



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 109850846 B

(45) 授权公告日 2022.06.07

(21) 申请号 201910087746.3

(22) 申请日 2019.01.29

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 109850846 A

(43) 申请公布日 2019.06.07

(73) 专利权人 武汉船用电力推进装置研究所  
(中国船舶重工集团公司第七一  
二研究所)

地址 430064 湖北省武汉市洪山区南湖汽  
校大院

(72) 发明人 李海港 吴飞 程臣 彭恩高  
曾辉

(74) 专利代理机构 武汉凌达知识产权事务所  
(特殊普通合伙) 42221

专利代理师 刘念涛 宋国荣

(51) Int.Cl.

C01B 3/54 (2006.01)

(56) 对比文件

JP 2004256336 A, 2004.09.16

JP 2012206909 A, 2012.10.25

US 2018118638 A1, 2018.05.03

JP 2006290644 A, 2006.10.26

JP 2006062887 A, 2006.03.09

审查员 李念念

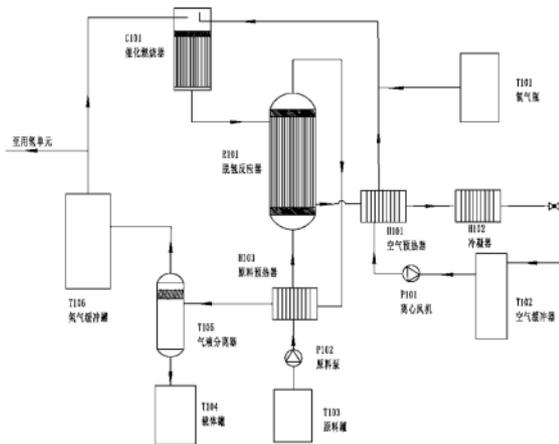
权利要求书2页 说明书6页 附图2页

(54) 发明名称

一种自热式有机液体脱氢供氢系统及其应  
用

(57) 摘要

本发明公开了一种自热式有机液体脱氢供氢系统,包括氢氧催化燃烧器、脱氢反应器、空气预热器、原料预热器、气液分离器、冷凝器、两个缓冲罐、隔膜泵、离心风机和阀门等;还公开了该应用于有机液体脱氢,为燃料电池供氢:采用氧气、有机液体和脱氢供氢系统内的氢气产物作为原料,对系统进行冷启动,使氢气与氧气按下式发生催化燃烧反反应。本脱氢供氢系统具有自热功能,不需外界供热的条件下就能实现有机液体的脱氢,充分利用了脱氢反应的余热,具有较高的热效率。



1. 一种自热式有机液体脱氢供氢系统,其特征在于:包括氢氧催化燃烧器(C101)、连接催化燃烧器(C101)氢气入口的氢气缓冲罐(T106)、连接催化燃烧器(C101)氧气入口的氧气瓶(T101)和空气预热器(n101)、以及连接催化燃烧器(C101)尾气出口的脱氢反应器(R101),脱氢反应器(R101)的尾气出口与空气预热器(n101)连接;

所述的催化燃烧器(C101)由外壳和设于外壳内的预混合室、布料器和催化燃烧室组成,所述的催化燃烧室为催化板卷成的蜂窝结构,催化板以铝箔为基底, $\gamma$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$ 为中间载体,铂为活性成分;氢气缓冲罐(T106)提供的氢气与空气预热器(n101)输送的空气通过各自流道进入预混合室,经过布料器后流入催化燃烧室燃烧,尾气进入脱氢反应器(R101)供热;

所述的空气预热器(n101)上连接有冷凝器(H102),冷凝器(H102)上连接有空气缓冲罐(T102),空气缓冲罐(T102)通过离心风机(P101)连接空气预热器(n101),尾气离开脱氢反应器(R101)后再流经冷凝器(H102),冷凝水外排,尾气经空气预热器(n101)预热、通过氧气瓶(T101)补充氧气后再次进入催化燃烧器(C101)循环使用;

所述的脱氢反应器(R101)为列管式反应器,管程内填充粒径为1~3mm的Raney-Ni催化剂,脱氢时有机液体流经催化剂;

