



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102549115 A

(43) 申请公布日 2012. 07. 04

(21) 申请号 201080043041. 9

代理人 武晶晶 郑霞

(22) 申请日 2010. 07. 29

(51) Int. Cl.

(30) 优先权数据

C10J 1/207(2012. 01)

61/229, 413 2009. 07. 29 US

(85) PCT申请进入国家阶段日

2012. 03. 27

(86) PCT申请的申请数据

PCT/US2010/043802 2010. 07. 29

(87) PCT申请的公布数据

W02011/014713 EN 2011. 02. 03

(71) 申请人 詹姆斯·马修·梅森

地址 美国加利福尼亚州

(72) 发明人 詹姆斯·马修·梅森

(74) 专利代理机构 北京安信方达知识产权代理

有限公司 11262

权利要求书 4 页 说明书 9 页 附图 10 页

按照条约第19条修改的权利要求书 4 页

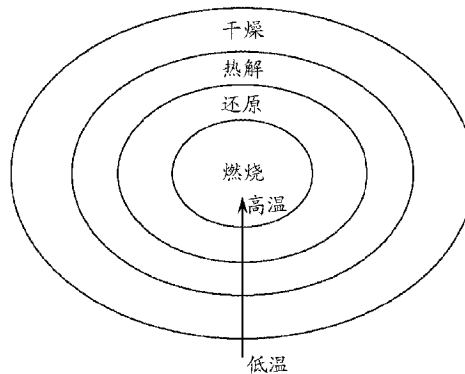
(54) 发明名称

用于下吸式气化的系统和方法

(57) 摘要

一种用于从碳质材料生产将用于发动机的气体燃料的下吸式气化器,其具有热解模块、反应器模块及热交换器系统,其配合以从碳质材料生产气体燃料并从来自反应器的气体燃料吸取微粒。热交换系统包括:第一热交换器,其耦合于干燥器模块,用反应器模块的气体燃料输出加热碳质材料以干燥碳质材料;第二热交换器,其耦合于热解模块,用来自发动机的废气加热干燥的碳质材料以使干燥的碳质材料热解成焦油气和炭;第三热交换器,其耦合于反应器模块,用反应器模块的气体燃料输出加热用于燃烧焦油气的空气以预热空气。

在上吸式气化器中,理想的热关系和过程关系



1. 一种下吸式气化器,用于从碳质材料生产将用于发动机的气体燃料,所述下吸式气化器包括干燥器模块、热解模块、反应器模块及热交换器系统,所述干燥器模块、热解模块、反应器模块及热交换器系统相配合以从所述碳质材料生产所述气体燃料并来自所述反应器的所述气体燃料吸取微粒,其中所述热交换系统包括:

- 第一热交换器,其耦合于所述干燥器模块,利用所述反应器模块的气体燃料输出加热所述碳质材料以干燥所述碳质材料并从所述气体燃料吸取热;

- 第二热交换器,其耦合于所述热解模块,利用来自发动机的废气加热所干燥的碳质材料以使所干燥的碳质材料热解成焦油气和炭;及

- 第三热交换器,其耦合于所述反应器模块,利用所述反应器模块的气体燃料输出加热用于燃烧所述焦油气的空气以预热所述空气并在所述反应器模块的气体燃料输出进入所述第一热交换器前从所述反应器模块的气体燃料输出吸取热。

2. 如权利要求 1 所述的下吸式气化器,还包括吸热器,所述吸热器来自所述第一热交换器之前的所述反应器模块的所述气体燃料进一步吸取热。

3. 如权利要求 2 所述的下吸式气化器,其中所述吸热器包括与所述干燥器模块、所述热解模块及所述反应器模块配合以来自所述反应器模块的所述气体燃料进一步吸取微粒和热的旋风器模块,其中所述旋风器包括接收来自所述反应器模块的气体燃料的气体燃料入口、在所述旋风器模块内的从所述气体燃料吸取热和微粒的气体燃料路径及将气体传送到所述第一热交换器的气体燃料出口。

4. 如权利要求 2 所述的下吸式气化器,其中所述吸热器还包括与所述气体燃料交换热以从所述气体燃料吸取热的第四热交换器。

5. 如权利要求 4 所述的下吸式气化器,其中所述第四热交换器利用所述气体燃料加热水以从所述气体燃料吸取热。

6. 如权利要求 5 所述的下吸式气化器,其中所述碳质材料通过吸取所述碳质材料中的水分来干燥,且其中所述第四热交换器加热从所述碳质材料吸取的水。

7. 如权利要求 5 所述的下吸式气化器,其中所述第四热交换器包括接收水的水入口、水出口及基本上与所述气体燃料隔离的水路径。

8. 如权利要求 7 所述的下吸式气化器,其中第四热交换器利用来自所述气体燃料的热而基本上使水蒸发,且其中所述水出口将水蒸汽输出到所述反应器模块。

9. 如权利要求 7 所述的下吸式气化器,其中所述气体燃料路径关于所述旋风器模块来回穿行至少一次。

10. 如权利要求 9 所述的下吸式气化器,其中所述气体燃料路径关于所述旋风器模块旋转至少一次。

11. 如权利要求 1 所述的下吸式气化器,其中所述干燥器模块基本上使干燥与热解隔离,且其中所述热解模块基本上使热解与燃烧和还原隔离。

12. 如权利要求 11 所述的下吸式气化器,其中所述干燥器模块包括干燥部分和基本上布置在所述干燥部分上方的冷凝部分,其中所述干燥器模块使所述干燥部分中的所述碳质材料中的水分蒸发并在远离所述碳质材料的所述冷凝部分中使上升的水蒸汽冷凝,从而干燥所述碳质材料且基本上使干燥和热解隔离。

13. 如权利要求 11 所述的下吸式气化器,其中所述热解模块布置在所述反应器上方且

包括耦合于所述反应器的焦油气和炭出口 128,且其中所述反应器接收来自所述热解模块的所述焦油气和炭出口 128 的焦油和炭。

14. 如权利要求 13 所述的下吸式气化器,其中所述焦油气和炭出口 128 包括将所述焦油气和炭出口 128 驱动到所述反应器中的电动机。

15. 如权利要求 13 所述的下吸式气化器,其中所述反应器是茵贝尔特类型的反应器。

16. 如权利要求 13 所述的下吸式气化器,其中所述第一热交换器包括接收来自所述反应器模块的气体燃料的气体燃料入口、基本上与所述碳质材料隔离的气体燃料路径、及气体燃料出口。

17. 如权利要求 16 所述的下吸式气化器,其中所述气体燃料路径关于所述干燥器模块来回穿行至少一次。

18. 如权利要求 17 所述的下吸式气化器,其中所述气体燃料路径以基本上 Z 型图案关于所述干燥器模块来回穿行。

19. 如权利要求 17 所述的下吸式气化器,其中所述干燥器模块包括内套和外套,且其中所述气体燃料路径由所述外套的内壁和所述内套的外壁配合地界定。

20. 如权利要求 19 所述的下吸式气化器,其中所述外套的所述内壁包括与所述内套的所述外壁配合以界定所述气体燃料路径的挡板。

21. 如权利要求 13 所述的下吸式气化器,其中所述第二热交换器包括接收来自发动机的废气的废气入口、基本上与所述干燥的碳质材料隔离的废气路径、及废气出口。

22. 如权利要求 21 所述的下吸式气化器,其中所述废气路径关于所述热解模块来回穿行至少一次。

23. 如权利要求 22 所述的下吸式气化器,其中所述废气路径以基本上 Z 型图案关于所述热解模块来回穿行。

24. 如权利要求 13 所述的下吸式气化器,其中所述第三热交换器包括接收空气的空气入口、基本上与所述反应器的内含物和来自所述反应器的气体燃料输出隔离的空气路径、及允许预热的空气离开而进入到所述反应器中以燃烧焦油气的空气出口。

25. 如权利要求 24 所述的下吸式气化器,其中在所述空气路径中的空气的流动基本上与来自所述反应器的气体燃料输出的流动逆流。

26. 如权利要求 25 所述的下吸式气化器,还包括气罩,所述气罩基本上包围所述反应器模块并与所述反应器模块配合以界定在所述反应器模块和所述气罩之间的环形空间,其中所述反应器的气体燃料输出被引导出所述反应器的底部,进入所述环形空间,且绕着所述反应器向上通过所述环形空间,且其中所述空气路径布置在所述环形空间内,且在所述空气路径内的空气流动基本上是向下的。

27. 如权利要求 24 所述的下吸式气化器,其中所述空气路径关于所述反应器模块来回穿行至少一次。

28. 如权利要求 27 所述的下吸式气化器,其中所述第三热交换器包括绕着所述反应器模块缠绕且界定所述空气路径的导热管。

29. 如权利要求 13 所述的下吸式气化器,还包括将所述碳质材料输送至所述干燥器模块并随后将所干燥的碳质材料基本上直接输送至所述热解模块的碳质材料输送器。

30. 如权利要求 29 所述的下吸式气化器,其中所述碳质材料输送器包括螺旋输送机。

31. 如权利要求 30 所述的下吸式气化器,还包括耦合于所述螺旋输送机的电动机。

32. 一种用于管理热的方法,用于管理在用于从碳质材料生产气体燃料以用于发动机中的下吸式气化器之内的热,所述方法包括以下步骤:

- 在干燥器模块中利用来自气体燃料输出的热干燥所述碳质材料以产生干燥的碳质材料;
- 在热解模块中利用来自发动机的废气的热使干燥的碳质材料热解以产生焦油气和炭;
- 在反应器模块中利用空气燃烧所述焦油气并利用所述炭还原燃烧过的焦油气以产生气体燃料;
- 利用还原后的气体燃料预热用于燃烧所述焦油气的空气;及
- 在利用来自所述气体燃料的热干燥所述碳质材料之前,从还原后的气体燃料吸取热和微粒。

33. 如权利要求 32 所述的方法,其中从还原后的气体燃料吸取热和微粒的步骤包括在旋风器模块中从气体燃料吸取热和微粒的步骤。

34. 如权利要求 32 所述的方法,其中从还原后的气体燃料吸取热的步骤包括利用来自还原后的气体燃料的热使水蒸发并将蒸发水注入到所述反应器模块。

35. 如权利要求 34 所述的方法,其中干燥所述碳质材料的步骤包括从所述碳质材料吸取水,且其中使水蒸发的步骤包括使从所述碳质材料吸取的水蒸发。

36. 如权利要求 32 所述的方法,还包括基本上使干燥碳质材料与热解碳质材料隔离的步骤及基本上使热解碳质材料与燃烧焦油气和还原炭隔离的步骤。

37. 如权利要求 32 所述的方法,还包括基本上使所述干燥器模块中所述碳质材料与气体燃料输出隔离同时允许所述气体燃料输出和所述碳质材料之间的热交换的步骤及基本上使所述热解模块中干燥的碳质材料与废气隔离同时允许废气和干燥的碳质材料之间的热交换的步骤。

38. 一种下吸式气化器,用于从碳质材料生产将用于发动机的气体燃料,所述下吸式气化器包括干燥器模块、热解模块、反应器、旋风器模块及热交换器系统,所述干燥器模块、热解模块、反应器、旋风器模块及热交换器系统配合以基本上使干燥碳质材料与热解碳质材料隔离且基本上使热解碳质材料与燃烧焦油气和还原炭隔离,且还配合以从所述碳质材料生产所述气体燃料和从来自所述反应器的所述气体燃料吸取微粒,且其中所述热交换系统包括:

