



(12) 实用新型专利

(10) 授权公告号 CN 203075934 U

(45) 授权公告日 2013. 07. 24

(21) 申请号 201320049949. 1

(22) 申请日 2013. 01. 29

(73) 专利权人 中国科学院上海应用物理研究所  
地址 201800 上海市嘉定区宝嘉公路 2019 号

(72) 发明人 周金豪 张焕琦 程治强 李杨娟  
戴建兴 李晴暖 吴国忠

(74) 专利代理机构 上海智信专利代理有限公司  
31002  
代理人 朱水平 邱江霞

(51) Int. Cl.

B01J 19/00 (2006. 01)

B01J 19/02 (2006. 01)

(ESM) 同样的发明创造已同日申请发明专利

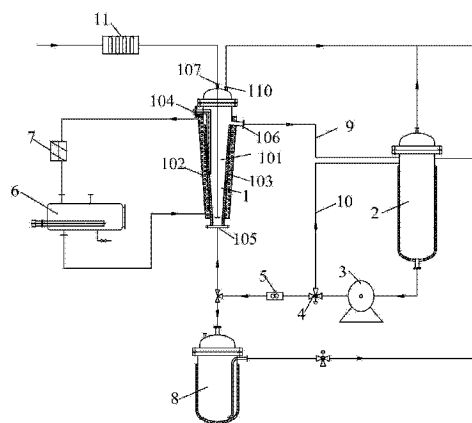
权利要求书1页 说明书6页 附图4页

(54) 实用新型名称

反应器及包括其的反应系统

(57) 摘要

本实用新型提供一种反应器及包括其的反应系统,反应器包括反应主体、设置于反应主体上的冷却系统、内衬和用于测量内衬温度的测温装置,内衬通过热源在反应主体内连续流动并经冷却系统冷却而形成于反应主体的内壁上,测温装置设置于反应主体的内壁至中心的平面上。本实用新型将彻底解决高温化学过程中高温、腐蚀对反应器的影响,防止液态介质、工艺气体与器壁的直接接触,起到保护反应器的效果,从而延长设备使用寿命。



1. 一种反应器,包括一反应主体及一设置于所述反应主体上的冷却系统,其特征在于,所述反应器还包括一内衬和一用于测量所述内衬温度的测温装置,所述内衬通过一热源在所述反应主体内连续流动并经所述冷却系统冷却而形成于所述反应主体的内壁上,所述测温装置设置于所述反应主体的内壁至中心的平面上。

2. 如权利要求 1 所述的反应器,其特征在于,所述测温装置为一热电偶束,所述热电偶束包括若干等距间隔设置的热电偶。

3. 如权利要求 1 所述的反应器,其特征在于,所述内衬的厚度为可调节式。

4. 如权利要求 1 所述的反应器,其特征在于,所述反应主体的形状为锥形,所述锥形的角度为  $1^{\circ} \sim 30^{\circ}$ 。

5. 如权利要求 1 所述的反应器,其特征在于,所述冷却系统包括一换热夹套,所述换热夹套套设在所述反应主体的外壁表面。

6. 如权利要求 5 所述的反应器,其特征在于,所述换热夹套的内部设有环形导流槽或迷宫槽。

7. 如权利要求 5 所述的反应器,其特征在于,所述换热夹套内含有换热介质,所述换热介质为导热油、惰性气体或水。

8. 如权利要求 1 所述的反应器,其特征在于,所述反应主体的内壁由钢丝拉筋、网丝或填充物制成。

9. 如权利要求 1 所述的反应器,其特征在于,所述反应主体的顶端设有一气体进口,所述气体进口内设有一延伸至所述反应主体内部的探底管,所述探底管的底端设有一气体分布器。

10. 如权利要求 9 所述的反应器,其特征在于,所述反应主体的底端设有一热源进口,所述反应主体的壁面上还开设有一热源出口,且所述热源出口远离所述热源进口。

11. 如权利要求 9 所述的反应器,其特征在于,所述探底管由金属或石墨制成。

12. 如权利要求 1 所述的反应器,其特征在于,所述热源为共熔盐,所述共熔盐为硝酸熔盐或氟化物熔盐。

13. 一种反应系统,其特征在于,其包括如权利要求 1-12 中任意一项所述的反应器。

14. 如权利要求 13 所述的反应系统,其特征在于,所述反应系统还包括一加热单元、一换热单元和一熔盐接收器,所述加热单元与所述反应器相连接并形成一循环回路,所述换热单元与所述反应器相连接并形成另一循环回路,所述熔盐接收器分别与所述反应器和所述加热单元相连接。