脱氢反应器(R101)上连接有原料预热器(H103),原料预热器(H103)通过原料泵(P102)连接有盛装有机液体的原料罐(T103),原料预热器(H103)通过气液分离器(T105)与氢气缓冲罐(T106)连接,气液分离器(T105)连接有载体罐(T104),原料泵(P102)提供的有机液体原料经原料预热器(H103)预热后进入脱氢反应器(R101)管程进行脱氢反应,产生的氢气与有机液体的混合物用于原料预热,混合物降温后进入气液分离器(T105),经过分离脱氢后的有机液体进入载体罐(T104)循环使用,而氢气进入氢气缓冲罐(T106),一部分供应用氢单元使用,一部分系统内部使用。

2. 根据权利要求1所述的一种自热式有机液体脱氢供氢系统,其特征在于,所述的外壳为316L不锈钢,所述蜂窝的孔径0.2~1mm,孔隙率在70%~90%,所述的活性成分采用铂单质,质量分数为 $\gamma$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$ 的0.5~1.5%。

3. 根据权利要求1所述的一种自热式有机液体脱氢供氢系统,其特征在于,所述的脱氢反应器(R101)为316L材质,其列管内径为催化剂粒径的8倍以上。

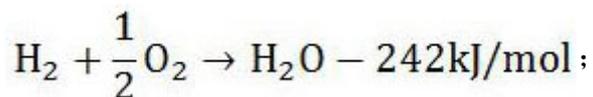
4. 根据权利要求1所述的一种自热式有机液体脱氢供氢系统,其特征在于,所述的空气预热器(n101)和原料预热器(H103)为板翅式换热器,铝制、钎焊焊接,分别为空气和有机液体原料预热。

5. 根据权利要求1所述的一种自热式有机液体脱氢供氢系统,其特征在于,所述的气液分离器(T105)为立式丝网分离器;所述的冷凝器(H102)为铝制、钎焊的板翅式换热器。

6. 根据权利要求1所述的一种自热式有机液体脱氢供氢系统,其特征在于,所述的空气缓冲罐(T102)和氢气缓冲罐(T106)为316L材质。

7. 根据权利要求1所述的一种自热式有机液体脱氢供氢系统,其特征在于,所述的有机液体为不饱和芳香烃或杂环类化合物。

8. 一种如权利要求1所述的自热式有机液体脱氢供氢系统用于有机液体脱氢,为燃料电池供氢,其特征在于:采用氧气、有机液体和脱氢供氢系统内的氢气产物作为原料,对系统进行冷启动,使氢气与氧气按下式发生催化燃烧反应



所述的氢气占氢空混合气体积10%以下,空速10000~20000h<sup>-1</sup>,控制燃烧尾气的温度为280~500℃。

9. 根据权利要求8所述的脱氢供氢系统的应用,其特征在于,将氢气缓冲罐(T106)和空气缓冲罐(T102)中的氢气与氮气按照2:3~3:2的比例,常温通入催化燃烧器(C101),待温度升至100℃以上后,停止通入氢气,继续通入空气,使得氢气占比为10%以下,然后通过氧气瓶(T101)通入1/2倍氢气体积的氧气,待催化燃烧器(C101)尾气温度升至280~500℃后,系统开始稳定运行。

10. 根据权利要求8所述的脱氢供氢系统的应用,其特征在于,正常运转时,氢气、氮气和氧气混合,混合气以10000~20000h<sup>-1</sup>的空速进入催化燃烧器(C101),燃烧尾气进入脱氢反应器(R101)供热;有机液体以空速1~10h<sup>-1</sup>进入脱氢反应器(R101),控制混合气流量和有机液体原料的流量比为2.7~3:1,有机液体原料温度为180~200℃,发生脱氢反应;脱氢后的有机液体与氢气混合液通过原料预热器(H103)进行换热,降温至40~55℃后进入气液分离器(T105),脱氢后的有机液体进入载体罐(T104);脱氢反应器(R101)流出的尾气进入空气预热器(n101)加热空气,再经过冷凝器(H102)冷凝后降至40~50℃,冷凝水经疏水阀外排,尾气经补充氧气和预热后进入催化燃烧器(C101)循环使用。