- 第一热交换器,其耦合于所述干燥器模块,具有:
 - 气体燃料入口,其接收来自所述旋风器的气体燃料,
 - 气体燃料路径,其关于所述干燥器模块来回穿行至少一次,基本上与所述碳质材料隔离,并利用来自所述旋风器模块的所述气体燃料加热所述碳质材料以干燥所述碳质材料并从所述气体燃料吸取热,及
 - 气体燃料出口;
- 第二热交换器,其耦合于所述热解模块,具有:
 - 废气入口,其接收来自发动机的废气,
 - 废气路径,其关于所述热解模块来回穿行至少一次,基本上与所干燥的碳质材料隔

离,并利用来自发动机的废气加热所干燥的碳质材料以使所干燥的碳质材料热解成焦油气和炭,及

- 废气出口;
- 第三热交换器,其耦合于所述反应器模块,具有:
 - 空气入口,其接收环境空气,
 - 空气路径,其关于所述反应器模块来回穿行至少一次,基本上与所述反应器的内含物隔离,并利用所述反应器模块的气体燃料输出加热空气以预热空气并从所述反应器模块的所述气体燃料输出吸取热,及
 - 空气出口,其允许预热的空气离开而进入到所述反应器以燃烧所述焦油气;及
 - 吸热器,其耦合于所述旋风器模块,具有:
 - 气体燃料入口,其接收来自所述反应器模块的所述气体燃料,
 - 气体燃料路径,其从来自所述反应器模块的所述气体燃料进一步吸取热,及
 - 气体燃料出口,其耦合于所述第一热交换器。

用于下吸式气化的系统和方法

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请要求 2009 年 1 月 29 号提交且题目为“Waste Heat Recovery and Reuse in a Downdraft Gasifier-Engine System(在下吸式气化器-发动机系统中的废热回收和再利用)”的美国临时申请第 61/229,413 号的益处,该申请通过该引用全文并入。

技术领域

[0003] 本发明通常涉及气化器领域,且更具体地涉及用于下吸式气化器领域中的下吸式气化的改进的系统和方法。

[0004] 背景

[0005] 气化器从碳质材料(例如,生物质和有机废物)生产可用于发动机(例如,可用于生产电力和/或为交通工具提供动力的内燃机)的气体燃料。气化器通常使用以下四个反应的组合:燃烧、还原、热解和干燥。固定床气化器(或“移动床”气化器)通常被布置成上吸式气化器类型或下吸式气化器类型。上吸式气化器类型利用来自燃烧过程上升的气体的热以使碳质材料还原、热解和干燥。如图 1 所示,这允许过程(从高温反应到低温反应)之间有利的热传递。然而,因为输出气体最后经历了热解过程和干燥过程,所以气体是相对不清洁的且可能包括在使用前必须被过滤和制备的挥发性焦油气和微粒。然而,下吸式气化器类型干燥碳质材料,使干燥的碳质材料热解成焦油气和炭,使挥发性的焦油气燃烧及最终用炭还原燃烧过的焦油气,从而产生比上吸式气化器类型相对更清洁的气体燃料。这有利于气体燃料在发动机中的使用。然而,在下吸式气化器中的连续阶段之间的热关系和化学关系对效率来说并不理想。例如,如图 2 所示,需要热来干燥碳质材料,但是从下吸式气化过程之内并没有明显的热源。类似地,在干燥后发生热解,但是理想的热解温度高于干燥温度,也使热输入成为必需。类似地,在热解后发生燃烧,但是理想的燃烧温度高于热解温度,再次使热输入成为必需。并且,在各过程没有被充分隔离的下吸式气化器中,较高温度的过程变成了较低温度的过程的寄生负担,降低了气化器将碳质材料转化成气体燃料的效率。例如,干燥过程可变成热解过程的寄生负担,降低了热解过程中碳质材料至焦油气/炭转化的效率,和/或热解过程变成了燃烧过程和/或还原过程的寄生负担,降低了燃烧过程和/或还原过程中的转化效率。此外,来自还原过程的气体燃料输出通常太热以致不能用于发动机中,且必须冷却。并且,碳质材料的任何水分在干燥过程中优选地被基本上完全除去以除去在热解过程和燃烧过程中加热水的热负载。然而,额外的水在还原过程中可能是有利的,还原过程在热解过程和燃烧过程后发生。虽然下吸式气化器可从热源和材料输送机中获益以便维持气化过程,但是外部热源的使用和/或未有效地管理系统内的材料将显著降低下吸式气化器使碳质材料转化成气体燃料的效率且可降低使用下吸式气化器作为可选择的能量源的可行性。之前在下吸式气化器内的热管理方面的尝试(例如,用来自一个过程的废热来加热另一个过程)还基本上是复杂的,包括很多部件的且昂贵的。因此,在下吸式气化器领域中需要创造一种用于下吸式气化器内的热管理和材料管理的改进的系统和方法。

[0006] 附图简述

[0007] 图 1 是在上吸式气化器内理想的热关系和过程关系的示意图。

[0008] 图 2 是在下吸式气化器内理想的材料关系和过程关系的示意图。

[0009] 图 3 是优选的实施方式的下吸式气化器的示意图。

[0010] 图 4 是优选的实施方式的下吸式气化器的分解等距视图。

[0011] 图 5 是用于优选的实施方式的下吸式气化器中的热管理的方法及在优选的实施方式的下吸式气化器内的热传递关系的示意图。

[0012] 图 6a 和图 6b 是优选的实施方式的下吸式气化器的可选择的布置的示意图。

[0013] 图 7 是优选的实施方式的干燥器模块的分解图。

[0014] 图 8 是优选的实施方式的热解模块的分解图。

[0015] 图 9 是优选的实施方式的反应器模块和气罩的分解图。

[0016] 图 10 是吸热器的分解图。

[0017] 图 11 是具有结合的热解模块和干燥器模块的优选实施方式的下吸式气化器的可选择的布置的示意图。

[0018] 优选实施方式的描述

[0019] 本发明的优选实施方式的以下描述并非意在将本发明限于这些优选的实施方式，而是使本领域的任何技术人员能够实施并使用本发明。

[0020] 如图 3 和图 4 所示，优选实施方式的下吸式气化器 100 从碳质材料生产将用于发动机的气体燃料，且包括干燥器模块 110、热解模块 120、反应器模块 130 及热交换器系统 200，其配合以从碳质材料生产气体燃料并从气体燃料吸取微粒。热交换器系统优选地包括：第一热交换器 210，其耦合于干燥器模块 110，利用反应器模块 130 的气体燃料输出加热碳质材料以干燥碳质材料且从气体燃料中吸取热；第二热交换器 220，其耦合于热解模块 120，利用来自发动机的废气加热干燥的碳质材料以使干燥的碳质材料热解成焦油气和炭；及第三热交换器 330，其耦合于反应器模块 130，利用反应器模块 130 的气体燃料输出加热用于燃烧焦油气的空气以预热空气并从反应器模块 130 的气体燃料输出吸取热。如图 3 所示，下吸式气化器 100 还可包括进一步从反应器模块的气体燃料中吸取热的吸热器 140。吸热器 140 优选地包括接收来自反应器模块的气体燃料的气体燃料入口 144、在吸热器 140 内的从气体燃料吸取热的气体燃料路径 146、及将气体传送至第一热交换器 210 的气体燃料出口 148。吸热器 140 可包括与干燥器模块 110、热解模块 120 及反应器模块 130 配合以从气体燃料中进一步吸取微粒的旋风器模块 (cyclone module) 142。吸热器 140 还可包括与气体燃料交换热以从气体燃料吸取热的第四热交换器 240。第四热交换器 240 可耦合于旋风器模块 142。第四热交换器 240 可用来自反应器模块的气体燃料加热水以加热和 / 或蒸发水且进一步从气体燃料吸取热。然后，可将蒸发水注入到反应器模块 130 以用于用炭对燃烧过的焦油气的还原。下吸式气化器 100 还可包括从气化器 100 的气体燃料输出进一步除去微粒和污染物的过滤器 150。

[0021] 如图 5 所示，用于管理用于从碳质材料生产气体燃料以用于发动机的下吸式气化器内的热的方法 S100 优选地包括：步骤 S110，在干燥器模块中利用来自气体燃料输出的热干燥碳质材料以产生干燥的碳质材料；步骤 S120，在热解模块中利用来自发动机的废气的热使干燥的碳质材料热解以产生焦油气和炭；步骤 S130，在反应器模块中利用空气使焦油

气燃烧且用炭还原燃烧过的焦油气以生产气体燃料；步骤 S140，利用还原后的气体燃料预热用于燃烧焦油气的空气；及步骤 S150，在利用来自气体燃料的热干燥碳质材料之前吸取还原后的热。在利用来自气体燃料的热干燥碳质材料之前吸取还原后的热的步骤 S150 可包括从旋风器模块的气体燃料吸取微粒的步骤。吸取还原后的热的步骤 S150 还可包括以下步骤：用来自还原后的气体燃料的热使水蒸发的步骤 S160 及将蒸发水注入到反应器中以用于还原的步骤 S162。在利用来自气体燃料的热干燥碳质材料之前吸取还原后的热的步骤 S150 可以可选择地与利用还原后的气体燃料预热用于燃烧焦油气的空气的步骤 S140 组合，例如，在下吸式气化器 100 的变化形式中，预热用于燃烧焦油气的空气使得还原后的气体燃料的温度降低至适合用于干燥碳质材料的温度。

[0022] 干燥器模块 110 起到干燥进入的碳质材料的位置的作用。更具体地，从干燥器模块 110 中的碳质材料除去水分。碳质材料可以是包括碳的任何合适类型的材料，例如，生物质（比如，木材、植物或藻类）、生物可降解的废物（比如，由植物或动物产生的任何废物）及煤。干燥器模块 110 优选地包括允许碳质燃料进入干燥器模块 110 的碳质燃料入口 114 及允许干燥的碳质燃料离开的碳质燃料出口 116。然后，干燥的碳质燃料优选地被运送至热解模块 120，用于热解。如图 3 所示，干燥器模块 110 优选地包括冷凝部分 112（还被称为“单分离器 (monorator) 漏斗”）和容纳碳质材料的干燥部分 111。冷凝部分 112 优选地基本上被布置在干燥部分 111 上方且与干燥部分 111 流体相通。当碳质材料被反应器模块 130 的气体输出加热时，碳质材料的水分蒸发并向上升起离开干燥部分 111 且进入单分离器漏斗 112。当蒸发水接触单分离器漏斗 112 的壁时，水冷凝并从碳质材料中除去。通过允许水在远离碳质材料的位置冷凝，基本上减少冷凝回到碳质材料上的水的量。如果允许水冷凝回到随后被运送至热解模块以被热解的碳质材料上，那么外来水起到了使热解模块上的热负荷增加的作用，降低了热解过程的效率及气化器的总效率。因此，从碳质材料移开的冷凝部分 112 的使用基本上是有益且有利的。然而，可使用干燥器模块 110 的任何其它合适的布置。