15. 如权利要求 14 所述的反应系统,其特征在于,所述加热单元包括一加热器,所述加热器依次通过一输送泵、一三通调节阀和一流量表与所述反应主体的底端设有的热源进口相连接,所述反应主体的壁面上开设有的热源出口通过一第一旁路管道与所述加热器相连接,并形成一第一回路,所述三通调节阀通过一第二旁路管道与所述加热器相连接并形成一第二回路。

16. 如权利要求 15 所述的反应系统,其特征在于,所述换热单元包括一循环机和一冷却器,所述循环机与所述冷却器的进口相连接,所述冷却器的出口通过所述冷却器与所述循环机相连接,并形成一第三回路。

## 反应器及包括其的反应系统

### 技术领域

[0001] 本实用新型涉及一种反应器和包括该反应器的反应系统。

### 背景技术

[0002] 在化工、冶金、核工业等行业中,某些高温化学过程由于液体物料介质的腐蚀性或高温运行,使得反应容器需要承受强烈的化学腐蚀及热腐蚀,这样就会影响反应容器的长期安全运行,使得一些工艺流程的发展面临很大的挑战和困难。

[0003] 针对这一问题,除了开发性能更优的结构材料外,采用冷却壁或冷冻壁技术的方法也值得借鉴,如在化工、冶金等行业涉及的“冷却壁”、“水冷壁”等。炼钢高炉里用到的“冷却壁”技术,即在炉内设置水冷却壁,利用水的换热作用,降低内壁温度,熔融钢渣冷却后形成所需厚度的保护渣层,隔断钢水与器壁的直接接触,达到防高温防腐蚀的作用。在锅炉上使用的“水冷壁”,可以吸收炉膛中高温火焰或烟气的辐射热量,降低炉墙温度,以保护炉墙。在冻结法凿井工艺中,利用制冷技术暂时冻结加固井筒周围不稳定地层并隔绝地下水,冻结器周围形成的冷冻层大大便于凿井施工。

[0004] 因此,研发出一种耐高温、耐腐蚀的反应器就显得尤为重要。

### 实用新型内容

[0005] 本实用新型要解决的技术问题是为了克服现有技术中液体物料介质在反应容器中进行物理、化学反应时,使得反应容器受到强烈的化学腐蚀及热腐蚀,严重影响反应容器的长期安全运行的缺陷,提供一种反应器及包括其的反应系统和其内衬的制造方法。

[0006] 本实用新型是通过下述技术方案来解决上述技术问题的:

[0007] 本实用新型提供一种反应器,包括一反应主体及一设置于所述反应主体上的冷却系统,其特点在于,所述反应器还包括一内衬和一用于测量所述内衬温度的测温装置,所述内衬通过一热源在所述反应主体内连续流动并经所述冷却系统冷却而形成于所述反应主体的内壁上,所述测温装置设置于所述反应主体的内壁至中心的平面上。

[0008] 所述热源为易凝固、易结晶介质,易凝固、易结晶介质由所述反应主体的底端进入,并由所述反应主体的壁面流出,进而在所述反应主体内形成连续流动的热源。

[0009] 较佳地,所述测温装置为一热电偶束,所述热电偶束包括若干等距间隔设置的热电偶。

[0010] 所述热电偶束用于测定冷冻层温度梯度,运用传热学理论关联计算内衬层的厚度。当目标热电偶的读数到达设定温度时,这时所形成的内衬的厚度就是所需的内衬的厚度,然后保持所述换热介质的温度和流量以及所述热源的温度和流量,以使得所述反应主体内维持稳定的热交换,进而保证所需的内衬的厚度。也就是说,若想调节所述内衬的厚度可通过以下两种方式实现:其一,调节所述换热介质的温度或流量;其二,调节所述热源的温度或流量。

