



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106797044 B

(45)授权公告日 2020.07.17

(21)申请号 201480082520.X

约书亚·珀斯基

(22)申请日 2014.10.07

(74)专利代理机构 北京银龙知识产权代理有限公司

(65)同一申请的已公布的文献号

公司 11243

申请公布号 CN 106797044 A

代理人 钟晶 钟海胜

(43)申请公布日 2017.05.31

(51)Int.Cl.

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

H01M 8/2475(2016.01)

2017.04.06

H01M 8/04007(2016.01)

H01M 8/2484(2016.01)

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/US2014/059447 2014.10.07

(56)对比文件

(87)PCT国际申请的公布数据

W02016/057026 EN 2016.04.14

US 2004086765 A1,2004.05.06,

US 2014140919 A1,2014.05.22,

US 2014106246 A1,2014.04.17,

US 2005269234 A1,2005.12.08,

(73)专利权人 布罗托尼克斯技术公司

地址 美国马萨诸塞州

审查员 张建强

(72)发明人 纳森·帕伦博 保罗·奥斯纳

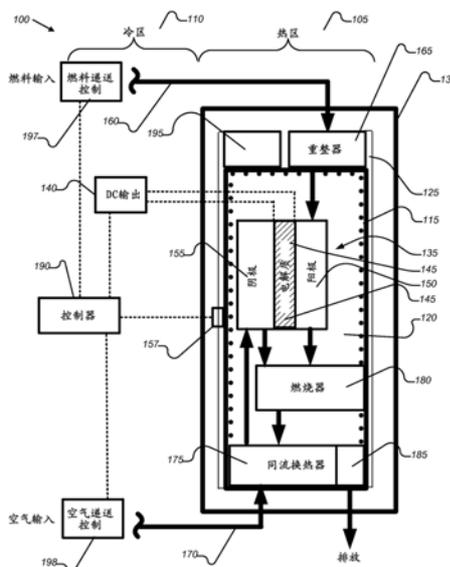
权利要求书3页 说明书20页 附图7页

(54)发明名称

SOFC传导

(57)摘要

固体氧化物燃料电池(SOFC)系统包括通过热传导增加热能转移的高热导率材料如铜。通过镍电镀保护铜免受氧化,以及通过在燃烧室内提供哈氏合金内衬保护铜免受热损伤。在进入的空气导管中使用蒙乃尔合金元件,以防止阴极中毒。



1. 一种固体氧化物燃料电池 (SOFC) 系统, 包括:

多个热区罩壳壁, 设置为封闭其中的热区腔, 其中, 所述多个热区罩壳壁中的每一个与所述多个热区罩壳壁中的至少另一个热传导连通且由一种或多种第一材料制成, 所述第一材料在高于 350°C 的温度下的热导率大于 $100\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$;

SOFC电池组, 包括设置在所述热区腔内的一个或多个燃料电池;

第一保护材料层, 所述第一保护材料层包括不同于所述一种或多种第一材料的第二材料, 所述第二材料施加在所述第一材料与其配合接触的表面以防止所述一种或多种第一材料氧化。

2. 权利要求1所述的SOFC系统, 进一步包括:

至少一个热质元件, 设置在所述热区腔内且与所述多个热区罩壳壁中的至少一个热传导连通;

其中所述至少一个热质元件由一种或多种第三材料制成, 所述第三材料的热导率大于 $100\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ 。

3. 权利要求2所述的SOFC系统, 进一步包括第二保护材料层, 所述第二保护材料层包括不同于所述一种或多种第三材料的第四材料, 所述第四材料施加在所述热质元件的表面以防止所述一种或多种第三材料氧化。

4. 权利要求1所述的SOFC系统, 其中, 所述一种或多种第一材料包括壁厚为 $0.25\sim 3.18\text{mm}$ 的铜, 所述第二材料包括以至少 0.013mm 的厚度施加的镍镀层。

5. 权利要求3所述的SOFC系统, 其中, 所述一种或多种第三材料包括元件厚度为 $0.25\sim 9.53\text{mm}$ 的铜, 所述第四材料包括以至少 0.013mm 的厚度施加的镍镀层。

6. 权利要求3所述的SOFC系统, 其中, 所述一种或多种第三材料包括元件厚度为 $0.25\sim 9.53\text{mm}$ 的铜, 其中, 所述第二保护材料层包括一个或多个分开的金属元件, 所述一个或多个分开的金属元件与所述一种或多种第三材料与其配合接触的表面连接以防止所述一种或多种第三材料氧化。

7. 权利要求3所述的SOFC系统, 其中, 所述至少一个热质元件包括组合结构, 其中, 所述一种或多种第三材料包括由铜、钼、铝或者包含铜、钼、铝的合金形成的核心层, 并且所述第四材料包括一个或多个保护层, 所述一个或多个保护层与所述一种或多种第三材料的表面连接或配合接触以防止所述一种或多种第三材料氧化。

8. 权利要求1所述的SOFC系统, 其中, 至少一部分所述多个热区罩壳壁包括组合结构, 所述组合结构包括由所述一种或多种第一材料制成的核心层和一个或多个由所述一种或多种第二材料形成并与所述核心层连接的内衬材料层以防止所述一种或多种第一材料氧化。

9. 权利要求1所述的SOFC系统, 进一步包括设置在所述热区腔内用于燃烧废燃料和废阴极气体的混合物的尾气燃烧器区, 其中, 所述燃烧器区至少部分地由所述热区罩壳壁的内表面限定。

10. 权利要求1所述的SOFC系统, 进一步包括设置在所述热区腔内用于加热进入热区罩壳的气体的同流换热器室, 其中, 所述同流换热器室至少部分地由所述热区罩壳壁的内表面限定。

11. 权利要求2所述的SOFC系统, 进一步包括设置在所述热区腔内用于燃烧废燃料和废

阴极气体的混合物的尾气燃烧器区,其中,所述尾气燃烧器区至少部分地由所述热区罩壳壁的内表面限定,并且由所述至少一个热质元件的表面限定。

12. 权利要求11所述的SOFC系统,还包括:

至少一个第二热质元件,设置在所述热区腔内且与所述多个热区罩壳壁中的至少一个热传导连通,其中,所述至少一个第二热质元件由一种或多种第三材料制成,所述第三材料的热导率大于 $100\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ 。

13. 权利要求12所述的SOFC系统,进一步包括设置在所述热区腔内用于加热穿过其中的气体的同流换热器室,其中,所述同流换热器室至少部分地由所述热区罩壳壁的内表面限定,并且至少部分地由一个所述第二热质元件的表面来限定。

14. 权利要求1所述的SOFC系统,进一步包括设置以基本上封闭所述热区罩壳壁的隔热层。

15. 权利要求1所述的SOFC系统,其中,所述一个或多个燃料电池包括各自含有阳极材料层、阴极材料层、将所述阳极材料层与所述阴极材料层分开的电解质材料层的多个燃料电池,并且进一步,所述多个燃料电池的每个被封闭在至少部分地由所述多个热区罩壳壁的内表面限定的气室内。

16. 权利要求15所述的SOFC系统,进一步包括由一个或多个燃料流体流动导管形成的燃料递送系统,所述一个或多个燃料流体流动导管被形成为从燃料源接收包括氢和一氧化碳中的至少一种的燃料、以及引导所述燃料的一部分经过所述多个燃料电池中的每个燃料电池的阳极材料层。

17. 权利要求16所述的SOFC系统,进一步包括由一个或多个阴极气体流体流动导管形成的阴极气体递送系统,所述一个或多个阴极气体流体流动导管被形成为从阴极气体源接收包括氧的阴极气体、以及引导所述阴极气体的一部分流过所述多个燃料电池中的每个燃料电池的阴极材料层。

18. 权利要求17所述的SOFC系统,其中,所述一个或多个阴极气体流体流动导管的暴露的内表面由无铬材料形成。

19. 权利要求15所述的SOFC系统,进一步包括设置在所述热区腔内用于燃烧废燃料和废阴极气体的混合物的尾气燃烧器区,其中,所述尾气燃烧器区至少部分地由所述多个热区罩壳壁的内表面限定,其中,通过对流和辐射从燃烧混合物接收的热能使所述热区罩壳壁靠近所述燃烧器区的温度升高,并且温度的升高引起热能通过经所述第一材料的热传导而分布在所述多个热区罩壳壁的其他区域。

20. 权利要求17所述的SOFC系统,其中,所述阴极气体递送系统进一步包括设置在所述热区腔内用于加热穿过其中的气体的同流换热器室,其中,所述同流换热器室至少部分地由所述多个热区罩壳壁的至少一个的内表面限定。

21. 权利要求20所述的SOFC系统,进一步包括设置在至少一部分所述多个热区罩壳壁外表面与隔热层之间的流体流动导管,用于将从所述热区腔排出的废气运送到热区出口。

22. 一种固体氧化物燃料电池(SOFC)系统,包括:

多个热区罩壳壁,设置为封闭其中的热区腔并,其中,所述多个热区罩壳壁中的每一个与所述多个热区罩壳壁中的至少另一个热传导连通且由一种或多种第一材料制成,所述第一材料在高于 350°C 的温度下的热导率大于 $100\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$;

第一保护材料层,所述第一保护材料层包括不同于第一材料的第二材料,所述第二材料施加在所述第一材料的表面上以防止所述第一材料氧化;

SOFC燃料电池组,包括设置在所述热区腔内的多个SOFC燃料电池;

尾气燃烧器区,其设置在所述热区腔内用于燃烧废燃料和废阴极气体的混合物,并且其至少部分地由所述热区罩壳壁的内表面限定;

其中,热能通过对流和辐射从燃烧混合物转移到所述多个热区罩壳壁,并且其中,从所述多个热区罩壳壁接收的热能通过经所述第一材料的热传导而分布。

23. 权利要求22所述的SOFC系统,其中,所述第一材料包括铜、钼或铝或者包含铜、钼或铝的金属合金,所述第二材料包括镍镀层。

24. 权利要求22所述的SOFC系统,其中,所述第一材料包括金属合金,所述金属合金包括铜、钼或铝;并且所述第二材料包括镀镍层或一个或多个的内衬元件,所述镀镍层或所述一个或多个的内衬元件施加在所述第一材料的表面上。

SOFC传导

[0001] 版权声明

[0002] 本专利文件的公开的部分可以包含受版权保护的内容。版权所有者对于任何人对于专利文献或专利公开的复制没有异议,正如其出现在专利商标局文献或记录中,但是无论如何保留所有版权权利。以下声明应该适用于该文件:© 2014 Protonex 技术公司 (Protonex Technology Corporation)。

背景技术

技术领域

[0003] 本文示例性、说明性的技术涉及固体氧化物燃料电池 (SOFC)、使用方法和制造 SOFC 系统的方法。具体地,示例性、说明性的技术涉及改良的系统 and 用于对 SOFC 系统中热能管理的方法。

[0004] 相关领域

[0005] 根据 SOFC 技术,一般的 SOFC 系统包括热区,其含有或至少部分地封闭在维持较高工作温度(例如,在工作期间 350 或 500 °C 以上)下的系统组件。热区内容纳有 SOFC 能量发生器或固体氧化物燃料电池组。一般的 SOFC 燃料电池组由一个或多个燃料电池形成,其中每个电池参与产生电流的电化学反应。为了提供电池组的希望的输出电压,燃料电池根据需以串联或并联方式电学地相互连接。每个燃料电池包括三个基本层:阳极层或燃料电极;阴极层或空气电极;以及将阳极层与阴极层分开的电解质层。

[0006] 阳极层暴露于至少含有氢气 (H₂) 和/或一氧化碳 (CO) 的气态或雾状燃料中。同时,阴极层暴露于阴极气体如空气或任意的其他气体或雾状氧 (O₂) 源中。在阴极层中,提供给阴极层的氧(空气)获得电子成为氧离子 (O⁻)。氧离子从阴极层通过陶瓷电解质层穿越到阳极层。在三相界面处,在阳极层中,通过燃料提供给阳极层的氢 (H₂) 和/或一氧化碳 (CO) 与氧离子反应以产生水和二氧化碳,在该反应期间发射的电子产生电和热。在燃料流中的其他反应副产物可包括甲烷、乙烷或乙烯。由电化学反应产生的电被引至 DC 电源端子以给电力负载供电。

[0007] 常见的阳极材料包括金属陶瓷,如镍和掺杂的氧化锆 (Ni-YSZ)、镍和掺杂的二氧化铈 (Ni-SDC 和/或 Ni-GDC)、铜和掺杂的二氧化铈。也可以使用钙钛矿阳极材料如 (La_{1-x}Sr_x)Cr_{1-y}M_yO_{3-δ} (LSCM) 和其他 ABO₃ 结构。常见的阴极材料包括镧锶钴氧化物 (LSC)、镧锶钴铁氧化物 LSCF 和镧锶锰氧化物 (LSM)。电解质层是离子传导陶瓷,通常是氧离子导体如氧化钇掺杂的氧化锆或钆掺杂的二氧化铈。可改变地,电解质层是质子传导陶瓷,如钪酸钡或锆酸钡。电解质层充当附近的密封屏障以防止燃料和空气混合和燃烧。