[0023] 干燥器模块 110 优选地是通常圆柱形结构，但可以可选择地是任何其它合适的几何形状。干燥器模块 110 的冷凝部分 112 优选地具有大于干燥部分 111 的直径以基本上防止冷凝部分 112 的壁上的冷凝水回落到干燥部分 111。然而，干燥部分 111 和冷凝部分 112 可以具有任何其它合适的布置。干燥部分 111 的圆柱形结构优选地包括通过滚动连续的金属片形成的内套 118，且优选地包括耦合于由金属片形成的圆柱体的端部的凸缘环和固定（例如，使用螺母和螺栓或任何其它合适类型的紧固件）到金属片和基本上维持金属片的卷型的凸缘环上的端板。干燥部分 111 还优选地包括使用与内套类似的材料和方法构建的外套 119，外套 119 与内套配合以界定内套和外套之间的环形空间。类似地，冷凝部分 112 还优选地使用与内套类似的材料和方法来构建，且优选地通过端板耦合于干燥部分 111。然而，可使用干燥器模块 110 的任何其它合适的构造。金属片、端板及凸缘环优选地是钢材的，但可以可选择地是铝、钛或任何其它合适类型的金属。可选择地，干燥部分 111 还可以具有类似地由金属片和端板构造的方形结构或梯形结构。然而，可使用干燥部分 111、冷凝部分 112 或干燥器模块 110 的任何其它合适的形状。

[0024] 干燥器模块 110 优选地与热解模块 120 分离且基本上布置为邻近热解模块 120，如图 3 所示，降低了与干燥的碳质材料一起运送至热解模块 120 的水分。下吸式气化器 100 可

包括将干燥的碳质材料运送至热解模块 120 的螺旋输送机 (auger)。根据气化器的期望输出 (其可利于清洁器的启动和关闭)、气化器内存在的碳质材料含量和 / 或任何其它合适的因素,螺旋输送机的旋转速度可以是变化的。螺旋输送机可以手工驱动,但还可以可选择地耦合于自动地使螺旋输送机旋转以调节气化器内的碳质材料的电动机。然而,任何其它合适类型的输送器可用于碳质材料。可选择地,干燥器模块 110 可布置在热解模块 120 的上方,如图 6 所示。在这个变化形式中,可使用重力使干燥的碳质材料落至热解模块 120 中,减少了对驱动材料输送器的需要且潜在地减少了运行气化器所需要的能量。此外,某些碳质材料可能很难用螺旋输送机运输。通过利用重力,可使材料运输简化和易化。因为水蒸汽向上冷凝,所以在这个变化形式中碳质材料的水分在热解前基本上从碳质材料去除。然而,可使用干燥器模块 110 相对于热解模块 120 的任何其它合适的布置。

[0025] 第一热交换器 210 优选地基本上布置在由干燥器模块 110 的内套和外套界定的环形空间之内。第一热交换器 210 优选地包括气体燃料入口 212、气体燃料路径 214 及气体燃料出口 216。气体燃料入口 212 可直接耦合于第三热交换器 230,但可以可选择地耦合于吸热器 140 以接收已由吸热器 140 冷却的气体燃料。在典型的气化器中,从还原反应直接离开的气体燃料的温度可以是约 600°C 。如下文进一步描述的,第三热交换器可使反应器的气体燃料输出的温度降低至约 200°C - 300°C 。然而,碳质材料可在这个温度范围下热解。因此,在用气体燃料输出加热碳质材料、基本上使热解和干燥分离之前,通过吸热器 140 从气体燃料输出进一步吸取热可能是有利的。由气体燃料入口 212 接收的气体燃料的温度范围优选地是约 100°C - 220°C 。更具体地,约 150°C - 220°C 的温度范围可使干燥速率增加而不引起热解。然而,可使用任何其它合适的温度。

[0026] 第一热交换器 210 的气体燃料路径 214 优选地关于干燥器模块 110 来回穿行 (traverse) 至少一次,例如,以 Z 型图案关于干燥器模块 110 往返。Z 型图案可来回穿行穿过干燥器模块 110 的内套的外壁的表面的一部分,但可以可选择地基本上来回穿行穿过干燥器模块 110 的内套的外壁整个表面积。Z 型图案可增加从进入干燥部分 111 内的气体燃料到碳质材料的热传递的效率。Z 型图案还允许错流流动,这还可增加热传递效率。此外,Z 型图案还可利于破坏气体燃料内的层流,以增加热传递和从气体燃料的微粒吸取。然而,可使用任何其它合适的气体流动路径。内套的外壁和外套的内壁及干燥部分 111 优选地配合地界定气体流动路径 214。为了界定气体流动路径 214 的来回穿行的图案,外套的内壁优选地包括与内套的外壁配合以界定气体燃料路径和以来回穿行的方式引导气体燃料的挡板。然而,气体燃料路径 214 可使用任何其它合适的材料或方法来界定。

[0027] 第一热交换器 210 的气体燃料出口 216 起到下吸式气化器 100 的气体燃料输出的出口的作用。更具体地,下吸式气化器 100 的最终产物通过第一热交换器 210 的气体燃料出口 216 输出。通过第一热交换器 210,气体燃料优选地被冷却至适合于例如在发动机中使用的温度。如上所述,在气体燃料入口 212 中接收的气体燃料可能具有在 100°C - 220°C 范围内的温度,该温度太热以致不能用于典型应用。通过用来自气体燃料的热来干燥碳质燃料,气体燃料可进一步冷却至约 40°C ,这适合于在发动机中使用。优选的实施方式的下吸式气化器 100 利用来自气体燃料输出的热以干燥碳质燃料,从而使气体燃料输出冷却至可用的温度并减少对外部冷却系统的需要。然而,可使用第一热交换器 210 内的任何其它合适的热传递和温度关系。在使用前,为了进一步清洁气体燃料,气体燃料出口 216 可耦合于过

滤器 150, 如图 3 和图 4 所示。过滤器 150 还可起到进一步冷却气体燃料的作用。

[0028] 热解模块 120 优选地是干燥的碳质材料被热解成焦油气和炭的地方。更具体地, 在实质缺氧下, 在基本上高温 (通常大于 200°C) 下加热碳质材料, 从而使碳质材料燃烧成挥发性的焦油气和炭。焦油气和炭的挥发性基本上归因于气化中后面的过程。热解模块 120 优选地包括允许来自干燥器模块 110 的干燥的碳质燃料进入热解模块 120 的干燥的碳质燃料入口 122 和允许焦油气和炭离开热解模块 120, 优选地进入反应器模块 130 的焦油气和炭出口 128, 124。类似于干燥器模块的干燥部分 111, 热解模块 120 还优选地具有包括内套 126 和外套 124 的通常圆柱形结构, 内套和外套配合地界定在内套和外套之间的环形空间。热解模块 120 优选地使用与上文所描述的用于干燥器模块 110 的类似的或相同的材料和方法来构建, 但可以可选择地使用任何其它合适的材料和方法来构建。

[0029] 热解模块 120 优选地布置在反应器模块 130 上方且优选地通过凸缘环和端板与反应器模块 130 附接, 基本上类似于冷凝部分 112 如何与干燥器模块 110 的干燥部分 111 附接。然而, 可使用将热解模块 120 布置在反应器模块 130 上方的任何其它合适的方法。如图 3 所示, 热解模块 120 的焦油气和炭出口 128 优选地延伸到反应器模块 130 中, 允许焦油气和炭离开热解模块 120 并通过重力直接进入反应器模块 130。焦油气和炭出口 128 还可包括驱动焦油气和炭运动到反应器模块 130 的电动机 124。通过控制焦油气 / 炭的量可利于气化器的清洁器的启动和关闭 (例如, 在反应器内未使用的碳质材料较少)。可选择地, 重力和来自热解过程中产生的额外的焦油气和炭的推力可用于将之前产生的焦油气和炭自然地通过焦油气和炭出口 128 推出到反应器模块 130 中。然而, 使用任何其它合适的方法, 可将焦油气和炭从热解模块 120 运送至反应器模块 130。虽然热解模块 120 的焦油气和炭出口 128 可延伸至反应器模块中, 但来自反应器模块 130 的热优选地基本上不影响热解模块 120 内的热, 从而减少反应器模块 130 上的热负荷。焦油气和炭出口 128 延伸到反应器中的深度优选是在热解模块 120 的温度基本上高于在该特定水平下的反应器模块 130 的温度的地方, 阻止了从反应器模块 130 到热解模块 120 的热传递。然而, 可使用热解模块 120 的任何其它合适的布置。

[0030] 第二热交换器 220 优选地基本上布置在由热解模块 120 的内套和外套界定的环形空间之内。第二热交换器 220 优选地包括废气入口 222、废气路径 224 及废气出口 226。废气入口 222 优选地耦合于发动机并从发动机接收废气, 发动机优选地是使用来自气化器的气体燃料输出的发动机, 但可以可选择地是任何其它合适的发动机。进入废气入口 222 的废气的温度可在 600°C - 700°C 的范围内且废气优选地包含足够的热能以将干燥的碳质材料加热至使干燥的碳质材料热解成焦油气和炭的温度。根据碳质材料的类型, 热解碳质材料所需要的温度可以变化, 但通常高于 200°C 。废气路径 224 优选地基本上与第一热交换器 210 的气体燃料路径 214 相类似或相同且以 Z 型图案关于热解模块 220 来回穿行。废气路径 224 还优选地由热解模块 220 的内套和外套配合地界定。如图 7 所示, 废气路径 224 可优选地允许废气入口 222 和废气出口 226 在基本上相同的水平上, 允许热在热解模块内的实质一个区域中聚集并减小热解模块 120 的尺寸。为了使空气沿着内套 122 的表面扩散, 内套和外套可配合地界定挡板, 该挡板使进入的空气朝着与界定实际路径相反的特定方向转向, 如图 7 所示。然而, 废气路径 224 可关于热解模块 220 以任何其它合适的图案来回穿行且可使用任何其它合适的材料和方法来界定。废气出口 226 优选地将冷却的废气输出到

周围环境。在第二热交换器 220 中,将废气内的将以其他方式变成损失的能量的热能用作热输入以引起热解。

[0031] 在某些使用情况下,在热解模块 120 中可产生相对于炭的过多焦油气。相对于炭的过多焦油气可导致燃烧过程和还原过程之间的不平衡。为了解决这个可能的使用情况,热解模块 120 可包括允许额外的焦油气离开热解模块进入燃烧模块的焦油气出口。燃烧模块优选地“燃烧”或消耗焦油气,降低焦油气的挥发性。作为燃烧的结果,燃烧过的焦油气是在实质上高的温度下。第二热交换器还可包括将燃烧过的焦油气传送到热解模块 120 以加热干燥的碳质材料并使干燥的碳质材料热解的燃烧过的焦油气入口。燃烧过的焦油气可经过与废气路径 124 相同的路径,但第二热交换器可以可选择地包括基本上类似于废气路径 124 的单独的燃烧过的焦油气路径。这个可选择的热源可与用于热解的废气结合使用,但可以可选择地独立于废气使用。特别地,在某些使用情况下,气体燃料输出可能不用于发动机,发动机可能不耦合于下吸式气化器 100,或发动机可能发生了故障。在此类使用情况下,燃烧过的焦油气可用作热解的热源,基本上消除对发动机的依赖性。然而,可使用第二热交换器 220 内的任何其它合适的热传递和温度关系。