[0011] 较佳地,所述内衬的厚度为可调节式,所述内衬的厚度根据实际生产需要相应的

进行调节。所述内衬的厚度的调节可通过上述两种方式实现,当所述内衬的厚度受到破坏或需要改变时,就可通过调节传热速率如所述换热介质的温度、流量或所述热源的温度、流量来实现,使得所述内衬由所述热源凝固增加其厚度,由所述热源的熔融减小其厚度,进而控制所述内衬能够实现自动修复并维持厚度的功能。

[0012] 较佳地,所述反应主体的形状为锥形,所述锥形的角度为 $1^{\circ} \sim 30^{\circ}$ 。

[0013] 较佳地,所述冷却系统包括一换热夹套,所述换热夹套套设在所述反应主体的外壁表面。

[0014] 较佳地,所述换热夹套的内部设有环形导流槽或迷宫槽。

[0015] 较佳地,所述换热夹套内含有换热介质,所述换热介质为导热油、惰性气体或水。在所述反应主体的外壁上设置有所述换热夹套,所述换热夹套内的换热介质与所述热源进行热交换,使得所述换热介质吸收所述热源的一部分热量,降低所述反应主体的壁面的温度,让靠近内壁的所述热源凝固并开始形成内衬,随着热交换的不断进行,所述内衬的厚度不断增加,形成的所述内衬避免液体介质与器壁的直接接触,保护了反应器的壁面,从而延长了所述反应器的使用寿命。

[0016] 另外,所述换热介质除了可以为上述的导热油、惰性气体或水外,还可以选用液体金属、熔盐等作为换热介质。

[0017] 较佳地,所述反应主体的内壁由钢丝拉筋、网丝或填充物制成。

[0018] 较佳地,所述反应主体的顶端设有一气体进口,所述气体进口内设有一延伸至所述反应主体内部的探底管,所述探底管的底端设有一气体分布器。

[0019] 较佳地,所述反应主体的底端设有一热源进口,所述反应主体的壁面上还开设有一热源出口,且所述热源出口远离所述热源进口。

[0020] 较佳地,所述探底管由金属或石墨制成。

[0021] 较佳地,所述热源为共熔盐,所述共熔盐为硝酸熔盐或氟化物熔盐。当然,所述热源除了可以为共熔盐外,还可以为无机盐、金属液体、熔融玻璃、熔融石英以及有机凝胶物等中的任意一种,所述共熔盐不局限于上述的硝酸熔盐或氟化物熔盐,还可以为氯化物熔盐、碳酸盐或硅酸盐等。

[0022] 本实用新型还提供一种包括上述反应器的反应系统。

[0023] 较佳地,所述反应系统还包括一加热单元、一换热单元和一熔盐接收器,所述加热单元与所述反应器相连接并形成一循环回路,所述换热单元与所述反应器相连接并形成另一循环回路,所述熔盐接收器分别与所述反应器和所述加热单元相连接。

[0024] 在所述加热单元中对加入的共熔盐进行加热,使得所述共熔盐为高温介质,有利于所述反应主体内的所述共熔盐与所述冷却系统进行热交换,使得所述共熔盐的温度大为降低,并在所述反应主体的内壁上形成一定厚度的所述内衬。

[0025] 较佳地,所述加热单元包括一加热器,所述加热器依次通过一输送泵、一三通调节阀和一流量表与所述反应主体的底端设有的热源进口相连接,所述反应主体的壁面上开设有的热源出口通过一第一旁路管道与所述加热器相连接,并形成一第一回路,所述三通调节阀通过一第二旁路管道与所述加热器相连接并形成一第二回路。所述热源在所述反应器和所述加热器组成的这一回路循环流动,使得所述反应主体的内壁上的温度一致,从而使得所述热源在所述反应主体的内壁上形成的所述内衬的厚度上下一致,且所述热源的循环

利用有利于提高原料的利用率,降低生产成本。

[0026] 较佳地,所述换热单元包括一循环机和一冷却器,所述循环机与所述冷却系统的进口相连接,所述冷却系统的出口通过所述冷却器与所述循环机相连接,并形成一第三回路。

[0027] 本实用新型的积极进步效果在于:

[0028] 本实用新型的反应器及包括其的反应系统,利用高温易结晶介质高温熔化、低温凝固的特点,在反应器壁的内部和外部制造温度梯度,使靠近内壁的液体介质凝固,并控制其厚度,形成自修复保护的内衬将彻底解决高温化学过程中高温、腐蚀对反应器的影响,防止液态介质、工艺气体与器壁的直接接触,起到保护反应器的效果,从而延长设备使用寿命。

