



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 105940774 A

(43)申请公布日 2016.09.14

(21)申请号 201580006710.8

(22)申请日 2015.01.30

(30)优先权数据

61/934,184 2014.01.31 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2016.07.29

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/US2015/013794 2015.01.30

(87)PCT国际申请的公布数据

W02015/116943 EN 2015.08.06

(71)申请人 巨石材料公司

地址 美国加利福尼亚州

(72)发明人 A·F·赫尔曼 P·L·约翰逊

N·S·梅科勒巴斯特

M·M·诺德维克

(74)专利代理机构 北京林达刘知识产权代理事

务所(普通合伙) 11277

代理人 刘新宇 张会华

(51)Int.Cl.

H05H 1/26(2006.01)

H05H 1/34(2006.01)

H05H 1/40(2006.01)

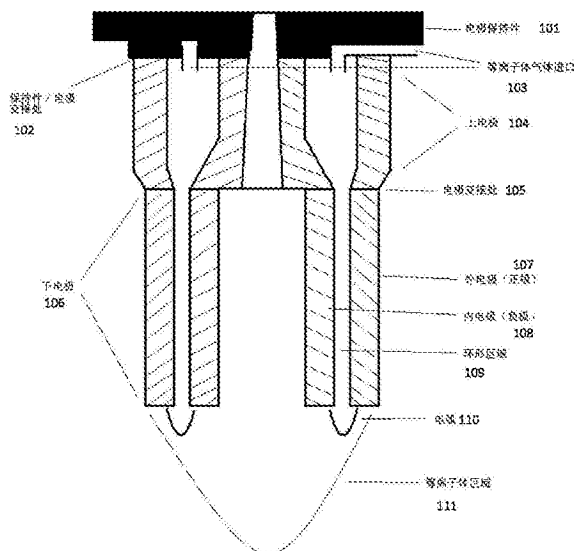
权利要求书2页 说明书7页 附图3页

(54)发明名称

等离子体炬的设计

(57)摘要

用于改善等离子体炬的性能的设计改进。使用本文说明的各种改进中的一个或多个能够改善炬、反应器和制造工艺的效率和效果。还说明了炬和氢气等离子体气体、天然气给料的使用以及炭黑生产。



1. 一种等离子体炬,其包括至少两个筒状的石墨电极,所述石墨电极被以一个套在另一个内部的方式同轴布置。

2. 根据权利要求1所述的等离子体炬,其特征在于,内电极是中空的。

3. 根据权利要求1所述的等离子体炬,其特征在于,内电极为实心筒状。

4. 根据权利要求1所述的等离子体炬,其特征在于,能够使用按体积计 H_2 为至少大约60%的等离子体气体。

5. 根据权利要求1所述的等离子体炬,其特征在于,能够使用包含至少存在10ppm、即百万分之十的如下成分中的至少一种的等离子体气体:CO、 C_2H_2 、HCN、 CH_4 、 C_2H_6 、 N_2 、多环芳香族烃、单环芳香族烃和/或Ar气体。

6. 根据权利要求1所述的等离子体炬,其特征在于,同心的所述电极之间的间隙不小于大约4mm且不大于大约20mm。

7. 根据权利要求1所述的等离子体炬,其特征在于,所述等离子体炬包含末端,其中所述末端的间隙距离、电极厚度和/或表面积在损耗期间保持大致恒定。

8. 根据权利要求1所述的等离子体炬,其特征在于,所述等离子体炬还包含位于电极之间的至少一个环形区域,特别地,所述环形区域适用于供等离子体气体流动。

9. 根据权利要求1所述的等离子体炬,其特征在于,所述等离子体炬还包含位于电极之间的上环形区域和下环形区域,其中所述上环形区域比所述下环形区域宽。

10. 根据权利要求1所述的等离子体炬,其特征在于,所述等离子体炬还包含电源,所述电源能够供给大约300V至大约1500V的工作电压和高至大约4500V的开路电压。

11. 根据权利要求1所述的等离子体炬,其特征在于,至少一个电极具有末端,并且所述炬还包含磁场产生部件,所述磁场产生部件能够在该电极的末端处提供轴向分量为大约10mT至大约100mT的磁场。

12. 根据权利要求1所述的等离子体炬,其特征在于,所述等离子体炬包含上负极和下负极以及上正极和下正极,其中所述上负极与所述下负极连接以形成一个导电电极,所述上正极与所述下正极连接以形成一个导电电极,这些连接中的每一者均形成在导电电极交接处。

13. 根据权利要求12所述的等离子体炬,其特征在于,使用锥螺纹来连接上电极和下电极。

14. 根据权利要求12所述的等离子体炬,其特征在于,所述等离子体炬包含位于电极之间的环形区域,其中所述下电极的环形区域比所述上电极的环形区域窄。

15. 根据权利要求12所述的等离子体炬,其特征在于,所述下电极被认为是能够被消耗。

16. 根据权利要求15所述的等离子体炬,其特征在于,上电极安装有多个能够被消耗的电极。

17. 根据权利要求12所述的等离子体炬,其特征在于,所述等离子体炬具有环厚度,其中所述下电极的环厚度彼此相差10%以内。

18. 根据权利要求1所述的等离子体炬,其特征在于,所述等离子体炬包括电极末端区域,其中当将外电极的表面积与内电极的表面积相比时,所述电极末端的表面积大于2:3但小于4:1。

