(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 103443541 A
(43)申请公布日 2013.12.11

(21)申请号 201280016187.3
(22)申请日 2012.04.05
(30)优先权数据
61/471,900 2011.04.05 US
(85)PCT申请进入国家阶段日
2013.09.29
(86)PCT申请的申请数据
PCT/US2012/032273 2012.04.05
(87)PCT申请的公布数据
WO2012/138831 EN 2012.10.11
(71)申请人 气体产品与化学公司
地址 美国宾夕法尼亚州
(72)发明人 G.J. 布拉吉诺 S.P. 甘戈利
何筱毅 A.G. 斯莱夫科夫
(74)专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司 72001
代理人 李强 何逵游
(51)Int.Cl.
F23C 5/32(2006.01)
F23D 14/58(2006.01)
F23D 99/00(2006.01)

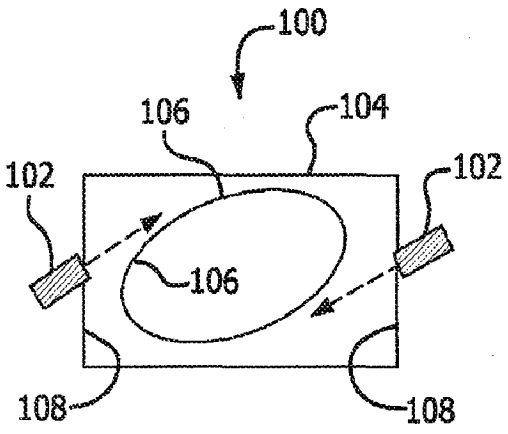
权利要求书2页 说明书6页 附图9页

(54)发明名称

氧-燃料炉和在氧-燃料炉中加热材料的方法

(57)摘要

公开一种氧-燃料炉,以及在氧-燃料炉中加热材料的方法。该方法包括:在氧-燃料炉中用氧-燃料喷燃器组件燃烧氧和燃料,从而形成燃烧气体;以及在氧-燃料炉的封壳的中心区域内保持涡旋,涡旋包括燃烧气体。氧-燃料喷燃器组件包括成角度地布置成产生涡旋的多个高动量氧-燃料喷燃器,相对于封壳的炉壁边界,该角度大于15度但小于75度,角速度大于0.07弧度每秒,或者呈它们的组合的方式。炉包括:氧-燃料喷燃器组件,其包括具有高形状因素喷嘴几何构造的至少两个高动量氧-燃料喷燃器;以及封壳。涡旋增加封壳内的对流加热和封壳内的加热的均匀性。



CN 103443541 A

1. 一种用于在氧－燃料炉中加热材料的方法，所述方法包括：

在所述氧－燃料炉中用氧－燃料喷燃器组件燃烧氧和燃料，从而形成燃烧气体；以及

在所述氧－燃料炉的封壳的中心区域内保持涡旋，所述涡旋包括燃烧气体；

其中，所述氧－燃料喷燃器组件包括成角度地布置成产生所述涡旋的多个高动量氧－燃料喷燃器，相对于所述封壳的炉壁边界，所述角度大于 15 度但小于 75 度。

2. 根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述多个高动量氧－燃料喷燃器中的至少一个包括高形状因素喷嘴。

3. 根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述多个高动量氧－燃料喷燃器包括交错的喷燃器。

4. 根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述多个高动量氧－燃料喷燃器包括两个喷燃器。

5. 根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述多个高动量氧－燃料喷燃器包括四个喷燃器。

6. 根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述多个高动量氧－燃料喷燃器包括不止四个喷燃器。

7. 根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述涡旋具有大于 0.07 弧度每秒的角速度。

8. 根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述角度介于大约 30 度和大约 60 度之间。

9. 根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述涡旋在所述封壳的区域中引起对流热，所述区域介于所述封壳的大约 15% 和大约 75% 之间。

10. 根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述涡旋在所述封壳的区域中引起对流热，所述区域介于所述封壳的大约 30% 和大约 60% 之间。

11. 根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述封壳在所述涡旋内具有第一压力，所述第一压力小于所述封壳的所述炉壁边界附近的第二压力。

12. 根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于，进一步包括在所述封壳内加热金属。

13. 根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于，进一步包括在所述封壳内加热铝。

14. 根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述涡旋增加所述封壳内的对流加热。

15. 根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述涡旋增加所述封壳内的加热的均匀性。

16. 一种用于在氧－燃料炉中加热材料的方法，所述方法包括：

在所述氧－燃料炉中用氧－燃料喷燃器组件燃烧氧和燃料，从而形成燃烧气体；以及

在所述氧－燃料炉的封壳的中心区域内保持涡旋，所述涡旋包括燃烧气体；

其中，所述涡旋具有大于 0.07 弧度每秒的角速度。

17. 根据权利要求 16 所述的方法，其特征在于，所述多个高动量氧－燃料喷燃器中的至少一个包括非圆形喷嘴几何构造。

18. 根据权利要求 16 所述的方法，其特征在于，所述多个高动量氧－燃料喷燃器包括交错的喷燃器。

19. 根据权利要求 16 所述的方法，其特征在于，相对于所述封壳的炉壁边界，所述角

度大于 15 度但小于 75 度。

20. 一种氧 - 燃料炉，包括：

氧 - 燃料喷燃器组件，其包括具有高形状因素喷嘴的至少两个高动量氧 - 燃料喷燃器；以及

封壳；

其中，所述氧 - 燃料喷燃器组件包括成角度地布置成产生涡旋的多个高动量氧 - 燃料喷燃器，相对于所述封壳的炉壁边界，所述角度大于 15 度但小于 75 度；

其中，所述涡旋增加所述封壳内的对流加热，以及所述封壳内的加热的均匀性。

氧 - 燃料炉和在氧 - 燃料炉中加热材料的方法

[0001] 相关申请的交叉引用

本申请要求 2011 年 4 月 5 日提交的美国临时专利申请 No. 61/471,900 的优先权和好处，该申请通过引用而整体地结合在本文中。

技术领域

[0002] 本发明涉及加热材料的系统和方法。更特别地，本发明涉及氧 - 燃料炉，以及通过使用氧 - 燃料炉来加热材料的方法。

背景技术

[0003] 氮氧化物 (NOx) 在由燃烧过程排出的主要空气污染物之中。因为 NOx 会促进引起烟雾的有害大气反应产物的形成，所以多个政府机构已经实行空气质量标准来限制可排到大气中的 NOx 的量。由于许多国家的环境立法增加，以及全球对大气污染的认识度增加，当代燃烧技术已经得到改进，以减少来自多种类型的燃烧装备的 NOx 排放。

[0004] 再生金属行业一般被认为是主要的 NOx 污染源，并且因此受到关于 NOx 排放的严格规则的约束。在燃烧过程中减少 NOx 的产生在这个行业中变得更重要，因为对金属的需求增加，而对 NOx 的环境规则却变得越来越严格。全氧 - 燃料燃烧在理论上可产生非常低的 NOx 排放，因为氧化剂中没有氮。

[0005] 再生金属行业已经有了减少 NOx 排放的革新。在美国专利申请公开 No. 2007/0254251 中描述了这种已知系统，该申请通过引用而整体地结合在本文中。已知的系统通过将炉气体输送到火焰区中来实现大规模燃烧。这种系统减少了排放。但是，进一步的减少是合乎需要的，尤其是在进一步的燃烧 NOx 减少与热能消耗考量相平衡（例如由于平衡辐射和对流热传递成分）的情况下。

