

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷

C07C 11/24

C09C 1/48



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 03138792.6

[45] 授权公告日 2005 年 12 月 21 日

[11] 授权公告号 CN 1232485C

[22] 申请日 2003.7.3 [21] 申请号 03138792.6

[71] 专利权人 太原理工大学

地址 030024 山西省太原市迎泽西大街 79 号

[72] 发明人 鲍卫仁 吕永康 叶俊岭 常丽萍

谢克昌

审查员 王 静

[74] 专利代理机构 太原市科瑞达专利代理有限公司

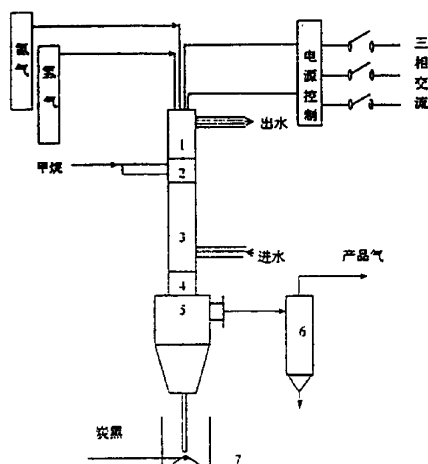
代理人 庞建英

权利要求书 1 页 说明书 7 页 附图 2 页

[54] 发明名称 制备乙炔和炭黑的方法及装置

[57] 摘要

本发明制备乙炔和炭黑的方法及装置，涉及天然气、煤层气、含碳物质热解气的电弧等离子体的热解方法和装置。其特征在于通过调节物料分布器进入等离子体射流的方式和进料量的大小，控制物料和热解气在热解反应器的停留时间和反应器的出口温度，切向进气同时起到热解过程产生的炭碎片和反应器壁间的隔离作用，消除或减弱结焦现象；热解气体离开反应器后迅速淬冷，乙炔和炭黑是最终的产品。



ISSN 1008-4274

1.一种制备乙炔和炭黑的方法，包括如下步骤：以氮气作为弧气和系统置换气，在直流电弧等离子体发生器中通入氢气，产生氢等离子体射流，将富含甲烷的气体从与物料分布器轴向成 30 度~45 度的夹角方向和夹角下部沿物料分布器切向方向进入氢等离子体射流中，进行热解反应，控制反应器出口温度在 1500℃以上，热解气体和固体通过热解反应器端口被淬冷剂淬冷，形成乙炔和炭黑，热解物料淬冷后的温度为 200℃~300℃。

3.按照权利要求 1 所述的制备乙炔和炭黑的方法，其特征在于富含甲烷气为天然气、煤层气、含碳物质热解气。

4.按照权利要求 1 所述的制备乙炔和炭黑的方法，其特征在于物料在反应器出口进行淬冷的淬冷剂为甲烷气体。

5.用于权利要求 1 所述的制备乙炔和炭黑的方法的装置，其特征在于该装置包括直流电弧等离子体发生器（1）、物料分布器（2）、热解反应器（3）、淬冷器（4）、气固分离器（5），它们按序在反应器的轴向上垂直安装；在物料分布器（2）中，有两组径向对称安装的甲烷进料管，一组进料管（8，8'）与物料分布器（2）轴向成 30 度~45 度夹角安装，另一组进料管（9，9'）在上述进料管（8，8'）下部以切向方向与物料分布器（2）相连。

制备乙炔和炭黑的方法及装置

技术领域

本发明制备乙炔和炭黑的方法及装置是等离子体技术在天然气化工、煤化工领域的典型应用。具体来讲是一种用等离子体热解富含甲烷气体制备乙炔和炭黑的方法及装置。

技术背景

甲烷是有机化合物中最稳定的物质之一，也是自然界蕴藏最丰富的资源之一，同时在煤炭加工和开发过程中也大量产生，是一种温室气体，而乙炔又是有机化合物合成最基本的原料之一，以甲烷制取乙炔和炭黑无论对资源利用还是环境保护都是有利的。甲烷转化需要很高的活化能，消耗能量高。等离子体射流的高温、高热焓的特点能够满足甲烷转化的要求。