## 一种自热式有机液体脱氢供氢系统及其应用

### 技术领域

[0001] 本发明涉及储氢技术领域,尤其涉及一种有机液体脱氢与燃料电池供氢装置及其应用。

### 背景技术

[0002] 氢是可再生能源,并且是其它可再生能源如太阳能、风能等的可储存能源载体。因其具有绿色无污染、质量能量密度高、可再生、资源丰富等优点,被认为是21世纪的绿色能源,具有极大的应用潜力。世界各国对氢气的生产、储存、运输与应用的研究开展的正如火如荼,以期在未来的技术领域和新能源竞争中占据优势。

[0003] 然而氢的应用推广还存在许多急需解决的问题,尤其是氢气的储运。氢能工业对储氢的要求总的来说是储氢系统安全、容量大、成本低、使用方便。目前储氢技术中高压气态储存能耗高,更重要的是民众接受心理存在障碍。液化储存损耗率每天为1%~2%,不适用于间歇使用的场合。金属氢化物储氢密度低,且合金易粉化。

[0004] 有机液体储氢是目前储氢技术的研究热点,具有以下特点:

[0005] 1,催化加氢、脱氢反应可逆,储氢材料可实现循环使用;

[0006] 2,储氢密度高,氢化有机液体常温常压储存,运输方便,安全性高;

[0007] 3,储氢效率高,加氢效率99%以上,脱氢效率在96%以上,周期效率大于94%;

[0008] 4,脱氢时不产生CO和CO<sub>2</sub>等杂质。

[0009] 有机液体储氢的应用也存在尚未完全解决的难题,关键问题之一是脱氢温度较高,一般在160℃以上,为质子交换膜燃料电池供氢时,需增加供热装置。目前大多采用电加热的方式脱氢,存在能量效率低的严重缺陷。如若以燃气锅炉供热,以天然气为燃料时存在碳排放问题,偏离了绿色无污染的初衷。以氢气为燃料时,存在燃烧温度高、热效率低的缺陷。

[0010] 专利201510198856.9公开了一种自热式供氢装置,以氢氧催化燃烧供热,脱氢反应器为同心套管结构,内管为催化脱氢反应器,外部套管为氢催化燃烧反应器。氢催化燃烧催化剂涂在内管外壁。因氢氧反应速率极大,该装置存在氢催化燃烧时供热不稳定的缺点,传热不稳定势必造成脱氢反应不稳定。

[0011] 专利200910174383.3公开了用于氢存储材料的加热系统,将催化燃烧和脱氢集成为一体,同样存在传热不稳定的问题。

[0012] 以上两个专利未考虑空气的循环使用,空气需求量大导致内耗高。

### 发明内容

[0013] 本发明旨在提供一种氢化有机液体脱氢供氢系统,解决有机液体的供热难题。

[0014] 本发明解决其技术问题所采用的技术方案是:一种自热式有机液体脱氢供氢系统,包括氢氧催化燃烧器、连接催化燃烧器氢气入口的氢气缓冲罐、连接催化燃烧器氧气入口的氧气瓶和空气预热器、以及连接催化燃烧器尾气出口的脱氢反应器,脱氢反应器的热