[0006] 传统的低动量氧 - 燃料燃烧由辐射模式热传递控制，但缺乏对流加热成分。缺乏对流成分是因为气体量低，而且缺乏对流成分可增加加热不一致或不均匀、热点和产生 NOx 的可能性。相比之下，空气燃料燃烧由于 N_2 稀释而缺乏辐射加热的效率。但是，空气燃料燃烧可具有强的对流热传递成分，因为烟道气量较高，当与辐射结合时，较高的烟道气量可用来加热产物。但是，来自空气 - 燃料火焰的辐射比来自氧 - 燃料火焰的辐射低得多。

[0007] 不遭受一个或多个以上缺陷的氧 - 燃料炉和在氧 - 燃料炉中加热材料的方法在本领域中将是合乎需要的。

发明内容

[0008] 在示例性实施例中，一种用于在氧 - 燃料炉中加热材料的方法包括：在氧 - 燃料炉中用氧 - 燃料喷燃器组件燃烧氧和燃料，从而形成燃烧气体；以及在氧 - 燃料炉的封壳的中心区域内保持涡旋，涡旋包括燃烧气体。氧 - 燃料喷燃器组件包括成角度地布置成产生涡旋的多个高动量氧 - 燃料喷燃器，相对于封壳的炉壁边界，角度大于 15 度但小于 75 度。

[0009] 在另一个示例性实施例中，一种用于在氧 - 燃料炉中加热材料的方法包括：在

氧－燃料炉中用氧－燃料喷燃器组件燃烧氧和燃料，从而形成燃烧气体；以及在氧－燃料炉的封壳的中心区域内保持涡旋，涡旋包括燃烧气体。涡旋具有大于 0.07 弧度每秒的角速度。

[0010] 在另一个示例性实施例中，一种氧－燃料炉包括：氧－燃料喷燃器组件，其包括具有高形状因素喷嘴的至少两个高动量氧－燃料喷燃器；以及封壳。氧－燃料喷燃器组件包括成角度地布置成产生涡旋的多个高动量氧－燃料喷燃器，相对于封壳的炉壁边界，角度大于 15 度但小于 75 度。涡旋增加封壳内的对流加热和封壳内的加热的均匀性。

[0011] 根据结合附图得到的优选实施例的以下更详细的描述，本发明的其它特征和优点将是显而易见的，附图以示例的方式示出本发明的原理。

附图说明

[0012] 图 1 至 4 是根据本公开的实施例的氧－燃料炉的示意图。

[0013] 图 5 是根据本公开的实施例的氧－燃料炉的三维示意图。

[0014] 图 6 是根据本公开的在氧－燃料炉中加热材料的示例性方法和其它加热材料的方法的图形比较。

[0015] 图 7 是关于根据本公开的示例性氧－燃料炉，表面温度随时间而改变的图解说明。

[0016] 图 8 是由于在没有形成涡旋的情况下运行氧－燃料炉而引起的炉壁和材料的表面温度的图解说明。

[0017] 图 9 是由于根据本公开在形成涡旋的情况下运行氧－燃料炉而引起的炉壁和材料的表面温度的图解说明。

[0018] 在可行的情况下，相同参考标号将在图中用来表示相同部件。

具体实施方式

[0019] 提供示例性氧－燃料炉，以及在氧－燃料炉中加热材料的方法。本公开的实施例增加氧－燃料加热过程中的热传递的对流部分，减少用于实现某些温度的循环时间，增加效率，或者实现它们的组合。

[0020] 参照图 1 至 5，根据实施例，氧－燃料炉 100 包括至少两个高动量氧－燃料喷燃器 102，以及在氧－燃料炉 100 内大体限定燃烧区的封壳 104。封壳 104 为任何适当的几何构造，并且由炉壁边界 108 限定。例如，在一个实施例中，封壳 104 为立方形或大体立方形的几何构造。在另一个实施例中，封壳 104 为圆柱形或大体圆柱形的几何构造。封壳包括例如由各个喷燃器 102 的喷燃器轴线限定的中心区域，喷燃器轴线是从喷燃器的中间延伸的线。氧－燃料炉 100 包括对于保持燃烧、加热、其它运行条件或它们的组合来说必要的其它适当的特征。

[0021] 封壳 104 构造成容纳燃烧气体的涡旋 106 的至少一部分，诸如炉级涡旋。通过这样来形成涡旋 106：偏移喷燃器 102 的燃烧，这将周围燃烧气体输送到封壳 104 内的火焰区，从而引起搅动（或气体的均衡），这例如由于传送燃烧气体而形成涡旋 106。在一个实施例中，涡旋 106 用于大规模燃烧，即，由于炉气体输送到火焰区中而实现的燃烧。在一个实施例中，喷燃器 102 形成两个不同的炉气体再循环流，例如，水平成分和竖直成分，它们由于封壳 104 内的压差而压缩涡旋 106。

[0022] 喷燃器 102 布置和设置成形成涡旋 106。氧 - 燃料炉 100 包括两个喷燃器 102（参见图 1 和 2）、三个喷燃器 102、四个喷燃器 102（参见图 3），或者不止四个喷燃器 102。如图 1 中显示的那样，在一个实施例中，喷燃器 102 以交错定向在封壳 104 的相对的侧定位在炉壁边界 108 上。如图 2 中显示的那样，在一个实施例中，两个喷燃器 102 以成角度的构造定位在炉壁边界 108 上。如图 3 中显示的那样，在一个实施例中，四个喷燃器 102 以成角度的构造定位在炉壁边界 108 上。其它实施例包括这些实施例的组合。

[0023] 喷燃器 102 是能够在高动量条件下使用的任何适当的喷燃器，诸如，美国专利申请公开 No. 2007/0254251 中公开的喷燃器（其通过引用而整体地结合在本文中），以及 / 或者高形状因素喷燃器。如本文所用，用语“高动量”指的是通过喷燃器 102 的通路的至少一个通道的气体的流量大于大约 5 磅 - 英尺 / 秒 ^{2}。在一些实施例中，通过喷燃器 102 的通路的至少一个通道的气体的流量大于大约 10 磅 - 英尺 / 秒 ^{2}，例如，对于天然气，具有介于大约 10 磅 - 英尺 / 秒 ^{2} 和 70 磅 - 英尺 / 秒 ^{2} 之间的流率，从而使得能够以较高的速率燃烧，改进循环时间，减少局部过热（诸如使热电偶过热），或者实现它们的组合。如本文所用，用语“高形状因素喷燃器”指的是具有大于圆形喷嘴的周长的喷嘴周长或多个周长的喷燃器。例如，相对周长比 (P_{rel}) 是高形状因素喷燃器（诸如，非圆形喷燃器）的喷嘴（一个或多个）的周长与圆形喷嘴的周长的比。对于具有 1.0 英寸 ^{2} 面积的喷嘴，圆形喷嘴具有 3.54 英寸的周长。因而，具有 1.0 英寸 ^{2} 的喷嘴的高形状因素喷燃器具有大于 3.54 英寸的周长。在一个实施例中，高形状因素喷燃器具有为 1.96 的相对周长比。

