

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

F23D 11/10 (2006.01)

F23C 1/10 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 02808740.2

[45] 授权公告日 2006年5月3日

[11] 授权公告号 CN 1254631C

[22] 申请日 2002.1.30 [21] 申请号 02808740.2

[30] 优先权

[32] 2001. 2. 26 [33] US [31] 09/791,614

[86] 国际申请 PCT/US2002/002421 2002. 1. 30

[87] 国际公布 WO2002/068866 英 2002. 9. 6

[85] 进入国家阶段日期 2003. 10. 23

[71] 专利权人 普莱克斯技术有限公司

地址 美国康涅狄格州

[72] 发明人 L·E·波尔三世 J·E·安德森

G·W·阿诺 C·B·莱格尔

审查员 钟德惠

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

代理人 温大鹏 黄力行

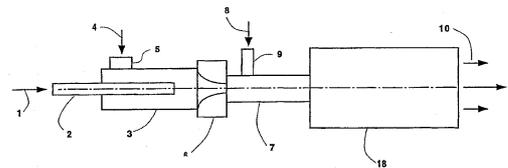
权利要求书 1 页 说明书 8 页 附图 2 页

[54] 发明名称

燃料和废流体燃烧系统

[57] 摘要

本发明涉及一种用于燃烧难于燃烧流体的系统，所述难于燃烧的流体诸如废流体(8)，其特征在于，燃料(1)与气态氧化剂(4)在热燃烧气体腔室(3)中燃烧以产生热燃烧气体混合物，所述热燃烧气体混合物被加速到高速，并且在稳流，即，非脉冲流下被用于雾化，然后燃烧流体。



1. 一种用于燃烧难于燃烧流体的一种方法，所述方法包括：
- (A) 使得燃料(1)与气态氧化剂(4)相接触并使得燃料(1)与一部分气态氧化剂(4)燃烧以产生包含气态氧化剂的热燃烧气体混合物；
- 5 (B) 使得在一稳流中的热燃烧气体混合物穿过一喷嘴(6)以形成具有稳流的高速燃烧气体混合物；
- (C) 使得高速稳流的燃烧气体混合物与难于燃烧流体流(8)相接触，并且通过与高速稳流的燃烧气体混合物相接触使得至少一些所述流体流雾化；以及
- 10 (D) 通过与高速稳流的燃烧气体混合物的气态氧化剂反应而燃烧雾化流体，其中所述雾化流体的燃烧发生在一燃烧区域以形成反应物质，还包括热燃烧气混合物的高速增进了已在燃烧区中反应了的物质的再循环。
- 15 2. 如权利要求1中所述的方法，其特征在于，所述热燃烧气体混合物具有至少300°F的温度。
3. 如权利要求1中所述的方法，其特征在于，与所述高速稳流的燃烧气体混合物相接触的所述流体具有至少为1厘泊的粘性。
4. 如权利要求1中所述的方法，其特征在于，所述难于燃烧的流
- 20 体为废流体。
5. 如权利要求1中所述的方法，其特征在于，所述难于燃烧的流体包括传统燃料。
6. 如权利要求1中所述的方法，其特征在于，所述难于燃烧的燃料只是部分地与高温、高速的气态氧化剂燃烧。
- 25 7. 如权利要求1中所述的方法，其特征在于，所述高速燃烧气体混合物的速度为305米/秒至915米/秒。
8. 如权利要求1中所述的方法，其特征在于，所述高速稳流燃烧气体混合物是紊流。

燃料和废流体燃烧系统

技术领域

5 本发明通常涉及可燃流体的燃烧，更具体地说，本发明涉及废流体的燃烧。

背景技术

10 目前存在多种用于燃烧燃料和废料的装置。所述装置包括燃烧系统，诸如锅炉和废物-能量转化设备，所述燃烧系统利用燃烧所产生的热能产生过程热、蒸汽或动力。其他常用的燃烧设备包括其主要目的在于毁灭废物的装置，诸如回转炉、多炉膛焚化炉以及流化床焚烧炉。这些装置用于燃烧多种材料，并且它们通常能够处理低热值的废料、废液、或在物理上难于处理的废料诸如淤泥。然而，实现这种能力需要高成本；这些装置在机械方面是复杂的、耗费资金的、维修密集