[0032] 反应器模块 130 优选地是燃烧焦油气且用炭还原燃烧过的焦油气的地方。更具体地,在燃烧温度下,将焦油气放入与氧气接触以燃烧,且将燃烧过的焦油气放入与炭接触以还原成随后可作为气体燃料使用的一氧化碳(CO)和氢气(H₂)。如上所述,焦油气和炭从热解模块 120 的焦油气和炭出口 128 进入反应器模块 130。反应器模块 130 优选地是茵贝尔特反应器(Imbert reactor)类型,但可以可选择地是任何其它合适的反应器类型。反应器模块 130 优选地放置在基本上包围了反应器模块 130 的气罩 132 内部。气罩 132 还优选地主要由金属片、凸缘环及维持形状且使气罩固定到反应器模块 130 的端板组成。气罩 132 优选地适应各种类型的反应器。气罩 132 和反应器模块 130 优选地配合以界定反应器模块 130 和气罩 132 之间的环形空间。反应器模块 130 的气体燃料出口 131 优选地位于反应器模块的底部,使得气体燃料在还原反应之后从反应器的底部离开且由气罩 132 引导向上且绕着反应器模块 130。反应器模块 130 和气罩 132 之间的环形空间优选地包括基本上位于靠近气罩顶部的气体燃料出口 134,该气体燃料出口 134 将气体燃料输出到干燥器模块 130、吸热器 140、旋风器模块 142 和 / 或第四热交换器 240。然而,可使用反应器模块 130 的任何其它合适的布置。

[0033] 第三热交换器 230 优选地基本上布置在由反应器模块 130 和气罩 132 界定的环形空间之内。如上所述,气体燃料输出被引导成基本上从气罩 132 的底部直到基本上气罩的顶部在环形空间内向上且绕着反应器模块 130 流动。第三热交换器 230 利用气体燃料的这种流动以预热用于燃烧反应器模块 130 内的焦油气的空气。如图 3 所示,第一热交换器优选地包括空气入口 232、空气路径 234 及空气出口 236。空气入口 232 优选地接收空气,例如,环境空气或包括合适量的氧气的任何其它合适的空气。空气入口 232 优选地位于基本上在气罩 132 的顶部附近。空气路径 234 优选地关于反应器模块 130 来回穿行至少一次,例如,空气路径 234 由环绕反应器模块 130 至少一个旋转的导热管(例如,钢管)界定,至少一个旋转朝向气罩 132 的底部,然而,可用任何其它合适的材料或方法来界定空气路径 234。通过允许空气路径绕着反应器模块 130 旋转,延长了空气路径 234(与基本上以直线从气罩 132 的顶部行进到底部的空气路径相比),且基本上增加了第三热交换器 230 之内

的总的热传递。空气出口 236 优选地耦合于反应器模块 130 的内部,如图 3 所示,注入空气且允许焦油气的燃烧(及随后,还原)。如上所述,反应器的气体燃料输出在包括空气路径 234 的相同的环形空间内向上行进。这允许气体燃料输出在注入到反应器模块 130 之前加热空气路径 234 内的空气。换言之,第三热交换器 230 从反应器模块 130 的气体燃料输出中重获了热能并在反应器模块 130 中再次利用该热能,潜在地提供了下吸式气化器 100 的能量生产效率的显著增加。如图 3 所示,在进入反应器模块 130 的内部前,空气路径 234 基本上绕着反应器模块 130 的底部环绕,允许空气路径 234 基本上来回穿行气罩 132/ 反应器模块 130 的整个长度,进一步增加了反应器模块 130 的气体燃料输出能够向空气传递热的距离。空气和气体燃料输出的这种流动布置基本上增加了通过空气出口 236 的输出的温度且基本上降低了气罩 132 的气体燃料输出 134 的输出温度。此外,作为热传递的结果,反应器模块 130 的温度在顶部基本上低于在底部,允许热解模块 120 被嵌入到反应器模块 130 内而从反应器模块 130 到热解模块 120 没有实质性的热传递,且利于焦油气和炭到反应器模块 130 的运输。

[0034] 通过将来自反应器模块 130 的气体燃料出口基本上定位在气罩 132 的底部,将来自气罩的气体燃料出口 134 基本上定位在气罩 132 的顶部,将空气入口 232 基本上定位在气罩 132 的顶部,且将空气路径 234 基本上引导至气罩 132 的底部,在来自反应器模块 130 的气体燃料输出和空气路径 234 内的空气之间导致了错流流动。这种错流流动对于热传递是有利的。此外,当气体燃料输出流经空气路径 234 时,湍流被引入到气体燃料输出流中,这可改进微粒与气体燃料的分离,清洁气体燃料。如上所述,还原后的气体燃料输出可能在约 600°C 的温度下。通过第三热交换器 230,气体燃料输出可降低至 200°C -300°C 范围内的温度。然而,第三热交换器 230 可使温度降低更多,减少了对吸热器 140 的需要。然而,可使用第三热交换器内的任何其它合适的热传递和温度关系。

[0035] 如图 3 所示,气罩 132 还可包括位于反应器模块 130 下方的沉积物收集器 136,其收集从气体燃料吸取的微粒和 / 或用炭还原燃烧过的焦油气后由炭产生的灰分。沉积物收集器 132 优选地是可拆卸的,以允许处理使用后的沉积物。然而,可使用沉积物收集器的任何其它合适的布置。

[0036] 在优选的实施方式中,下吸式气化器还包括在用热干燥碳质材料之前从气体燃料输出进一步吸取热的吸热器 140。吸热器 140 可以是使来自气体燃料输出的热发散至周围环境的散热器。吸热器 140 优选地包括从气罩 132 的气体燃料出口 134 接收气体燃料的气体燃料输入 144 和耦合于第一热交换器 210 的气体燃料入口 212 的气体燃料输出 146。如图 3 所示,吸热器 140 可包括起到从气体燃料输出进一步吸取微粒的作用的旋风器模块 142。在引导气体燃料通过旋风器模块 142 的过程中,使热发散至周围环境中。吸热器 140 和 / 或旋风器模块 142 还可包括促进来自气体燃料输出的热的吸取的散热部件(例如,散热片)。吸热器 140 和 / 或旋风器模块 142 优选地基本上布置在第一热交换器 210 的下面以利用热气向上的趋势来将气体燃料引导到第一热交换器 210 内。然而,可使用吸热器和 / 或旋风器模块 142 的任何其它合适的布置。

[0037] 可选择地,吸热器 140 可包括用来自气体燃料的热能来起作用例如加热水的第四热交换器 240。在第一变化形式中,第四热交换器包括水入口 242、水路径 244 及水出口 246。水入口优选地接收来自水源的水。水路径优选地关于吸热器 140 和 / 或旋风器 142 来回穿

行,且气体燃料用来加热水。气体燃料的温度可足够高以使水蒸发,允许蒸汽通过水出口离开。在还原过程中,水的引入可增加气化器中产生的可使用的气体燃料的量,而没有增加所用的碳质材料的量。增加碳质材料的量增加气体燃料生产中使用的空气的量,这可增加气体燃料内的氮含量且稀释了可用的气体燃料。因此,将蒸汽引入反应器可生产更高品质的气体燃料。此外,将蒸汽引入燃烧还可提供减少烟灰还原和促进燃烧的额外益处。水出口可以可选择地耦合于第三热交换器 230 的空气路径 234。在第四热交换器 240 的这种变化形式中,从反应器模块 130 的气体燃料输出重获热并将该热在反应器模块 130 中再次利用(通过蒸汽的产生和蒸汽的注入),潜在地提供了下吸式气化器 100 的能量生产效率的显著增加。第四换热器 240 的第二变化形式基本上类似于第一变化形式。在第二变化形式中,用于第四热交换器 240 的水源是从干燥器模块 110 中的碳质材料除去的水分。如上所述,在干燥器模块 110 的冷凝部分 112 中收集水。在这种变化形式中,冷凝部分 112 可包括耦合于第四热交换器的将被加热和/或注入到反应器中的水入口的水出口。除了重复利用系统内的水分之外,在干燥器模块中收集的水也通过来自气体燃料输出的热来加热,从而增加了在下吸式气化器 100 内重获和再次利用热能的另一层。然而,对于吸热器 140,可使用任何其它合适的布置、热传递、材料和温度关系。

[0038] 除了通过热和材料的再利用增加效率外,优选的实施方式的下吸式气化器 100 还基本上使主要的化学反应彼此隔离,如上所述,这减少不必要的热负荷且可产生更清洁的气体燃料。例如,在热解过程和燃烧过程中的不必要的水分变成了热负荷且可降低这两个过程的效率。类似地,来自更高温度的反应的热基本上与进入较低温度的反应隔离,这可改进气体燃料输出的品质。类似地,在反应器内的热的管理不充分和允许热逃离反应器(例如,进入热解过程或干燥过程中)可降低燃烧和还原的效率。每一个模块之间的连接优选地基本上是短的,同时维持模块和热交换器之间的实质性隔离以减少当材料在模块和热交换器之间运动时的热损失。类似地,模块和热交换器中的每一个可包括隔热材料以进一步防止不期望的热损失(以及保护可能与下吸式气化器 100 的表面接触的使用者)。

[0039] 优选的实施方式的下吸式气化器 100 优选地是上述变化形式中的一种,但可以可选择地是利用如上所述的热交换关系或如上所述的热交换关系的任何其它合适的变化形式的气化过程的任何其它合适的布置。例如,可想象干燥器模块 110 和热解模块 120 可组合成干燥器/热解模块 121,如图 11 所示,模块 121 包括在热解部分上方的冷凝部分。来自气体燃料输出和发动机的废气的热可配合地用于使水从加进到干燥器/热解模块中的碳质材料蒸发。然后,蒸发水在热解部分上方的冷凝部分冷凝且合并的热能用于使干燥的碳质流体热解。然而,可使用任何其它合适的变化形式。

[0040] 如上所述,优选的实施方式的下吸式气化器 100 的部件各自基本上与大量的热和材料的重复利用相联系,这解决了使用下吸式气化生产相对于上吸式气化更清洁的气体燃料的很多障碍且为下吸式气化作为可再生和可持续能源提供了可行的解决方案。优选的实施方式的下吸式气化器 100 提供了用于热整合气化器和/或发动机内的废热以驱动气化以产生额外的气体燃料的有效的新方法和系统。下吸式气化器 100 还由基本上简单的部件组成,允许结构是相对简单、便宜且小型的,这可鼓励使用者将下吸式气化器 100 作为个人的能源来源来构建并使用。