源为催化燃烧器的尾气,与有机液体逆流换热,脱氢反应器的尾气出口与空气预热器连接;所述的催化燃烧器由外壳和设于外壳内的预混合室、布料器和催化燃烧室组成,所述的催化燃烧室为催化板卷成的蜂窝结构,催化板以铝箔为基底, $\gamma$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$ 为中间载体,铂为活性成分;氢气缓冲罐提供的氢气与空气预热器输送的空气通过各自流道进入预混合室,经过布料器后流入催化燃烧室燃烧,尾气进入脱氢反应器壳程供热;所述的空气预热器上连接有冷凝器,用于冷凝除去尾气内的水蒸汽,冷凝器通过疏水阀连接有空气缓冲罐,空气缓冲罐通过离心风机连接空气预热器,离心风机用于输送空气;尾气离开脱氢反应器后再流经冷凝器,温度降至 $40\sim 50^\circ\text{C}$ ,冷凝水经疏水阀外排,尾气经空气预热器预热、通过氧气瓶补充氧气后再次进入催化燃烧器循环使用;所述的脱氢反应器为列管式反应器,管程内填充粒径为 $1\sim 3\text{mm}$ 的Raney-Ni催化剂,装填成固定床,脱氢时有机液体流经催化剂;脱氢反应器上连接有原料预热器,原料预热器通过原料泵连接有盛装有机液体的原料罐,原料泵为隔膜泵,用于输送有机液体,原料预热器通过气液分离器与氢气缓冲罐连接,气液分离器用于实现有机液体与氢气的分离,气液分离器连接有载体罐;原料泵提供的有机液体原料经原料预热器预热后进入脱氢反应器管程进行脱氢反应,产生的氢气与有机液体的混合物用于原料预热,混合物温度降至 $40\sim 55^\circ\text{C}$ 后进入气液分离器,经过分离脱氢后的有机液体进入载体罐循环使用,而氢气进入氢气缓冲罐,一部分供应用氢单元(燃烧电池)使用,一部分系统内部使用。

[0015] 所述的一种自热式有机液体脱氢供氢系统,所述的催化燃烧器外壳为316L不锈钢,所述蜂窝的孔径控制在 $0.2\sim 1\text{mm}$ ,孔隙率在 $70\%\sim 90\%$ ,优选的所述的活性成分采用铂单质,质量分数为 $\gamma$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$ 的 $0.5\sim 1.5\%$ 。催化燃烧器外部做真空保温,避免热量散失, $\gamma$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$ 优选的为疏水性,粒径为 $5\sim 10\mu\text{m}$ ;为了避免空气进入氢气管道,氢气管道设置在上流,两个管道呈直角布置,且氢气管道压力大于空气管道。

[0016] 所述的一种自热式有机液体脱氢供氢系统,其脱氢反应器为316L材质,其列管内径为催化剂粒径的8倍以上,管程作为热介质的流道,为提高热效率,脱氢反应器外部做真空保温,避免热量散失,通过匹配燃烧器内燃料流量与有机液体流量,控制有机液体温度为 $180\sim 220^\circ\text{C}$ ,发生脱氢反应。

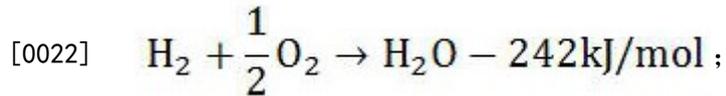
[0017] 所述的一种自热式有机液体脱氢供氢系统,其空气预热器和原料预热器为板翅式换热器,铝制、钎焊焊接,分别为空气和有机液体原料预热。采用热导率高的铝材质制成,板翅式换热器具有热效率高、结构紧凑的优点。

[0018] 所述的一种自热式有机液体脱氢供氢系统,其气液分离器为立式丝网分离器;其冷凝器为铝制、钎焊的板翅式换热器。

[0019] 所述的一种自热式有机液体脱氢供氢系统,其空气缓冲罐和氢气缓冲罐为316L材质,分别用于储存氮气和氢气。

[0020] 所述的一种自热式有机液体脱氢供氢系统,其有机液体为不饱和芳香烃或杂环类化合物,包括N-乙基咪唑、甲苯等。

[0021] 本发明还提供一种上述自热式有机液体脱氢供氢系统在有机液体脱氢中的应用,为燃料电池供氢:采用氧气、有机液体和脱氢供氢系统内的氢气产物作为原料,对系统进行冷启动,使氢气与氧气按下式发生催化燃烧反应



[0023] 所述的氢气占氢空混合气体积10%以下,空速10000~20000h<sup>-1</sup>,控制燃烧尾气的温度为280~500℃。其中:

[0024] 启动前,氢气缓冲罐与空气缓冲罐分别储存一定量的气体,将氢气缓冲罐和空气缓冲罐中的氢气与氮气按照2:3~3:2的比例,常温通入催化燃烧器,待温度升至100℃以上后,停止通入氢气,继续通入空气,使得氢气占比为10%以下,然后通过氧气瓶通入1/2倍氢气体积的氧气,待催化燃烧器尾气温度升至280~500℃后,系统开始稳定运行。