[0024] 参照图 4 和 5，在一个实施例中，两个或更多个喷燃器 102 通过相对于炉壁边界 108 以角 θ 成角度而形成涡旋 106。角 θ 对应于氧 - 燃料炉 100 的具体构造（例如，几何构造、大小或它们的组合）、待加热的材料（例如，金属或金属材料，诸如锭铁、片材、铸造材料、锻造材料、铝、铁、钢、含铁材料、不含铁的材料或它们的组合）、其它适当的运行考量（例如，流率、氧 - 燃料的成分、封壳压力、封壳材料等），或它们的组合。加热的材料定位在封壳 104 内的任何适当的部分处，例如，在封壳 104 的底部上。在一个实施例中，氧 - 燃料在氧化剂（例如，来自 95 mol% 的氧的氧化剂流）和燃料（例如，天然气、丙烷、合成气、低 Btu 燃料等）中包括至少 50 mol% 的氧。

[0025] 在一个实施例中，角 θ 大于 15 度、大于 30 度、大于 45 度、大于 60 度、小于 75 度、小于 60 度、小于 45 度、小于 30 度，或者为它们的任何适当的范围子范围、组合或子组合。

[0026] 在一个实施例中，氧 - 燃料炉 100 加强混合和炉气体输送，这会降低峰值火焰温度和热 NOx 产生量。喷燃器 102 使混合加强，从而在涡旋 106 内产生具有第一压力的低压力区域，以及紧邻封壳 104 的炉壁边界 108 的具有第二压力的高压力区域。

[0027] 通过喷燃器 102 的燃烧气体流在炉 100 的封壳 104 中施加的力（F_{inl}）可如等式 1 中显示的那样表示：

$$F_{inl} = \rho_{inl} \cdot Q_{inl} \cdot u_{inl} \qquad \text{（等式 1）}$$

如等式 1 中使用的那样，ρ_{inl} 指的是进入封壳 104 的燃烧流的密度（例如，以磅 / 英尺 ^{3} 为单位来表示，这取决于火焰温度）。u_{inl} 指的是进入封壳 104 的入口流的速度（例如，以英尺 / 秒为单位来表示）。Q_{inl} 指的是进入到封壳 104 中的总入口流率（例如，以英尺 ^{3}/ 秒为单位来表示）。

[0028] 在一个实施例中，通过在喷燃器 102 中的一个或多个中使用具有高形状因素的喷嘴来加强炉气体输送到火焰中。喷嘴与炉气体强烈地相互作用所实现的实际流可如等式 2 中显示的那样表示：

$$F_{inl} = \rho_{inl} \cdot (Q_{inl} \cdot P_{rel}) \cdot u_{inl} \qquad (等式\ 2)$$

如等式 2 中使用的那样，P_{rel} 指的是相对周长比，而 $Q_{inl} \cdot P_{rel}$ 指的是总的实际入口流率（例如，以英尺 ^{3}/ 秒为单位来表示）。

[0029] 涡旋由被施加到炉中的力和这些流在炉中的粘性耗散（F_{visc}）的余量产生，由等式 3 提供：

$$F_{visc} = \rho_{furn} \cdot V_{furn} \cdot (u_t^2 / d_e) \qquad (等式\ 3)$$

如等式 3 中使用的那样，ρ_{furn} 指的是封壳 104 内的炉气体的密度（例如，以磅 / 英尺 ^{3} 为单位来表示，这取决于火焰温度）。V_{furn} 指的是氧 - 燃料炉 100 中的封壳 104 的容积（例如，以英尺 ^{3} 为单位来表示）。u_t 指的是在封壳 104 内部的直径为 d_e 的涡旋的切向速度（例如，以英尺 / 秒为单位来表示）。d_e 指的是涡旋 106 的特征尺寸（例如，以英尺为单位而测得的同等直径）。

[0030] 在一个实施例中，使用等式 4 来定义涡旋 106 的角速度（u_ω），等式 4 基于等式 2 和 3 的合并：

$$u_\omega = \sqrt{(\rho_{rat} \cdot ((Q_{inl} \cdot u_{inl} \cdot d_e)/V_{furn}))}/\pi d_e \qquad (等式\ 4)$$

如等式 4 中使用的那样，ρ_{rat} 指的是入口流（ρ_{inl}）与炉气体（ρ_{furn}）的密度比。密度比在空气 - 燃料燃烧的 0.8 和氧 - 燃料燃烧的 0.6 之间，因为火焰温度有差别。

[0031] 在一个实施例中，喷燃器 102 加强对流热传递成分（除了辐射热传递成分之外），以增加加热的均匀性和 / 或效率。例如，在一个实施例中，通过使用喷燃器 102，对流热传递成分的涡旋引起的成分增加均匀性和效率。通过将喷燃器 102 布置和 / 或定向成使得涡旋 106 形成且保持在封壳 104 内来实现涡旋引起的成分。在一个实施例中，对流热传递减少或消除火焰对待加热的材料的直接影响。

[0032] 在一个实施例中，对流热传递成分的涡旋引起的成分影响封壳 104 的区域的 15% 和 75% 之间（平面图）。在另外的实施例中，对流热传递成分影响 30% 和 60% 之间、30% 和 45% 之间、45% 和 60% 之间，大约 15%、大约 30%、大约 45%、大约 60%、大约 75%，或它们的任何适当的范围、子范围、组合或子组合。在一个实施例中，通过增加涡旋 106 的角速度（u_ω）来增加涡旋引起的成分。

[0033] 参照图 6，与一侧燃烧和相对的（但不交错）喷燃相比，用形成涡旋 106 的喷燃器 102 加热的均匀性和效率有改进。图 6 显示加热钢锭的分布，其中，封壳 104 在处于不同构造的坑式炉中。涡旋引起的加热分布 602 基于使用喷燃器 102 来形成涡旋 106，如本文描述的那样。一侧喷燃器加热分布 604 基于使用一侧燃烧、将钢锭定位在喷燃器的远侧，以及将钢锭移向靠近喷燃器的端部。相对喷燃器加热分布 606 基于在炉的相对的壁上具有两个喷燃器。射流碰撞，并且具有在坑式炉的中心处使钢锭过热的倾向。与其它构造相比，相对喷燃器加热分布 606 还会产生大的热通量梯度。

[0034] 如图 6 中显示的那样，涡旋引起的加热分布 602（包括涡旋引起的成分）保持在小于 25 ℉的温度范围内。在另外的实施例中，涡旋引起的热分布 602（包括涡旋引起的成分）保持小于 10 ℉、小于 5 ℉的温度范围内，或者基本恒定。相比之下，一侧喷燃器加热分布 604 和相对喷燃器加热分布 606 超过 25 ℉的温度范围。

[0035] 参照图 7，显示了随着时间的推移的、在上面描述的涡旋引起的热分布 602 和相对喷燃器加热分布 606 下加热的材料的表面温度。各个分布对应于最大表面面温度分布 702 和平均面温度分布 704。对于涡旋引起的热分布 602 和相对喷燃器加热分布 606，最大表面面温度分布 702 随着时间的推移基本一致。平均面温度分布 704 随着时间的推移而分叉，从而容许与相对喷燃器加热分布 606 相比，减少在涡旋引起的热分布 602 下实现预定平均面温度的循环时间。在一个实施例中，循环时间减少至少 10%，10% 和 20% 之间，大约 15%，或它们的任何适当的范围、子范围、组合或子组合。

