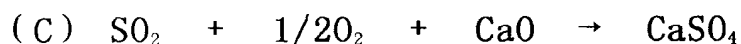
一般说来, 在回转窑的排出气体通道中无需设置 SO_2 -测定仪。这是因为窑系统向环境中放出这种有害气体成分与所测定的 $S_{\text{窑气}}$ 值没有任何关系, 其原因在于, 在有相当大量过量空气存在的下部预热阶段或煅烧器中 SO_2 的吸收率差不多为 100%。

通常, 根据现行分析和物料加入量不难确定原料和燃料使硫含量增加的量。

然后, 根据基于窑炉排出气体中 SO_2 含量的测定量, $S_{\text{窑气}}$, 由公式(A), 或者, 如果硫含量是在从煅烧器之后的旋风分离器中流出并向下进入窑中的气流中测定的 ($S_{\text{旋转}}$), 根据(B), 可以计算出 $E(t)$ 。

由于 SO_2 在高温和空气过量时为唯一的含硫成分, 因此用来测定 $S_{\text{窑气}}$ 的最早的方法是在窑出口中安装一种 SO_2 -测定仪, 该测定仪连续地分析窑炉排出气体。

于该方法有关的一种主要偏差来源是被烧结的原料粉料被包裹在排出气体当中, 从而使二氧化硫通过下列反应而化学结合:



如果用水清洗并冷却排出气体样品(在一些系统中它是碱性操作原则), 一部分 SO_2 还会与水(由于 CaO 它是碱性的)结合。结果, 气体分析仪的信号太小。

但是, 如果对这些偏差来源给与足够的重视, 经常就可以推断有固定部分的 SO_2 会消失, 因此, 由于被蒸发的 SO_2 的真实数量与 SO_2 的测定量成比例, $S_{\text{窑气, 测定值}} = \text{常数} \times S_{\text{窑气}}$, 该信号仍然可以用来控制温度。

如果从该窑排出的 SO_2 气流(例如由于设置了副通道以降低该窑系统中的 SO_2 和氯化物循环)的尺寸被限制成使得差不多全部的 SO_2 被旋转的 CaO 吸收, 则该方法不能用于控制目的。当 SO_2 存在时, 并不表明高燃烧区温度, 而表明窑中空气缺少, 参见等式(C)。

送入回转窑的硫量可以通过几种已知的方法来确定。举例来说, 通过 Outokumpo X 射线分析仪, 可以连续测定旋风分离后物质中的元素 Fe、Ca 和 S 的含量。为此, 从该旋风器中取出部分原料粉料气流, 将其冷却并压缩, 然后送入该分析仪中。由 S-含量或 S/Ca 比所获得的信号可以提供向下流入到回转窑中的硫含量的精确值。