[0041] 从上文的详细描述及从附图和权利要求中,本领域的技术人员将认识到在不脱离

以下的权利要求界定的本发明的范围的情况下,可对本发明的优选实施方式进行修改和改变。

在上吸式气化器中，理想的热关系和过程关系

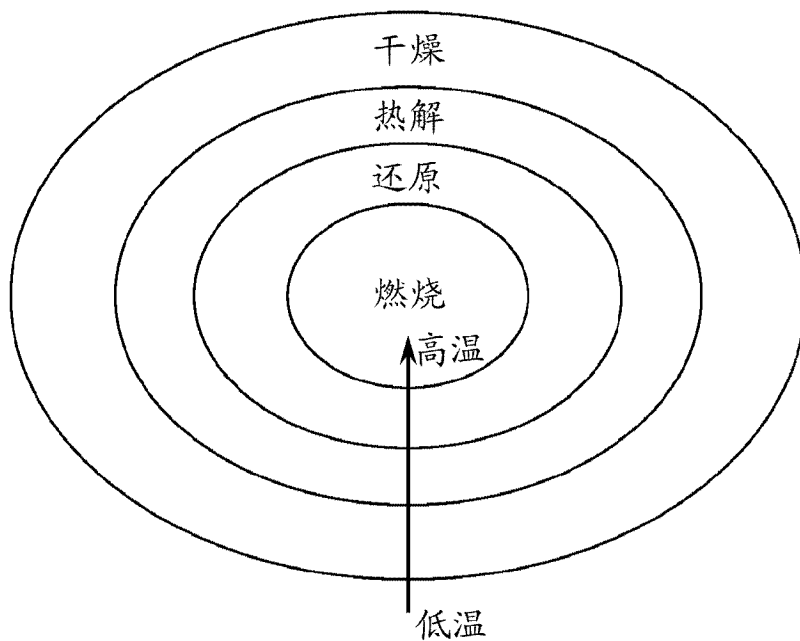


图 1

在下吸式气化器中，理想的热关系、材料关系和过程关系

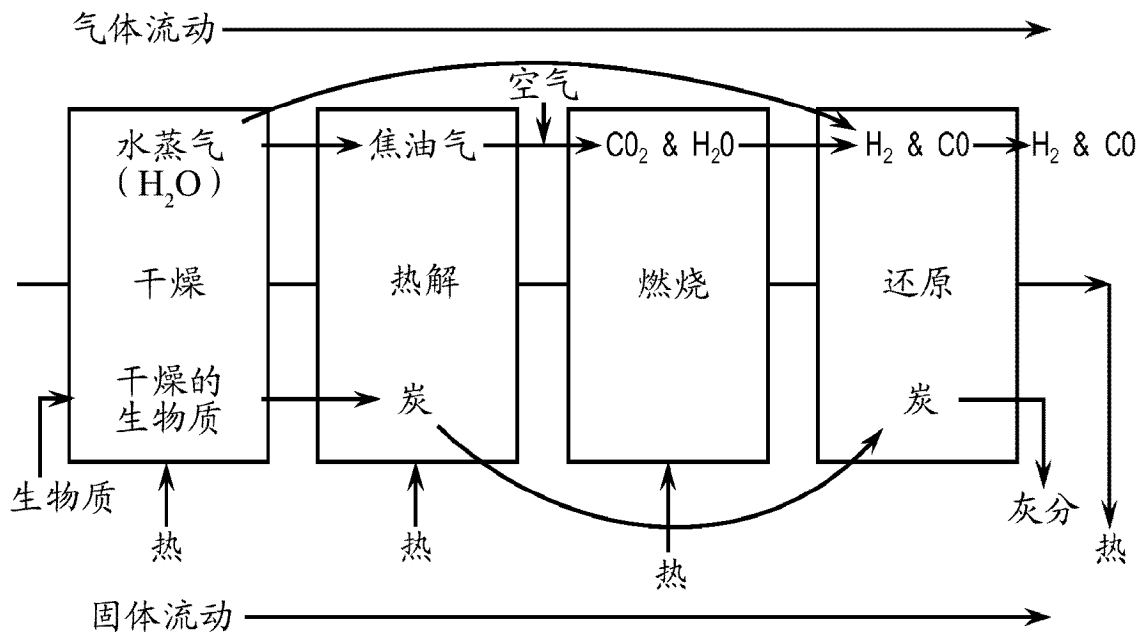


图 2

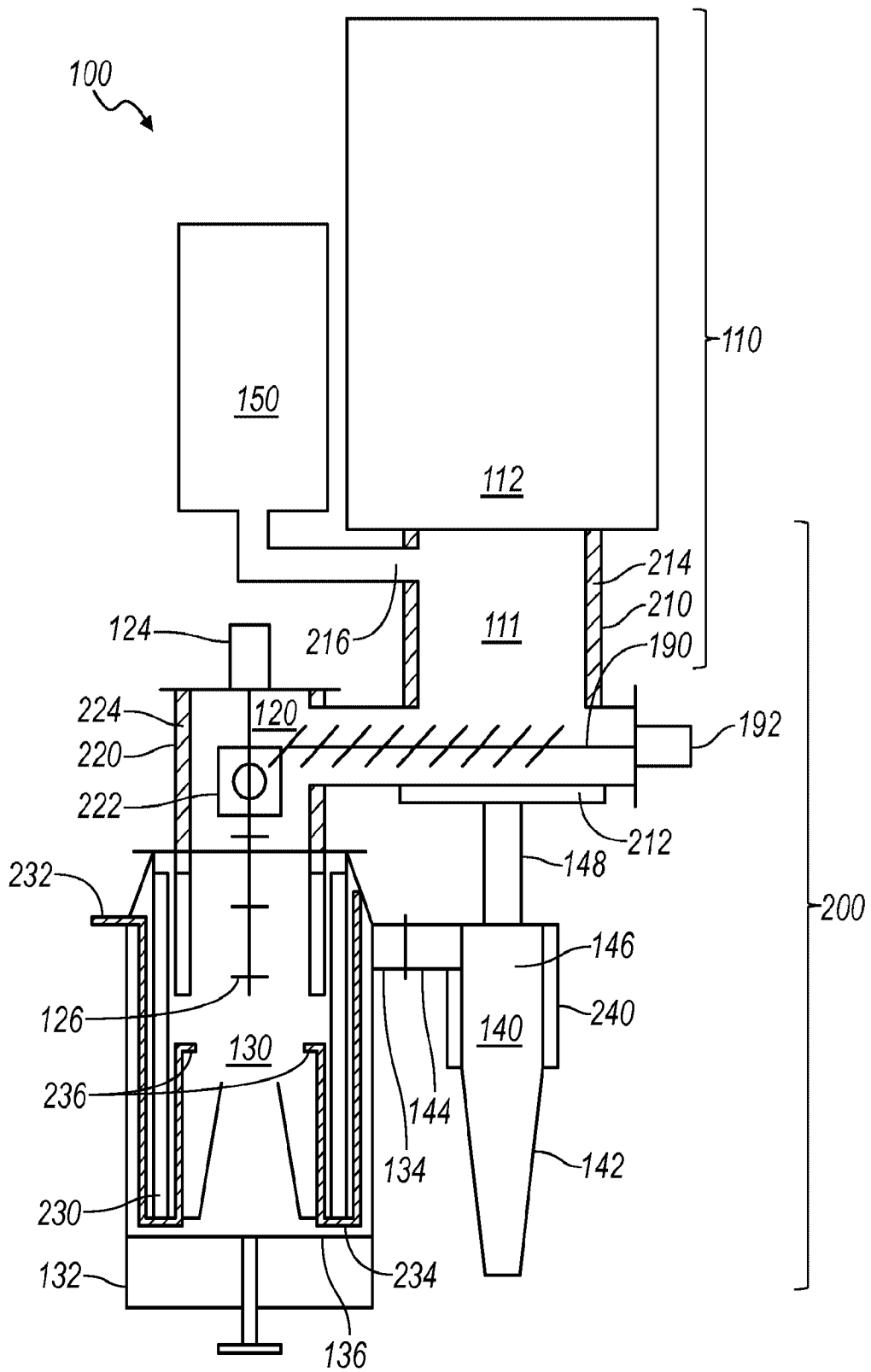


图 3