19. 根据权利要求1所述的等离子体炬,其特征在于,所述电极中的至少一者具有大致桶板式设计。

20. 根据权利要求19所述的等离子体炬,其特征在于,使用至少5个板来建立中空的同心环。

21. 根据权利要求1所述的等离子体炬,其特征在于,所述等离子体炬包含轴向槽,所述轴向槽在所述电极中切出以提供对热应力的释放和/或提供对热破裂的控制。

22. 根据权利要求1所述的等离子体炬,其特征在于,所述等离子体炬包括电极末端区域,其中筒状的所述电极包括筒状棒,所述筒状棒能够在所述末端处被保持在接近中空筒的电势的相同的电势。

23. 根据权利要求1所述的等离子体炬,其特征在于,内电极包括喷头设计。

24. 根据权利要求1所述的等离子体炬,其特征在于,所述等离子体炬包括用于供保护气体流动的环形区域。

25. 根据权利要求2所述的等离子体炬,其特征在于,所述等离子体炬包括至少一个通道,用于供等离子体气体流过如下部分中的一者或多者:环形区域、保护气体通道、中央电极内的喷头,流过中空的同心电极的主体和/或流过中空的同心电极的中央。

26. 根据权利要求1所述的等离子体炬,其特征在于,所述等离子体炬包括至少一个磁铁,用于产生和定制磁场。

27. 根据权利要求1所述的等离子体炬,其特征在于,所述等离子体炬包括导电机械连接器,所述导电机械连接器使所述正极与所述负极连接并为电弧的引发提供导电路径。

28. 一种等离子体反应器,其包含等离子体室,其中所述反应器的壁包括气体流动通道,所述气体流动通道能够传输热离开所述等离子体室。

29. 根据权利要求28所述的等离子体反应器,其特征在于,所述通道被设计成允许被加热的气体中的至少一些作为等离子体气体被重新引导。

30. 一种等离子体反应器,其包括根据权利要求1所述的炬,其中所述反应器的壁在炬部之后变窄以形成喉部,然后所述壁在所述喉部之后展开。

31. 根据权利要求30所述的等离子体反应器,其特征在于,所述等离子体反应器包括位于所述喉部的碳氢化合物给料注入器。

32. 根据权利要求30所述的等离子体反应器,其特征在于,所述等离子体反应器包括位于所述喉部的上游方向或下游方向的、距所述喉部的距离为所述喉部的直径的5倍以内的碳氢化合物给料注入器。

等离子体炬的设计

[0001] 相关申请的引用

[0002] 本申请要求2014年1月31日递交的美国临时申请No. 61/934,184的优先权,其公开通过引用明确地并入于此。

技术领域

[0003] 本发明总体上属于利用电能来影响化学变化的方法和设备的技术领域。

背景技术

[0004] 许多年来有很多可以使用和一直使用的工艺用来生产炭黑。许多年来用于生产该炭黑的能源已大部分紧密地连接到用于将含有碳氢化合物的材料转化成炭黑的原材料。剩余的炼油和天然气一直是用于生产炭黑的资源。在诸如炭黑生产等的化学工艺中,能源随时间进化,例如,从简单的火焰、进化到油炉、进化到等离子体。如在所有的制造中,不断在寻找更有效率和有效的方式来生产这些产品。改变能源的流量和其它条件、改变原材料的流量和其它条件、增加生产的速度、增加产量、减少制造设备磨损特性等均一直是并且继续是许多年来该寻找的一部分。

[0005] 本文说明的系统应对了上述挑战,并且还获得了更有效率的和有效的制造工艺。

发明内容

[0006] 所述的等离子体炬包括至少两个一个套在另一个内部且同轴排列的筒状的石墨电极;根据上述方案1的等离子体炬,其中内电极是中空的;根据上述等离子体炬,其中内电极为实心筒状;上述等离子体炬能够使用按体积计 H_2 为至少大约60%的等离子体气体;上述等离子体炬能够使用包含至少存在10ppm、即百万分之十的如下成分中的至少一种的等离子体气体:CO、 C_2H_2 、HCN、 CH_4 、 C_2H_6 、 N_2 、多环芳香族烃、单环芳香族烃和/或Ar气体;根据上述等离子体炬,其中同心的所述电极之间的间隙不小于大约4mm且不大于大约20mm;上述等离子体炬包含末端,其中所述末端的间隙距离、电极厚度和/或表面积在损耗期间保持大致恒定;上述等离子体炬还包含位于电极之间的至少一个环形区域,特别地,所述环形区域适用于供等离子体气体流动;上述等离子体炬还包含位于电极之间的上环形区域和下环形区域,其中所述上环形区域比所述下环形区域宽;上述等离子体炬还包含电源,所述电源能够供给大约300V至大约1500V的工作电压和高至大约4500V的开路电压;根据上述等离子体炬,其中至少一个电极具有末端,并且所述炬还包含磁场产生部件,所述磁场产生部件能够在该电极的末端处提供轴向分量为大约10mT至大约100mT的磁场;上述等离子体炬包含上负极和下负极以及上正极和下正极,其中所述上负极与所述下负极连接以形成一个导电电极,所述上正极与所述下正极连接以形成一个导电电极,这些连接中的每一者均形成在导电电极交接处;根据上述等离子体炬,其中使用锥螺纹来连接上电极和下电极;上述等离子体炬包含位于电极之间的环形区域,其中所述下电极的环形区域比所述上电极的环形区域窄;根据上述等离子体炬,其中所述下电极被认为是能够被消耗;根据上述等离子体炬,其