[0036] 图 8 和 9 比较性地示出与相对喷燃器加热分布 606（参见图 8）相比，根据涡旋引起的热分布 602（参见图 9）来在封壳 104 内进行的材料加热。特别地，图 8 示出被相对喷燃器加热分布 606 加热的封壳内的壁温，而图 9 示出被涡旋引起的热分布 602 加热的炉壁边界 108 的温度。图 8 显示相对喷燃器加热分布 606 形成热点 802。图 9 显示涡旋引起的热分布 602 形成更均匀的温度梯度，例如，炉壁边界 108 没有区域超过喷燃器 102 附近的炉壁边界 108 的温度，从而允许增加输入到氧 - 燃料炉 100 中的能量的量，以及 / 或者减少实现预定温度的循环时间。

[0037] 在一个实施例中，封壳 104 具有 24 英尺 ×9 英尺 ×14 英尺的尺寸。在封壳 104 中实现的加热过程中，加热过程使用平均大约 10 MMBTU/hr 的空气 - 燃料燃烧速率和大约 6 MMBTU/hr 的氧 - 燃料燃烧速率（假设在封壳 104 中分别可使用 45% 和 75% 的热）来形成涡旋 106。例如基于上面的等式 1 至 4 来计算涡旋 106 的角速度（U_ω），并且角速度取决于使用的燃料和使用的喷燃器。例如，在交错的喷燃器构造的情况下的空气燃料燃烧（参见图 1）会产生 0.099 弧度 / 秒的角速度（U_ω），而成角度的喷燃器构造（参见图 2）会产生 0.087 弧度 / 秒的角速度（U_ω）。在交错的喷燃器构造的情况下的低动量氧 - 燃料燃烧（参见图 1）会产生 0.035 弧度 / 秒的角速度（U_ω），而成角度的喷燃器构造（参见图 2）会产生 0.031 弧度 / 秒的角速度（U_ω）。在交错的喷燃器构造（参见图 1）和圆形喷嘴的情况下的高动量氧 - 燃料燃烧会产生 0.079 弧度 / 秒的角速度（U_ω），而成角度的喷燃器构造（参见图 2）会产生 0.070 弧度 / 秒的角速度（U_ω）。在交错的喷燃器构造（参见图 1）和非圆形喷嘴的情况下的高动量氧 - 燃料燃烧会产生 0.111 弧度 / 秒的角速度（U_ω），而成角度的喷燃器构造（参见图 2）会产生 0.097 弧度 / 秒的角速度（U_ω）。

[0038] 考虑到这样的差别，在本公开的一个实施例中，炉 100 的喷燃器 102 布置和运行成使得涡旋具有的角速度大于将由空气 - 燃料燃烧形成的空气 - 燃料燃烧涡旋的对应的角速度（例如，至少 0.07 弧度每秒）。在一个实施例中，由于用具有非圆形喷嘴的喷燃器 102 燃烧氧 - 燃料而形成的涡旋 106 具有比将由空气 - 燃料燃烧形成的涡旋大 10% 的角速度，比将由具有圆形喷嘴的喷燃器 102 形成的涡旋 106 大 40% 的角速率，比将由低动量氧 - 燃料燃烧形成的涡旋大 200% 的角速度，或者为它们的组合。

[0039] 虽然参照优选实施例对本发明进行了描述，但本领域技术人员将理解，可在不偏离本发明的范围的情况下作出各种改变，而且等效物可代替本发明的元件。另外，可在不偏离本发明的实质范围的情况下作出许多修改，以使具体情况或内容适于本发明的教导。因此，意于的是本发明不限于被公开为为了执行本发明而构想的最佳模式的特定实施例，本发明而是将包括落在所附权利要求的范围内的所有实施例。