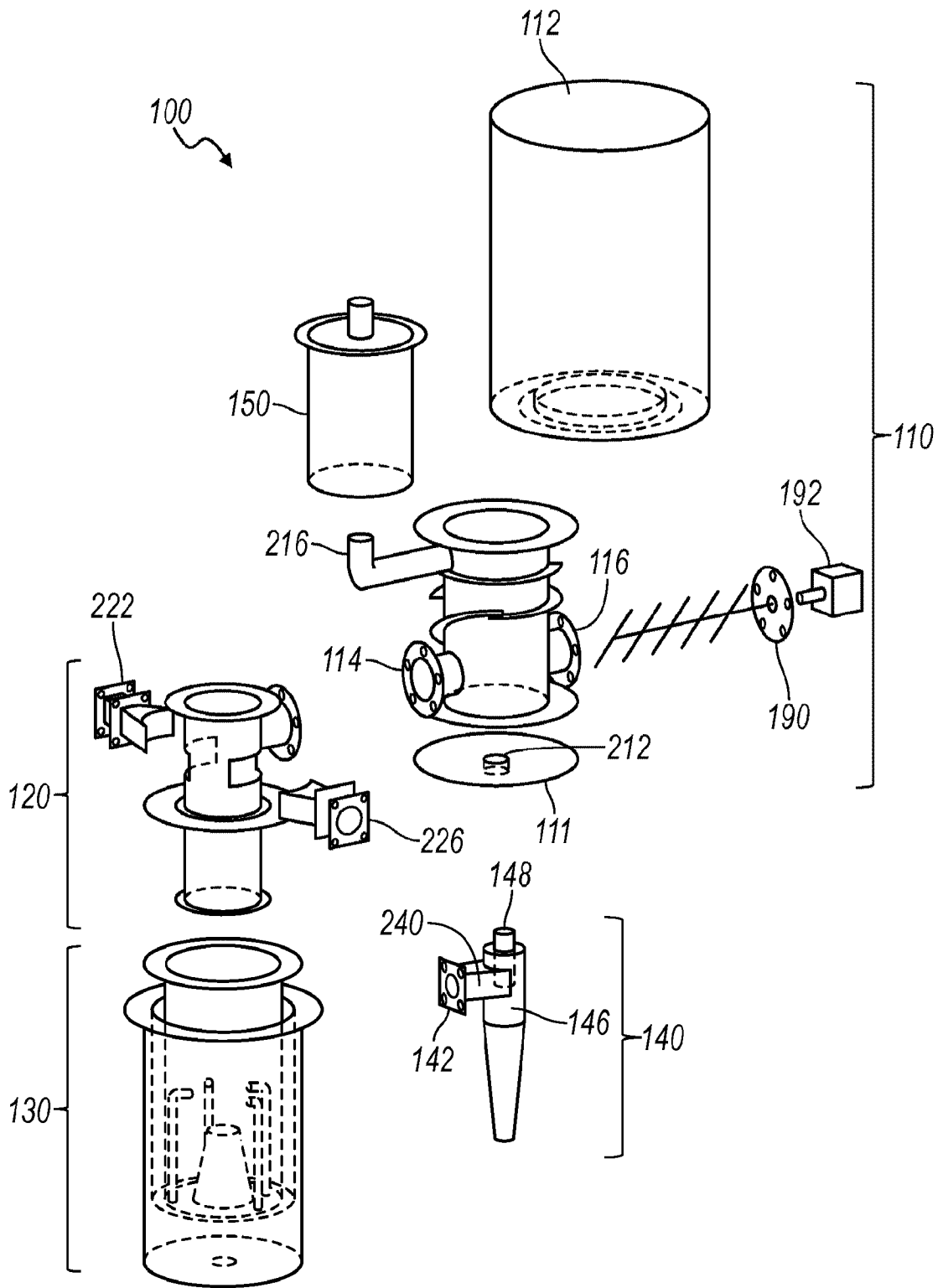


图 4

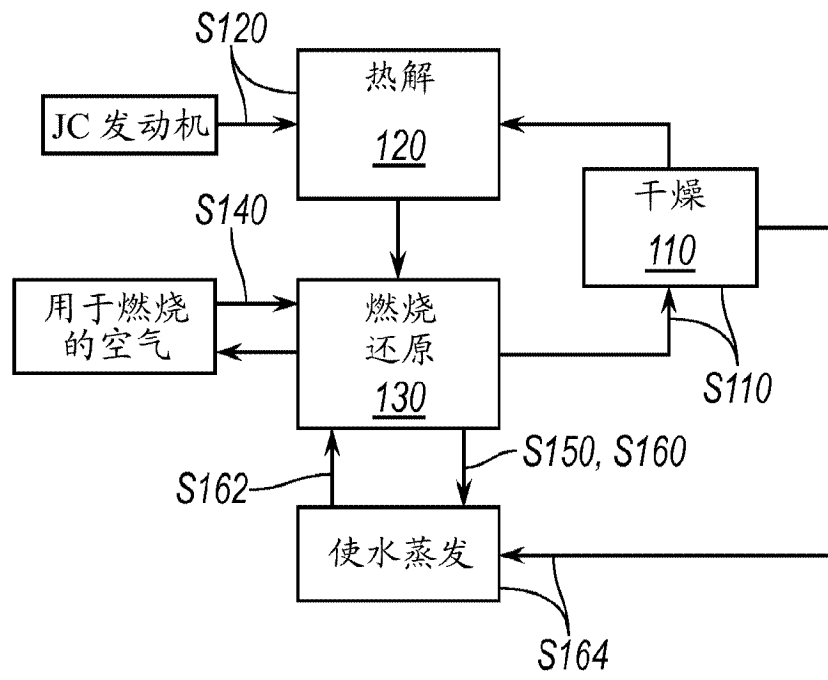


图 5

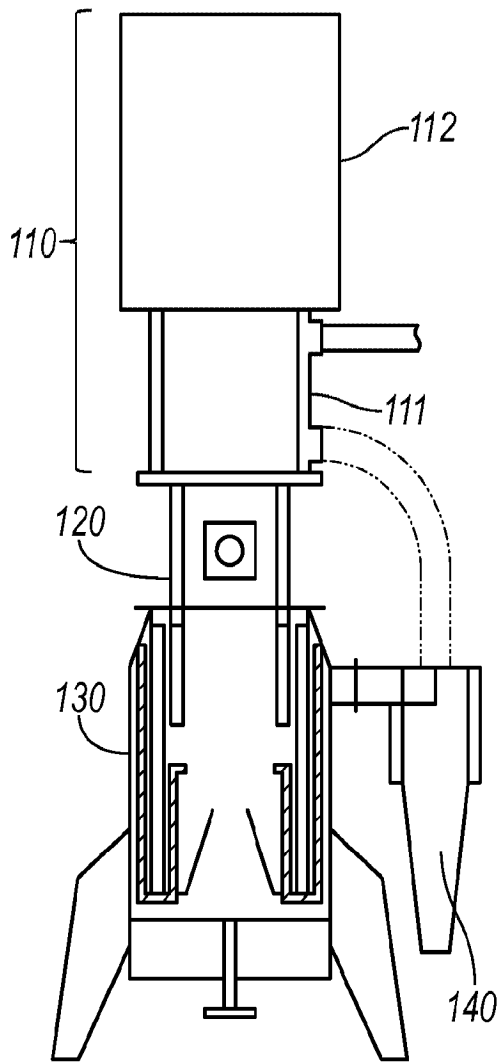


图 6A

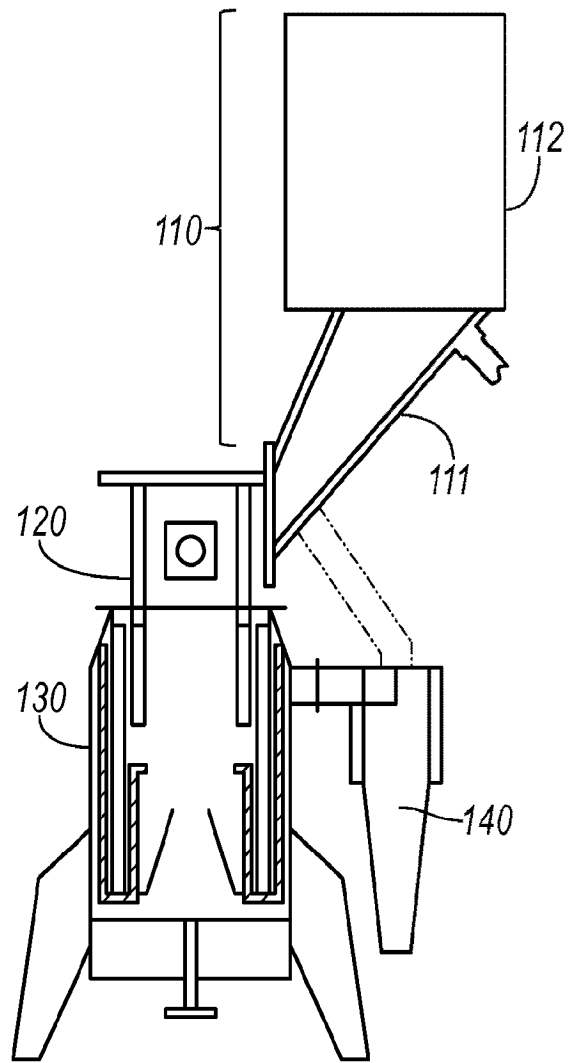


图 6B

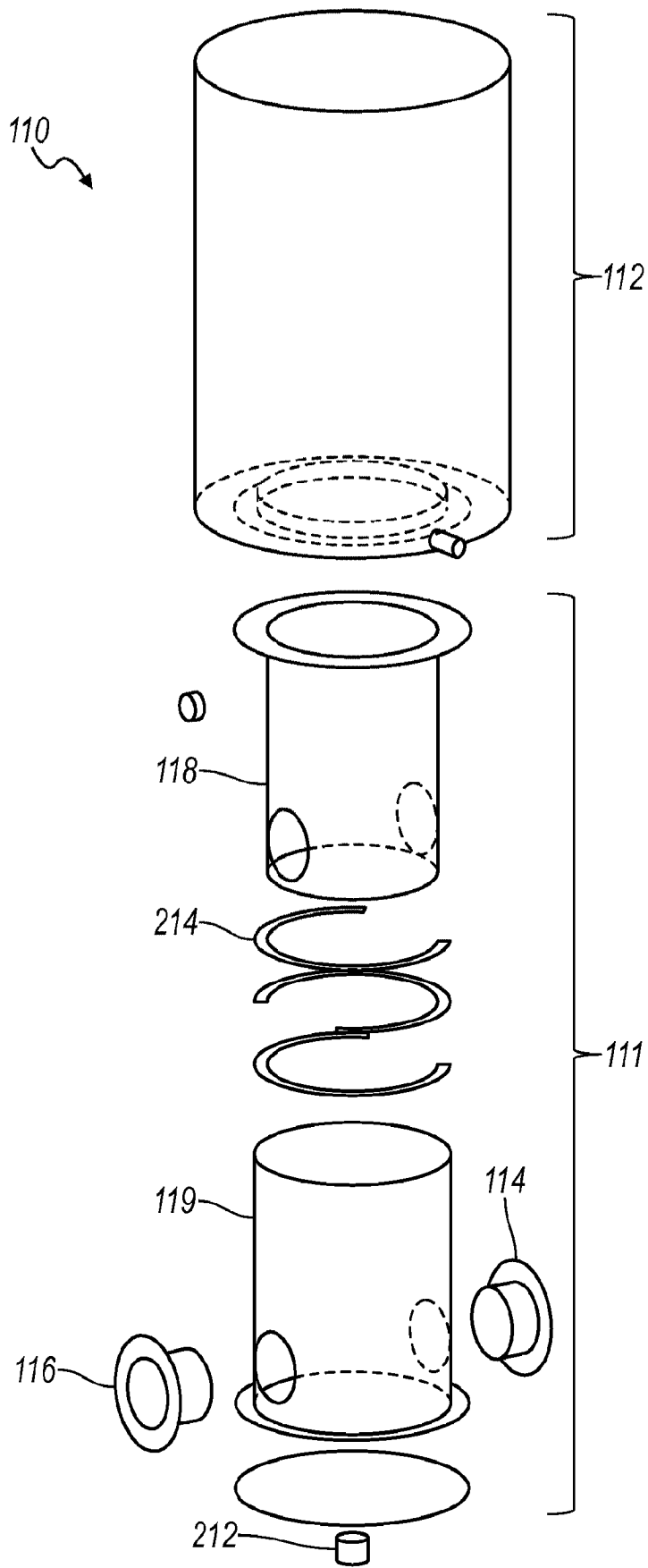


图 7

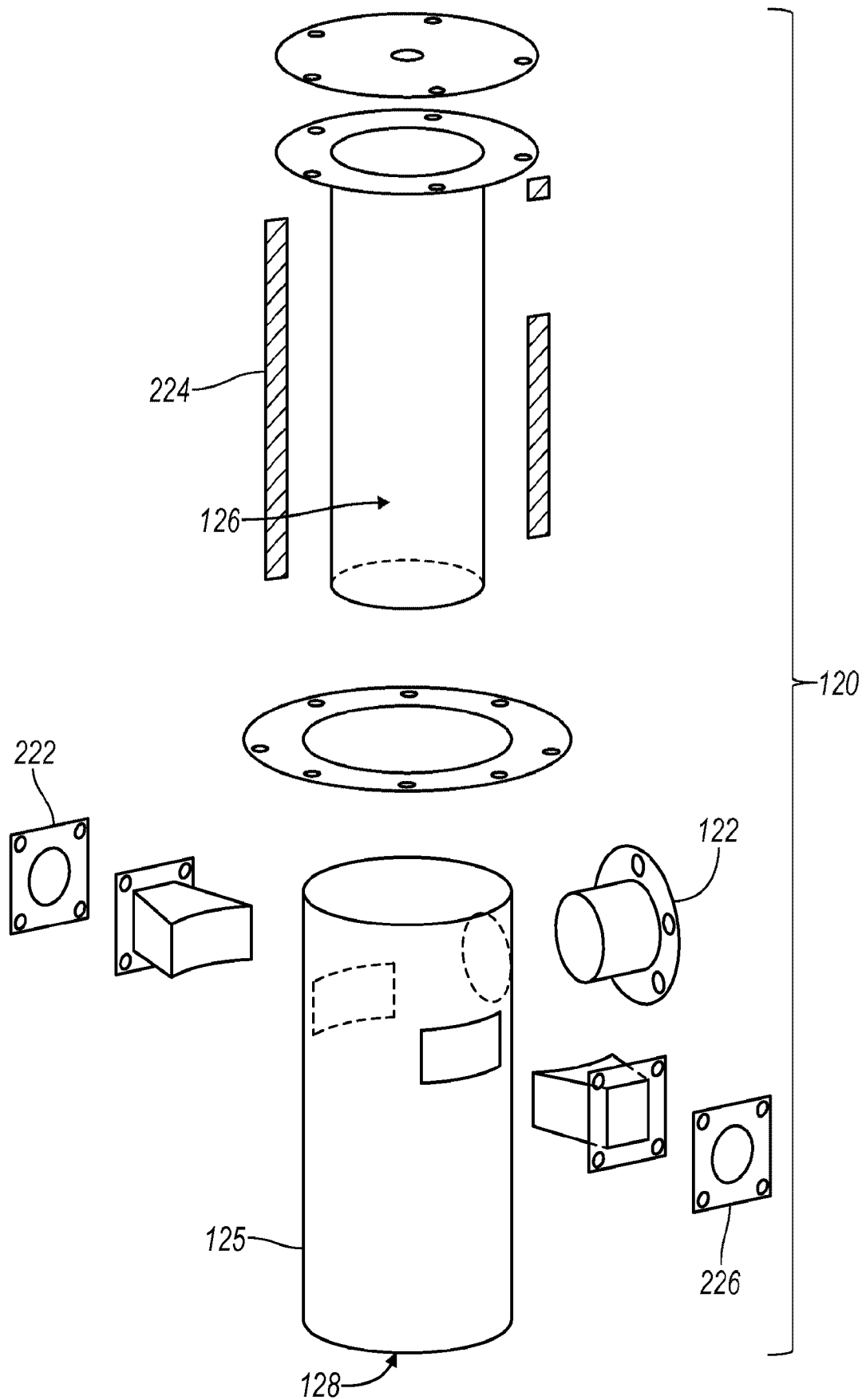


图 8