[0025] 正常运转时,氢气、氮气和氧气混合,混合气以10000~20000h<sup>-1</sup>的空速进入催化燃烧器,燃烧尾气进入脱氢反应器供热;有机液体以空速1~10h<sup>-1</sup>进入脱氢反应器,控制混合气流量和有机液体原料的流量比为2.7~3:1,有机液体原料温度为180~200℃,发生脱氢反应;脱氢后的有机液体与氢气混合液通过原料预热器进行换热,降温至40~55℃后进入气液分离器,脱氢后的有机液体进入载体罐;脱氢反应器流出的尾气进入空气预热器加热空气,再经过冷凝器冷凝后降至40~50℃,冷凝水经疏水阀外排,尾气经补充氧气和预热后进入催化燃烧器循环使用。

[0026] 本发明的有益效果是:本发明通过催化燃烧尾气加热脱氢装置,存在供热稳定、脱氢稳定的优点;且空气可以实现循环使用,在运行时只需往系统内输入氢化有机液体和氧气,即可实现脱氢和供氢。

## 附图说明

[0027] 图1是本发明的结构示意图;

[0028] 图2是本发明催化燃烧器的燃烧腔的结构示意图。

[0029] 各附图标记为:C101—催化燃烧器,R101—脱氢反应器,n101—空气预热器,H102—冷凝器,H103—原料预热器,T101—氧气瓶,T102—空气缓冲罐,T103—原料罐,T104—载体罐,T105—气液分离器,T106—氢气缓冲罐,P101—离心风机,P102—原料泵。

## 具体实施方式

[0030] 结合附图和实施例对本发明作进一步的详细说明如下。

[0031] 参照图1所示,本发明公开了一种自热式有机液体脱氢供氢系统,包括氢氧催化燃烧器C101、连接催化燃烧器C101氢气入口的氢气缓冲罐T106、连接催化燃烧器C101氧气入口的氧气瓶T101和空气预热器n101、以及连接催化燃烧器C101尾气出口的脱氢反应器R101,脱氢反应器R101的热源为催化燃烧器的尾气,与有机液体逆流换热,脱氢反应器R101的尾气出口与空气预热器n101连接。

[0032] 所述的催化燃烧器C101由316L不锈钢外壳和设于外壳内的预混合室、布料器和催化燃烧室组成,所述的催化燃烧室为催化板卷成的蜂窝结构,如图2所示,所述蜂窝的孔径控制在0.2~1mm,孔隙率在70%~90%,催化板以铝箔为基底, $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>为中间载体,铂为活性成分,优选的所述的活性成分采用铂单质,质量分数为 $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>的0.5~1.5%。催化燃烧器C101外部做真空保温,避免热量散失, $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>优选的为疏水性,粒径为5~10 $\mu$ m;为了避免

空气进入氢气管道,氢气管道设置在上流,两个管道呈直角布置,且氢气管道压力大于空气管道。氢气缓冲罐T106提供的氢气与空气预热器n101输送的空气通过各自流道进入预混合室,经过布料器后流入催化燃烧室燃烧,尾气进入脱氢反应器R101壳程供热。

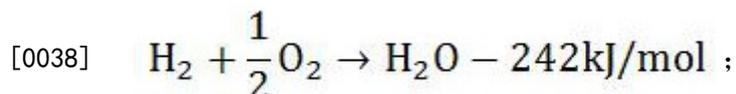
[0033] 所述的空气预热器n101上连接有冷凝器H102,用于冷凝除去尾气内的水蒸汽,冷凝器H102通过疏水阀连接有空气缓冲罐T102,空气缓冲罐T102通过离心风机P101连接空气预热器n101,离心风机P101用于输送空气;尾气离开脱氢反应器R101后再流经冷凝器H102,温度降至40~50℃,冷凝水经疏水阀外排,尾气经空气预热器n101预热、通过氧气瓶T101补充氧气后再次进入催化燃烧器C101循环使用。