### 附图说明

[0029] 图1为本实用新型实施例1的反应系统的结构图。

[0030] 图2为本实用新型实施例1的反应系统中反应器的结构图。

[0031] 图3为本实用新型实施例1的反应系统中反应器的内衬的制造方法的流程图。

[0032] 图4为本实用新型实施例2的反应系统的结构图。

[0033] 图5为本实用新型实施例3的反应系统中反应器的内衬的制造方法的流程图。

### 具体实施方式

[0034] 下面通过实施例的方式进一步说明本实用新型,但并不因此将本实用新型限制在所述的实施例范围之中。

[0035] 实施例1

[0036] 如图1和图2所示,本实施例提供了一种反应系统,该反应系统包括一反应器1,该反应系统还包括一加热器2、一输送泵3、一三通调节阀4、一流量计5、一循环机6、一冷却器7和一熔盐接收器8。

[0037] 其中,参考图2所示,反应器1包括一反应主体101、一换热夹套102、一内衬103和一热电偶束104。反应主体101的形状为锥形,锥形的角度为 $1^{\circ} \sim 30^{\circ}$ ;换热夹套102套设在反应主体101的外壁表面,换热夹套102的内部设有环形导流槽或迷宫槽;内衬103的厚度为可调节式,即内衬103的厚度可根据实际生产需要进行相应的调节,且内衬103通过一热源在反应主体101内连续流动并经换热夹套102冷却而形成于反应主体101的内壁上,优选地,热源为一种共熔盐,且具体的共熔盐为硝酸熔盐或氟化物熔盐,反应主体101的内壁由钢丝拉筋、网丝或填充物制成;热电偶束104包括若干等距间隔设置的热电偶,每两个热电偶间的间距均为5mm,且热电偶束104设置于反应主体101的内壁至中心的平面上。

[0038] 而且,反应主体101的底端设有一热源进口105,反应主体101的壁面上还开设有一热源出口106,且热源出口106远离热源进口105。反应主体101的顶端设有一气体进口107和一气体出口110,气体进口107内设有一延伸至反应主体101内部的探底管108,探底管108的底端设有一气体分布器109,探底管108由金属或石墨制成。

[0039] 参考图1所示,加热器2依次通过输送泵3、三通调节阀4和流量计5与热源进口105相连接,热源出口106通过一第一旁路管道9与加热器2相连接,并加热器2、输送泵3、

三通调节阀 4、流量计 5、热源进口 105、热源出口 106 和第一旁路管道 9 形成一第一回路，三通调节阀 4 通过一第二旁路管道 10 与加热器 2 相连接，并加热器 2、三通调节阀 4 和第二旁路管道 10 形成一第二回路。

[0040] 循环机 6 与换热夹套 102 的进口相连接，换热夹套 102 的出口通过冷却器 7 与循环机 6 相连接，并循环机 6、换热夹套 102 和冷却器 7 形成一第三回路。

[0041] 反应主体 101 的内壁上形成的内衬 103 利用该反应系统实现，通过该反应系统中的部件间的输送，将所述热源输送至反应主体 101 内，反应主体 101 内的所述热源与换热夹套 102 中的换热介质进行热交换，使得所述热源的温度大为降低，并在反应主体 101 的内壁上形成一定厚度的内衬 103。因此，本实用新型还提供了一种制造上述反应系统中反应器的内衬的方法。另外，所述换热夹套 102 内含有换热介质，所述换热介质为导热油、惰性气体或水。

[0042] 下面具体的列举出一种使用共熔盐中的硝酸熔盐来制造内衬的方法，如图 3 所示，所述方法包括以下步骤：

[0043] 步骤 101、称取 40-7-53wt% 的  $\text{NaNO}_2\text{-NaNO}_3\text{-KNO}_3$  (硝酸熔盐)150kg，加入所述加热器中，加热至  $250^\circ\text{C}$ ，熔融并保温；

[0044] 步骤 102、将所述反应系统的管路及位于所述管路中的所述三通调节阀和所述输送泵预热至  $200^\circ\text{C}$ ，并进行保温；

[0045] 步骤 103、启动所述输送泵，开始输送硝酸熔盐，硝酸熔盐经所述三通调节阀分配，一部分经所述流量计进入所述反应主体内，另一部分从所述第二旁路管道返回加热器，其中，所述流量计的流量为 30L/h；