15 的，并且当燃烧包含低热值的废料时它们通常也是耗费燃料的。如果具有足够高的热值的话，废液，诸如废油通常用作工业用炉中的燃料。然而，由于用废液流不会使传统燃烧器产生稳定焰，因此还存在多种不能用于该目的的废液流。因此，即使这些废物包含可观的热能，处置这些废物也会变得更为昂贵。

20 根据定义来看，由于废液包含那么多的水份，所以从来不将废液用作燃料。处理费用可能很高，特别是如果当必须焚化时。目前，仅将它们喷射到炉中，在所述炉中燃烧其他的燃料以提供热能从而蒸发水份。由于淤泥具有不良的物理处理特性，因此处理淤泥通常是成问题的。它们可具有高或低热值，但是由于它们的厚度和凝块的趋向，

25 通常难于使它们燃烧。例如，来自于废水处理系统的淤泥几乎专门在多炉膛焚化炉或流化床焚烧炉中燃烧，这主要是由于这些炉可在不堵塞的情况下处理粘着材料。

目前工业实践将避免用这些劣质废料作为燃料。通常只在专用炉中焚化这些废物，所述专用炉诸如回转炉、多炉膛焚化炉以及流化床

30 焚烧炉，这些装置在机械方面是复杂的、耗费资金的、维修密集的，并且当燃烧包含低热值的废料时它们通常也是耗费燃料的。

回转炉焚化装置具有在机械方面复杂并且操作和维修较为昂贵的趋势。将多炉膛焚化炉专门设计得用以处理来自于废水处理过程的淤泥。它们依赖机械臂分解淤泥，使其穿过炉，并将其暴露于火焰之下。这些焚化装置在机械方面甚至比回转炉更为复杂，相应地提高了资本费用、操作费用和维修费用。取决于淤泥的水分含量，这些焚化装置可能5 需要大量的辅助燃料。由于其专用设计，这些炉在废料处理中处理变化的能力是较弱的，所述变化包括淤泥的水分含量、挥发性有机物含量以及物理浓度方面的变化。例如，当供给的含有油脂的浮渣的量大于所供给的总淤泥量的几个百分比时这些炉在处理方面具有困难。从废水撇渣作业中所获得的浮渣会导致冒烟、高有机物排放、局部10 过热、以及常见的不良操作性。从另一个极端来说，比常态湿的淤泥可导致：废物处理量的大幅度削减、高的燃料需求以及难于实现有机物的完全破坏。

流化床焚烧炉利用惰性料床，来自于下面的空气使得所述惰性料床流化。由于流化床的紊流和热惯性提供了使得含水废物迅速干燥的能力，因此这种设计适用于焚化湿材料。然而，这种设计在机械方面是复杂的并且需要较大量的高压流化空气。必须保持精密的控制以实现有效的焚化。必须谨慎地使得流化空气的量和床的质量保持平衡，因为过多的空气会导致颗粒的磨损，而过少的空气会导致流化损耗和床中的局部冷点。还必须通过控制废物进给速度和辅助燃料进给速度而谨慎地平衡床温。如果温度变得过低，有机物挥发就成了问题，并且如果温度变得过高，熔融灰可使得所述床凝聚并且流化损耗。一些20 类型的淤泥凝聚成大块也是个问题。

处理难于燃烧的废料和燃料的一种方法是通过使用脉冲燃烧系统。当燃烧室几何形状和燃烧室的操作条件如下时，即，燃烧过程中所产生的声波、或压力波与能量释放同相时，就形成了稳定的高频振荡流。该振荡流可明显增强反应系统中的热传递和反应动力。当脉冲燃烧器与雾化装置相连时，压力波用于使得流体雾化，同时热燃烧产物干燥微滴。尽管能够处理许多类型的材料，但是也必须非常谨慎地30 设计和操作这些系统以维持声波与能量释放之间的正确的相位关系。

虽然比许多废流体更易于处理，但是燃烧流体（诸如重油、水煤浆、沥青基燃料（orimulsion）、夹带的固体燃料以及传统燃料）的其他困难也可受益于本发明的改进的燃烧系统。