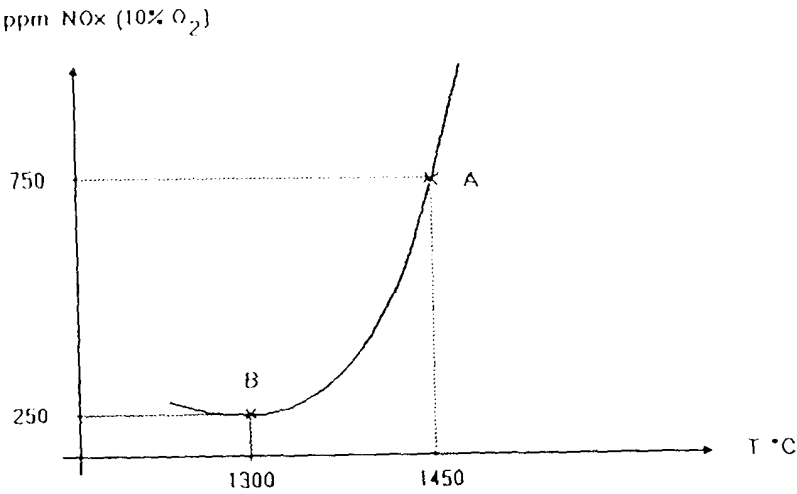


图 1

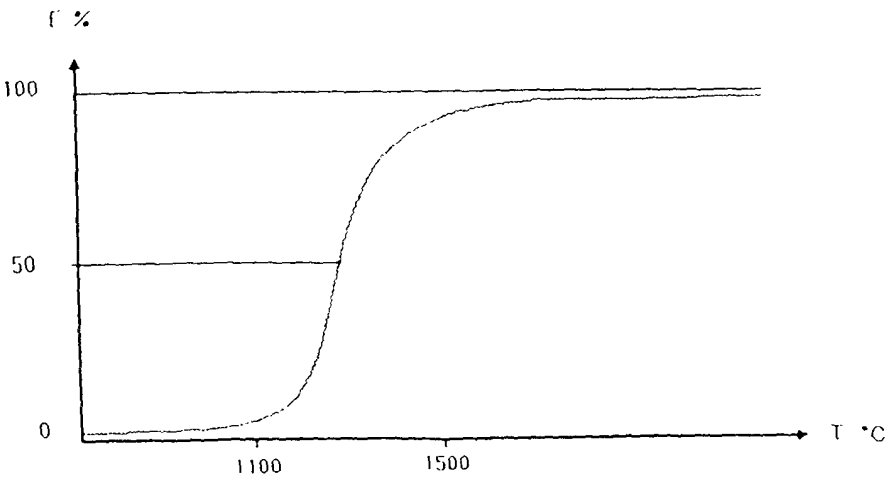


图 2

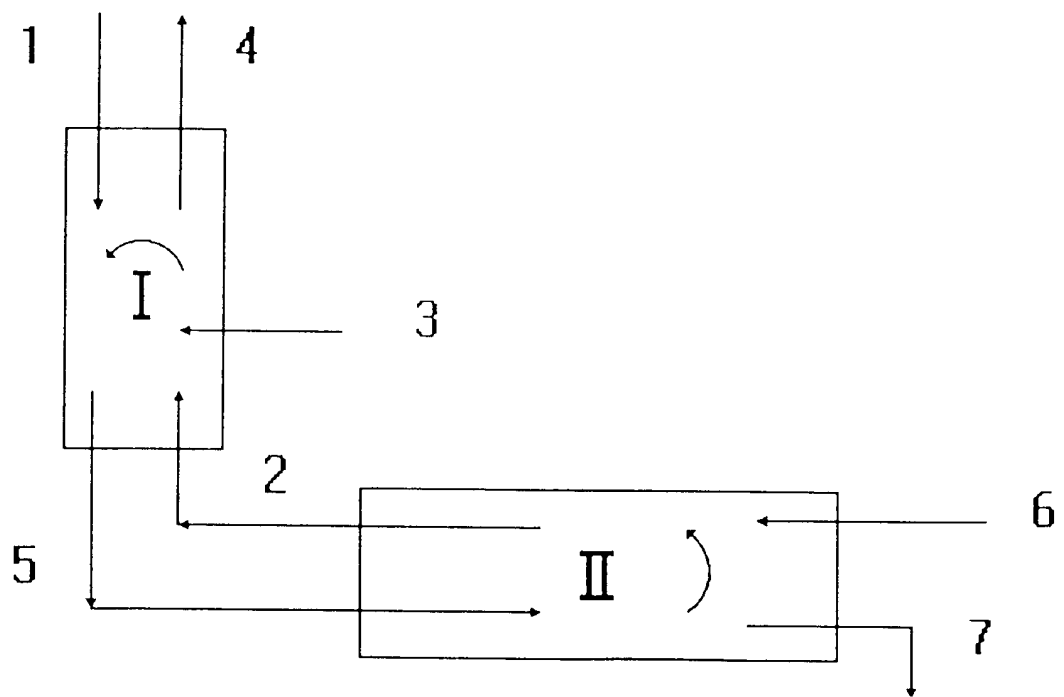


图 3