[0046] 步骤 104、硝酸熔盐在所述反应主体内液位到达热源出口后，继续流回至所述加热器，形成循环回路；

[0047] 步骤 105、开启所述循环机和所述冷却器，所述循环机中的导热油以流量 250kg/h 进入所述换热夹套中，并与硝酸熔盐进行热交换，所述反应主体的内壁上形成所述内衬，且经热交换后的导热油经所述冷却器冷却后返回所述循环机中，其中，导热油的温度维持在  $100^\circ\text{C}$ ；

[0048] 步骤 106、所述热电偶束测量所述内衬的温度，使所述内衬的温度达到设定温度，所述内衬的厚度为 3cm；

[0049] 步骤 107、将所述反应器中的硝酸熔盐排放至所述熔盐接收器，并关闭所述循环机、所述冷却器及所述输送泵，所述制造方法完成。

[0050] 待所述反应系统冷却后，打开反应器 1 的盖子，可观察到内衬 103 完好，均匀选取几个位置，用尺子测量内衬 103 的厚度均大约在 3cm。剥开内衬 103，反应器 1 的内壁完好如初，并未发现腐蚀现象。所以使用上述制造内衬的方法使得反应器 1 耐高温、耐腐蚀，从而延长反应器 1 的使用寿命。

[0051] 实施例 2

[0052] 如图 4 所示，本实施例的反应系统包括实施例 1 中的所有部件，且部件之间的连接关系和实施例 1 中部件之间的连接关系相同，所述反应系统还包括一预热器 11，预热器 11 将反应气通过气体进口 107 通入至反应主体 101 内，本实施例的反应气选用氩气，所述反应器中的内衬的制造方法包括实施例 1 的内衬的制造方法，并在此基础上加入反应气，以比

较反应气的通入对内衬形成的影响,本实施例与实施例 1 的制造内衬的方法的不同之处在于:

[0053] 在实施例 1 的步骤 106 之后还包括以下步骤:

[0054] 流量 1L/min 的氩气经所述预热器加热至 200° C 后由所述气体进口通入所述反应主体内,所述热电偶束测量的温度出现波动,经一时间段后重新达到该设定温度,所述内衬的厚度维持在 3cm,尾气由所述气体出口排出。

[0055] 由此可以看出,氩气的通入使得硝酸熔盐的温度发生了波动,但经该时间段后硝酸熔盐的温度会达到稳定,形成一定厚度的内衬,并氩气的通入并未与反应主体 101 内的硝酸熔盐发生化学反应。

[0056] 实施例 3

[0057] 本实施例的反应系统与实施例 2 的反应系统相同,本实施例通入的反应气选用三氟化氮,使用共熔盐中的氟化物熔盐来制造内衬,并三氟化氮与氟化物熔盐中的微量水、氧化物进行化学反应,以此来说明化学反应对所述内衬的形成的影响。如图 5 所示,制造内衬的方法包括以下步骤:

[0058] 步骤 201、称取 46.5-11.5-42mol% 的 LiF-NaF-KF (氟化物熔盐) 100kg,加入加热器中,加热至 550° C,熔融并保温;

[0059] 步骤 202、将所述反应系统的管路及位于所述管路中的所述三通调节阀和所述输送泵预热至 500° C,并进行保温;

[0060] 步骤 203、启动所述输送泵,开始输送氟化物熔盐,氟化物熔盐经所述三通调节阀分配,一部分经所述流量计进入所述反应主体内,另一部分从第二旁路管道返回所述加热器,其中,所述流量计的流量为 50L/h;

[0061] 步骤 204、氟化物熔盐在所述反应主体内液位到达热源出口后,继续流回至所述加热器,形成循环回路;

[0062] 步骤 205、开启所述循环机和所述冷却器,所述循环机中的导热油以流量 200kg/h 进入所述换热夹套中,并与氟化物熔盐进行热交换,所述反应主体的内壁上形成所述内衬,且经热交换后的导热油经所述冷却器冷却后返回所述循环机中,其中,导热油的温度维持在 350° C;