因此，本发明的一个目的是，提供一种用于燃烧废流体和其他难于燃烧流体的改进系统。

发明内容

本领域普通技术人员在阅读该发明所披露内容的基础上将明白通过本发明所获得的上述和其他目的，本发明的一个方面在于：

一种用于燃烧难于燃烧流体的方法包括：

10 (A) 使得燃料与气态氧化剂相接触并使得燃料与一部分气态氧化剂燃烧以产生包含气态氧化剂的热燃烧气体混合物；

(B) 使得在一稳流中的热燃烧气体混合物穿过一个喷嘴以形成具有稳流的高速燃烧气体混合物；

15 (C) 使得高速稳流的燃烧气体混合物与难于燃烧流体流相接触，并且通过与高速稳流的燃烧气体混合物相接触使得至少一些所述流体流雾化；以及

(D) 通过与高速稳流的燃烧气体混合物的气态氧化剂反应而燃烧雾化流体，其中所述雾化流体的燃烧发生在一燃烧区域以形成反应物质，还包括热燃烧气混合物的高速增进了已在燃烧区中反应了的物质的再循环。

文中所使用的词语“雾化”是指形成许多微滴或颗粒。

文中所使用的词语“喷嘴”是指具有用于接收流体的输入口和用于喷射流体的输出口的装置，从而使得流体以高于其进入装置的速度离开装置。

25 文中所使用的词语“废流体”是指通常包含有机物的流体，或者是固态（淤泥）或是液态的、本身不能再利用并且必须处理掉的残渣或副产品。

文中所使用的词语“难于燃烧的流体”是指废流体、传统燃料、重油、水煤浆、沥青基燃料和夹带的可燃固体中的一种或多种。

30 文中所使用的词语“稳流”是指非振荡或非脉冲流，也就是，其中整体流动在没有快速中止或方向逆转的情况下连续移动的流体流。

附图说明

图1是本发明流体燃烧系统的一个优选实施例的简图。

图2是通过使用加热氧所能获得的可使得低热值流体燃烧的火焰温度的图表。

具体实施方式

5 下面将参照附图详细地描述本发明。现在参照图1，燃料1被提供到燃料管2中，所述燃料管2被布置得用于将燃料以非脉冲流的方式输送到热燃烧气腔室3中。所述燃料可为任何适合的流体燃料诸如甲烷、丙烷、天然气、燃油、煤油等等。

10 气态氧化剂4被提供到气态氧化剂管5中，所述气态氧化剂管5被布置成用于将气态氧化剂以非脉冲流的方式输送到热燃烧气腔室3中。气态氧化剂可为空气、富氧空气或具有至少99.5摩尔百分数的氧浓度的商用氧。提供到燃烧腔室中的流体没有一种是使用气动阀或机械阀（诸如脉冲燃烧系统中所使用的以形成脉动流的阀）提供的。在本发明的实践中，流入到燃烧腔室中的流体流从外部被控制。气态氧化剂最好
15 具有至少21摩尔百分数的氧浓度，更好的是具有至少75摩尔百分数的氧浓度。

在热燃烧气腔室3中，燃料和气态氧化剂相混合并且以燃烧反应的方式反应，其中气态氧化剂中的一些（但非全部）氧与燃料燃烧。燃料和气态氧化剂在热燃烧气腔室3中的反应产生了热燃烧气混合物，所述热燃烧气混合物包括燃烧反应产物，诸如二氧化碳和水蒸汽，以及
20 残余的未燃烧气态氧化剂。由于热燃烧气腔室3中的有限体积中的燃烧反应，致使腔室3中的热燃烧气混合物的温度至少为149℃（300°F），并且通常在538到1649℃（1000到3000°F）的范围内。

热燃烧气混合物以稳流的方式从热燃烧气腔室3中进入到喷嘴6的
25 输入口中。喷嘴6可为管端、收缩型喷嘴，诸如图1中所示出的，或者喷嘴6可为收缩/扩张型喷嘴。当热燃烧气混合物穿过喷嘴6时，被加速到高速。喷嘴6与雾化腔室7相通。热燃烧气混合物在稳流下从喷嘴6的输出口中排出到雾化腔室7中作为高速热燃烧气混合物，所述高速热燃烧气混合物具有稳流以及至少大于未加热入口气态氧化剂91.5米/秒
30 （300英尺/秒）的速度，并且所述高速热燃烧气混合物通常具有305到915米/秒（1000到3000英尺/秒）范围内的速度。

难于燃烧的流体诸如废流体8被提供到流体管9中，所述流体管9被布置成用于将废流体输送到雾化腔室7中。在图中所示的本发明的实施例中，废流体流沿与高速热燃烧气混合物流过雾化腔室7的流动大约成90度的方向被提供到雾化腔室7中。然而，应该理解的是，流体流与高速热燃烧气混合物流在腔室7中的接触可为任何有效角度，包括0度，即，基本对准雾化腔室7中的废流体流和高速热燃烧气混合物流。