[0034] 所述的脱氢反应器R101为列管式反应器,管程内填充粒径为1~3mm的Raney-Ni催化剂,装填成固定床,采用316L材质,其列管内径为催化剂粒径的8倍以上,管程作为热介质的流道,脱氢时有机液体流经催化剂,为提高热效率,脱氢反应器外部做真空保温,避免热量散失,通过匹配燃烧器内燃料流量与有机液体流量,控制有机液体温度为180~220℃,发生脱氢反应。

[0035] 脱氢反应器R101上连接有原料预热器H103,原料预热器H103通过原料泵P102连接有盛装有机液体的原料罐T103,原料泵P102为隔膜泵,用于输送有机液体,所述的机液体为不饱和芳香烃或杂环类化合物,包括N-乙基吡啶、甲苯等;原料预热器H103通过气液分离器T105与氢气缓冲罐T106连接,气液分离器T105用于实现有机液体与氢气的分离,气液分离器T105连接有载体罐T104;原料泵P102提供的有机液体原料经原料预热器H103预热后进入脱氢反应器R101管程进行脱氢反应,产生的氢气与有机液体的混合物用于原料预热,混合物温度降至40~55℃后进入气液分离器T105,经过分离脱氢后的有机液体进入载体罐T104循环使用,而氢气进入氢气缓冲罐T106,一部分供应用氢单元(燃烧电池)使用,一部分系统内部使用。

[0036] 其中空气预热器n101和原料预热器H103为板翅式换热器,铝制、钎焊焊接,分别为空气和有机液体原料预热,采用热导率高的铝材质制成,板翅式换热器具有热效率高、结构紧凑的优点;而气液分离器T105为立式丝网分离器;冷凝器H102为铝制、钎焊的板翅式换热器;空气缓冲罐T102和氢气缓冲罐T106为316L材质,分别用于储存氮气和氢气。

[0037] 本发明脱氢供氢系统在对有机液体脱氢,为燃料电池供氢时,采用氧气、有机液体和脱氢供氢系统内的氢气产物作为原料,对系统进行冷启动,使氢气与氧气按下式发生催化燃烧反应



[0039] 其中氢气占氢空混合气体积10%以下,空速10000~20000h<sup>-1</sup>,控制燃烧尾气的温度为280~500℃。

[0040] 实施例1

[0041] 启动:启动前氢气缓冲罐T106与空气缓冲罐T102内分别储存一定量的氢气和氮气,氢气与氮气按照体积比为2:3通入催化燃烧器C101,约4min后升温至100℃以上,打开氧气瓶T101,往氮气管道内通入1/2氢气量的氧气,氢气占混合气体积分数10%,2min后尾气温度稳定在350℃,尾气进入脱氢反应器R101,同时通入有机液体。

[0042] 实施例2

[0043] 启动:氢气与氮气按照体积比为3:2通入催化燃烧器C101,约2.1min后升温至100℃以上,打开氧气瓶T101,往氮气管道内通入1/2氢气量的氧气,氢气占混合气体积分数8%,2.5min后尾气温度稳定在300℃,尾气进入脱氢反应器R101,同时通入有机液体原料。

[0044] 运行:混合气以10000h<sup>-1</sup>的空速流经催化燃烧器C101,有机液体以1h<sup>-1</sup>空速流经脱氢反应器R101,通过匹配混合气流量和有机液体原料流量,控制两者流量比为2.7:1,有机液体原料温度稳定在200℃,发生脱氢反应;脱氢后的有机液体与有机液体原料换热,温度降至45℃,有机液体原料升温至150℃;脱氢后的有机液体与氢气混合物进入气液分离器T105,氢气进入氢气缓冲罐T106,脱氢后的有机液体进入载体罐T104;在脱氢反应器R101流出的尾气进入空气预热器n101加热空气,再经过冷凝后降至40℃,冷凝水经疏水阀外排,尾气经补充氧气、预热后进入催化燃烧器C101。

[0045] 整个过程中热效率为65.2%,产生氢气92.3g/min,其中25.1g/min氢气用于燃烧,72.2g/min氢气可供燃料电池使用。整个系统进料为1946g/min有机液体,200.8g/min氧气,即可实现自热脱氢供氢。