[0008] 一般的 SOFC 系统使用通常被称为同流换热器的交叉流或平行流热交换器,加热进入 SOFC 系统的阴极气体(空气)。气流热交换器加热进入热区的冷空气,交换进入的冷空气和离开热区的热废气之间的热能。

[0009] 已知包括设置在 SOFC 热区内的一种或多种热能源或热源加热流过 SOFC 系统的空

气或燃料以及加热燃料电池。热源可以包括用于在废燃料和废气离开电池组时，燃烧与热废气混合的废燃料的尾气燃烧器。第二热源可以包括冷启动燃烧器，其可操作地在系统启动时燃烧燃料以加热SOFC表面或加热流向电池组的进入的燃料，至少直到SOFC系统到达其稳态工作温度或CPOX或TGC起燃。电热元件也可以用于替代冷启动燃烧器或与冷启动燃烧器一起用于在启动时加热空气、燃料和工作表面。

[0010] 在一般的SOFC系统中，主要通过气体与气体或气体与周围表面热能交换来转移热能，即主要通过对流。当废燃料与热废气混合且在燃烧罩壳中燃烧时，这在尾气燃烧器中发生。在该情况下，当较冷的气体进入燃烧罩壳与较热的气体混合并且燃烧时，通过对流交换热能。此外，当气体传递热能至罩壳表面时，对流热能转移还加热燃烧罩壳表面。同时，当热表面放射热能并且放射的辐射加热接近热表面流动的气体时，热罩壳壁将热能转移回进入燃烧室的更冷的气体。

[0011] 在一般的SOFC系统中，同流换热器或气体逆流热交换器被设置为接收从燃烧室排出的热气和接收进入由共同的壁隔开的单独的逆流导管中的SOFC系统的冷气。而且，对流和辐射是主要的热能转移机制，比如来自燃烧器的热气在其传递至出口时加热导管壁，而导管壁加热了进入的空气。总而言之，尾气燃烧器内和同流换热器内的热能交换均是不充分的。结果是一般的SOFC系统众所周知地难以控制并且通常发展为热点（例如，在燃烧罩壳中），所述热点可以损坏罩壳壁，甚至当燃烧罩壳壁过热时会烧穿壁。供选择地，当SOFC系统的温度降低，例如通过调节燃料输入流速时，不完全的燃料处理导致在阳极表面形成碳，这最终导致减少了电输出和最后的故障。

[0012] 为了更好地处理热点和冷点，一般的SOFC系统通常包括多个设置在各个系统点的热电偶或热敏电阻以监测温度和调节工作以避免热点和防止导致阳极表面碳形成的冷点。然而，温度感应和监测系统是昂贵和容易失败的，这是由于SOFC系统的高工作温度（例如，350-1200°C）。此外，需要调节燃料输入作为安全措施以避免损坏SOFC系统的需求导致电力输出低效和易变。因此，为了避免损坏SOFC系统以及为了递送更连续的电力输出和改善伴随发电效率，本领域存在避免热梯度和消除热点的需求。

[0013] 一般的SOFC系统通常由专门的材料制成以保持在高温和严重腐蚀性环境下长期工作的效果，所述高温和严重腐蚀性环境持续氧化金属表面，有时氧化至故障点。在一般的SOFC系统中已经处理的其他高温问题包括需要匹配或考虑异质材料的热膨胀系数的差异以避免配件之间松散、陶瓷元件的破裂或金属元件的弯曲，以及需要考虑在高温下发生的金属蠕变率增加。在一般的SOFC系统中，通过使用专门的高温耐腐蚀镍铬合金如因科镍（Inconel）等已经处理了这些问题。然而，被滤入到进入的阴极空气的铬可以使阳极材料层中毒，如果需要避免阳极中毒，那么这样的含有铬的材料对于任何要进入空气导管或加热器是不希望的。因此，尽管本领域中存在使用耐腐蚀或氧化的高温金属合金以制造SOFC热区元件的需求，但是许多这些合金含有铬，并且本领域中存在进一步避免使阴极空气与含铬表面接触的需求。

[0014] 当在一般的SOFC系统之间通过热传导（例如，传导的相互连接的金属元件）转移某些热能时，在一般的SOFC系统中热点和冷点仍然成问题的事情说明了热传导太慢或不足以促进在一般的SOFC系统的不同区域中产生均匀温度。这部分是由于需要使用低于希望的导热特性的用于高温腐蚀性环境的专门材料。例如，与具有大约在500°C下370W/(m²·K)至1027

℃下332W/m²K的热导率的铜相比,因科镍在150~875℃下具有17~35W/(m²K)的热导率。由此,铜具有的热导率是因科镍的热导率的10倍,因科镍的热导率约是镍的70%。虽然铜提供了比能改善SOFC系统中的温度均匀性的多数包含镍的高温金属合金增加的热导率,但是铜在SOFC环境中容易被氧化,到目前为止被避免作为SOFC外壳材料。

发明内容

[0015] 鉴于与上述的一般方法和装置相关的问题,本发明的目的是提供一种SOFC系统,其中使用通过热传导而增加的热能转移从SOFC热区的一个区域转移热能至另一区域,以减少跨热区的热梯度。

[0016] 本发明的进一步目的是提供延伸到多个不同机械元件的相互连接的热能传导路径,所述机械元件机械地相互连接以减少跨SOFC系统的热梯度。

[0017] 本发明的进一步目的是通过提供与罩壳壁热连通以及与热源和热交换器热连通的高热导率的热质元件来管理SOFC系统热区的不同区域之间的热能交换,以实质上稳定SOFC热区的每个区域的温度。

[0018] 本发明通过提供改良的SOFC系统来克服了与一般的SOFC系统相关的问题。本发明的改良的固体氧化物燃料电池(SOFC)系统包括热区罩壳壁,其被设置为封闭热区腔。热区罩壳壁由一种或多种在350℃以上的温度下热导率大于100W/(m²K),优选大于300W/(m²K)的材料制成。理想地,热区罩壳壁由铜制成。通过在罩壳壁的暴露表面上形成防止罩壳壁暴露于烃类燃料和/或空气的表面涂层来保护铜免受氧化。在一个示例实施方式中,表面涂层是通过电镀工艺施加的镍镀层,其厚度为至少0.0005英寸,但最高至0.0015英寸,甚至在某些应用中更高约0.002英寸,以防止在350~1200℃的工作温度下氧通过镀层材料扩散。在实践中,镀层厚度取决于希望的以小时计的工作寿命、平均工作温度和/或峰值工作温度,以及例如在燃料或阴极气体中使用的氧化剂。

[0019] 至少一个热质元件被设置在热区腔内且由热区罩壳壁支持或与热区罩壳壁连接。特别地,热质元件与热区罩壳壁热传导连通。热质元件由一种或多种在350℃以上的温度下热导率大于100W/(m²K),优选大于300W/(m²K)的材料制成。理想地,热质元件由铜制成。通过在热质元件的暴露表面上形成防止热质元件暴露于烃类燃料和/或空气的表面涂层来保护铜免受氧化。理想地,表面涂层是通过电镀工艺施加的镍镀层,其厚度为至少0.0005英寸,但最高至0.002英寸,以防止在350~1200℃的工作温度下氧扩散通过镀层材料。罩壳壁和热质也可以由钼、铝铜、铜镍合金或其组合中的一种或多种来制成。

[0020] 尾气燃烧器区设置在热区腔内,用于燃烧从SOFC电池组离开的废燃料和热废气的混合物。供选择地,尾气燃烧器区可以设置在热区腔外,例如,热区罩壳壁周围。燃烧区至少部分地由热区罩壳壁限定,使得通过热区罩壳壁从燃烧接收的热能然后通过热区壁热传导至热区罩壳壁的其他区域,以减少跨热区罩壳壁结构的热梯度。尾气燃烧器区由高温耐腐蚀金属如哈氏合金(Hastelloy)和/或因科镍(Inconel)或陶瓷涂层钢形成的内壁而形成内衬。更一般地,内衬材料是具有金属镍作为其主要组分的金属合金。可以以防止尾气燃烧器内的气体氧化或损坏热区腔的表面和/或限定热区腔的任何热质元件的表面的方式,在适当的位置软焊内衬。

[0021] 同流换热器室被设置在热区腔内,用于接收进入热区腔的冷空气和在冷空气被递

送至SOFC电池组之前加热冷空气。供选择地,同流换热器可以设置在热区腔外,例如,热区罩壳壁周围和燃烧器区周围。同流换热器室至少部分地由热区罩壳壁限定,所述热区罩壳壁辐射热能至同流换热器室以加热进入的空气。供选择地或另外地,同流换热器室至少部分地由燃烧器区壁限定。优选地,热质元件形成尾气燃烧器区端壁的部分,所述尾气燃烧器区端壁的部分也是同流换热器室端壁,使得包括热质元件的壁将尾气燃烧器区与同流换热器室分开。离开尾气燃烧区的燃烧副产物流经同流换热器室的外表面,进一步加热同流换热器室周围的热区罩壳壁。

[0022] 燃料重整器可以至少部分地设置在热区罩壳内,用于催化或重整进入燃料递送系统的燃料供应。

[0023] 冷启动燃烧室可以被热区罩壳壁封闭,以在SOFC系统冷启动期间燃烧燃料。冷启动燃烧室至少部分地被热区罩壳壁封闭。冷启动燃烧室内壁优选由高温耐腐蚀金属如哈氏合金和/或因科镍或陶瓷涂层金属形成的内壁而形成内衬,或由陶瓷隔热层制成。

[0024] SOFC燃料电池组设置在热区腔内。燃料电池组至少包括一个电化学燃料电池,优选包括多个燃料电池。每个燃料电池包括阳极支持层、置于阳极支持层上的陶瓷电解质层和形成在陶瓷电解质层上的阴极层。阳极支持层暴露于烃类燃料,同时阴极层暴露于包括氧的阴极气体。阳极支持层可以形成为平板或管状导管。

附图说明

[0025] 由本发明的具体描述和其示例实施方式将最好地理解本发明的附图,选择的所述示例实施方式用于描述性目的,并且示于附图中,其中:

[0026] 图1描述了根据本发明的第一示例性SOFC系统的示意图。

[0027] 图2描述了根据本发明的SOFC系统的示例性热区的示意图。

[0028] 图3描述了根据本发明的SOFC系统的示例性燃料流路径的示意图。

[0029] 图4描述了根据本发明的SOFC系统的示例性空气流路径的示意图。

[0030] 图5A描述了穿过根据本发明的SOFC系统的第一示例性热区外壁的截面图。

[0031] 图5B描述了穿过根据本发明的SOFC系统的第二示例性热区外壁的截面图。

[0032] 图5C描述了穿过包括根据本发明的SOFC系统的导热质的示例性底管支持壁的截面图。

[0033] 图5D描述了穿过包括根据本发明的SOFC系统的导热质的示例性燃烧区端壁的截面图。

[0034] 图5E描述了穿过包括根据本发明的SOFC系统的导热质的示例性燃烧区底壁的截面图。

[0035] 图6描述了根据本发明的具有以两个同心圆图案排列的多个杆状燃料电池的SOFC系统的顶部截面示意图。

具体实施方式

[0036] 定义

[0037] 除非另有特别指出,全文使用以下定义:

术语	定义
哈氏合金	一组主要包含金属镍加不同百分比（包括在某些合金中为 0）的钨、铬、钴、铁、铜、锰钛、锆、铝和钨的合金。哈氏合金主要用于在高温和/或高应力下在中度至严重腐蚀环境下有效存在。可从美国印第安纳州科科的哈氏合金国际公司（Haynes International Inc. of Kokomo IN）获得。
蒙乃尔合金	一组包含高达 67%金属镍和约 30%铜和少量铁、锰、碳和硅的合金。蒙乃尔合金使用其耐腐蚀性。可从美国纽约新哈特福德的特种金属公司（Special Metals Corp. of New Hartford NY）获得。
SOFC	固体氧化物燃料电池
[0038] 因科镍	一族包含 40-70%镍、14-30%铬、3-9%铁、0.3-1%锰加硅、碳、硫和其他元素的奥氏体镍铬合金，使用其耐氧化性和耐腐蚀性以及宽温度范围内的强度。当因科镍加热时，因科镍形成厚的稳定的钝化的氧化物层，保护表面免受进一步的腐蚀。对高温应用的吸引力是减少蠕变。可从美国纽约新哈特福德的特种金属公司（Special Metals Corp. of New Hartford NY）获得
金属陶瓷	由陶瓷和烧结金属制成的任何一类耐热材料。常常形成和烧结成陶瓷氧化物混合物，以及通过从氧化物陶瓷还原为金属相来转化（NiO-YSZ → Ni-YSZ）。
钙钛矿	具有与钛酸钙（CaTiO ₃ ）相同类型的晶体结构的通用结构 A ^[12] B ^[6] X ₃ ^[6] 的三元系材料。

[0039] 条目编号清单

[0040] 除非另有特别指出，全文使用以下条目编号。

条目编号	描述	条目编号	描述
100	SOFC 系统	2155	气隙
[0041] 105	热区	2160	导热质
110	冷区	2165	热区出口
115	罩壳壁	2170	燃料输入歧管顶壁
120	热区腔	2175	导热质