[0063] 步骤 206、所述热电偶束测量所述内衬的温度,使所述内衬的温度达到第一设定温度,所述内衬的厚度为 4cm;

[0064] 步骤 207、流量 0.1L/min 的三氟化氮经所述预热器加热至 500° C 后由所述气体进口通入所述反应主体内,三氟化氮与氟化物熔盐中的微量水、氧化物进行化学反应生成 HF、氮氧化物,同时,所述热电偶束测量的温度出现波动,经一时间段后重新达到该设定温度,所述内衬的厚度维持在 4cm,尾气由所述气体出口排出;

[0065] 步骤 208、将所述循环机中的导热油调节至 350° C 并以流量 250kg/h 进入所述换热夹套中,并与氟化物熔盐进行热交换;

[0066] 步骤 209、所述热电偶束测量所述内衬的温度,使所述内衬的温度达到第二设定温度,所述内衬的厚度为 3cm;

[0067] 步骤 210、将所述反应器中的氟化物熔盐排放至所述熔盐接收器,并关闭所述循环机、所述冷却器及所述输送泵,所述制造方法完成。

[0068] 在步骤 207 中,由于靠近反应主体 101 的内壁的氟化物熔盐与换热夹套 102 中的导热油进行热交换,使得靠近反应主体 101 的内壁的氟化物熔盐开始凝固并形成内衬 103,凝固的氟化物熔盐并不与通入的三氟化氮进行化学反应。而距离反应主体 101 相对较远的内壁的氟化物熔盐由于呈液态,所以氟化物熔盐中的微量水、氧化物与通入的三氟化氮进行了化学反应,生成 HF、氮氧化物,且通入的三氟化氮使得氟化物熔盐的温度发生了波动,但经该时间段后氟化物熔盐的温度会达到稳定,形成一定厚度的内衬 103。因此,形成的内衬 103 的化学成分并未发生改变,即反应器 1 具有耐高温、耐腐蚀的功能。

[0069] 在所述反应系统的运行中,由于存在有部分物料或反应物因吸附或物质交换而附着在所述内衬的表面,使得所述内衬的表面不纯净,为了提高物料或反应物的利用率,减少所述内衬表面附着的残留物可能带来的污染。因此,本实施例先制造出比所需厚度稍微厚一些的内衬如步骤 206,然后通入三氟化氮与氟化物熔盐中的微量水、氧化物进行化学反应,生成的部分 HF、氮氧化物和部分物料吸附在所述内衬的表面,进而步骤 208 将所述循环机中的导热油的流量调节至流量 250kg/h,由于导热油的流量调高之后使得所述内衬的厚度有所减少,当热电偶束 104 测量到内衬 103 的温度达到第二设定温度时,内衬 103 的厚度为 3cm,即得到了本实施例所需厚度的内衬。

[0070] 待所述反应系统冷却后,打开反应器 1 的盖子,可观察到内衬 103 完好,均匀选取几个位置,用尺子测量内衬 103 的厚度均大约在 3cm。剥开内衬 103,反应器 1 的内壁完好如初,并未发现腐蚀现象。所以使用上述制造内衬的方法使得反应器 1 耐高温、耐腐蚀,从而延长所述反应器 1 的使用寿命。

[0071] 虽然以上描述了本实用新型的具体实施方式,但是本领域的技术人员应当理解,这些仅是举例说明,本实用新型的保护范围是由所附权利要求书限定的。本领域的技术人员在不背离本实用新型的原理和实质的前提下,可以对这些实施方式做出多种变更或修改,但这些变更和修改均落入本实用新型的保护范围。