[0046] 实施例3

[0047] 启动:氢气与氮气按照体积比为1:1通入催化燃烧器C101,约3.2min后升温至100℃以上,打开氧气瓶T101,往氮气管道内通入1/2氢气量的氧气,氢气占混合气体积分数5%,2.5min后尾气温度稳定在280℃,尾气进入脱氢反应器R101,同时通入有机液体原料。

[0048] 运行:混合气以10000h<sup>-1</sup>的空速流经催化燃烧器C101,有机液体原料以10h<sup>-1</sup>空速流经脱氢反应器R101,通过匹配混合气流量和有机液体原料流量,控制两者流量比为3:1,有机液体原料温度稳定在180℃,发生脱氢反应;脱氢后的有机液体与有机液体原料换热,温度降至55℃,有机液体原料升温至155℃;脱氢后的有机液体与氢气混合物进入气液分离器T105,氢气进入氢气缓冲罐T106,脱氢后的有机液体进入载体罐T104;在脱氢反应器R101流出的尾气进入空气预热器n101加热空气,再经过冷凝后降至55℃,冷凝水经疏水阀外排,尾气经补充氧气、预热后进入催化燃烧器C101循环使用。

[0049] 整个过程中热效率为60.5%,产生氢气112.8g/min,其中39.8g/min氢气用于燃烧,73g/min氢气可供燃料电池使用。整个系统进料为2279g/min有机液体原料,318.4g/min氧气,即可实现自热脱氢供氢。

[0050] 本发明提供的有机液体脱氢供氢系统,可以满足船用、大型客车、分布式电站等多种对氢能的需求,具有安全可靠的优点。

[0051] 空气经空气预热器n101预热后进入催化燃烧器C101,氢气缓冲罐T106提供的氢气进入催化燃烧器C101,氢氧在催化燃烧器C101内的催化剂表面发生催化燃烧,尾气进入脱氢反应器R101壳程供热;尾气离开脱氢反应器R101后再流经冷凝器H102,温度降至40~50℃,冷凝水经疏水阀外排,尾气经空气预热器n101预热、通过氧气瓶T101补充氧气后再次进入催化燃烧器C101循环使用。

[0052] 原料泵P102提供的有机液体原料经原料预热器H103预热后进入脱氢反应器R101管程,进行脱氢反应;产生的氢气与有机液体的混合物用于原料预热,混合物温度降至40~55℃后进入气液分离器T105;经过分离脱氢后的有机液体进入载体罐T104循环使用;氢气进入氢气缓冲罐T106,一部分供应用氢单元(燃烧电池)使用,一部分系统内部使用。