中上电极安装有多个能够被消耗的电极；上述等离子体炬具有环厚度，其中所述下电极的环厚度彼此相差10%以内；上述等离子体炬包括电极末端区域，其中当将外电极的表面积与内电极的表面积相比时，所述电极末端的表面积大于2:3但小于4:1；根据上述等离子体炬，其中所述电极中的至少一者具有大致桶板式设计；根据上述等离子体炬，其中使用至少5个板(stave)来建立中空的同心环；上述等离子体炬包含轴向槽，所述轴向槽在所述电极中切出以提供对热应力的释放和/或提供对热破裂的控制；上述等离子体炬包括电极末端区域，其中筒状的所述电极包括筒状棒，所述筒状棒能够在所述末端处被保持在接近中空筒的电势的相同的电势；根据上述等离子体炬，其中内电极包括喷头设计；上述等离子体炬包括用于供保护气体流动的环形区域；上述等离子体炬包括至少一个通道，用于供等离子体气体流过如下部分中的一者或多者：环形区域、保护气体通道、中央电极内的喷头，流过中空的同心电极的主体和/或流过中空的同心电极的中央；上述等离子体炬包括至少一个磁铁，用于产生和定制磁场；并且上述等离子体炬包括导电机械连接器，所述导电机械连接器使所述正极与所述负极连接并为电弧的引发提供导电路径。

[0007] 额外的实施方式包括：一种等离子体反应器，其包含等离子体室，其中所述反应器的壁包括气体流动通道，所述气体流动通道能够传输热离开所述等离子体室；根据上述等离子体反应器，其中所述通道被设计成允许被加热的气体中的至少一些作为等离子体气体被重新引导；上述等离子体反应器包括上述炬，其中所述反应器的壁在炬部之后变窄以形成喉部，然后所述壁在所述喉部之后扩开；上述等离子体反应器包括位于所述喉部的碳氢化合物给料注入器；上述等离子体反应器包括位于所述喉部的上游方向或下游方向的、距所述喉部的距离为所述喉部的直径的5倍以内的碳氢化合物给料注入器。

附图说明

[0008] 图1、图2和图3示出了如本文说明的典型的等离子体炬的示意图。

具体实施方式

[0009] 本文中示出的详细情况仅作为本发明的各实施方式的示例且为了本发明的各实施方式的说明性讨论的目的，并且为了提供被认为是本发明的原理和概念方面的最有用的且最易于理解的描述而给出。就这点而言，未做出用于示出比对基本理解本发明所必需的更详细的本发明的细节的尝试，说明书使本领域技术人员清楚可以在实践中如何实施本发明的多种形式。

[0010] 现将参照更详细的实施方式说明本发明。然而，本发明可以以不同形式实施并且不应被解释成限于本文阐述的实施方式。而是，提供这些实施方式使得本公开充分和完整，并将会把本发明的范围完全传达给本领域技术人员。

[0011] 除非另有定义，本文使用的所有技术和科技术语具有与本发明所属领域技术人员常规理解相同的含义。这里本发明的说明中使用的术语仅用于说明特定的实施方式而不意在限制本发明。除非上下文另有清楚的表示，如在本发明的说明和所附权利要求书中使用的，未被数量词限制的名称和被“所述”限制的名称也意在包括复数形式。本文提到的所有出版物、专利申请、专利和其它参考文献的全部内容通过引用而明确地并入。

[0012] 除非另有表示，说明书和权利要求书中使用的表示组分、反应条件等的数量的所

有数字在所有情况下应被理解成被术语“大约”修饰。因此,除非有相反表示,在以下说明书和所附权利要求书中阐述的数字参数是可以根据待通过本发明得到的所探寻的期望性能而改变的近似值。至少,不试图应用等同原则对权利要求的范围进行限制,各数字参数应被理解成考虑到了有效数位的数字和普通的舍入方法。

[0013] 尽管所阐述的本发明的宽泛范围的数字范围和参数是近似值,但是特定示例中阐述的数值被尽可能精确地报告。然而,任何数值固有地包含必然由在数值的对应的试验测量中发现的标准偏差导致的一定误差。遍及本说明书给出的每个数字范围将包括落在该较宽数字范围内的每个较窄的数字范围,就像这些较窄的数字范围全都明确地在本文写出的那样。