本发明与使用脉冲或振荡雾化难于燃烧流体的传统系统的不同之处在于，在高温和高速下使用稳流紊流气以实现所述雾化。振荡或脉冲流动系统使用压力波将流体打碎为微滴。这些压力脉冲产生1000到6000Hz频率的强噪音，这些噪音人类听起来特别敏感。相反，本发明产生低强度稳定的（无主频）、紊流噪音，所述噪音即使在给定的声音强度下也很少令人不快。压力脉波还在燃烧器和任何与之相连的设备中产生振动应力，从而导致诸如材料的疲劳致损和应力腐蚀裂纹等问题。这些振动应力向下游部件或耐火炉衬的传输将明显减少这些部件的使用寿命。由于没有压力脉冲或振荡，因此本发明避免了所有这些问题。另外，振荡流动为每个脉冲部分倒转方向，这可能将雾化的微滴或颗粒回吸到谐振器管或或脉冲燃烧腔室中，可能导致这些部分中的聚集、腐蚀或侵蚀。如果微滴在该区域中点火，可能导致燃烧器的局部过热。本发明具有单向性稳流，这可防止燃料颗粒或微滴向上游移动通过喷嘴进入到氧气燃烧腔室。最终，来自于脉冲燃烧腔室的雾化流体的成分和温度不稳定，可能导致碳氢化合物、NO_x、一氧化碳或煤烟的更高的喷射。

脉冲流动系统本身比本发明更复杂。脉冲燃烧器为需要相当多的专门技术设计和制造并且通常必须在窄范围的流动和条件下操作的专用调谐装置。该装置的专用调谐要求必须频繁维护以便于在最优状态下操作。本发明没有移动部分并且除偶然清洁外无需调谐或维护。此外，如果使用气动进气阀的话，这些需要相当多的设计工作并且将适于较窄范围的流速。如果使用机械进气阀的话，就会有出现故障并需要维修的移动部分。该装置的窄操作范围限制了调节、并且限制了改变气体特性（诸如温度和成分）的灵活性，在硬件和流动方面没有显著改变。相反，本发明为没有移动部分和从外部受控的燃料和氧化剂的非常简单的设计，并且只需要偶然的清洁以便于最佳操作。此外，

本发明使用简单的紊流扩散燃烧器保持燃烧，所述紊流扩散燃烧器在广范围的流动和状态下都是稳定的。

在本发明的优选实践中，热燃烧气腔室3和雾化腔室7中的至少一个（最好两个都）基本为圆柱形的，即，在其整个长度上具有基本相同的直径。圆柱形状有助于获得本发明的重要的稳流。

在可用在本发明实践中的许多流体之中，一种可称之为淤泥，诸如下水道污泥、低热值流体、废液、具有中等热值的高粘性流体，诸如浮渣，以及悬浮固体的稀浆。

尽管本发明可用于燃烧具有任何热值和可流动粘性的流体，但是本发明尤其适用于具有较低热值的流体的燃烧，所述热值诸如低于10,000BTU/lb，特别是在1000和6000BTU/lb之间，和/或具有较高粘性，诸如20厘泊或更高，尽管本发明也可用于处理具有较低粘性（诸如1厘泊）的流体。

在图2中示出了使用加热氧燃烧低热值流体的效果。对于图2中出现的数据来说，与前述实施例相同，假定通过用天然气燃烧来将环境温度氧加热到一定温度。然后使用加热氧燃烧其热值为5000BTU/lb、3000BTU/lb或1500BTU/lb的流体。在该示例中，假定以这样的方式供应过剩氧，即，使得燃料空气包含体积百分比约为1%的氧（净含量）。如从图2中可看出的，增加氧气温度以增强火焰温度以及增强废气的雾化。因此，即使对于包含低至1500BTU/lb热值的废流体来说，也可达到815.5℃(1500°F)的温度。如果将氧气加热得超过1649℃(3000°F)，也可获得更高的温度。

在雾化腔室7中废流体流与稳流高速热紊流燃烧气混合物的接触导致至少一些（最好大部分或基本全部的）废流体流雾化。与废流体流接触的高速热燃烧气混合物提高了雾化效果。热气体的使用以几种方式改进了雾化程序。以下的喷嘴等式可用于表示一些所述改进。

$$U = \sqrt{\frac{2\gamma c R T_0}{M(\gamma - 1)} \left(1 - \frac{P}{P_0}\right)^{\frac{1}{\gamma}}}$$