已知的甲烷等离子体热解制乙炔和炭黑的方法主要存在热解过程中在反应器煤粉进口处器壁结焦严重的问题，严重影响过程的进行，采用化学方法消除结焦，同样带来系统不能连续运行的困难。同时物料在反应器的停留时间和反应器的温度控制更多地依赖于计算和反应器的结构，难以调节。

发明内容

本发明通过改变物料的进料方式，来有效地控制热解过程物料在反应器的停留时间和出口温度，同时通过旋流气的作用，在热解炭碎

片和反应器壁间形成隔离层，减弱或消除结焦。

本发明采用的等离子体为直流电弧氢等离子体，其特征在于，用等离子体热解富含甲烷气体制备乙炔和炭黑的方法，包括如下步骤：将富含甲烷的气体以两种不同进料方式并行进入等离子体射流中，利用高温等离子射流热解甲烷；热解过程维持一定的温度；产生等离子体射流的气体是氢气，弧气和系统置换气是氮气，热解气体和固体通过反应器端口被淬冷形成乙炔和炭黑。

制备乙炔和炭黑的装置，其特征在于是一种用等离子体热解富含甲烷气体制备乙炔和炭黑的装置，主要包括直流电弧等离子体发生器 1、物料分布器 2、热解反应器 3、淬冷器 4、气固分离器 5，这些设备在热解反应器 3 轴向上依次垂直安装。

上述的制备乙炔和炭黑的方法，其特征在于富含甲烷气为天然气、煤层气、含碳物质热解气。

上述的制备乙炔和炭黑的方法，其特征在于所述富含甲烷的气体以两种不同进料方式并行进入等离子体射流中，一股甲烷气流与物料分布器 2 轴向成 30 度~45 度夹角进入，另一股在其下部沿物料分布器 2 切向进入。

上述的制备乙炔和炭黑的方法中的两种不同进料方式，其特征在于相互结合可有效地控制甲烷及热解产物在热解反应器的停留时间和调节反应器的出口温度。

上述的制备乙炔和炭黑的方法，其特征在于热反应器 3 的出口温度保持在 1500℃以上。

上述的制备乙炔和炭黑的方法，其特征在于物料淬冷后的温度为 $200^{\circ}\text{C}\sim 300^{\circ}\text{C}$ ，淬冷剂为甲烷气体。

上述的制备乙炔和炭黑的装置，其特征在于产生等离子体射流的直流电弧等离子体发生器是由阴极和阳极组成。

上述的制备乙炔和炭黑的装置，其特征在于在物料分布器2中，有两组径向对称安装的甲烷进料管，一组进料管8、8'与物料分布器2轴向夹角 $30^{\circ}\sim 45^{\circ}$ 安装，另一组进料管9、9'以切向方向与物料分布器2相连。

等离子气为氢气。氢等离子体具有高温、高热焓的特点，且存在大量的活性粒子，这对甲烷转化过程中 C_2H 自由基转化为乙炔非常有利，同时可以防止乙炔分解。考虑系统的安全性，采用氮气作为弧气和系统置换气。等离子体射流在等离子体发生器阴极和阳极间产生，由于等离子体发生器阴极气和阳极气采用旋流进气，因此，产生的等离子体射流具有一定的旋转作用。

考虑到甲烷热解产生乙炔和炭黑的需要，控制甲烷的流动状态和热解气在反应器中的停留时间十分重要。本发明采用两种进气方式并用，一种进气方式是甲烷气与等离子体射流成轴向成 $30^{\circ}\sim 45^{\circ}$ 夹角，使甲烷气与等离子体射流混合形成较高的浓度区域，另一种是采用切向进气，两种进气方式的合理配合可以有效地控制物料在反应器的停留时间，这对甲烷的转化率和乙炔收率很重要，对于定向制备炭黑也很重要。同时在甲烷热解过程中，容易在反应器壁产生一定的结焦物，结焦物的产生容易堵塞反应器，不利于热解的连续进行，采用

切向进气可以在高温热解产生的炭碎片和反应器壁间起到阻隔作用，减少或消除反应器的结焦。

甲烷热解过程中，反应器的出口温度不低于 1500℃。高温物料要经过一个淬冷处理，这能有效防止乙炔的分解和 C₂H 官能团复合形成乙炔，提高乙炔的收率。淬冷温度控制在 200℃~300℃之间，淬冷剂为甲烷气体。淬冷温度过低淬冷剂消耗大，温度高不利于后步气体的处理。甲烷作为淬冷剂既可以充分利用热解气的余热，又有利于产品气的分离。