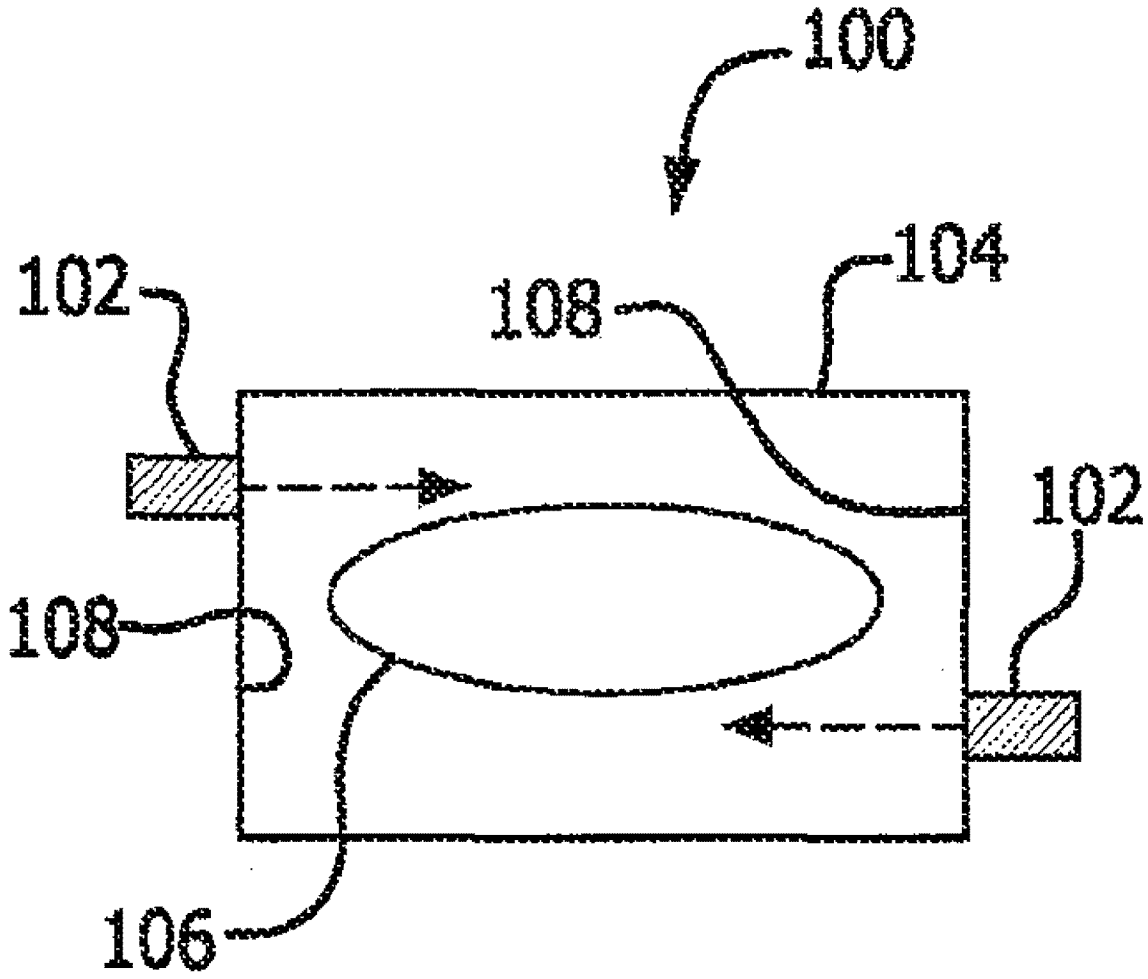


图 1

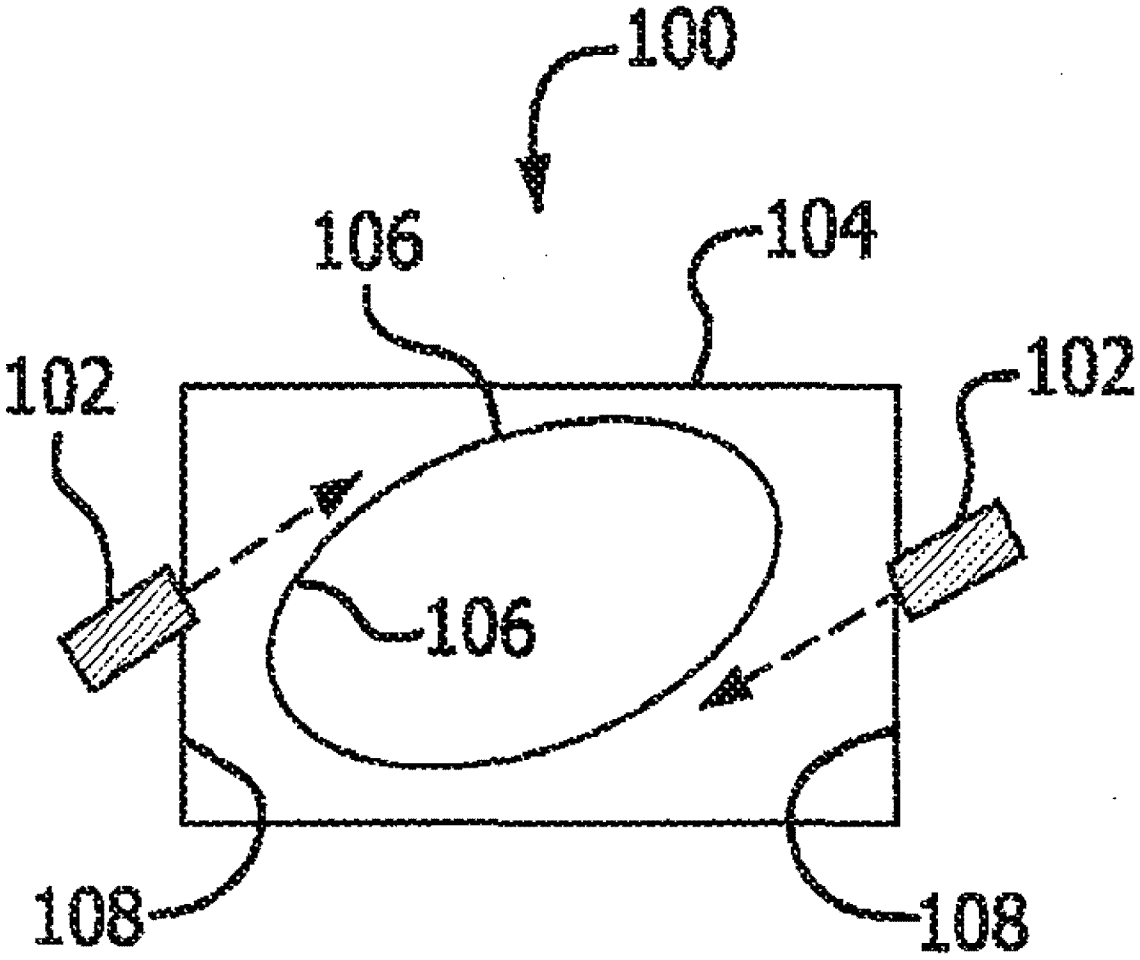


图 2

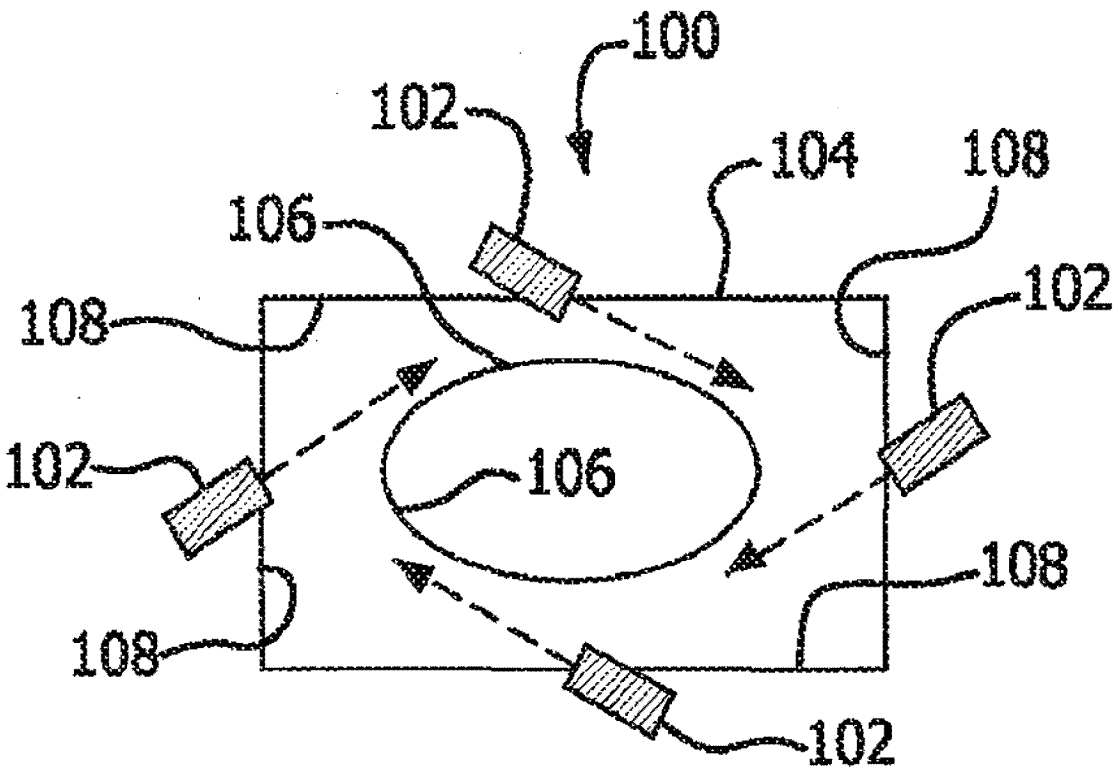


图 3

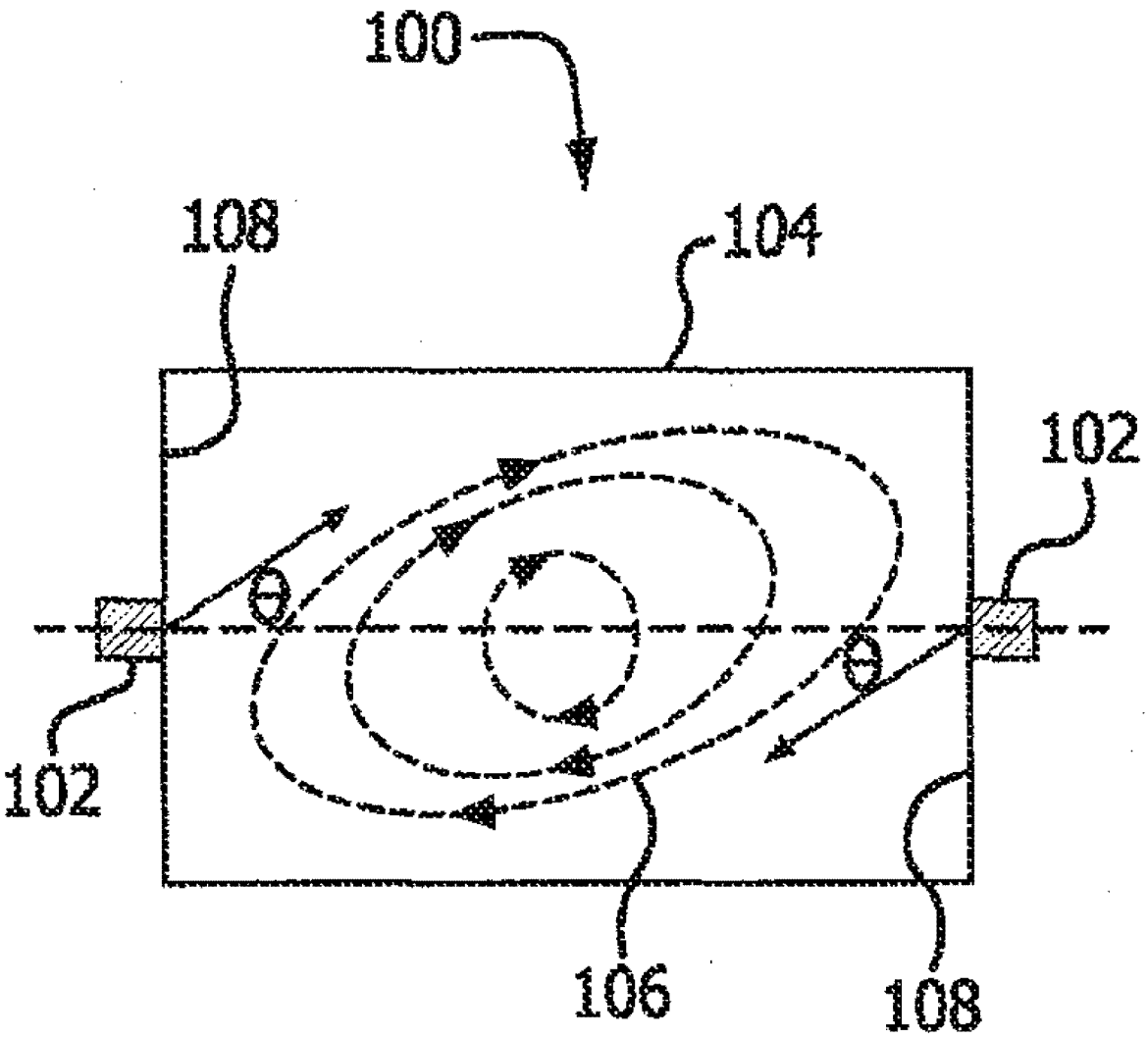