[0014] 本发明的另外的优点将部分在以下说明中阐述、部分将从说明中显而易见、或可以从本发明的实践得知。应当理解的是,前述总体说明和以下详细说明两者均仅是示例性和说明性的而不是如权利要求地限制本发明。

[0015] 图1、图2和图3是本文说明的典型的炬的变型的二维示意图。例如,图1示出了流过位于通常为负极的内电极(108)与通常为正极的外电极(107)之间的等离子体气体进口(103)的等离子体气体。各电极均包括上电极部(104)和下电极部(106),上电极部(104)与下电极部(106)在电极交接处(electrode junction)(105)连接。电极交接处可以使用锥螺纹,以确保下电极的重量遍及交接处均匀地分布和确保热诱导应力开裂最小化。还可以使用其它的使上电极和下电极接合的方法,包括作为非限制性示例的钩和门、舌和槽、机械螺栓。环形区域(annulus)是位于同心电极之间的供等离子体气体中的一些(不必是全部)在到达等离子体区域(111)之前穿过的空间。环形区域的宽度被说明为正极与负极之间的平均距离,间隙或末端距离被说明为负极的末端到正极的末端的最近距离。电极保持件(101)在保持件/电极交接处(102)处与上电极连接。电极保持件能够使正极和负极两者电隔离并且还能够对正极和负极提供电连接。电源与正极和负极中的一者或两者的连接可以通过其它手段实现,但是当利用起到多个作用的电极保持件来实现时是方便的。使用在电极保持件处的各种材料包括提供充分的热和电隔离的各种材料,包括Teflon™聚合物和各种陶瓷等等。这些材料还允许预热的等离子体气体接近电极保持件地流动,任选地,其可以被水冷却。等离子体气体被传输通过电弧(110)并作为热扩散进入理论上是反应器的最热部分的等离子体区或区域(111)。图1中的较宽的上环形区域(其位于下环形区域109上方的上电极部中)使在炬的该区域中的电极之间产生电弧放电的可能性降低。另外,下电极被设计成实质上能够被消耗并允许在无需更换上电极和电极保持件的情况下容易、快速、低廉的更换。

[0016] 图2示出了用于等离子体气体的若干不同的可能的流路。等离子体气体可以绕着外电极流动,以用作保护气体(shield gas)(204)。这将保护电极和提供更长的使用寿命以及使由炬供给的热负荷的效用最大化。电极还可以具有喷头设计(202),其中内电极不是中空环,而是具有中空轴的实心电极,该中空轴允许在内电极处热扩散(203)并使炬的热负荷的效用最大化。另外,等离子体气体可以流过环形区域(201)或者等离子体气体可以流过图1绘出的中空同心内电极和外电极的壁,例如流过轴向钻穿电极的管状轴。

[0017] 图3绘出了炬和下游的反应区。等离子体气体(301)向下游的等离子体区流动、流过内电极(302)和外电极(303)、流入收敛或缩窄区域(304)并流入喉部(305),然后流出喉部进入发散反应器(diverging reactor)(306)。这产生大量的湍流并且该构造将提供与碳

氢化合物给料的最优混合。该图还示出回收等离子体气体(307),其绕着等离子体区的下部和中部流动以起到两个作用:(1)-冷却等离子体区的壁和(2)-在等离子体气体进入等离子体室之前对其进行预热,以更有效地使用等离子体炬的热负荷和延长等离子体室的使用寿命。

[0018] 虽然所有这些图均示出了炬/反应器处于向下流动的竖直状态,然而还可以的是向上流动,或者水平的反应器。对于示出的特定的炬/反应器的设计,向下流动的竖直定向的反应器是优选的。

[0019] 多年来已通过各种工艺制成炭黑,然而,基于等离子体的工艺的商业发展从未成功。在过去,用于生产炭黑的等离子体发生器的设计不具备足够的加热速率、耐腐蚀性、经济的等离子体气体、快速混合和显著的制造经济性,从而在与当前的炉工艺(furnace process)竞争时无法生存。本文说明的等离子体炬能够通过他人已失败的等离子体工艺连续地操作和生产高质量的炭黑。

[0020] 用于各种工业工艺的等离子体射流通常由等离子体发生器产生,其中等离子体发生器包括放电室和相互隔离的电极。在放电室内的电极之间在介质流中开始电弧放电。通常为气体的介质在放电时被加热到等离子体状态并以等离子体射流的形式流出发生器。

[0021] 在所有等离子体发生器部件中,电极或者确切地说它们暴露于电弧的表面,“电弧斑(arc spot)”,暴露于最极端的热通量。这些区域中的热通量能够超过 $10^5\text{W}/\text{cm}^2$ (瓦特每平方厘米)并且该环境能够熔化或腐蚀所有已知的金属。等离子体部件的冷却通常利用热交换剂经由夹套冷却技术来实现。