[0042]

125	气隙	2180	导热质
130	隔热层	2185	燃烧器挡板
135	SOFC 燃料电池组		
140	DC 电流输出端子	2200	进入的空气
145	电解质支持物	2205	空气入口
150	阳极表面	2210	同流换热器室
155	阴极表面	2215	同流换热器挡板
157	热电偶/温度传感器	2220	废气出口
160	燃料输入管线	2225	空气入口
165	燃料重整器	2230	同流换热器空气入口
170	空气输入管线	2235	同流换热器空气出口
175	同流换热器	2240	阴极室空气入口
180	燃烧器	2245	阴极室空气出口
185	排放口		
190	电子控制器	2300	冷启动燃烧器
195	冷启动模块	2305	环状燃烧器腔
197	燃料递送控制器	2310	燃烧器入口
198	空气递送控制器	2315	燃料
		2320	点火器
2000	热区	2325	启动燃烧器出口
2002	热区罩壳侧壁		
2004	圆盘形顶壁		
2005	SOFC 燃料电池组	5005	壁 2002 的截面
2006	圆盘形底壁	5010	铜核心
2010	热区腔	5015	镍层
2012	隔热层	5020	镍层
2015	热区罩壳壁	5025	同流换热器室侧壁
2020	重整器	5030	哈氏合金内衬元件

	2025	燃料空气混合物	5035	(不存在)
	2030	重整器罩壳壁	5040	底管壁截面
	2035	催化腔	5045	蒙乃尔合金内衬元件
	2040	催化介质	5050	哈氏合金内衬元件
	2045	重整器入口	5055	壁 2175 的截面
	2050	重整器出口	5060	哈氏合金内衬元件
	2055	燃料输入歧管	5065	蒙乃尔合金内衬元件
	2060	纵轴		
	2065	环状隔热元件		
	2070	顶管支持壁		
	2075	底管支持壁		
	2080	燃料电池		
	2085	环状管壁	7000	SOFC 系统
[0043]	2090	阴极室	7010	阴极室
	2095	顶端盖	7015	热区罩壳壁
	2100	底端盖	7020	隔热层
	2105	连接端	7025	阴极进料管
	2110	支持端	7030	中心轴
	2115	电池入口	7035	内环状样式
	2120	电池出口	7040	内杆状燃料电池
			7045	外环状样式
	2125	电引线	7050	外杆状燃料电池
	2130	电引线		
	2135	尾气燃烧器		
	2140	燃烧器端壁		
	2145	阴极进料管		
	2150	出口燃烧器		

[0044] 本发明的详细描述

[0045] 参考图1,本发明的第一实施方式的示意图描述了固体氧化物燃料电池(SOFC)系统(100)。系统(100)包括:热区(105),其包括至少一个SOFC燃料电池,优选包括形成燃料电池组的多个燃料电池,所述燃料电池组保持在高工作温度下;以及冷区(110),其包括燃料输入和排放模块、DC电源输出模块和其他控制元件。热区罩壳壁(115)被设置为封闭其中的热区腔。为了热隔绝热区(105),隔热层(130)围绕罩壳壁(115)。在隔热层(130)和热区罩壳

壁(115)的侧壁之间提供了气隙(125),气隙提供了用于使气体从热区的不同区域流向废气口(185)的气流导管。

[0046] 根据本发明的重要的方面,为了提供用于使热能通过热传导经热区罩壳壁(115)转移至热区的所有区域的热传导路径,热区罩壳壁(115)和下文描述的相关的热能管理元件互相是热连通的。更特别地,热区罩壳壁(115)和下文描述的任意热能管理元件包括具有高热导率的材料,例如,在350~1200℃的温度下热导率为100~300W/(m°K),优选高于200W/(m°K)。由此,外壁和下文描述的其他热能管理元件由铜、钼、铝铜、铜镍合金或其组合中的一种或者多种制成。特别地,热区罩壳壁(115)和相关的热能管理元件被构造为提供用于将热能从热区的一个区域快速传导至另一区域的热传导路径。更特别地,热区罩壳壁(115)和相关的热能管理元件被构造为通过将热能从热区的高温区快速传导至热区的低温区来管理热区内的热能,以便确保整个热区保持在基本均匀的温度。

[0047] 包括一个或多个固体氧化物燃料电池或燃料电池的电化学能量发生器或燃料电池组(135)被封闭在热区(105)内,以及由一个或多个下文描述的支持元件相对于罩壳壁(115)支持。燃料电池组(135)包括一个或多个燃料电池,其中每个电池参与产生电流的电化学反应。燃料电池根据需要以串联或并联方式电学地相互连接,以提供希望的电池组(135)的输出电压。每个燃料电池包括三个基本层:阳极层或燃料电极(150);阴极层或空气电极(155);以及将阳极层与阴极层分开的电解质层(145)。

[0048] 阳极层(150)暴露于至少含有氢气(H₂)和/或一氧化碳(CO)的气态或雾状燃料中。同时,阴极层(155)暴露于空气或其他气体或雾状氧(O₂)源中。在阴极层(155)中,提供给阴极层的氧(空气)获得电子成为阳离子(O²⁻)。阴极反应是 $1/2O_2+2e^-=O^{2-}$,有时写为 $O^{||}$ 。

[0049] 氧离子从阴极层通过陶瓷电解质层(145)穿越到阳极层(150)。在阳极层中,通过燃料提供给阳极层的氢(H₂)和/或一氧化碳(CO)与氧离子反应以产生水和二氧化碳,在该反应期间发射的电子产生电和热。在燃料流中的其他反应副产物可包括甲烷、乙烷或乙烯。由电化学反应产生的电被引至DC电源端子为电力负载供电。

[0050] 常见的阳极材料包括金属陶瓷,如镍和掺杂的氧化锆、镍和掺杂的二氧化铈、铜和二氧化铈。也可以使用钙钛矿阳极材料如Sr₂Mg_{1-x}Mn_xMoO_{6-δ}或La_{0.75}Sr_{0.25}Cr_{0.5}Mn_{0.5}O_{3-δ}。常见的阴极材料包括镧锶钴氧化物(LSC)、镧锶钴铁氧化物(LSCF)和镧锶锰氧化物(LSM)。电解质层是离子传导陶瓷,通常是氧离子导体如氧化钇掺杂的氧化锆或钆掺杂的二氧化铈。可改变地,电解质层是质子传导陶瓷,如铈酸钡或锆酸钡。电解质层充当附近的密封屏障以防止燃料与空气混合和燃烧。

[0051] 通常,每个燃料电池配置阳极层(150)、阴极层(155)或电解质层(145)中的一个作为支持元件或机械结构元件,在支持元件上通过例如浸渍或喷涂等涂覆其他两层。可以使用各种支持元件结构,包括图2所示的非限制性示例实施方式,其中每个燃料电池包括阳极支持元件,其被配置为形成圆柱状气体导管的空心管,其中阳极层(150)形成了圆柱状导管的内径,在结构阳极层(150)的外径上包覆了陶瓷电解质层(145),在电解质层(145)的外径上包覆了阴极层(155)。

[0052] 至少包含氢(H₂)和一氧化碳(CO)的烃类燃料流过空心陶瓷管与阳极层接触,空气流经并且流至空心管的外表面与阴极层接触。如上描述地产生电流。

[0053] 当图2的具体电池组包括多个管状燃料电池时,可以使用由具有不同已知形状因

数的燃料电池形成的其他电池组而不背离本发明。这些可以包括在组中形成的多个平板型燃料电池形成的电池组(135),其中每个电池包括:板状支持层,其它层涂覆在支持层上;以及分离器,其设置在相邻的扁平支持层之间,其它层覆盖在支持层上。

[0054] 燃料输入管线(160)从储存在冷区(110)的燃料容器或从递送至冷区(110)的外部供应递送气态或雾状烃类燃料。与电子控制器(190)连接的燃料递送控制器(197)沿冷区中的燃料输入管线(160)设置,以根据需求调节燃料输入体积或质量流率,控制燃料输入速率。燃料输入管线(160)将燃料递送至用于燃料处理的燃料重整器(165),所述燃料处理主要从燃料中提取纯氢。重整的燃料经过用于与其进行电化学反应的阳极表面(150)。烃类燃料可以包括各种燃料组分和化合物,但是至少包含氢(H₂)和/或一氧化碳(CO)。

[0055] 空气阴极气体输入管线(170)例如通过进气风扇等将气态或雾状氧(如室内空气或另一氧源)递送至冷区(110)。与电子控制器(190)连通的空气递送控制器(198)任选地沿冷区中的空气输入管线(170)设置,以根据需求调节空气输入体积或质量流率,控制空气输入速率。空气输入管线(170)将室温空气递送至同流换热器(175),所述同流换热器(175)通过离开热区的燃料和空气与进入的较冷空气之间的热能交换来加热输入的空气。加热的进入的空气经过用于与其进行化学反应的阴极表面(155)。

[0056] 废燃料和缺氧空气离开电池组(135)并且在燃烧区或尾气燃烧器(180)中混合。递送至尾气燃烧器(180)的未反应的燃料和未反应的空气加上反应副产物的混合物自发地在其中燃烧,局部地产生热能。燃烧器壁的细节如下,其包括具有高热导率的材料,例如,100~300W/(m²·K),优选高于200W/(m²·K)。另外,燃烧器壁与热区罩壳壁(115)热连通,使得通过燃烧器(180)内燃烧产生的热能将燃烧器壁加热至高温,这通过传导性热能经热区罩壳壁(115)转移,快速地引发热能转移至热区的所有区域。

[0057] 包括热气的从尾气燃烧器(180)排出的燃烧副产物被递送至同流换热器(175)。同流换热器包括具有逆流导管的交叉流热交换器,所述逆流导管提供将热能从燃烧热副产物转移至较冷的进入的空气,由此在其进入SOFC燃料电池组(135)之前加热进入的空气。在经过同流换热器(175)后,通过废气口(185)排出燃烧副产物。

[0058] 将热电偶或其他温度传感器(157)贴附在罩壳壁(115)表面以感应其温度,温度信息与电子控制器(190)连通。控制器(190)与诸如一种或多种电操作的气流阀门、气体流速检测器和/或调节器,与燃料递送控制器(197)、空气递送控制器(198)和电力输出检测器相关的其他电子元件连通;以及与需要用于控制各种SOFC(100)工作参数的其他元件连通。电子控制器(190)监测DC电流输出以及在热电偶处测量的温度,进一步操作以改变燃料输入和空气速度作为增加或减少DC电流输出的手段。

[0059] 另外,可以提供任选的冷启动预热器(195)以在启动时预热输入的燃料。预热器(195)可以是用于点燃一部分燃料以提供罩壳壁和陶瓷电解质结构预热的燃料点火器,或冷启动预热器(195)可以包括即用于预热输入的燃料的电热器,或这两者。

[0060] 示例性热区架构

[0061] 现在描述图2,根据本发明的改良的SOFC系统热区(2000)的第一非限制性示例性实施方式包括SOFC燃料电池组(2005),所述SOFC燃料电池组(2005)包括封闭在热区腔(2010)内的多个单独的燃料电池。热区腔(2010)被罩壳壁(2015)包围,其中罩壳壁由铜、钼、铝铜、铜镍合金或其组合中的一种或多种形成。罩壳壁被防止热能离开热区的隔热层

(2012) 包围。气隙 (2115) 设置在热区罩壳壁 (2015) 和隔热层 (2012) 之间。气隙 (2155) 提供引导至热区出口 (2165) 的流体流动导管, 并且用于运送废气离开热区。

[0062] 罩壳壁 (2015) 被配置为提供热传导路径, 其包括热导率为 $100 \sim 300 \text{ W}/(\text{m}^\circ\text{K})$, 优选大于 $200 \text{ W}/(\text{m}^\circ\text{K})$ 的材料。此外, 为了更快地使热区的每个区域的温度均衡, 设置了热传导路径充当适用从热区的高温区将热能传导至热区的低温区的热能导管。

[0063] 重整器

[0064] 本发明的非限制性示例性实施方式的热区腔 (2010) 是由热区罩壳壁 (2015) 限定的罐状圆柱体, 其包括圆柱侧壁 (2002)、盘状顶壁 (2004) 和盘状底壁 (2006)。根据使用的 SOFC 反应, 热区 (2000) 在 350°C 以上或 500°C 以上的温度下工作最有效率, 并且可以在 $350 \sim 1200^\circ\text{C}$ 下工作。因此, 本发明热区的每个元件被配置在高达 1200°C 的温度下可靠地工作。

[0065] 根据本发明的优选的非限制性示例实施方式, 在热区内或部分在热区内提供使用放热反应重整燃料的燃料重整器 (2020), 以重整输入的燃料以递送至燃料电池组 (2005) 的每个燃料电池。该示例性实施方式的重整器 (2020) 包括催化部分氧化 (CPOX) 反应器, 其部分地燃烧递送至其中的燃料空气混合物 (2025)。燃料重整过程建立了富氢的燃料或包含氢、一氧化碳、水、二氧化碳和其他小分子烃如甲烷的合成气。CPOX 反应器包括涂覆在其内表面 (2040) 上的催化剂如铑 (Rh) 的金属相或氧化物相或其他适当的催化剂 (例如, Pt、Pd、Cu、Ni、Ru 和 Ce)。当燃料空气混合物 (2025) 经过涂覆催化剂的表面 (2040) 时, 穿过 CPOX 反应器的燃料空气混合物 (2025) 被催化, 由反应释放的热被辐射和热传导至热区罩壳壁 (2015), 以帮助加热燃料电池组。