实施本发明的等离子体热解富含甲烷气体的装置主要有，电弧等离子体发生器 1、物料分布器 2、热解反应器 3、淬冷器 4、气固分离器 5。它们按序在反应器的轴线上垂直安装。物料分布器 2 有两组对称安装的甲烷气进料管，一组进料管与物料分布器轴向成 30 度~45 度安装，另一组以切向方向与物料分布器相连。甲烷气体通过这两组进料管进入物料分布器中，最终进入热解反应器。在反应器下部出口设置淬冷器，冷却热解气体。

附图说明

参照装置图来阐述本发明的内容，其中：

图 1 所示等离子体热解富含甲烷气装置及流程

图 2 所示甲烷进气的物料分布器

图 3 所示物料分布器中 A-A 截面

图中的标号为：

1.等离子体发生器 2.圆筒型物料分布器 3.热解反应器

4. 淬冷器 5. 气固分离器 8 和 8' 进料管 9 和 9' 进料管

等离子体甲烷热解设备（图 1）包括直流电弧等离子体发生器 1，产生等离子体射流的等离子体发生器由阴极和阳极组成。直流可控电源为等离子体发生器提供动力，等离子体发生器垂直安装在圆筒型物料分布器 2 上，与热解反应器 3、淬冷器 4、气固分离器 5 轴线重合。热解反应器 3、淬冷器 4、气固分离器 5 依次安装在物料分布器下部。热解反应器为圆筒型，内衬石墨。在物料分布器 2 上，有两组对称安装的甲烷进料管，一组 8、8' 在径向相对且与物料分布器轴向成 30 度~45 度夹角，另一组 9、9' 在径向相对，切向方向与物料分布器相连，甲烷气体通过这两组进料管进入等离子体射流中。物料通过物料分布器进入热解反应器 3。热解气体通过反应器出口进入淬冷器 4，在此热解气体被冷却。气体进入旋风分离器 6 除尘，固相产物炭黑进入炭黑收集器 5。

淬冷后的气相产物从气固分离器中排出，经除尘、吸收和解吸得到最终的产品—乙炔。

本发明所述的方法按如下方法进行，甲烷气在物料分布器中以两种不同的方向进入等离子体射流中，调节两股进气量维持反应器的出口温度和停留时间。在反应器的出口热解气快速冷却，冷却后的产品气经气固分离，固相产物是炭黑，气相产物经吸收、解吸等工序得到产品气乙炔。

具体实施方式

实施方式 1

在等离子体发生器中，首先通入氮气，在高频脉冲作用下，击穿气体，施加能量，维持等离子体电弧产生。调节到要求的电压和电流时，开通氢气，同时减少氮气流量，直到氮气停止，等离子气为氢气时为止。测试等离子体热解反应器温度，当温度在 1700℃，并保持不变时，通入甲烷气体，控制反应器出口温度在 1500℃，运行稳定时，检测淬冷前后乙炔含量，根据含量调节两股进气量比例。调节淬冷剂甲烷气体的流量，控制淬冷后热解气体温度在 200℃。甲烷的转化率高于 90%，乙炔收率大于 65%，同时制备出高质量的炭黑。

实施方式 2

在等离子体发生器中，首先通入氮气，在高频脉冲作用下，击穿气体，施加能量，维持等离子体电弧产生。调节到要求的电压和电流时，开通氢气，同时减少氮气流量，直到氮气停止，等离子气为氢气时为止。测试等离子体热解反应器温度，当温度在 1750℃并保持不变时，通入甲烷气体，控制反应器出口温度在 1600℃，运行稳定时，检测淬冷前后乙炔含量，根据含量调节两股进气量比例。调节淬冷剂甲烷气体的流量，控制淬冷后热解气体温度在 250℃。甲烷的转化率高于 90%，乙炔收率大于 65%，同时制备出高质量的炭黑。

实施方式 3

在等离子体发生器中，首先通入氮气，在高频脉冲作用下，击穿气体，施加能量，维持等离子体电弧产生。调节到要求的电压和电流时，开通氢气，同时减少氮气流量，直到氮气停止，等离子气为氢气时为止。测试等离子体热解反应器温度，当温度在 1800℃并保持不