图 4

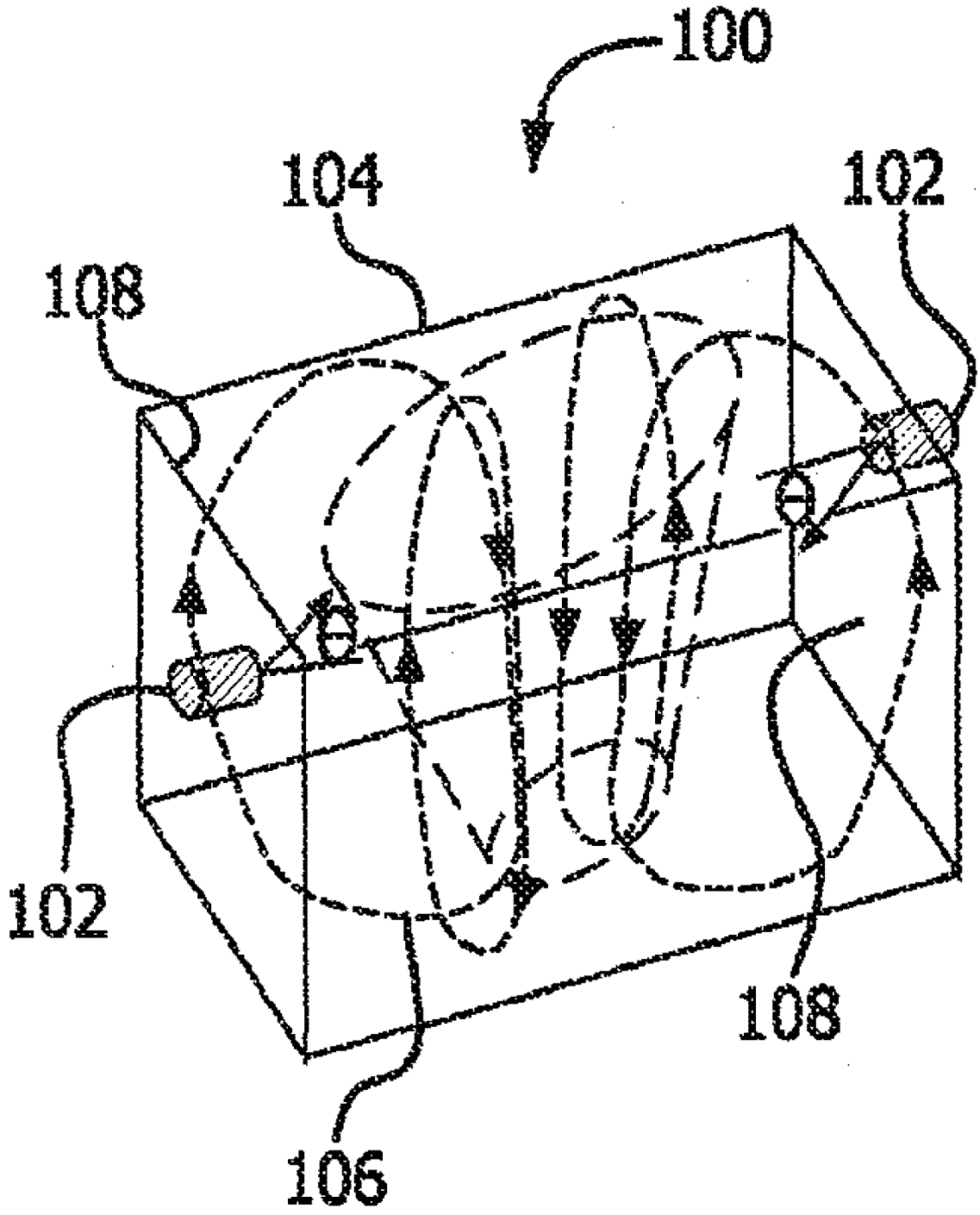


图 5

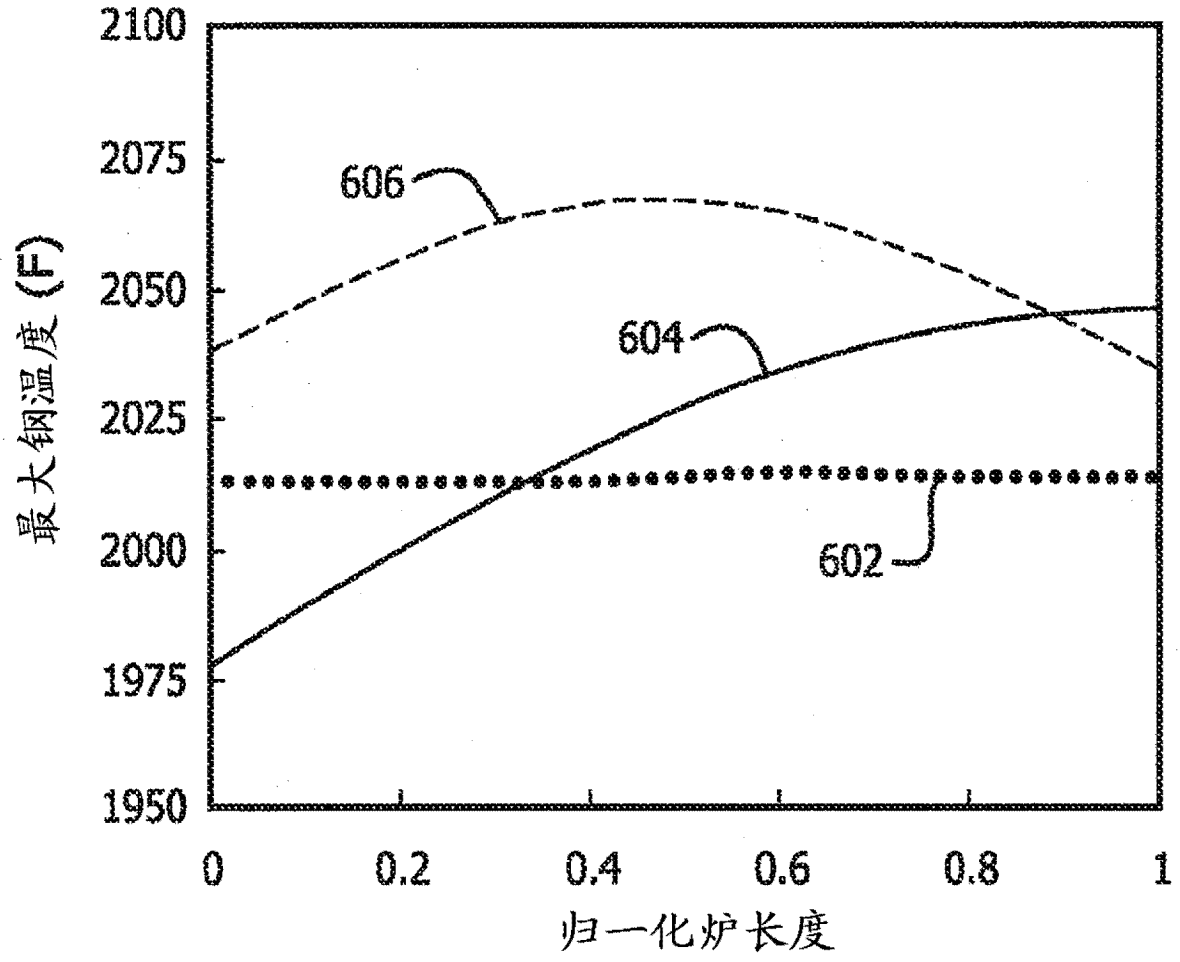

2100
2075
2050
2025
2000
1975
1950
最大钢温度 (F)
606
604
602
0
0.2
0.4
0.6
0.8
1