[0066] CPOX 重整器 (2020) 包括围绕圆柱催化腔 (2035) 的重整器罩壳壁 (2030)。圆柱催化腔 (2035) 支持其中的催化介质 (2040)。在该示例实施方式中, 催化介质是方形单元挤出整料 (2040), 其暴露表面用适当的催化剂涂覆。放置整料使得进入的燃料空气混合物 (2025) 流过方形单元挤出整料的暴露的表面进行催化。其他适当的催化结构可以包括多个平行盘或同心环结构或多孔质金属或陶瓷泡沫结构, 例如, 形成有涂覆了催化剂的暴露表面的烧结的或挤出的元件。供选择地, 催化结构可以包括多个具有用适当的催化剂涂覆的暴露表面的网筛。“供给燃料”后的主要燃料空气混合物 (2025) 通过重整器入口 (2045) 进入重整器 (2020), 流过催化介质 (2040) 通过与催化表面接触来催化。催化的燃料通过重整器出口 (2050) 流出重整器, 进入燃料输入歧管 (2055)。

[0067] 在该非限制性示例性实施方式中, 重整器罩壳壁 (2030) 包括封闭圆柱或方形截面催化腔 (2035) 的圆柱或方形壁。在设置的催化腔 (2035) 内支持催化介质 (2040) 以推动进入的燃料 (2025) 流过催化结构并经过催化表面。设置隔热元件 (2065) 以包围催化腔 (2035) 的外表面。提供隔热元件 (2065) 基本上防止热能进入或离开催化腔 (2035)。重整器罩壳壁 (2030) 可以包括高温钢合金如包括镍铬和铁的因科镍、高温铜合金如包括镍和铜的蒙乃尔合金, 或其他适当的高温材料。

[0068] SOFC 燃料电池组

[0069] 在罐状热区罩壳壁 (2015) 内支持 SOFC 燃料电池组 (2005)。在阴极室 (2090) 内纵向地支持多个杆状燃料电池 (2080)。阴极室 (2090) 是由热区罩壳圆柱侧壁 (2002) 和一对相对的盘状的顶管支持壁 (2070) 和底管支持壁 (2075) 限定的罐状室。通过适当的连接方式如焊接或钎焊、通过托架和机械紧固, 将每个管支持壁 (2070、2075) 连接于圆柱侧壁 (2002); 或

通过要求的力,通过粘结等,不需要固定器而将每个管支持壁(2070、2075)保持在适当的位置。优选地,电池组(2005)在安装至热区罩壳壁(2015)之前组装,并且电池组(2005)可从热区罩壳壁作为单元移除的,例如,用于根据需要修理或检查电池组。因此,可以在相对的止端(未显示)的适当位置获得顶管支持壁和底管支持壁(2070、2075)。

[0070] 顶管支持壁(2070)机械地结合和固定地支持多个杆状燃料电池(2080)的每个燃料电池的顶端或输入端。为了防止燃料输入歧管(2055)中的燃料空气混合物(2025)进入阴极室(2090),顶支持壁(2070)和多个燃料电池输入端中的每个之间的机械接口是气密接口。顶管支持壁(2070)优选由因科镍形成。另外,每个顶端盖(2095)也是由在高温环境中避免蠕变的有效材料因科镍形成。底管支持壁(2075)机械地结合以及可移动地支持多个杆状燃料电池(2080)的每个的底端或输出端。尤其,为了适应当燃料电池被加热至 $350\sim 1200^{\circ}\text{C}$ 的工作温度时每个燃料电池长度的变化,每个燃料电池(2080)的输出端是相对于底支持壁(2075)纵向可移动的。能用于本发明的示例管支持系统由Palumbo在于2013年6月26日提交的美国专利申请号13/927,418中公开,该专利申请的题目为“具有柔性杆支持结构的固体氧化物燃料电池(SOLID OXIDE FUEL CELL WITH FLEXIBLE ROD SUPPORT STRUCTURE)”。

[0071] 现在参考图2和图5D,底管支持壁(2075)包括盘状导热质(2180),所述盘状导热质(2180)包括一种或多种热导率大于 $100\text{W}/(\text{m}^{\circ}\text{K})$,优选大于 $200\text{W}/(\text{m}^{\circ}\text{K})$ 的材料,如铜、钼、铝铜、铜镍合金或其组合中的一种或多种。盘状导热质(2180)由图5D中涉及的下文描述的顶保护性表面层(5045)和底保护性表面层(5050)来保护。在一个非限制性示例性实施方式中,顶保护性表面层(5045)和底保护性表面层(5050)的每个包括与盘状导热质(2180)热传导地接触的分开盘状元件。具体地,面向阴极室(2090)的顶表面层(5045)包括盘状无铬高温金属合金如蒙乃尔合金,面向燃烧区(2135)或尾气燃烧器的底表面层包括盘状的高温耐腐蚀金属如哈氏合金。

[0072] 优选地,顶保护性表面层(5045)和底保护性表面层(5050)的每个热传导地接触导热质(2180),所述导热质(2180)也热传导地接触热区罩壳圆柱侧壁(2020)。因此,当燃料空气混合物在尾气燃烧器或燃烧器区(2135)燃烧时,由燃烧产生的热能辐射至封闭燃烧区(2135)的壁,并且通过热区罩壳壁(2015)从封闭壁热传导至导热质(2180)以及热传导至热区的其他区域。此外,导热质(2180)放射的热能辐射至阴极室(2090),在此加热阴极气体或穿过其的空气流,以及加热封闭于阴极室中的燃料电池的表面。

[0073] 每个杆状燃料电池(2080)包括管状环状壁(2085),其中阳极层是支持层。管状环状壁(2085)在两端均是开放的。环状壁(2085)形成贯穿阴极室(2090)运送燃料穿过其中的燃料导管(2085)。可以使用包括正方形、三角形、五边形或六边形等的其他杆状而不背离本发明。此外,可以使用其他支持层提供结构完整性。每个燃料电池包括两个金属端盖(2095)和(2100)或管状歧管适配器,其中一个端盖与管环状壁的两个相对端中的任一端连接。

[0074] 每个端盖(2095)和(2100)或管状歧管适配器包括盖状连接端(2105)和轴颈状支持端(2110)。连接端(2105)包括具有能在其中接收环状壁(2085)外径的大小的盲孔。每个连接端(2105)通过按压或紧配合(inference fit)或通过另一紧固手段(如使用适用于热区的工作温度 $(350\sim 1200^{\circ}\text{C})$ 的材料钎焊或粘结)固定地连接于杆状端。轴颈状支持端(2110)包括按与输入侧穿过顶支持板(2070)的相应通孔和在输出侧穿过底支持板(2075)的相应通孔接合的大小的外径形成的环状壁。轴颈状支持端(2110)进一步包括穿过其充当

杆状燃料电池顶端的电池入口 (2115) 或杆状燃料电池 (2080) 底端的电池出口 (2120) 的通孔。优选地, 顶盖 (2095和2100) 或管状歧管适配器各自包括能与燃料电池兼容的高温低Cr耐腐蚀金属合金。所述盖包括在金属盖上的陶瓷涂层以防止Cr污染。

[0075] 参考图2和图3, 每个燃料电池 (2080) 的顶端盖 (2095) 可以提供与环状壁 (2085) 的外径或阴极层的电连通, 使得环状壁 (2085) 的外径与一个DC端子 (140) 通过穿过端盖 (2095) 的电引线 (2125) 电连通。第二电引线 (2130) 与环状壁 (2085) 的内径或阳极层电连通并且与DC端子 (140) 的不同端子连接。另外, 在端盖 (2095) 和 (2100) 之间提供了电导体 (未显示), 并且对应的顶支持壁 (2070) 和底支持壁 (2075) 在电学上将热区罩壳壁 (2015) 与电池组 (2005) 产生的电流隔绝。

[0076] 由环状壁 (2085) 形成的每个杆状燃料电池包括阳极支持层, 所述阳极支持层是由内径和外径形成的结构阳极材料层。阳极支持层可以包括含镍和掺杂的氧化锆 (ZrO_2)、镍和掺杂的二氧化铈 (CeO_2)、铜和二氧化铈或掺杂的二氧化铈等的金属陶瓷。阳极支持层环状壁 (2085) 的外径至少部分用陶瓷电解质层 (如氧化钇稳定化的氧化锆或铈 (Ce) 或镓酸镧基陶瓷) 涂覆。陶瓷电解质层的外径至少部分用阴极材料层 (如镧锶钴氧化物 (LSC)、镧锶钴铁氧化物 (LSCF) 和镧锶锰氧化物 (LSM) 等) 涂覆。

[0077] 在系统 (2000) 的第二非限制性示例实施方式中, 热区罩壳壁和内端壁的机械结构与图2中所示是相似的, 并且如上所述; 然而, 阳极层和阴极层是在陶瓷电解质层的相对侧。特别地, 在第二实施方式中, 阳极支持层环状壁 (2085) 的内径 (与外径相对) 至少部分用陶瓷电解质层 (如氧化钇稳定化的氧化锆或铈 (Ce) 或镓酸镧基陶瓷) 涂覆, 陶瓷电解质层的内径至少部分用阴极材料层 (如镧锶钴氧化物 (LSC)、镧锶钴铁氧化物 (LSCF) 和镧锶锰氧化物 (LSM) 等) 涂覆。在该示例实施方式中, 环状壁 (2085) 的阳极支持层是每个燃料电池的外径, 每个燃料电池的内径是阴极层。因此, 在第二示例实施方式中, 阴极室 (2090) 成为了阳极室, 当阴极气体 (空气) 流经杆状燃料电池时, 燃料被地送至阳极室。

[0078] 当阴极气体氧 (空气) 流经阴极材料层时, 燃料混物流经阳极材料层以产生电流。电流流出电池组, 经电端子 (2125) 和 (2130) 流至DC端子 (140), 并且可以用于为外部设备供电。注意在其他实施方式如上文简述的第二实施方式中, 阳极和阴极表面可以颠倒, 即燃料电池内径上为阴极层, 燃料电池外径上为阳极层, 以及空气流过由燃料电池形成的气体流动导管和燃料流经燃料电池的外表面, 而不背离本发明。

[0079] 燃料输入歧管 (2055) 包括由盘状顶壁 (2170) 和相对的盘状顶管支持壁 (2070) 限定的圆柱室。盘状顶壁 (2170) 包括导热质 (2160)。热质 (2160) 包括一种或多种热导率高于 $100W/(m^{\circ}K)$, 优选高于 $200W/(m^{\circ}K)$ 的材料, 如铜、钼、铝铜、铜镍合金或其组合中的一种或多种。热质 (2160) 与热区罩壳壁 (2015) 热传导地连通, 特别地与侧壁 (2002) 热传导地连通。如下描述的, 为了在启动期间从冷启动室 (2305) 内燃烧的燃料接收热能以及将从其中获得的热能热传导至热区外壁 (2015), 导热质 (2160) 的位置接近环状冷启动燃烧室 (2305)。此外, 当燃料流经燃料输入歧管 (2055) 时, 导热质 (2160) 将从冷启动室 (2305) 内燃料燃烧和通过热传导经热区罩壳壁接收的热能辐射至燃料。

[0080] 顶管支持壁 (2070) 与每个燃料电池顶端盖 (2095) 的支持端 (2110) 气密密封。此外, 每个燃料电池 (2080) 通过顶支持壁 (2070) 中形成的机械接口固定地悬挂在顶支持壁 (2070), 所述顶支持壁 (2070) 包括用于接受穿过其的支持端 (2110) 或歧管适配器的通孔。

此外,燃料输入歧管(2055)由圆柱侧壁(2002)限定。

[0081] 因为本示例性实施方式利用了CPOX重整器(2020),其使用放热反应重整燃料,重整器(2020)是利地设置在热区(2000)内的热能源,其在燃料进入热区时加热进入的燃料(2025)。然而在本发明的SOFC系统的其他实施方式中,重整器(2020)可以利用吸热反应(例如,蒸汽重整器)或热中性反应(例如,自热重整器)重整燃料,在这些情况下,重整器(2020)会更有利地设置在热区(2000)外,以及替代地在冷区(110)内放置,如图1所示。由此,可以在没有重整器(2020)的情况下操作本发明的改良的热区(2000)而不背离本发明。

[0082] 尾气燃烧器

[0083] 尾气燃烧器或燃烧器区(2135)是设置在包括热质(2180)的盘状底管支持壁(2075)以及还包括热质(2180)的盘状燃烧器端壁(2140)之间的环状体(均如上文所述并且示于图5D)。热质(2180)和(2175)包括一种或多种热导率高于 $100\text{W}/(\text{m}^\circ\text{K})$,优选高于 $200\text{W}/(\text{m}^\circ\text{K})$ 的材料,如铜、钼、铝铜、铜镍合金或其组合中的一种或多种。放置热质(2180)和(2140)以从燃烧区接收热能,配置热质(2180)和(2140)以将从燃烧区接收的热能传导至热区罩壳壁(215)以及将从燃烧区接收的热能辐射至阴极室(2090)和同流换热器室(2210)。