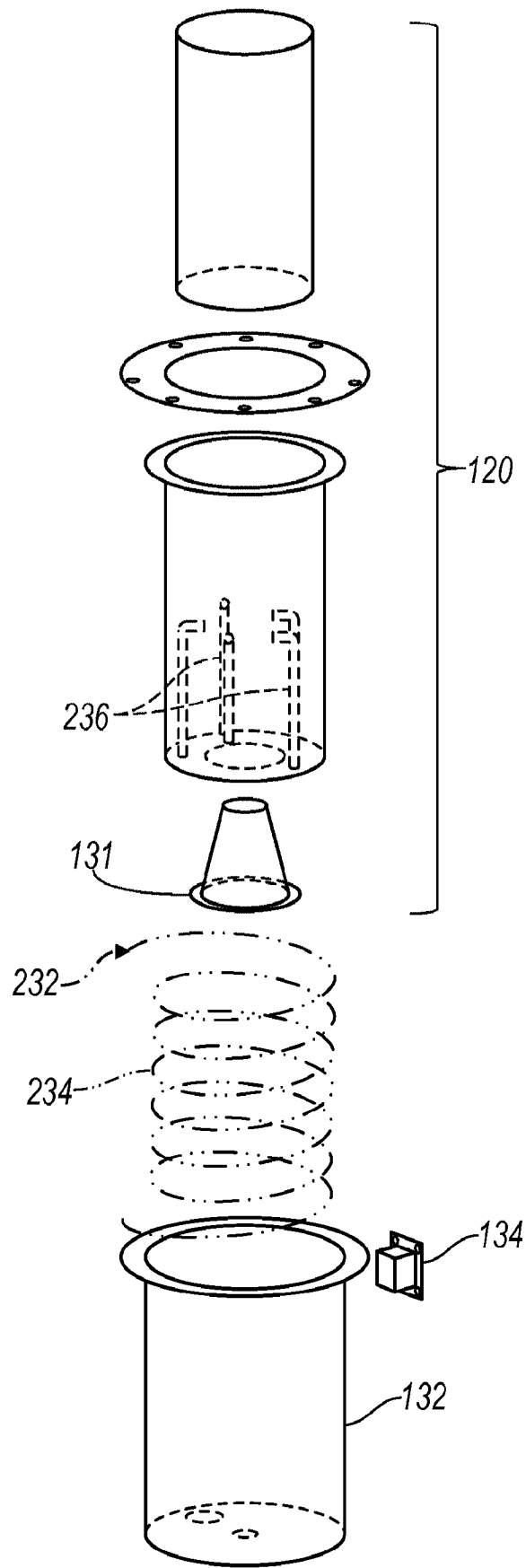


图 9

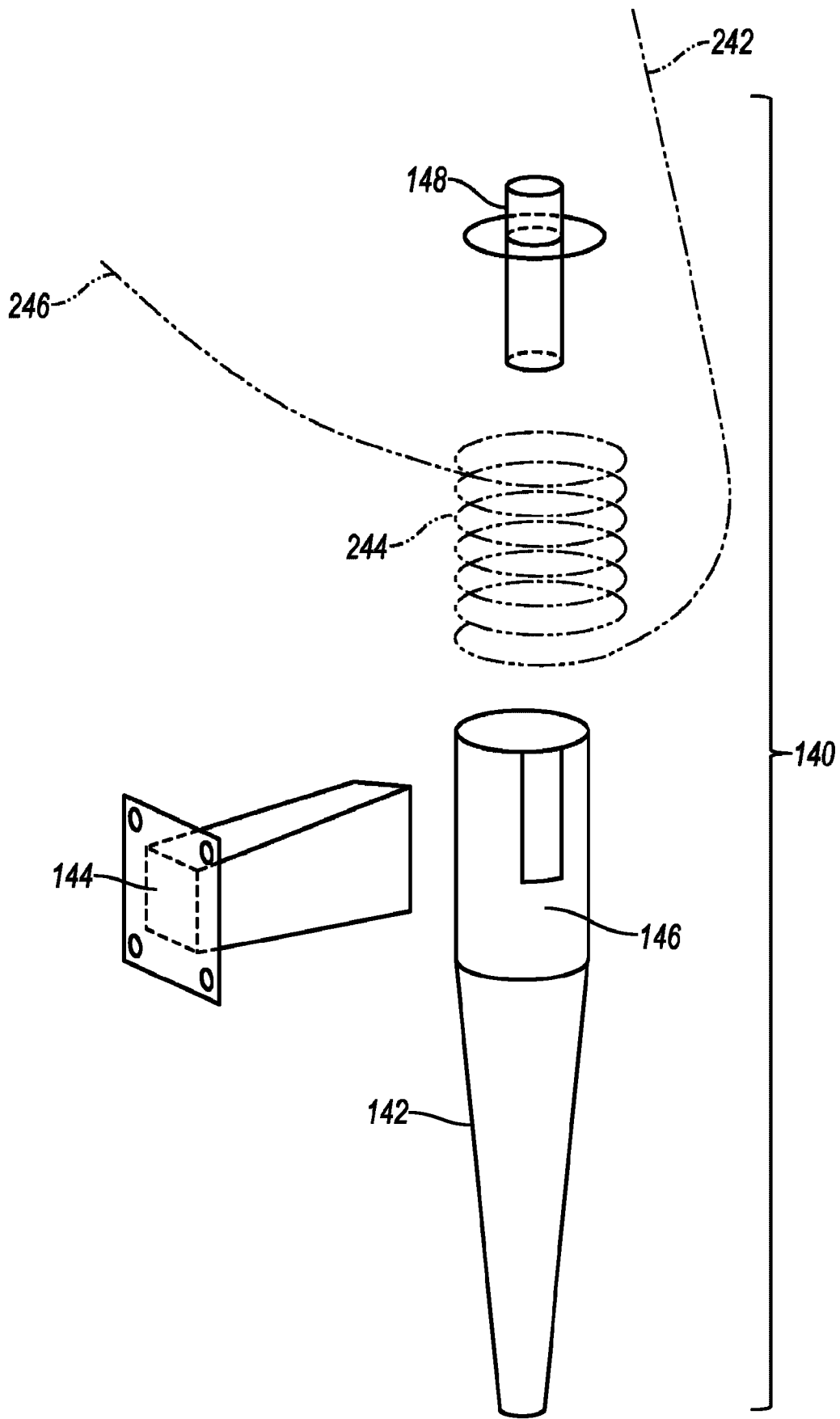


图 10

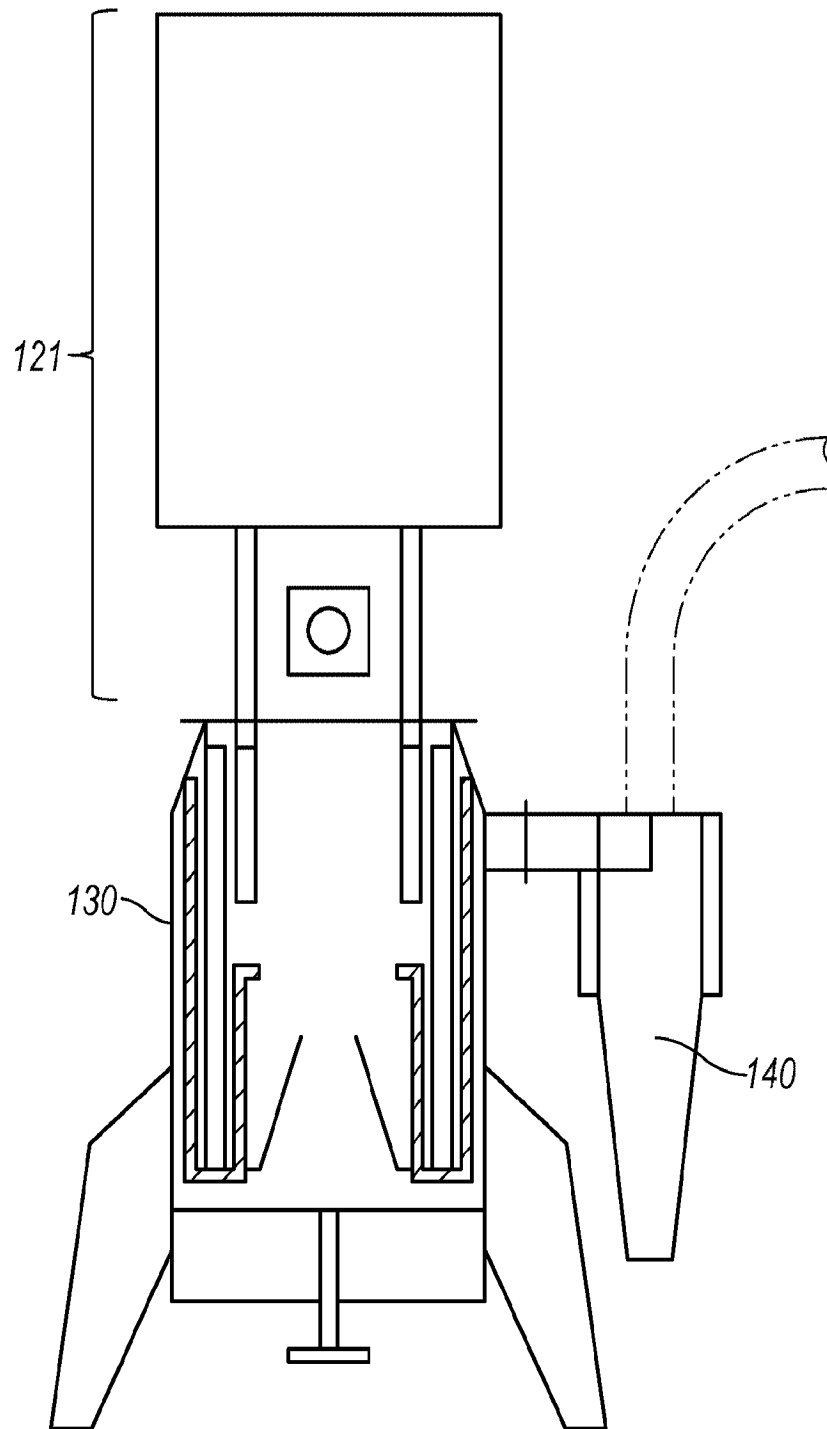


图 11

1. 一种下吸式气化器,用于从碳质材料生产将用于发动机的的气体燃料,所述下吸式气化器包括干燥器模块、热解模块、反应器模块及热交换器系统,所述干燥器模块、热解模块、反应器模块及热交换器系统相配合以从所述碳质材料生产所述气体燃料并来自所述反应器的所述气体燃料吸取微粒,其中所述热交换系统包括:

- 第一热交换器,其耦合于所述干燥器模块,利用所述反应器模块的气体燃料输出加热所述碳质材料以干燥所述碳质材料并从所述气体燃料吸取热;

- 第二热交换器,其耦合于所述热解模块,利用来自发动机的废气加热所干燥的碳质材料以使所干燥的碳质材料热解成焦油气和炭;及

- 第三热交换器,其耦合于所述反应器模块,利用所述反应器模块的气体燃料输出加热用于燃烧所述焦油气的空气以预热所述空气并在所述反应器模块的气体燃料输出进入所述第一热交换器前从所述反应器模块的气体燃料输出吸取热。

2. 如权利要求 1 所述的下吸式气化器,还包括吸热器,所述吸热器来自所述第一热交换器之前的所述反应器模块的所述气体燃料进一步吸取热。

3. 如权利要求 2 所述的下吸式气化器,其中所述吸热器包括与所述干燥器模块、所述热解模块及所述反应器模块配合以来自所述反应器模块的所述气体燃料进一步吸取微粒和热的旋风器模块,其中所述旋风器包括接收来自所述反应器模块的气体燃料的气体燃料入口、在所述旋风器模块内的从所述气体燃料吸取热和微粒的气体燃料路径及将气体传送到所述第一热交换器的气体燃料出口。

4. 如权利要求 2 所述的下吸式气化器,其中所述吸热器还包括与所述气体燃料交换热以从所述气体燃料吸取热的第四热交换器。

5. 如权利要求 4 所述的下吸式气化器,其中所述第四热交换器利用所述气体燃料加热水以从所述气体燃料吸取热。

6. 如权利要求 5 所述的下吸式气化器,其中所述碳质材料通过吸取所述碳质材料中的水分来干燥,且其中所述第四热交换器加热从所述碳质材料吸取的水。

7. 如权利要求 5 所述的下吸式气化器,其中所述第四热交换器包括接收水的水入口、水出口及基本上与所述气体燃料隔离的水路径。

8. 如权利要求 7 所述的下吸式气化器,其中第四热交换器利用来自所述气体燃料的热而基本上使水蒸发,且其中所述水出口将水蒸汽输出到所述反应器模块。

9. 如权利要求 7 所述的下吸式气化器,其中所述气体燃料路径关于所述旋风器模块来回穿行至少一次。

10. 如权利要求 9 所述的下吸式气化器,其中所述气体燃料路径关于所述旋风器模块旋转至少一次。

11. 如权利要求 1 所述的下吸式气化器,其中所述干燥器模块基本上使干燥与热解隔离,且其中所述热解模块基本上使热解与燃烧和还原隔离。

12. 如权利要求 11 所述的下吸式气化器,其中所述干燥器模块包括干燥部分和基本上布置在所述干燥部分上方的冷凝部分,其中所述干燥器模块使所述干燥部分中的所述碳质材料中的水分蒸发并在远离所述碳质材料的所述冷凝部分中使上升的水蒸汽冷凝,从而干燥所述碳质材料且基本上使干燥和热解隔离。

13. 如权利要求 11 所述的下吸式气化器,其中所述热解模块布置在所述反应器上方且

包括耦合于所述反应器的焦油气和炭出口,且其中所述反应器接收来自所述热解模块的所述焦油气和炭出口的焦油和炭。

14. 如权利要求 13 所述的下吸式气化器,其中所述焦油气和炭出口包括将所述焦油气和炭出口驱动到所述反应器中的电动机。

15. 如权利要求 1 所述的下吸式气化器,其中所述反应器是茵贝尔特类型的反应器。

16. 如权利要求 1 所述的下吸式气化器,其中所述第一热交换器包括接收来自所述反应器模块的气体燃料的气体燃料入口、基本上与所述碳质材料隔离的气体燃料路径、及气体燃料出口。

17. 如权利要求 16 所述的下吸式气化器,其中所述气体燃料路径关于所述干燥器模块来回穿行至少一次。

18. 如权利要求 17 所述的下吸式气化器,其中所述气体燃料路径以基本上 Z 型图案关于所述干燥器模块来回穿行。

19. 如权利要求 17 所述的下吸式气化器,其中所述干燥器模块包括内套和外套,且其中所述气体燃料路径由所述外套的内壁和所述内套的外壁配合地界定。

20. 如权利要求 19 所述的下吸式气化器,其中所述外套的所述内壁包括与所述内套的所述外壁配合以界定所述气体燃料路径的挡板。

21. 如权利要求 1 所述的下吸式气化器,其中所述第二热交换器包括接收来自发动机的废气的废气入口、基本上与所干燥的碳质材料隔离的废气路径、及废气出口。

22. 如权利要求 21 所述的下吸式气化器,其中所述废气路径关于所述热解模块来回穿行至少一次。

23. 如权利要求 22 所述的下吸式气化器,其中所述废气路径以基本上 Z 型图案关于所述热解模块来回穿行。

24. 如权利要求 1 所述的下吸式气化器,其中所述第三热交换器包括接收空气的空气入口、基本上与所述反应器的内含物和来自所述反应器的气体燃料输出隔离的空气路径、及允许预热的空气离开而进入到所述反应器中以燃烧焦油气的空气出口。

25. 如权利要求 24 所述的下吸式气化器,其中在所述空气路径中的空气的流动基本上与来自所述反应器的气体燃料输出的流动逆流。

26. 如权利要求 25 所述的下吸式气化器,还包括气罩,所述气罩基本上包围所述反应器模块并与所述反应器模块配合以界定在所述反应器模块和所述气罩之间的环形空间,其中所述反应器的气体燃料输出被引导出所述反应器的底部,进入所述环形空间,且绕着所述反应器向上通过所述环形空间,且其中所述空气路径布置在所述环形空间内,且在所述空气路径内的空气流动基本上是向下的。

27. 如权利要求 24 所述的下吸式气化器,其中所述空气路径关于所述反应器模块来回穿行至少一次。

28. 如权利要求 27 所述的下吸式气化器,其中所述第三热交换器包括绕着所述反应器模块缠绕且界定所述空气路径的导热管。

29. 如权利要求 1 所述的下吸式气化器,还包括将所述碳质材料输送至所述干燥器模块并随后将所干燥的碳质材料基本上直接输送至所述热解模块的碳质材料输送器。

30. 如权利要求 29 所述的下吸式气化器,其中所述碳质材料输送器包括螺旋输送机。

31. 如权利要求 30 所述的下吸式气化器,还包括耦合于所述螺旋输送机的电动机。

32. 一种用于管理热的方法,用于管理在用于从碳质材料生产气体燃料以用于发动机中的下吸式气化器之内的热,所述方法包括以下步骤:

- 在干燥器模块中利用来自气体燃料输出的热干燥所述碳质材料以产生干燥的碳质材料;
- 在热解模块中利用来自发动机的废气的热使干燥的碳质材料热解以产生焦油气和炭;
- 在反应器模块中利用空气燃烧所述焦油气并利用所述炭还原燃烧过的焦油气以产生气体燃料;
- 利用还原后的气体燃料预热用于燃烧所述焦油气的空气;及
- 在利用来自所述气体燃料的热干燥所述碳质材料之前,从还原后的气体燃料吸取热和微粒。

33. 如权利要求 32 所述的方法,其中从还原后的气体燃料吸取热和微粒的步骤包括在旋风器模块中从气体燃料吸取热和微粒的步骤。

34. 如权利要求 32 所述的方法,其中从还原后的气体燃料吸取热的步骤包括利用来自还原后的气体燃料的热使水蒸发并将蒸发水注入到所述反应器模块。

35. 如权利要求 34 所述的方法,其中干燥所述碳质材料的步骤包括从所述碳质材料吸取水,且其中使水蒸发的步骤包括使从所述碳质材料吸取的水蒸发。

36. 如权利要求 32 所述的方法,还包括基本上使干燥碳质材料与热解碳质材料隔离的步骤及基本上使热解碳质材料与燃烧焦油气和还原炭隔离的步骤。

37. 如权利要求 32 所述的方法,还包括基本上使所述干燥器模块中所述碳质材料与气体燃料输出隔离同时允许所述气体燃料输出和所述碳质材料之间的热交换的步骤及基本上使所述热解模块中干燥的碳质材料与废气隔离同时允许废气和干燥的碳质材料之间的热交换的步骤。

38. 一种下吸式气化器,用于从碳质材料生产将用于发动机的气体燃料,所述下吸式气化器包括干燥器模块、热解模块、反应器、旋风器模块及热交换器系统,所述干燥器模块、热解模块、反应器、旋风器模块及热交换器系统配合以基本上使干燥碳质材料与热解碳质材料隔离且基本上使热解碳质材料与燃烧焦油气和还原炭隔离,且还配合以从所述碳质材料生产所述气体燃料和从来自所述反应器的所述气体燃料吸取微粒,且其中所述热交换系统包括:

- 第一热交换器,其耦合于所述干燥器模块,具有:
 - 气体燃料入口,其接收来自所述旋风器的气体燃料,
 - 气体燃料路径,其关于所述干燥器模块来回穿行至少一次,基本上与所述碳质材料隔离,并利用来自所述旋风器模块的所述气体燃料加热所述碳质材料以干燥所述碳质材料并从所述气体燃料吸取热,及
 - 气体燃料出口;
- 第二热交换器,其耦合于所述热解模块,具有:
 - 废气入口,其接收来自发动机的废气,
 - 废气路径,其关于所述热解模块来回穿行至少一次,基本上与所干燥的碳质材料隔

离,并利用来自发动机的废气加热所干燥的碳质材料以使所干燥的碳质材料热解成焦油气和炭,及

- 废气出口;
- 第三热交换器,其耦合于所述反应器模块,具有:
 - 空气入口,其接收环境空气,
 - 空气路径,其关于所述反应器模块来回穿行至少一次,基本上与所述反应器的内含物隔离,并利用所述反应器模块的气体燃料输出加热空气以预热空气并从所述反应器模块的所述气体燃料输出吸取热,及
 - 空气出口,其允许预热的空气离开而进入到所述反应器以燃烧所述焦油气;及
 - 吸热器,其耦合于所述旋风器模块,具有:
 - 气体燃料入口,其接收来自所述反应器模块的所述气体燃料,
 - 气体燃料路径,其从来自所述反应器模块的所述气体燃料进一步吸取热,及
 - 气体燃料出口,其耦合于所述第一热交换器。