其中：

R=气体常数

T_0 = 气体温度

P = 出口压力

P_0 = 供应压力

M = 气体的分子量

5 γ = 比热率 C_p/C_v

g_c = 重力常数

U = 气体速度

通过升高气体的温度，使用较低供应压力也可获得相同的速度。或者，在供应压力保持恒定的情况下，也可获得通过喷嘴的更高气体速度。

10

速度方面的这种增强增加了可从高速热燃烧气流传递到流体流的力，从而致使更多流体雾化并且还使得该雾化形成任何给定条件组的更小平均直径的微滴。气体的高温还用于从高速热燃烧气流向流体传递热量。这种热量传递增强了干燥和/或流体可燃物的点燃。因此可看

15 出的是，本发明的方法对于流体有效地提供了增强的机械能和增强的热能，并且在能量方面的这种组合增强协同地转化为流体的提高的雾化和点燃。

15

雾化流体与高速热燃烧气混合物一起从雾化腔室7中进入燃烧区18中，在所述燃烧区18中雾化的废流体与高速热燃烧气混合物的气态氧化剂燃烧。在图1中所示的本发明实施例中，燃烧区18是以与雾化腔室7流体连通的独立外壳方式示出的。然而应该理解的是，雾化腔室和雾化腔室的燃烧区下游可为一个邻接的外壳。

20

废流体的高度雾化增强了燃烧区之内的燃烧反应效率。而且，增进废流体雾化的高速稳流热燃烧气混合物的高速还有助于废流体与气态氧化剂在燃烧区中的紧密均匀的混合，此外提高了燃烧。另外，热燃烧气混合物的高速增进了已在燃烧区中反应了的材料的再循环，该再循环材料比到燃烧区中的进入材料更热，从而用于稳定火焰并进一步维持燃烧反应。

25

燃烧区可为任何适合的装置，诸如废流体可在其中燃烧的炉、焚化装置或燃烧器。如果期望的热量传递流体，例如水可与燃烧反应达到热交换的关系以便于吸收和随后有利地使用燃烧区18中所发生的燃烧反应所产生的热量。燃烧反应或产物可与气体耗热工艺直接接触以

30

使用燃烧热量，诸如用于熔融、加热、升汽或导致发生反应。如箭头10所示的，从雾化废流体的燃烧中所产生的气体从燃烧区18中被抽出。

5 如果难于燃烧的流体包含足够的热值，那么只是局部地使得流体与高速、高温氧化剂流燃烧尤为理想。通过供应比理想配比的与气体氧化剂燃烧所需的更多的可燃材料而执行该局部燃烧。随后局部燃烧的气体被供以辅助氧化剂（通常为空气形式的）。该局部燃烧可用于控制燃烧反应器中的最高火焰温度。通过用空气来替换以减少燃烧所使用的氧化剂的购买量，该部分氧化还可提高该工艺的经济。