[0084] 在环状燃烧器区内提供环状燃烧器挡板(2185),将气流重定向穿过燃烧器区(2135),并且产生增加对燃烧器区(2135)侧壁的对流能量转移的湍流。燃烧器挡板(2185)可以固定地连接于热区罩壳侧壁(2002)或可以包括下文描述的燃烧室内衬的部分。

[0085] 下文描述的阴极进给管(2145)沿中心纵轴(2060)穿过燃烧器区(2135)。通过由燃烧器区(2135)内的燃烧气体的对流热能传递加热阴极进料管(2145)壁。通过由阴极进料管(2145)向流经其的空气辐射热能,加热穿过阴极进料管(2145)流向阴极室(2090)的空气。

[0086] 燃烧器区(2135)的内壁用高温耐腐蚀金属如哈氏合金内衬。在壁盘状底管支持壁(2140)的情况下,面向燃烧器区的表面包含哈氏合金。在燃烧器区端壁(2175)的情况下,面向燃烧器区的表面包含哈氏合金。在每种情况下,壁(2075)和(2175)形成为具有与相应的热质(2180)和(2140)分别热传导地接触的哈氏合金盘状内衬的复合结构。燃烧器区(2135)的圆柱侧壁也用高温耐腐蚀金属如哈氏合金变体内衬,所述哈氏合金变体是至少含有钴、铬和钼的镍基合金。在一个非限制性示例实施方式中,侧壁内衬包括形成为管状末端开口环状壁的分离元件,其中燃烧器挡板(2185)与其形成整体。此外,侧壁内衬形成为从其任一开放端插入热区罩壳侧壁(2002),并且与基本上在壁内衬的整个表面上的侧壁(2002)产生热传导接触。

[0087] 同流换热器

[0088] 空气(2200)通过入口(2205)进入阴极进料管(2145),以及流入同流换热器室(2210)。为了用燃烧器区(2135)内产生的废燃料燃烧产生的热能加热进入的空气(2200),同流换热器室(2210)的位置接近于尾气燃烧器区(2135)。同流换热器室(2210)是由阴极进料管(2145)包围的环状室,并且在顶侧由盘状燃烧器端壁(2140)限定,在底侧由盘状热区罩壳底壁(2006)限定,在其侧面由热区罩壳圆柱侧壁(2002)限定。

[0089] 热能通过热区罩壳壁(2105)和通过燃烧器端壁(2140)传导至同流换热器室(2210)壁,以及通过阴极进料管(2145)以较小的程度传导至同流换热器室(2210)壁。当空气穿过同流换热器室(2210)时,热能从同流换热器室壁辐射至空气(2200)。同流换热器室(2210)的外壁通过从燃烧器区(2135)离开的热废气进一步加热。尤其,同流换热器室

(2210) 被气隙 (2155) 包围,所述气隙 (2155) 从燃烧器区 (2135) 运送热废气经出口 (2150) 到达热区出口 (2165)。来自热废气的热能通过对流热转移加热同流换热器室壁的外壁部分。

[0090] 同流换热器挡板 (2215) 设置在同流换热器室 (2210) 内,并且穿过阴极进料管 (2145) 以防止空气流经阴极进料管 (2145)。因此,进入阴极进料管 (2145) 穿过口 (2205) 的空气 (2200) 紧密接触阴极进给管 (2145) 内的同流换热器挡板 (2215),并且被迫穿过一个或多个空气入口 (2225) 进入同流换热器室 (2210)。经空气入口 (2225) 流入同流换热器室的输入空气 (2200) 围绕同流换热器挡板 (2215) 传送,在同流换热器室 (2210) 中加热后再次通过一个或多个空气出口 (2235) 进入阴极进给管。

[0091] 冷启动燃烧器

[0092] 参考图2,SOFC热区 (2000) 任选地包括冷启动燃料燃烧器,提供其用于最开始将热区加热至高于350℃的工作温度,或至少加热直到尾气燃烧器区中发生自发燃烧。冷启动燃料燃烧器包括环状启动燃烧室 (2305)。启动燃烧室 (2305) 包围了催化腔 (2035) 和环状热隔热层 (2065)。启动燃烧室在顶部由盘状热区罩壳顶壁 (2004) 限定,在底部由盘状燃料输入歧管顶壁 (2170) 限定,其包括环状热质 (2175)。启动燃烧室 (2305) 进一步由热区罩壳侧壁 (2002) 限定。

[0093] 启动燃烧器入口 (2310) 从燃料源接收其中未催化的燃料(未显示)。未催化的燃料可以包括各种可燃气体或汽化的液体燃料如天然气、丙烷、甲烷、氢醇或燃料与空气的混合物。将未催化的燃料通过燃烧器入口 (2310) 递送至启动燃烧室 (2305),并且由电火花点火器 (2320) 点燃。

[0094] 在起始燃烧期间,通过对流热能转移将由启动燃烧室 (2305) 内的燃料燃烧产生的热能转移至热区罩壳顶壁 (2004) 和侧壁 (2002) 以及转移至燃料输入歧管顶壁 (2170)。来自起始燃烧的热能由每个这些壁通过热传导性热区罩壳壁 (2015) 热传导至热区的其他区域。

[0095] 来自起始燃烧的废气通过与气隙 (2155) 流体连通的燃烧器出口 (2325) 离开启动燃烧室 (2305),所述气隙 (2155) 引向热区出口 (2165)。因此,从启动燃烧室 (2305) 流至热区出口 (2165) 的废气进一步通过对流热转移加热了热区罩壳壁 (2015) 的外表面。

[0096] 启动燃烧室 (2305) 的内壁用高温耐腐蚀金属如哈氏合金变体内衬,所述哈氏合金变体是至少含有钴、铬和钼的镍基合金。在盘状热区罩壳顶壁 (2004) 的情况下,该壁用哈氏合金材料层在其内表面内衬,其中哈氏合金与热区罩壳顶壁 (2004) 热传导连接。在盘状燃料输入歧管顶壁 (2170) 的情况下,该壁的顶侧包括与环状导热质 (2175) 热传导连接的哈氏合金材料层。在侧壁的情况下,包括哈氏合金材料的环状壁内衬插入与热区罩壳壁 (2002) 热传导连接的启动燃烧室。

[0097] 气流图

[0098] 燃料流图

[0099] 现在参考图3,燃料流示意图描述了空气燃料混合物 (2025) 在其穿过热区 (2000) 时的流动路径。燃料 (2025) 进入重整器入口 (2045),并且穿过用于催化的重整器催化区 (2035)。催化的燃料通过重整器出口 (2050) 离开重整器,进入输入歧管 (2055)。由输入歧管 (2055),燃料通过相应的电池入口 (2115) 进入每个燃料电池或环状壁 (2085),流经每个燃料电池,通过相应的电池出口 (2120) 离开燃料电池。在燃料电池 (2080) 内,燃料与形成电池环状壁 (2085) 内表面的阳极材料层反应。通过电池出口 (2120) 离开燃料电池后,包括未反

应的燃料和反应副产物的剩余燃料空气混合物 (2025) 进入燃烧器区 (2135), 在此其与从阴极室 (2090) 离开的空气混合形成混合物, 在其中自发燃烧。如上文描述的, 通过在燃烧器区 (2135) 中燃烧产生的热能对流转移至燃烧器区的侧壁, 以及通过热区罩壳壁 (2015) 热传导至热区的其他区域。此外, 通过经罩壳壁的对流和热传导的气体对表面的热转移, 可以将通过在燃烧器区 (2135) 中燃烧产生的热能转移至每个接近于燃烧器区的导热质 (2175) 和 (2180)。另外, 接近于燃烧器区的导热质 (2175) 和 (2180) 分别辐射热能至同流换热器室 (2210) 和阴极室 (2090) 以加热经过此处的空气。

[0100] 来自燃烧混合物的燃烧后废气 (显示为灰色箭头) 通过一个或多个燃烧器出口 (2150) 离开燃烧器 (2135) 到达气隙 (2155)。来自燃烧的混合物的废气从气隙 (2155) 经热区出口 (2165) 离开热区。

[0101] 燃料流图冷启动

[0102] 如图3中进一步所示, 未重整的燃料 (2315) 通过启动燃烧器入口 (2310) 进入启动燃烧室 (2305), 在此燃料燃烧。

[0103] 燃烧后废气 (显示为灰色箭头) 通过一个或多个启动燃烧器出口 (2325) 离开燃烧器 (2135) 到达气隙 (2155)。来自启动燃烧器的废气从气隙 (2155) 经热区出口 (2165) 离开热区。

[0104] 空气流图

[0105] 现在参考图4, 空气流示意图描述了空气 (2200) 在其穿过热区 (2000) 时的流动路径。空气 (2200) 通过空气入口 (2205) 进入阴极进料管 (2145)。空气通过同流换热器空气入口 (2230) 离开阴极进给管 (2145) 进入同流换热器室 (2210)。空气围绕同流换热器挡板 (2215), 通过同流换热器空气出口 (2235) 重新进入阴极进料管 (2145)。在同流换热器室 (2210) 内, 通过由同流换热器室壁 (2006)、燃烧器端壁 (2140) 以及相关的环状导热质 (2175) 辐射的热能, 来加热空气 (2200)。

[0106] 当空气流经阴极进料管 (2145) 时, 空气 (2200) 穿过燃烧器区 (2135)。在燃烧区内, 在空气进入阴极室 (2090) 之前, 同时仍然流经阴极进料管 (2145) 时, 通过由阴极进料管 (2145) 表面辐射的热能进一步加热空气。空气 (2200) 离开阴极进料管, 以及通过多个沿延伸入阴极室 (2090) 的阴极进料管 (2145) 的长度部分设置的阴极室空气入口 (2240) 进入阴极室 (2090)。

[0107] 一旦空气 (2200) 进入阴极室 (2090) 内, 空气 (2200) 充满阴极室, 紧密接触每个燃料电池 (2080) 的外径或阴极层, 与涂覆在每个燃料电池外径上的至少一部分的阴极材料层反应。在越过阴极材料层的空气之间的反应与越过形成每个燃料电池的内径的阳极材料层的燃料的反应相结合产生了电流, 所述电流经电引线 (2125) 和 (2130) 传递至DC端子 (140), 如图3所示。

[0108] 与涂覆在每个燃料电池上的阴极材料层反应后, 耗尽氧气的空气 (2200) (显示为虚流径线) 通过引向燃烧器区 (2135) 的一个或多个阴极室出口 (2245) 离开阴极室 (2090)。在燃烧器区 (2135), 氧气耗尽的空气与从燃料电池离开的氢耗尽的燃料混合, 该混合物燃烧。来自燃烧的混合物的废气通过引向气隙 (2155) 的燃烧器出口 (2150) 离开燃烧器区 (2135)。气隙 (2155) 将废气传递至热区出口 (2165), 离开热区。

[0109] 虽然图4图示了两个关于直径相对的同流换热器空气入口 (2230)、两个关于直径

相对的同流换热器空气出口 (2235) 和成对的两个关于直径相对的阴极室空气入口 (2240), 然而, 实际设备可以包括具有根据气流分布需要的围绕阴极进料管 (2145) 圆周排列的一个或多个孔的任何穿孔模式。相似地, 图4显示了两个关于直径相对的阴极室空气出口 (2245) 和两个关于直径相对的燃烧器出口 (2150), 然而实际设备可以包括任何具有根据气流分布可能需要的沿盘状壁 (2070) 或圆柱侧壁 (2002) 排列的一个或多个孔的任何穿孔模式。供选择的上文描述的任何气口可以具有非圆形状 (例如, 方形、矩形和椭圆形或缝状), 而不背离本发明。

[0110] 罩壳壁表面处理

[0111] 根据本发明的方面, 为了避免对铜的氧化损伤, 没有铜表面暴露于氧/空气。这包括形成整个燃料流路径的所有表面和形成整个气流路径, 这是因为燃料和空气含有或可以含有氧。至少通过电沉积电镀等施加厚度为0.0005~0.0015英寸 (12.5~38.1 μm) 的镍层以保护暴露于燃料流或气流的铜表面。镍镀层的厚度是一般镍电沉积涂层的正常厚度的100倍, 更厚的镍涂层用于基本上防止穿过镍涂层的氧扩散。

[0112] 本发明的该方面示于图5A, 其描述了穿透任何一处热区腔壁 (2015) 的非限制性示例性截面图。热区腔壁截面 (5005) 包括铜核心 (5010), 所述铜核心 (5010) 包含热导率大约范围为500 $^{\circ}\text{C}$ 下370W/(m°K)至1027 $^{\circ}\text{C}$ 下332W/(m°K)的铜。铜核心 (5010) 具有0.01~0.125英寸 (0.25~3.2mm) 的厚度, 然而可以使用其他厚度而不背离本发明。更通常地, 热区腔壁厚度可以根据具体应用的需求增加或减少。通常地, 较厚的罩壳壁 (例如, 高达约0.25英寸) 需要更长的时间以加热到希望的工作温度, 但是具有以下优势: 一旦其加热至工作温度, 较厚的壁具有更高的热传导能力并且更低倾向于形成热梯度, 以及在表面氧化是失效模式时, 提供了比较薄的壁更长的工作时间, 这仅简单因为对于较厚的壁要花费更长的时间氧化到壁不能使用的程度。