[0022] 在本文说明的等离子体反应器中,为了确保性能,以高的精度控制电源、电弧落点的控制、电极之间的距离、气体流量等因素。电源与电极连接并提供非常高的开路电压,以用于施予高的电压尖峰。电源能够提供500V-1500V(伏特)以上的典型工作电压。电源具有可以是工作电压的1.5倍至3.0倍的路电压。已发现这些电压范围对于在以下情况下制造炭黑来说是最优的:与碳氢化合物给料流量结合的特定的等离子体气体流量、等离子体气体由大于60%的氢气构成、并且间隙距离为4mm至20mm(毫米)。

[0023] 对于给定的间隙距离、电压、等离子体气体流量和电极末端的表面积来说,电极末端的最优的功率密度为从 $0.1\text{kW}/\text{cm}^2$ 至 $2\text{kW}/\text{cm}^2$ (千瓦特每平方厘米)。对于有效率的炭黑生产来说,低于该范围的功率输出将过低,而高于该范围,炬将会快速分解,从而因电极的损耗而导致炭黑生产效率低。

[0024] 等离子体气体是穿过等离子体炬区域并且可以充分地相互作用而处于等离子体状态的气体。本文使用的等离子体气体可以是指激励气体,并且还可以是指穿过等离子体炬区域的能够被诱导进入等离子体状态、但无论出于何种原因而还未被诱导的任意气体。

[0025] 用于本文说明的高效的等离子体反应器的等离子体气体的组分包括至少大约60%的氢气、高至大约100%的氢气,并且进一步可以包括高至大约30%的氮气、高至大约30%的CO、高至大约30%的 CH_4 、高至大约10%的HCN、高至大约30%的 C_2H_2 和高至大约30%的Ar。另外,等离子体气体还可以包括多环芳香族烃,诸如蒽、萘、蒎、芘、屈、芴等。另外,等离子体气体可以存在有苯和甲苯或类似的单环芳香族烃组分。更典型的组合物可以包括90%以上的氢气以及大约0.2%的氮气、1.0%的CO、1.1%的 CH_4 、0.1%的HCN、0.1%的 C_2H_2 。

等离子体气体还可以包括大约80%的氢气,余量可以包括前述气体中的一些气体的混合物、多环芳香族烃、单环芳香族烃和其它组分。

[0026] 在本发明中构成电极的材料应当具有超过100W/m-K(瓦特每米开尔文)的高热导率和小于 $10e-2$ 欧姆-m(米)的电阻率。适合该说明的材料包括石墨和碳化硅,尽管石墨是优选的。材料应当在高活性氢自由基环境中耐化学腐蚀。

[0027] 在接合电极中使用锥螺纹减小了应力集中并降低了电极破裂的可能,从而能够采用。优选地,可以使用包括那些具有大约1比3角度的锥度,尽管也可以使用从低至大约1比2到大约1比20的锥度。为了防止电极因振动而螺纹接合变松,可以在螺纹部中钻取孔并可以插入销。

[0028] 根据期望工作电压、电流和电极损耗,同心电极之间的理想间隙距离为大约4毫米至大约20毫米(mm)。间隙尺寸可以使任何地方的工作电压从大约500V高至大约1200V地变化。大约8毫米至大约14毫米的间隙是优选的间隙尺寸,其提供了在该电压范围内的最优的电弧放电且电极损耗最小、热传递最优、不期望的电弧放电最小和归因于电弧的电弧“射出(lift-off)”(电弧损失)的吹出最小。

[0029] 另外,可以控制电极长度以便控制电极中的热分布。增加电极长度可以减少水冷保持件中的损失。例如,750kW炬的长度的优选范围为大约600mm至大约1500mm,其中1500mm的电极长度将提供最渐变的热分布。本领域技术人员能够容易认识到,长度的增加不仅将分散热,而且还将提供更多的表面,从而允许从电极到在环形区域内流动或绕着环形区域流动的气体的辐射热损失和对流热损失。当然,这将与重量负荷要求相平衡以获得热管理和电极完整性(减少破裂,等)这两个最优的优点。

[0030] 另外的控制或最优化重量负荷相对于热应力的方法是在具有接触末端的筒状电极中形成同心环,该同心环用作电通过同心管的通路并且还用作位于正极与负极之间的环形区域。这种类型的实施方式中的电极还可以是具有槽舌式连接的实质上的矩形,以允许导电性和支撑重量负荷。

[0031] 为了解决直径非常大的中空筒状电极中的热应力破裂问题,使用如下桶板式(barrel stave)设计或者使用切有轴向缝的实心片材料来释放热应力:利用该设计中采用的共同的特征将多个部分保持在一起,其允许不同的部位基于热梯度而弯曲。可以将轴向缝称为桶板式设计。在桶板式设计中,需要至少5个板或部分来建立同心环或桶。

[0032] 另一可选方案是使用独立的片(distinct piece)来模拟成筒,例如实心棒的环。该构造还具有材料易得性和容易更换的优点。

[0033] 延长电极的寿命很大程度上取决于使电弧对电极的热效应最小化的能力和充分保护电极表面不受腐蚀介质影响。这能够通过如下部分地实现:通过施加电磁场来减轻电弧斑的影响,通过使电弧斑快速移过电极表面,由此在密度上减小电极与电弧之间的接触区域的平均热通量。通过使用位于电极外部的环状磁线圈来提供磁场。还可以通过使用永磁铁来提供磁场,只要磁场以使电弧绕着炬的中央轴线转动的方式定向(这有利于电弧绕着所述轴线转动)即可。