归一化炉长度

图 6

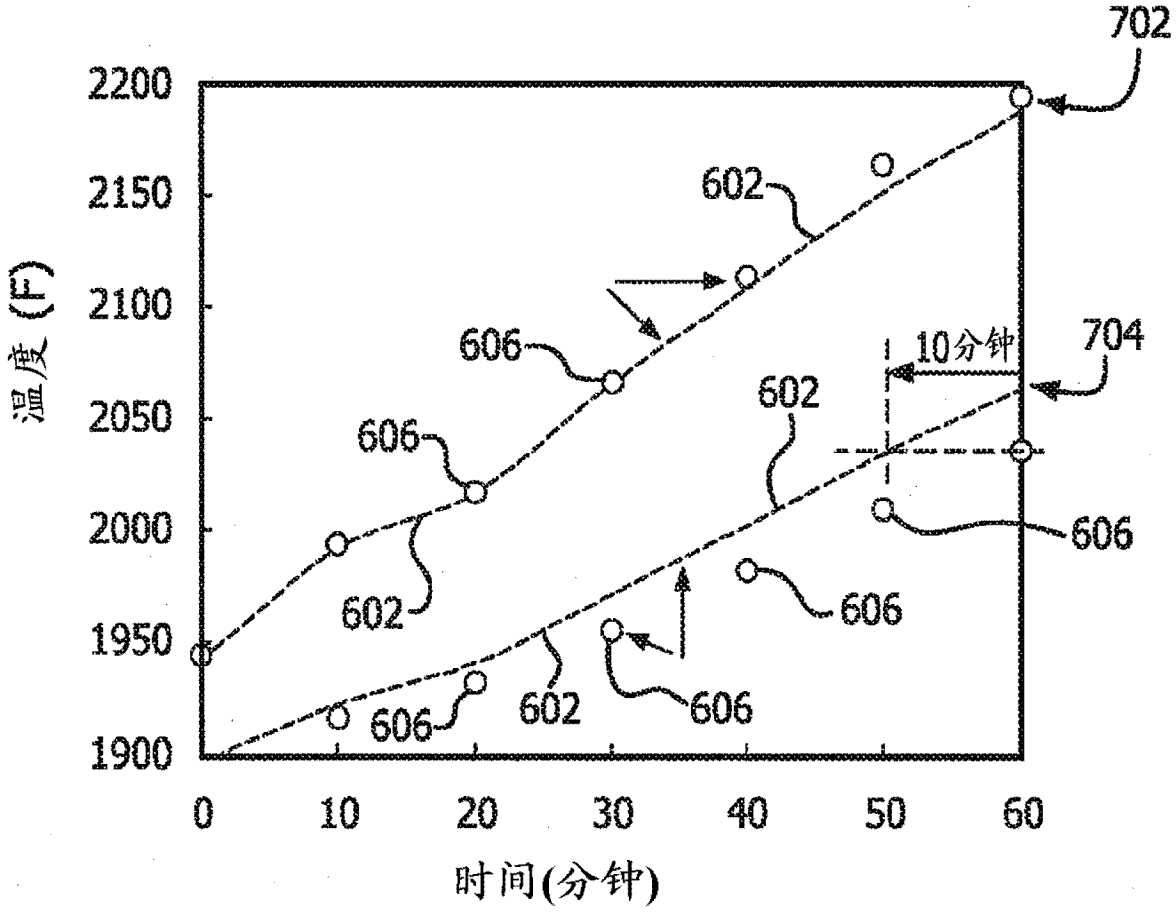

702
2200
2150
2100
2050
2000
1950
1900
温度(F)
602
606
606
602
10分钟
704
602
606
606
606
606
602
606
0
10
20
30
40
50
60
时间(分钟)