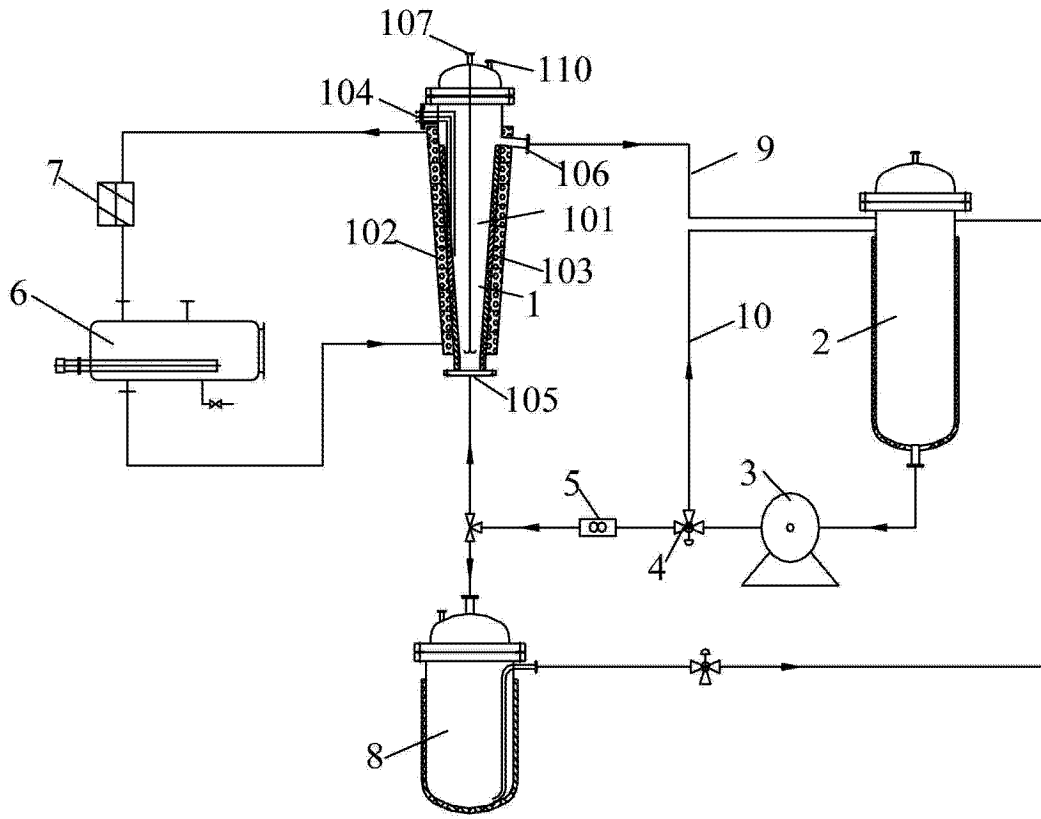


图 1

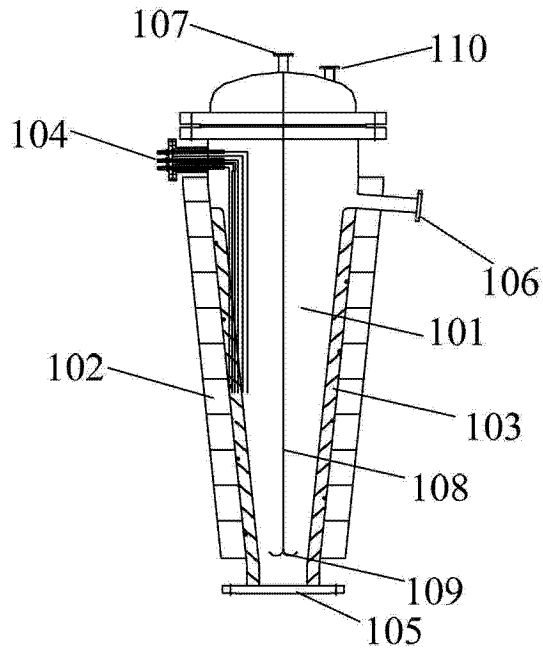


图 2