[0034] 另外,磁场将会把等离子体推出两个电极之间的中间空间的限定范围之外。这意味着腐蚀介质(过热的 H_2 和氢自由基)将会与电极自身极大地分离。在一个实施方式中,该方法包括使用通过对电极施加的如下磁场而产生的转动电弧放电:当沿轴向测量、在位

于炬的末端的环形区域处测量时,该磁场(以下称为轴向分量)为大约20毫特斯拉(mT)至大约100毫特斯拉。通常可以使用的值为大约30毫特斯拉到大约50毫特斯拉。通常,磁场的径向分量可以为大约3mT至大约15mT。

[0035] 可以使用一个或多个磁线圈来形成用于操纵电弧的行为的磁场的特定形状。例如,线圈设计可以在炬的末端产生具有6mT径向分量和40mT轴向分量的发散磁场。当使用一个线圈时,不能在不改变一个分量的情况下改变另一个分量,然而,通过利用若干个线圈,能够使电弧具有特定的径向分量和轴向分量。这可以进一步减小磁线圈的资本成本并使磁场的形状最优化以使电极的寿命最大化。

[0036] 如前面提到的,电极可以由上部和下部组成,其中可以利用低成本的石墨部件制成能够被以极其快速的方式更换的下部。在上下文中,能够被消耗的定义是指每腐蚀掉一英寸的轴向定向的石墨能够产生多于1吨的炭黑但少于100吨的炭黑。另外,上电极可以安装有多个能够被消耗的电极,例如能够在炭黑生产运行期间就地移除或允许被就地消耗的3个或4个或更多的能够被消耗的电极。这能够限制炬的停机时间并能够提供低廉且快速更换的牺牲电极。

[0037] 例如,在图2中,示出了用于影响电极冷却和改变的电弧区域中的流分布的不同的气体流路。气体能够穿过环形区域(默认流路(default flow path))、穿过由在中央电极中钻取一个或多个的孔构成的内路径(201)、穿过内电极内的中空路径、或者穿过外电极周围的外路径(204)(称为保护气体部)。在图2中,该外路径通过上电极中的环形的孔,但该流入口还可以是环状的缝。内流路和外流路有助于冷却电极和将更多的热传递到气体。如果内流路和外流路全部指向环形区域,则它们还允许可能使电弧被“吹出”的较高的气体流量。外流路用作保护气体部,有助于限定等离子体区域的范围和保护周围的耐火材料(refractory)。典型的分流(flow split)可以是大约50%穿过环形区域,分别有大约25%穿过其它两个路径。可以使用任意组合的分流来实现不同的工作机制和优化不同的目标(例如,减少损耗、增大工作电压等)。

[0038] 进一步的兴趣是利用机械手段在电极之间建立电接触和开始电弧放电。这消除了对高电压起动器和相关联的设备的需要以及安全风险。这可以由移动可以接触电极的棒,同时,在被撤回之前允许电流流过来构成,棒由诸如石墨或铜等的导电材料制成。起动器棒可以是穿过外电极并在环形区域内引起电弧的塞或者起动器杆可以是在电极末端处引起电弧的转动臂。

[0039] 如本文所述,反应器被分成两个部分或区,即等离子体区和反应器区,天然气或其它给料注入在这两个区之间的区域。喉部不仅用于将这两个区域隔开,而且还用于加速等离子体气体使得能够在较小的区域中发生更强烈的混合。因此,喉部被定义为等离子体区与反应器区之间的最窄部。喉部的长度可以是几米或小至大约0.5毫米至大约2毫米。喉部的狭窄处被定义为喉部的最窄直径+20%。最窄截面的大约10%内的任何截面视为位于喉部的范围内。

[0040] 优选的进入反应器的注入处位于喉部上游的大约5倍直径处和位于喉部下流的大约5倍直径处。一个直径被定义为喉部的位于喉部的最窄处的直径。任选的,注入可以发生在喉部的大约+/-2个直径或大约+/-1个直径内。

[0041] 可接受的碳氢化合物给料包括具有通式 C_nH_x 或 $C_nH_xO_y$ 的任何化学品。例如可以使用

简单的碳氢化合物诸如：甲烷、乙烷、丙烷、丁烷等。芳香族的给料诸如苯、甲苯、甲基萘、热解燃油、煤焦油、煤、重油、石油(oil)、生物油、生物柴油、其它生物提取的碳氢化合物等。此外，还可以使用非饱和碳氢化合物给料，诸如：乙烯、乙炔、丁二烯、苯乙烯等。含氧碳氢化合物也是可接受的给料，诸如：乙醇、甲醇、丙醇、苯酚等。这些示例被提供作为可接受的碳氢化合物给料的非限制性示例，其可以进一步与其它可接受的用于制造的组分组合和/或混合。本文所称的碳氢化合物给料是指实质上给料中的大多数是碳氢化合物。