[0113] 铜核心 (5010) 包括形成罩壳壁内表面和外表面的两个相对的表面, 在优选的实施方式中, 每个铜核心 (5010) 的内表面和外表面由在其内表面 (5020) 上和外表面上的电沉积镍涂层 (5015) 完全覆盖。每层镍涂层以至少0.0005英寸 (12.5 μm) 的层厚施加, 所述层厚对于防止通过镍涂层的氧扩散是适当厚的。更通常地, 0.0005~0.0015英寸 (12.5~38.1 μm) 的希望的镍涂层厚度提供了用于使产品寿命高达40,000小时的对氧化的充足表面保护, 较厚的镍涂层也可以用于增加产品寿命时间而不背离本发明。参考图2, 壁截面 (5005) 至少表示热区罩壳壁 (2015) 的外壁, 包括圆柱侧壁 (2002)、盘状顶壁 (2004)、盘状底壁 (2006), 以及可以表示重整器罩壳壁 (2030) 的某些壁。

[0114] 根据本发明的方面, 为了保护燃烧室的内表面免受来自暴露于高温、燃烧副产物和腐蚀性元素的表面损伤, 燃烧室表面用高温耐腐蚀材料如哈氏合金内衬。也可以使用供选择的蒙乃尔合金或因科镍而不背离本发明。

[0115] 本发明的该方面示于图5B, 其描述了穿过燃烧室圆柱侧壁的非限制性示例性截面图 (5025)。侧壁截面 (5025) 包括热区罩壳侧壁 (2002) 的铜核心 (5010) 和上文描述的在铜核心的相对壁上施加的电沉积镍涂层 (5015) 和 (5020)。特别地, 截面图 (5025) 包括图5A中所示的相同的热区外壁 (5005)。此外, 燃烧室侧壁截面 (5025) 进一步包括内衬燃烧室内表面的哈氏合金内衬 (5030)。参考图2, 圆柱侧壁截面 (5025) 至少表示环状尾气燃烧区 (2135) 的圆柱外壁和环状冷启动燃烧区 (2035) 的圆柱外壁。侧壁截面 (5025) 显示了由哈氏合金内衬

元件(5030)保护的热区圆柱壁(2002)。在尾气燃烧器室(2135)的特别例子中,哈氏合金内衬元件(5030)也包括与其连接或与其整体形成的燃烧器挡板(2185)。然而,除了燃烧器挡板(2185)存在以外,截面(5025)也代表环状冷启动燃烧器腔(2305)的顶壁和侧壁。

[0116] 每个环状燃烧器室(2135)和(2305)也由一对相对的盘状哈氏合金内衬元件内衬,所述盘状哈氏合金内衬元件内衬燃烧器区的内顶表面和内底表面。在尾气燃烧器区的情况下,其室顶壁由包括哈氏合金内衬元件(5050)的底管支持壁(2075)形成,如图5C所示。设置内衬元件(5050)面向环状尾气燃烧器区或室(2135)的内侧。尾气燃烧器区底壁由也包括面对环状燃烧器区室(2135)内侧的盘状哈氏合金内衬(5060)的燃烧器端壁(2175)形成。

[0117] 在冷启动燃烧器的环状燃烧腔(2305)的情况下,其顶室壁由包括与环状燃烧器室(2305)内顶壁连接的环状哈氏合金内衬元件(5030)的热区罩壳顶壁(2004)形成。特别地,在图5B的截面图中详细说明了热区罩壳顶壁(2004)以及冷启动环状燃烧腔(2305)的顶壁,图5B显示被内表面上和外表面上的电沉积镍层(5015)覆盖的铜核心(5010)以及包括与镍层(5015)连接的哈氏合金内衬元件(5030)。虽然截面图(5025)是垂直取向并且包括哈氏合金挡板(2185),但是截面与不具有挡板(2185)的顶壁(2004)是相同的,并且旋转为如顶壁(2004)的水平取向。

[0118] 环状燃烧腔(2305)的底壁由燃料输入歧管(2170)的顶壁形成。该壁也包括与图5D中所示相似的环状哈氏合金内衬元件(5060),所述环状哈氏合金内衬元件(5060)与环状燃烧器室(2305)的内底壁连接。

[0119] 根据本发明的方面,为了避免施加在燃料电池(2080)外表面的阴极层中毒,进入的空气(2200)不暴露于由包含铬的材料形成的表面。这包括形成了整个进入的空气流路径的所有表面,所述整个进入的空气流路径包括阴极进料管(2145)、同流换热器室(2210)、同流换热器挡板(2215)的内表面、阴极进料管(2145)的外表面、阴极室(2090)的内表面以及封装于阴极室内的元件(包括燃料电池端盖(2095)和(2100)以及燃料电池顶支持壁(2070)和底支持壁(2075))。

[0120] 在一个非限制性示例性实施方式中,同流换热器挡板(2215)和每个底端盖(2100)由无铬并且耐腐蚀的高温金属合金(例如,蒙乃尔合金)形成。此外,至少形成同流换热器室(2210)顶表面的燃烧器端壁(2140)底表面是由保护元件形成或内衬的,所述保护元件由无铬并且耐腐蚀的高温金属合金(例如,蒙乃尔合金)形成。相似地,至少形成阴极室(2090)底表面的底管支持壁(2075)的顶表面是由保护元件形成或内衬的,所述保护元件由无铬并且耐腐蚀的高温金属合金(例如,蒙乃尔合金)形成。

[0121] 与进入的空气流相关的由上述电沉积镍镀层涂覆的内表面可以暴露于空气流而不暴露于镍。可以接触进入的空气流的镍镀表面包括形成每个同流换热器室(2210)和阴极室(2090)的侧壁的圆柱侧壁(2002),以及形成同流换热器室(2210)的底壁的盘状底壁(2006)。表面各自具有图5A所示的横截面。此外,为了避免空气被铬污染,通过电沉积电镀等以0.0005~0.0015英寸(12.5~38.1 μ m)的厚度施加的镍镀层覆盖了由含铬材料形成的阴极室(2090)内的其他表面(例如,各自由因科镍形成的顶管支持壁(2070)和顶端盖(2095))。

[0122] 现在参考图5C,详细的截面图描述了穿过底管支持壁(2075)的截面(5040)。详细的截面图显示了包括热导率大约范围为500 $^{\circ}$ C下370W/(m $^{\circ}$ K)至1027 $^{\circ}$ C下332W/(m $^{\circ}$ K)的铜质

的导热质(2180)。铜质(2180)具有0.01~0.375英寸(2.5~9.5mm)的厚度,然而可以使用其他厚度而不背离本发明。壁(2075)的顶表面面对阴极室(2090)的内侧,并且由此由盘状内衬元件(5045)而进行内衬,所述盘状内衬元件(5045)由无铬并且耐腐蚀的高温金属合金(例如,蒙乃尔合金)形成以避免阴极气体被铬污染。壁(2075)的底表面面对尾气燃烧区(2135),并且由哈氏合金形成的盘状内衬(5050)而进行内衬。

[0123] 现在参考图5D,非限制性示例性详细截面图描述了穿过燃烧器端壁(2175)的截面(5055)。详细的截面显示了包括热导率大约范围为500°C下370W/(m°K)至1027°C下332W/(m°K)的铜质的导热质(2140)。铜质(2175)具有0.01~0.375英寸(2.5~9.5mm)的厚度,然而可以使用其他厚度而不背离本发明。壁(2140)的顶表面面对尾气燃烧器区(2135)的内侧,并且由此由固体哈氏合金形成的环状内衬元件(5060)而进行内衬。壁(2140)的底表面面对同流换热器室(2210),并且由环状内衬(5065)进行内衬,所述环状内衬(5065)由无铬并且耐腐蚀的高温金属合金(例如,蒙乃尔合金)形成。

[0124] 现在参考图5E,非限制的示例性详细截面图描述了穿过燃料输入歧管顶壁(2170)的截面(5055)。详细的截面图显示了包括热导率大约范围为500°C下370W/(m°K)至1027°C下332W/(m°K)的铜质的导热质(2160)。铜质(2160)具有0.01~0.375英寸(2.5~9.5mm)的厚度,然而可以使用其他厚度而不背离本发明。通过电沉积电镀等以0.0005~0.0015英寸(12.5~38.1μm)的厚度施加的镍镀层(5075)任选地覆盖了铜质(2160)的相对的顶表面和底表面。为了避免燃料(2025)和铜质(2160)之间的接触且避免氧化铜质表面,施加了镍镀层。壁(2170)的顶表面面对环状冷启动燃烧腔(2305)的内侧,并且因此由固体哈氏合金形成的环状内衬元件(5080)而进行内衬,以此保证热质(2160)免受热损伤。

[0125] 图5C和图5D详细显示的壁(2075)和(2175)的进一步变体是,如上述例如关于图5E描述的通过电沉积电镀等以0.0005~0.0015英寸(12.5~38.1μm)的厚度施加的镍镀层(5075)覆盖了铜质(2180)和(2175)的两侧。为了避免燃料(2025)和/或空气(2200)与相应的铜质(2180)和(2175)之间的接触,包括了镍涂层,使得避免氧化铜质表面。在哈氏合金元件(5050)和(5060)和蒙乃尔合金元件(5045)和(5065)包括分隔的内衬元件,即不是用铜质(2180)整体形成的条件下,铜质优选是在其两个相对的表面上镀镍的(例如,图5A所示)。然而,在盘状或环状内衬元件(5045)、(5050)、(5060)、(5065)由铜质(2180)和/或(2175)整体形成的其他情况下,镀镍的铜质可以不是必需的。

[0126] 通常地,上文描述的哈氏合金和蒙乃尔合金元件用于保护各种表面免受损伤或避免通过与含铬的表面(如因科镍或哈氏合金表面)接触而污染进入的空气。在一个非限制性示例实施方式中,一个或多个保护元件单独地由热区罩壳壁(2015)制成,并且在适当的位置如通过钎焊保护材料层组装安装至要保护的表面上。在图5C和图5D显示的示例铜质(2180、2175)中,保护性蒙乃尔合金层和哈氏合金层被直接钎焊至铜质相对表面而不用镍电镀铜质。优选地,钎焊步骤基本上气封铜质,以防止空气或燃料接触和氧化铜质表面。

[0127] 在图5E显示的示例铜质(2160)中,保护性哈氏合金层直接钎焊于设置在燃烧区(2135)内的铜质的一个表面的镍层(5070)。在该非限制性示例实施方式中,安装哈氏合金层以保护铜质表面一面直接暴露于燃烧和腐蚀性元素。在相对的表面,仅将镀镍的保护层(5070)施加在设置在同流换热器室(2210)内的铜质表面上,这是由于仅需要镍层来保护表面免受进入的空气中的氧化。在图5E的示例中,哈氏合金层(5080)可以例如通过在适当的位

置紧固或加紧机械地连接而不需要气封铜表面,这是由于通过铜质(2160)和哈氏合金层(5080)之间设置的镍层(5075)已经保护了铜表面。

[0128] 因此,如上文描述的,尤其是关于图5B、图5C、图5D和图5E,哈氏合金和蒙乃尔合金元件可以包括多个单独的元件如与盘状热质元件(2180)、(2175)、(2160)连接的盘状元件(5040)、(5050)、(5060)、(5065)、(5080),或哈氏合金和蒙乃尔合金元件可以包括圆柱壁部分,例如,设置与内燃烧室的内圆柱壁(如热区罩壳壁的圆柱侧壁(2002))表面连接的圆柱壁部分。圆柱壁部分插入热区罩壳壁内的适当位置,例如冷启动燃烧器室(2305)内和尾气燃烧器区(2135)内,以及在与被保护的位置接触的适当的位置钎焊、焊接或以其他方式紧固或夹紧的。在某些实施方式中,哈氏合金和蒙乃尔合金元件可以用基本上气密封直接施加于传导核心表面(例如,直接钎焊在导热质表面上)。在其他实施方式中,导热质或核心壁表面是镀镍的,哈氏合金或蒙乃尔合金元件可以直接施加于镍镀层上而不需要提供基本上气密封,通过夹紧、通过机械紧固或通过在选择的点处钎焊和点焊可以将元件保持在适当位置上,而不需要在整个表面上钎焊以提供气密。在进一步的实施方式中,任何上述的结构化壁可以形成为具有各种保护性材料层的金属铸件,所述保护性材料层通过熟知的方法(包括电镀、溅射或喷涂热浸等)在铸件的选择的表面上形成。

[0129] 然而,在本发明的其他非限制性实施方式中,热区罩壳壁(2015)的外壁或内壁由预制的多层复合材料形成。包括镀层和/或管材的复合材料用多个异种金属层制成,所述材料层可以用于形成本文描述的各种热区罩壳壁。