[0053] 本发明的权利要求保护范围不限于上述实施例。

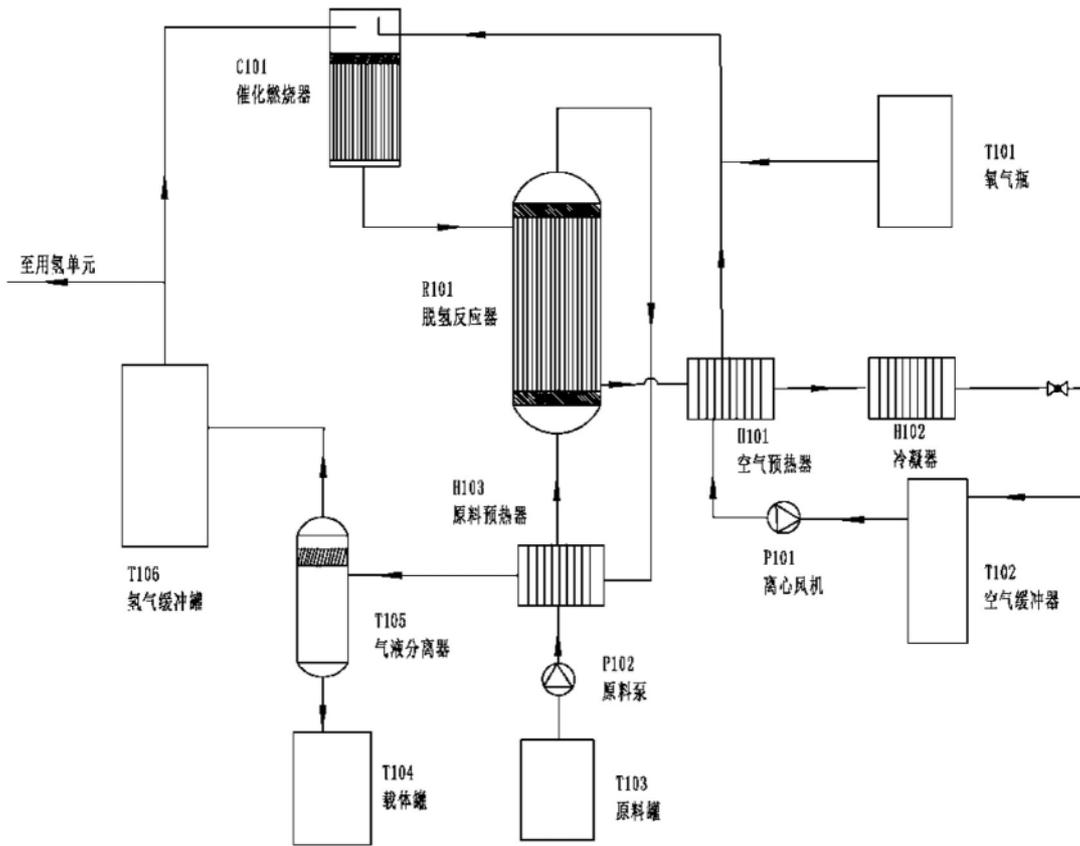


图1

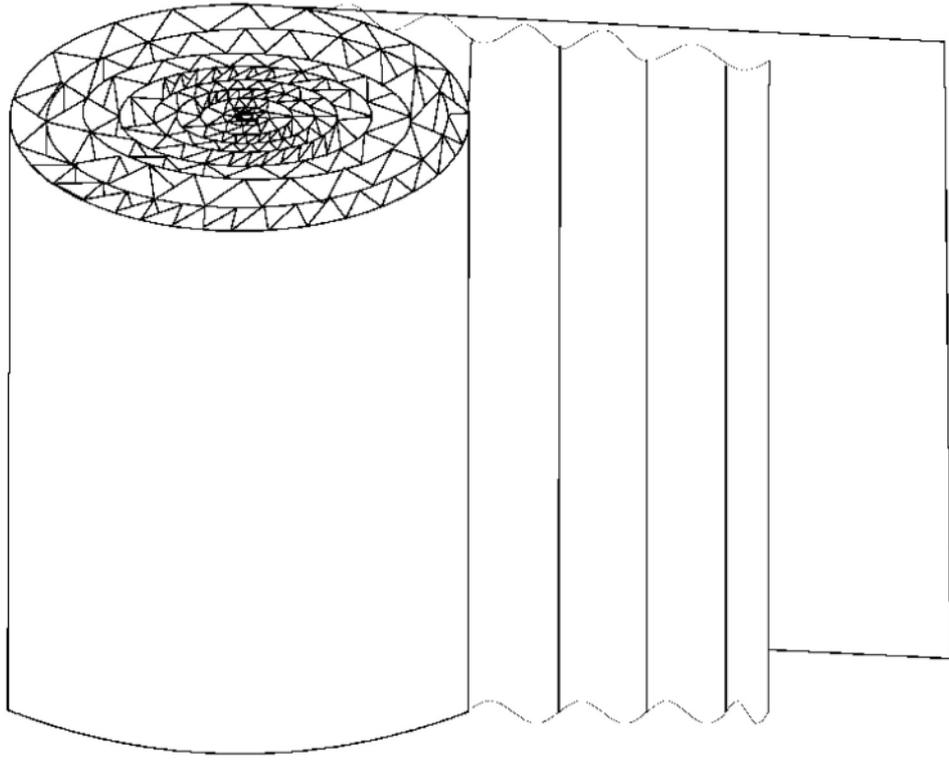


图2