10 尽管已结合某个优选实施例详细地描述了本发明，但是本领域普通技术人员应该明白的是，在权利要求书的精神和保护范围内还存在本发明的其他实施例。

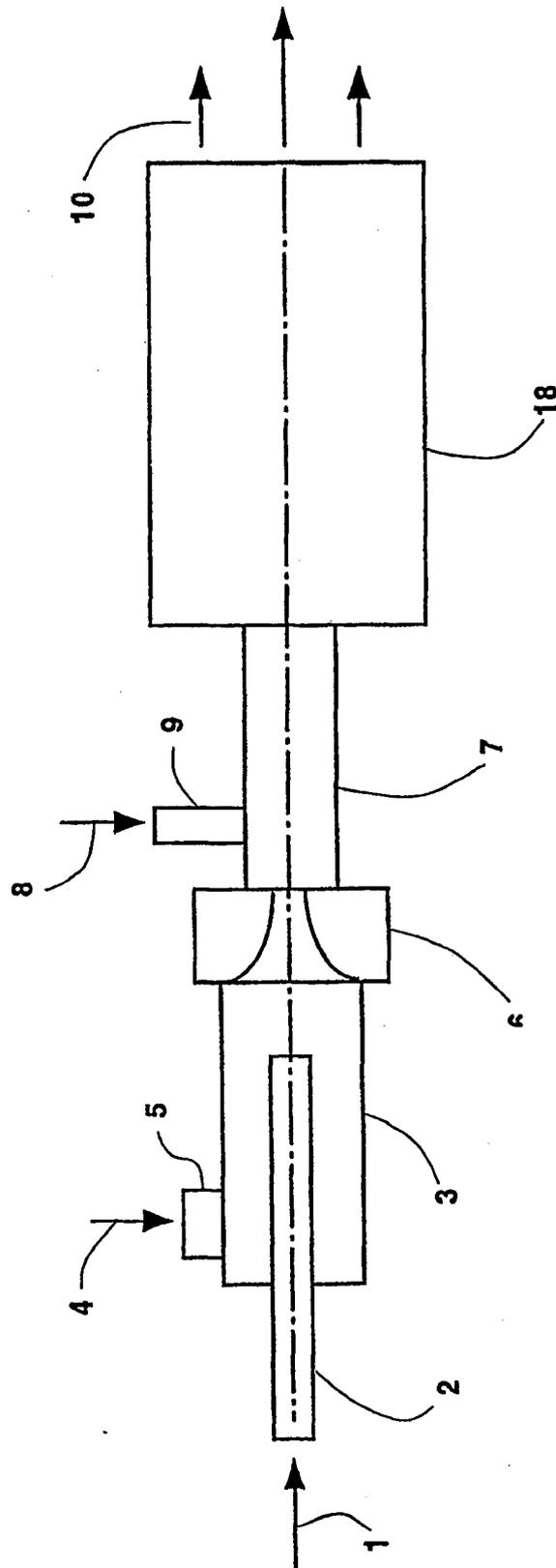


图 1

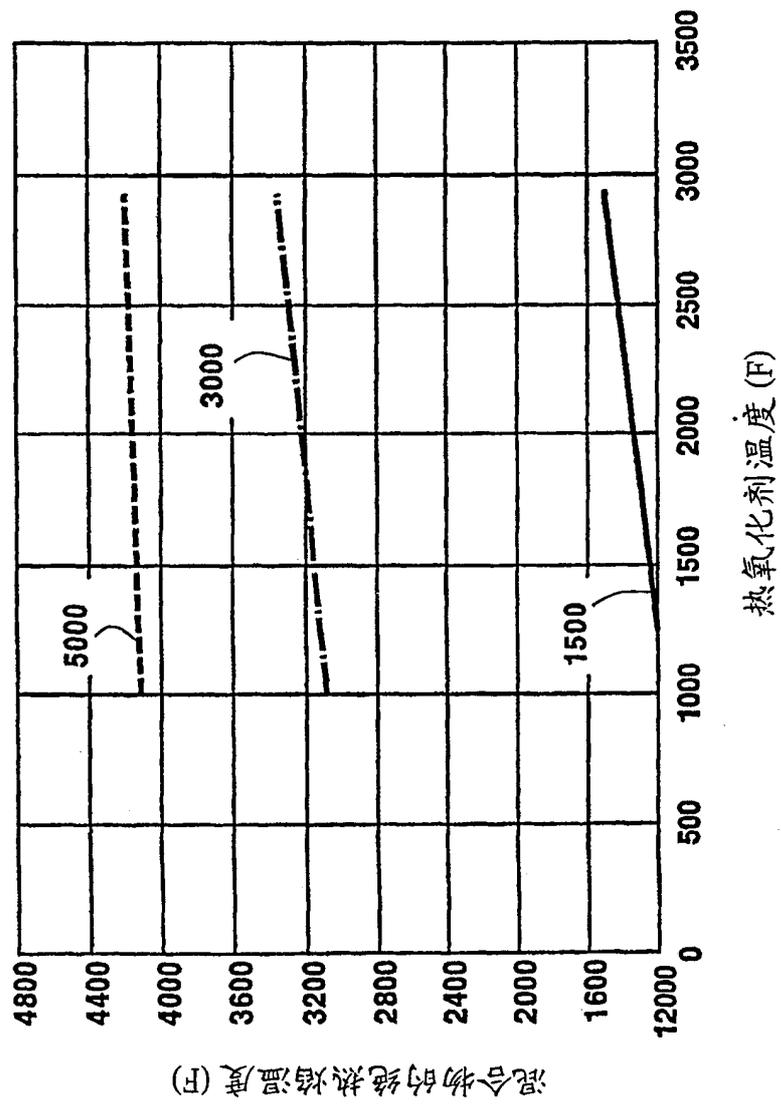


图 2