[0130] 在第一步中,异种金属板通过通常称为包层(cladding)的挤出或滚压工艺结合在一起。在示例实施方式中,参考图5C,滚压焊制包含铜质(2180)、哈氏合金层(5050)和蒙乃尔合金层(5045)的复合板以形成复合板。一旦形成,可以从复合板切割壁(2075),在二次加工中添加孔和其他特征。然后通过钎焊、焊接、机械紧固、夹紧或高温粘接等将壁(2075)组装至热区罩壳壁(2015)。此外,图5D所示的壁包括与图5C所示的壁相同的材料层,仅仅颠倒了顺序,可以从相同的复合板切割,在二次加工中添加孔和其他特征。然后通过钎焊、焊接、机械紧固、夹紧或高温粘接等将壁(2175)和(2075)的每个组装至热区罩壳壁(2015)。

[0131] 在示例实施方式中,参考图5E,滚压焊制包含铜质(2160)和哈氏合金层(5050)的复合板以形成复合板。在该示例实施方式中,可以省去镍层(5075),使得复合板仅有两层。一旦形成,可以从复合板切割壁(2170),在二次加工中添加孔和其他特征。然后通过钎焊、焊接、机械紧固、夹紧或高温粘接等将壁(2170)组装至热区罩壳壁(2015)。在进一步的步骤中,可以在至少铜表面上使复合板镀镍,以防止暴露的铜表面的氧化。

[0132] 相似地参考图5B,滚压焊制包含铜核心(5010)和哈氏合金层(5030)的两层复合板以形成复合板。在该示例实施方式中,可以省去镍层(5015)和(5020),如此复合板仅有两层。一旦形成,在二次加工中添加孔和其他特征,然后使复合板形成圆柱壁。将圆柱壁切割成一定尺寸,并且与其他圆柱壁截面组装形成与封闭燃烧区相关的热区罩壳侧壁(2002)的部分。圆柱壁部分可以通过钎焊、焊接、机械紧固、夹紧或高温粘接等结合在一起。在进一步的步骤中,可以在一面或两面使复合板镀镍,可以使组装的热区罩壳侧壁镀镍,以保护暴露的铜表面免受氧化。

[0133] 另外的SOFC燃料电池组配置

[0134] 现在参考图6,本发明可以使用的SOFC系统实施方式的非限制性示例性实施方式

的部分(7000)以顶截面图显示。配置描述了由顶截面图中所示的圆形热区罩壳壁(7015)封闭的阴极室(7010)。圆形罩壳壁(7015)被圆形隔热层(7020)包围,所述圆形隔热层(7020)通过可以用作上文描述的气流导管的小气隙(未显示)与圆形罩壳壁分开。

[0135] 阴极进给管(7025)相对于圆形热区罩壳壁(7015)在中心显示。多个杆状燃料电池以两个同中心的环状样式设置,其中每个环状样式相对于相同的中心轴(7030)为中心。内环状样式(7035)包括8个内杆状燃料电池(7040)。外环状样式(7045)包括14个外杆状燃料电池(7050)。也可以使用其他罩壳形状和燃料电池模式而不背离本发明。

[0136] 本领域技术人员也会认识到,虽然如上文在优选实施方式的方面描述了本发明,但是并不限制与此。上文描述的本发明的各种特征和方面可以单独或结合地使用。此外,虽然在具体的实施方式中其实施的上下文中和具体应用(例如固体氧化物燃料电池系统)中对本发明进行了描述,但是本领域技术人员会认识到其有效性不限制于此,可以在许多环境和实施中有利地利用本发明,所述许多环境和实施是希望在高温下和在腐蚀性环境中使用高热导率材料通过热传导增加热能转移的环境和实施。因此,应该根据本文公开的本发明的完全范围和精神解释阐述的权利要求。

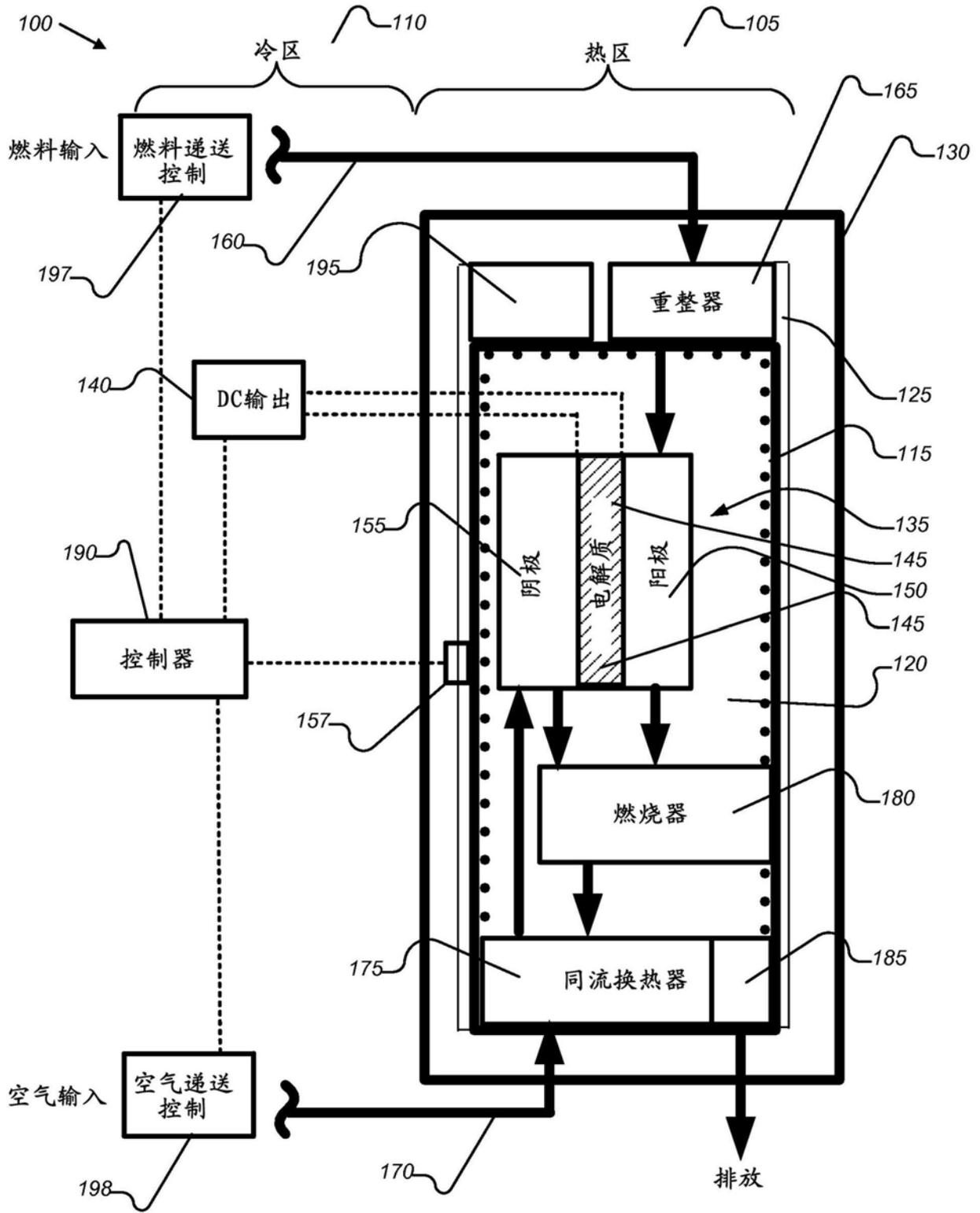


图1

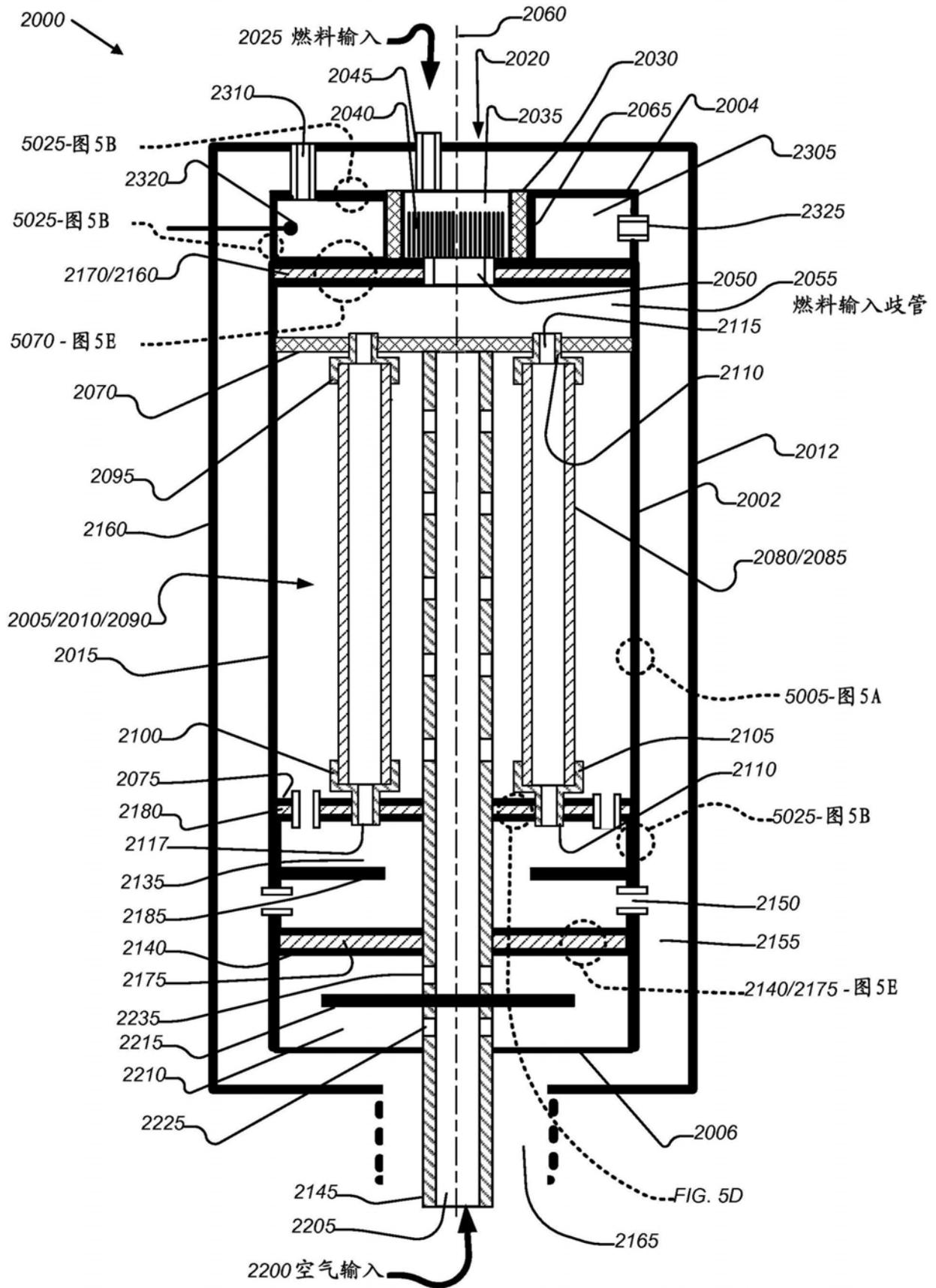
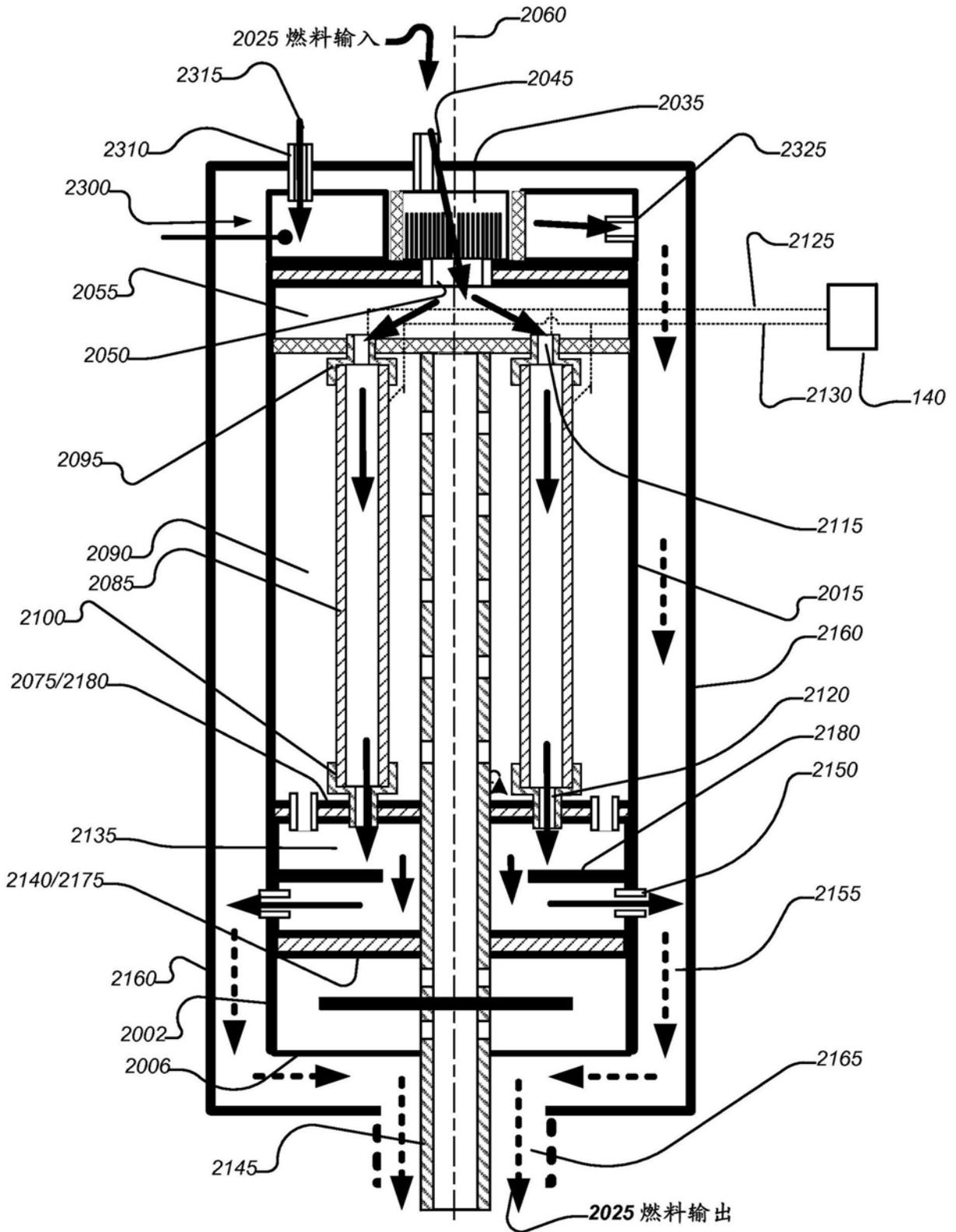
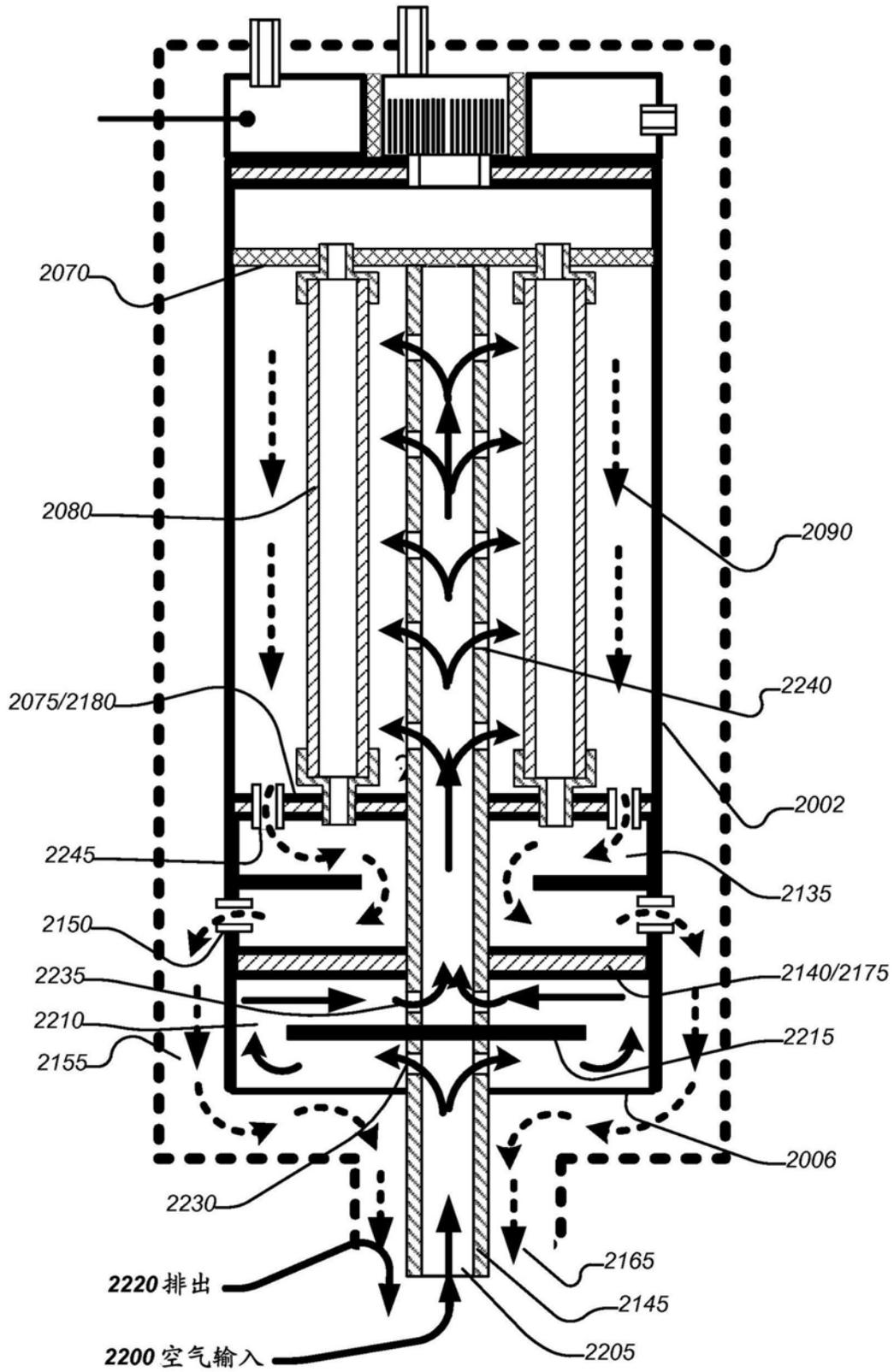