[0042] 因而，本发明的范围应当包括可以落在所附权利要求的范围内的所有修改和变型。从本文公开的本发明的说明书和实践考虑，本发明的其它实施方式对于本领域技术人员将是明显的。意在将说明书和示例仅视为示例性的，本发明的真正范围和主旨由权利要求表示。

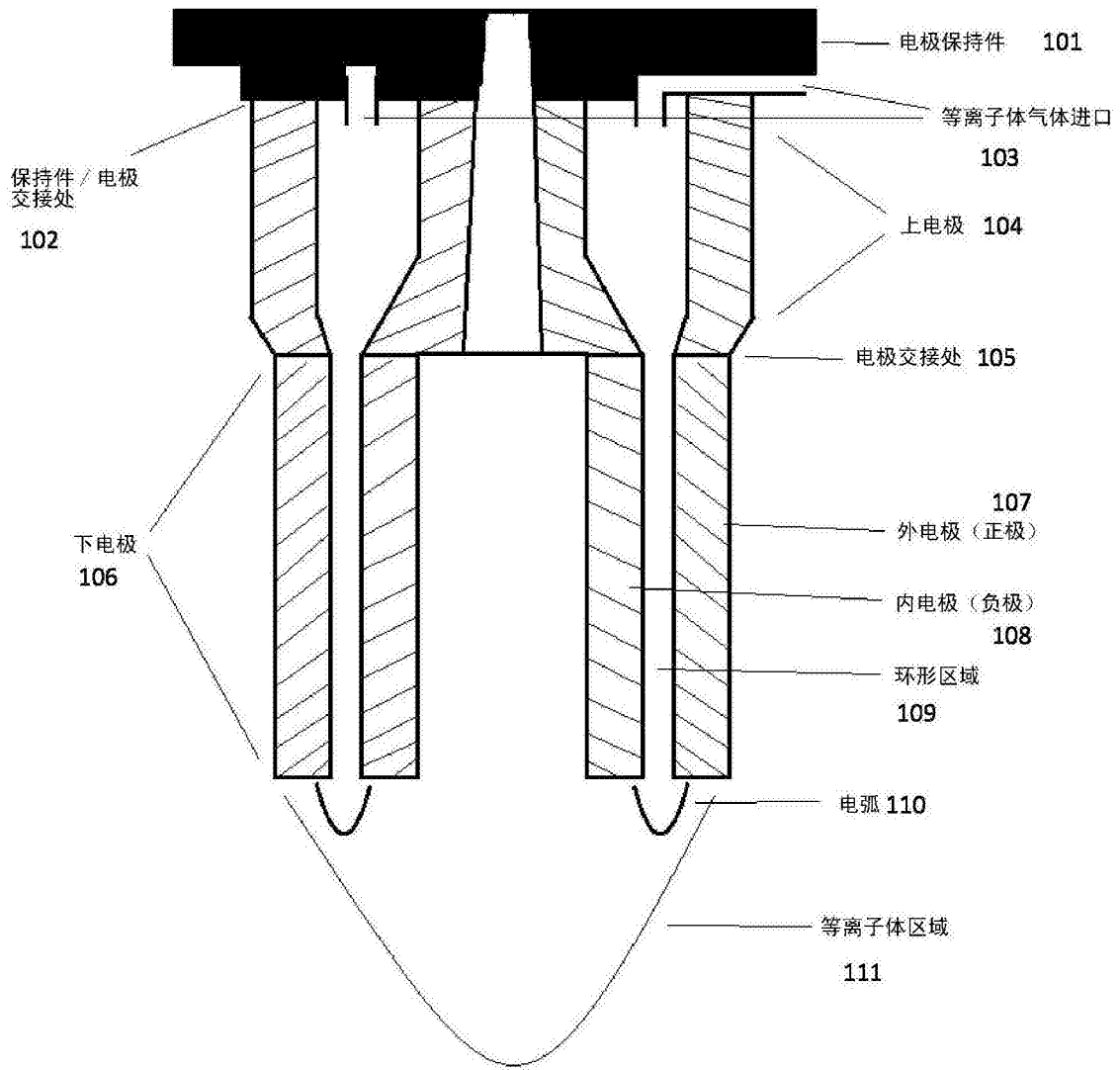


图1

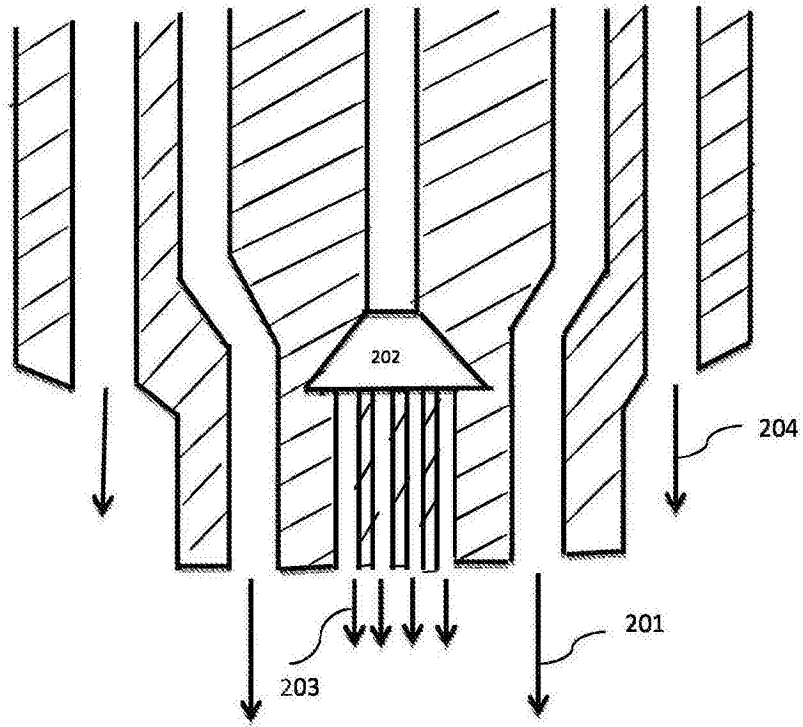


图2

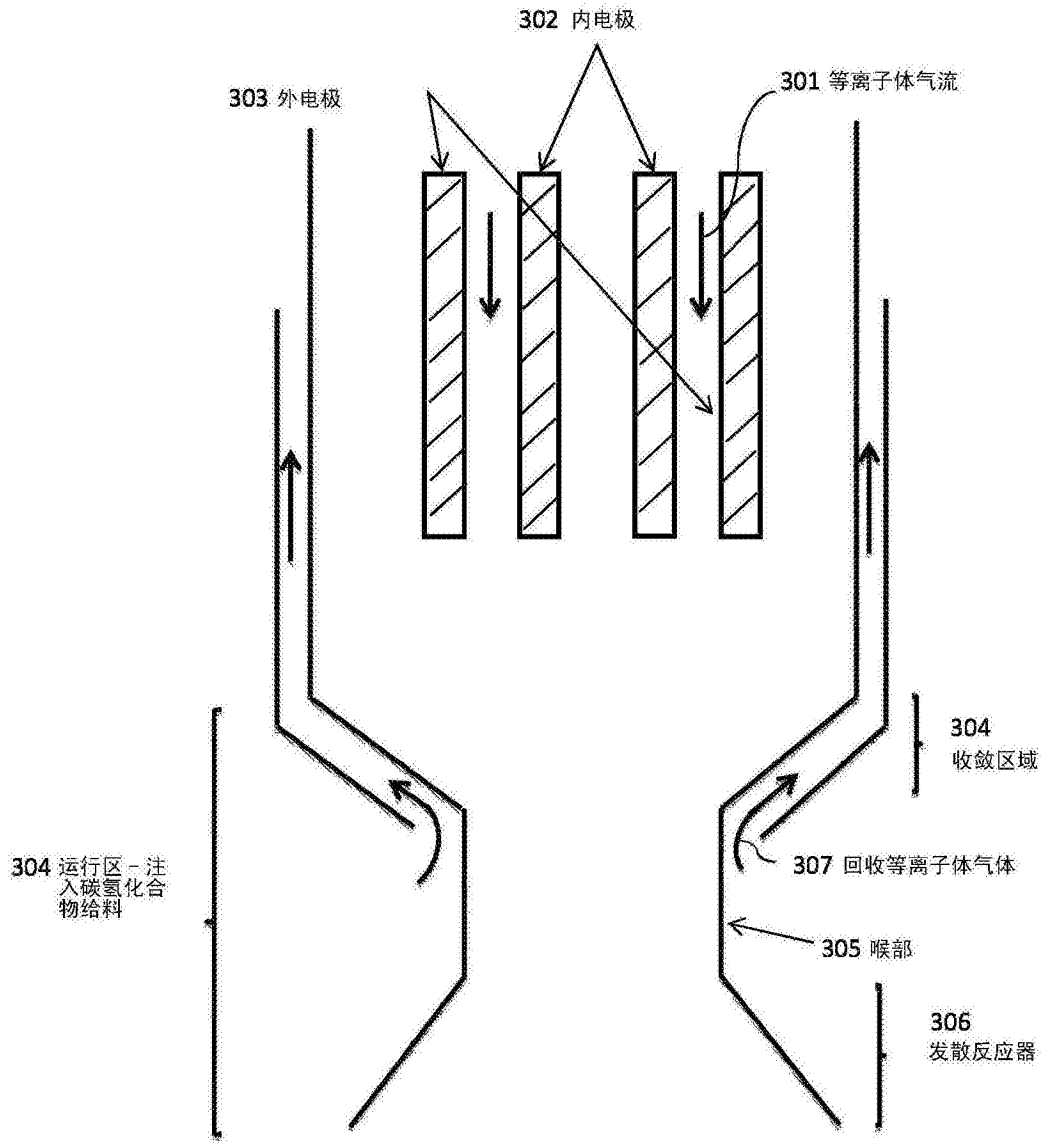


图3