变时，通入甲烷气体，控制反应器出口温度在 1600℃，运行稳定时，检测淬冷前后乙炔含量，根据含量调节两股进气量比例。调节淬冷剂甲烷气体的流量，控制淬冷后热解气体温度在 300℃之间，甲烷的转化率高于 90%，乙炔收率大于 65%，同时制备出高质量的炭黑。

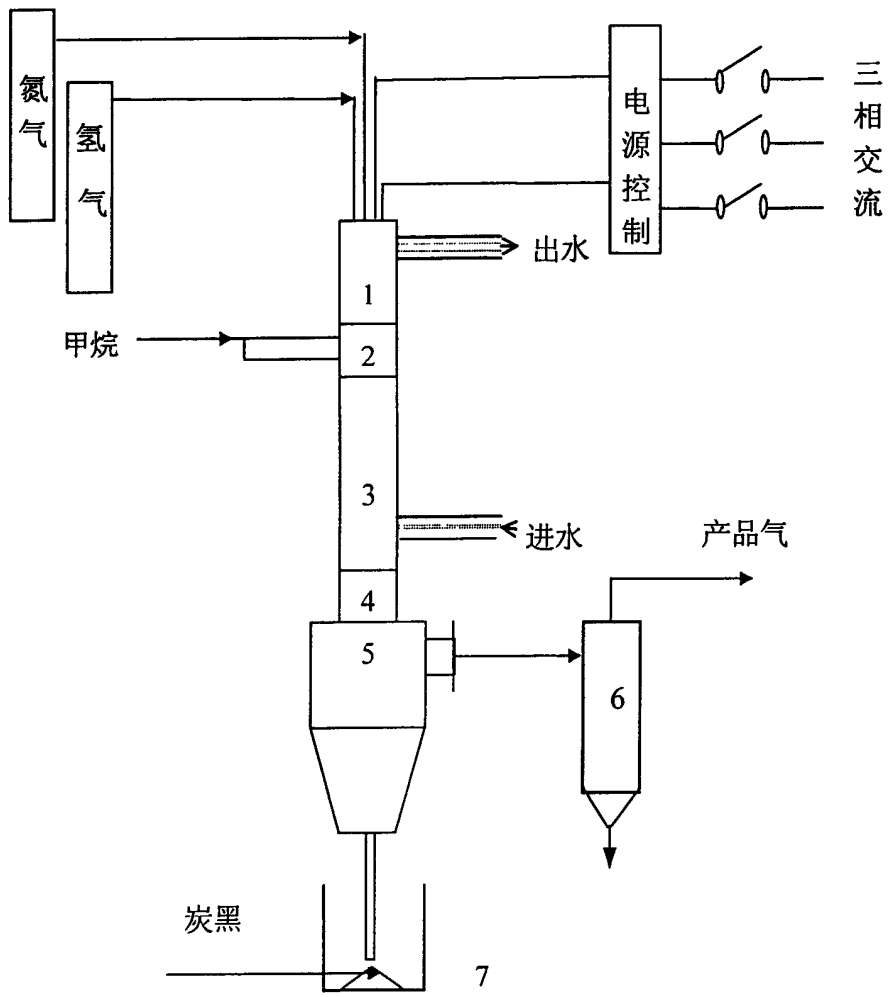


图 1

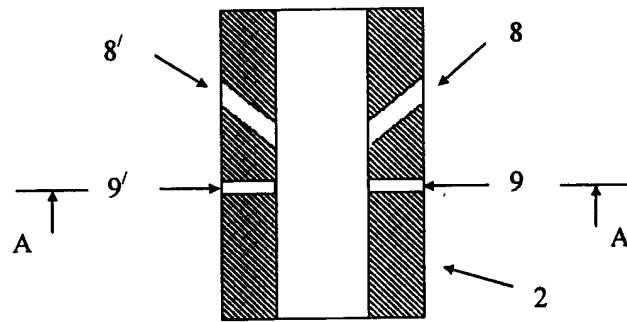


图 2

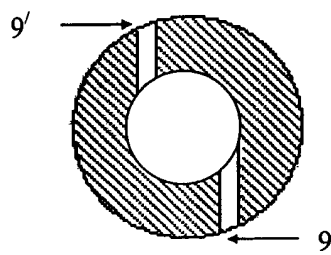


图 3