图2



燃料流图

图3



空气流图

图4

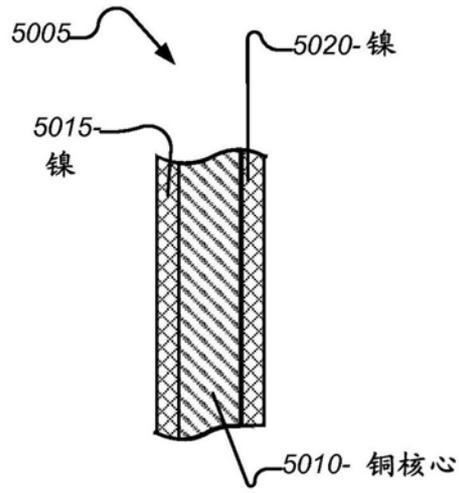


图5A

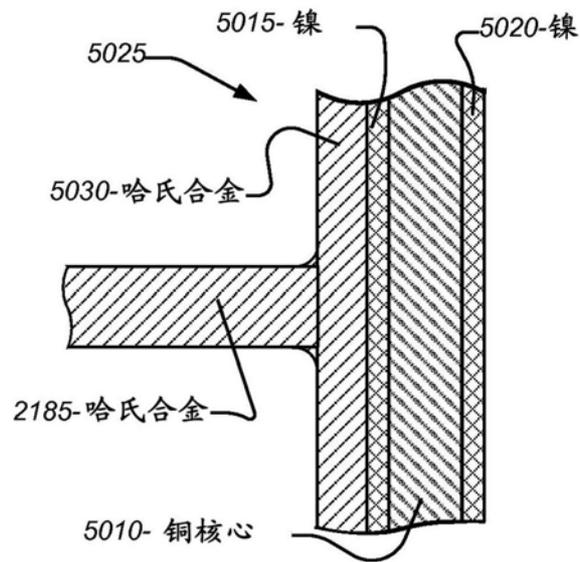
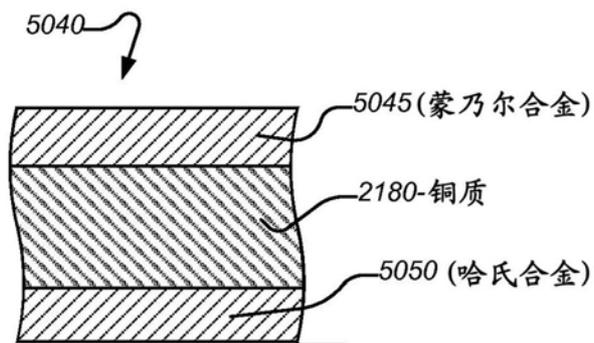
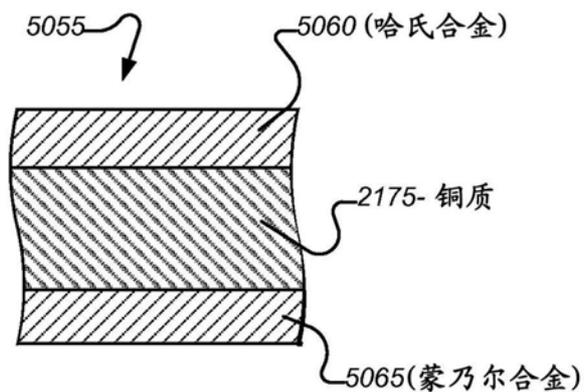


图5B



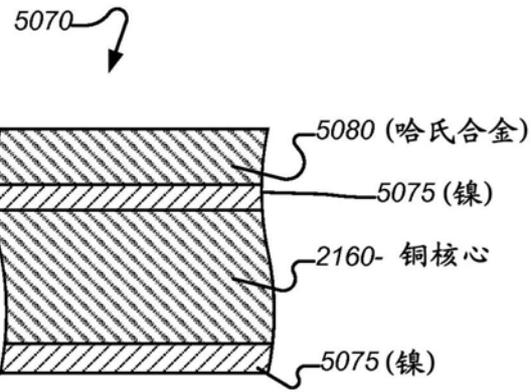
壁的细节
2075

图5C



壁的细节
2175

图5D



壁的细节
2170

图5E

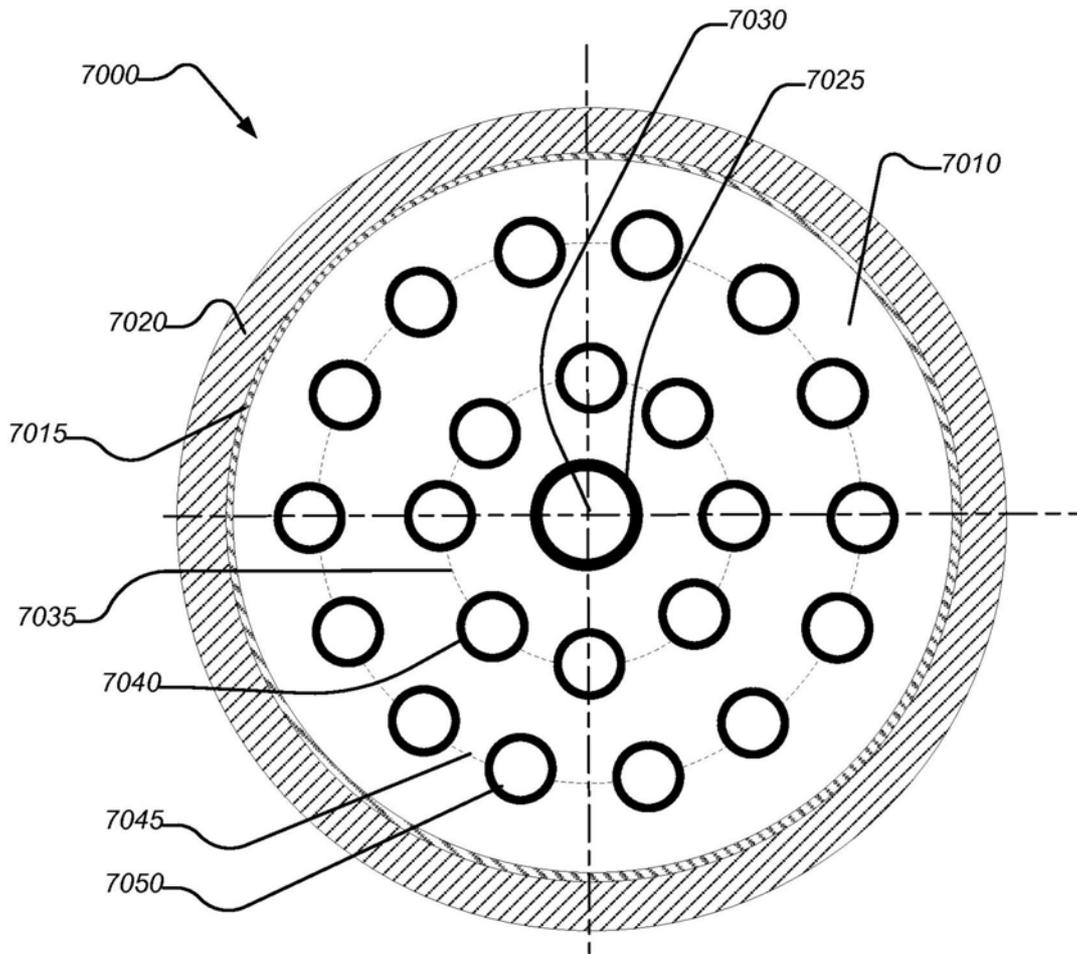


图6