图 7

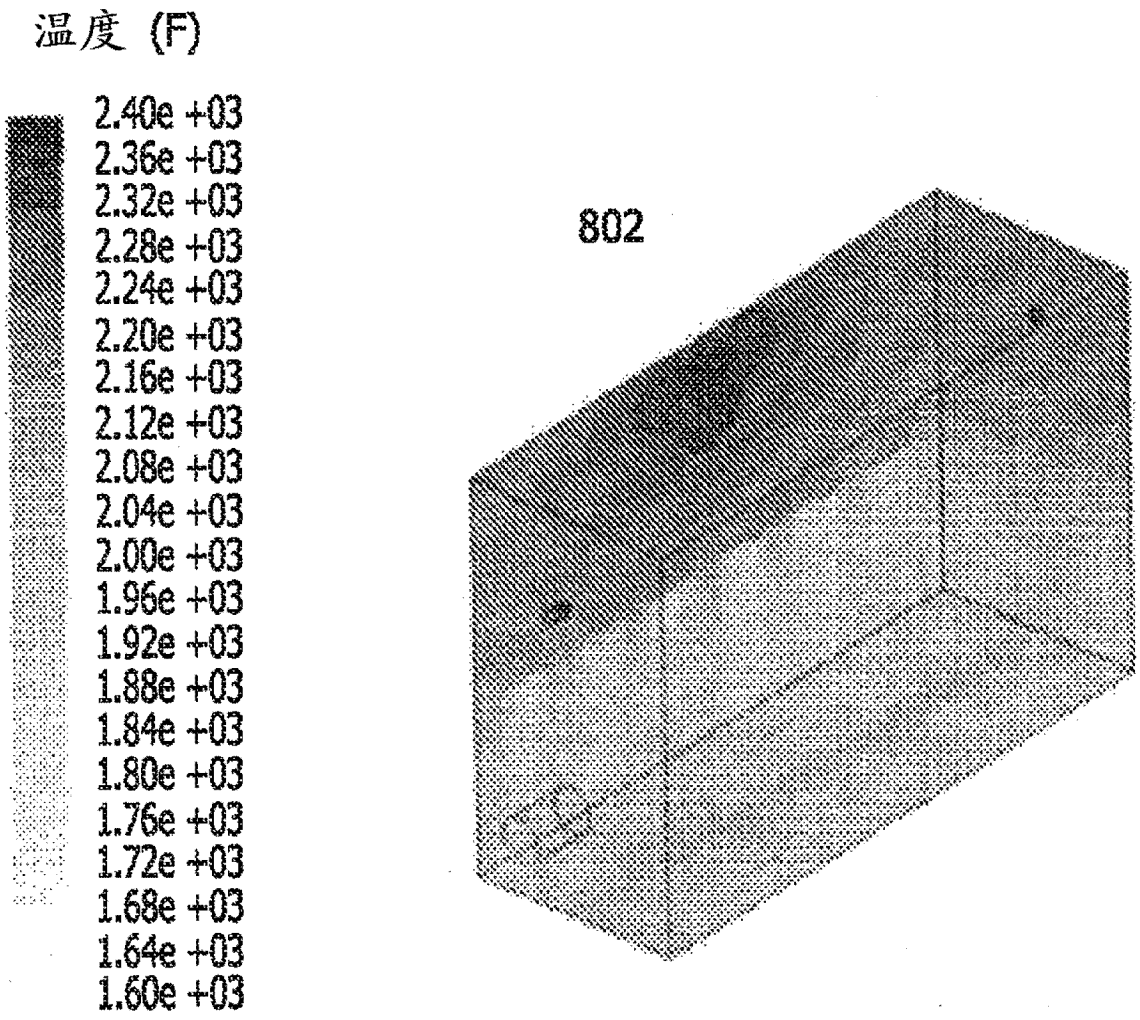

温度 (F)
2.40e +03
2.36e +03
2.32e +03
2.28e +03
2.24e +03
2.20e +03
2.16e +03
2.12e +03
2.08e +03
2.04e +03
2.00e +03
1.96e +03
1.92e +03
1.88e +03
1.84e +03
1.80e +03
1.76e +03
1.72e +03
1.68e +03
1.64e +03
1.60e +03
802

图 8

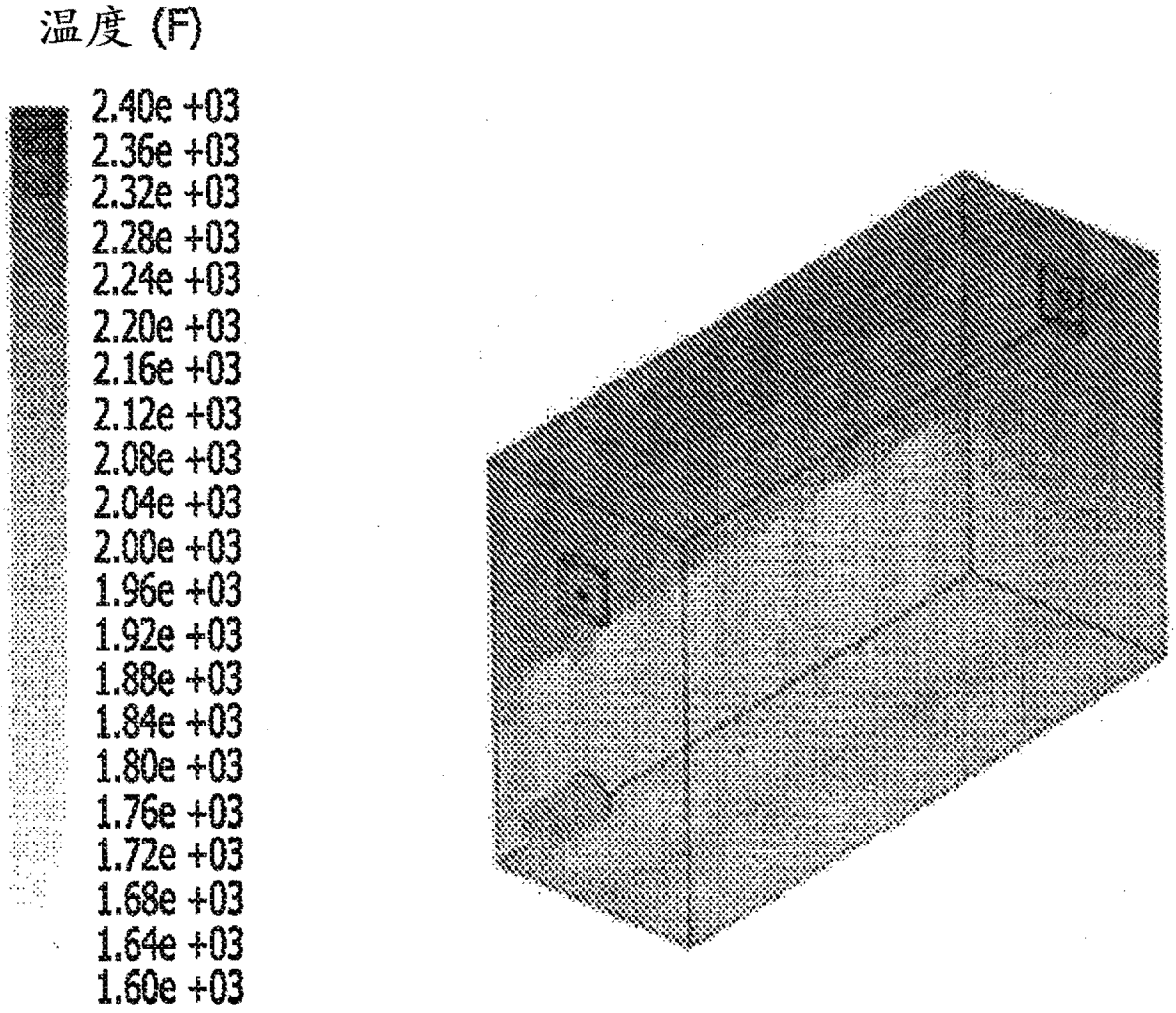

温度 (F)
2.40e +03
2.36e +03
2.32e +03
2.28e +03
2.24e +03
2.20e +03
2.16e +03
2.12e +03
2.08e +03
2.04e +03
2.00e +03
1.96e +03
1.92e +03
1.88e +03
1.84e +03
1.80e +03
1.76e +03
1.72e +03
1.68e +03
1.64e +03
1.60e +03

图 9