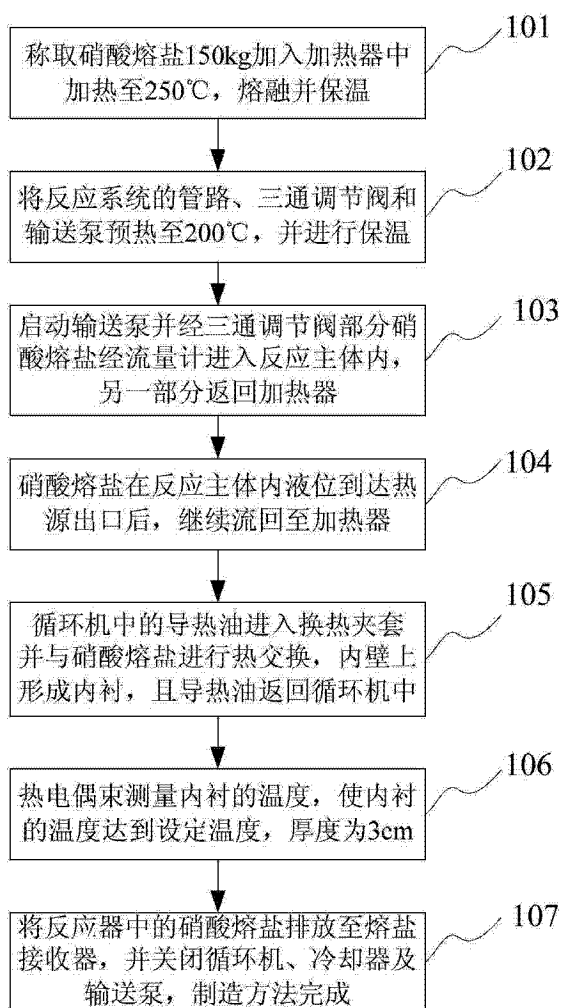


图 3

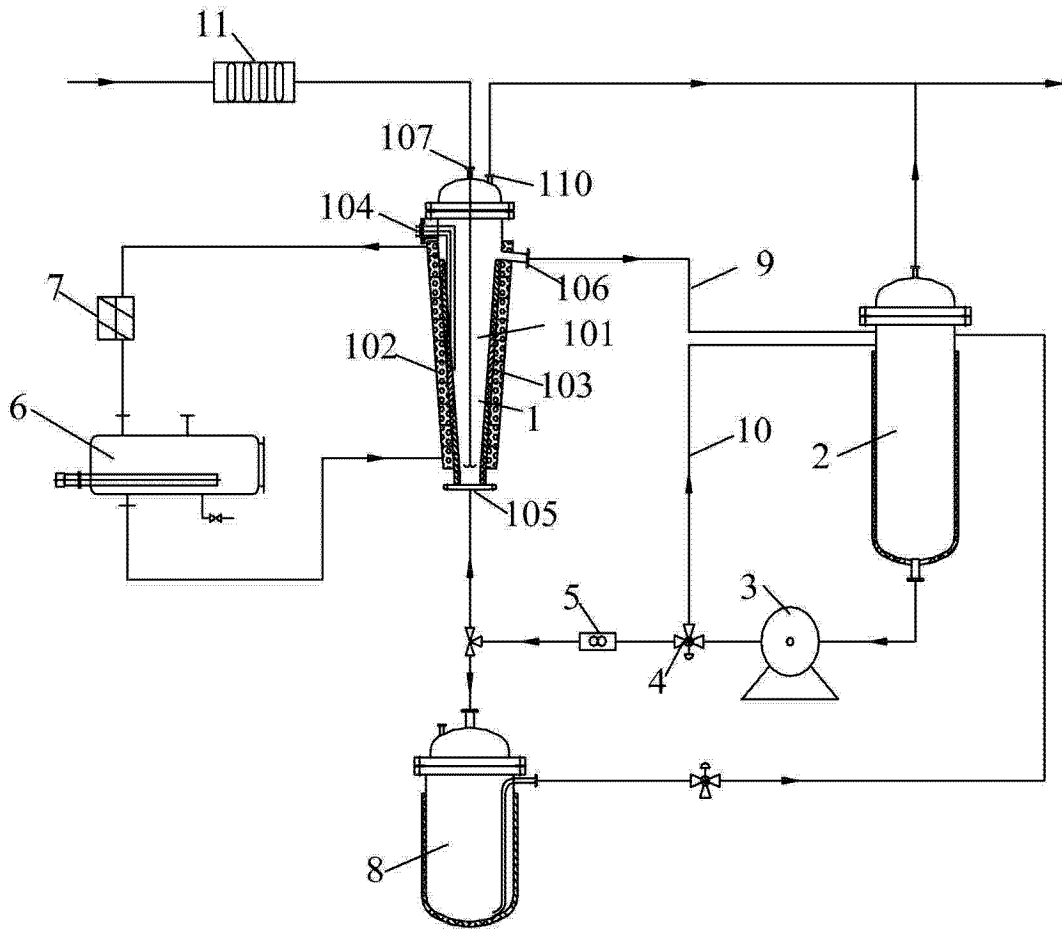


图 4

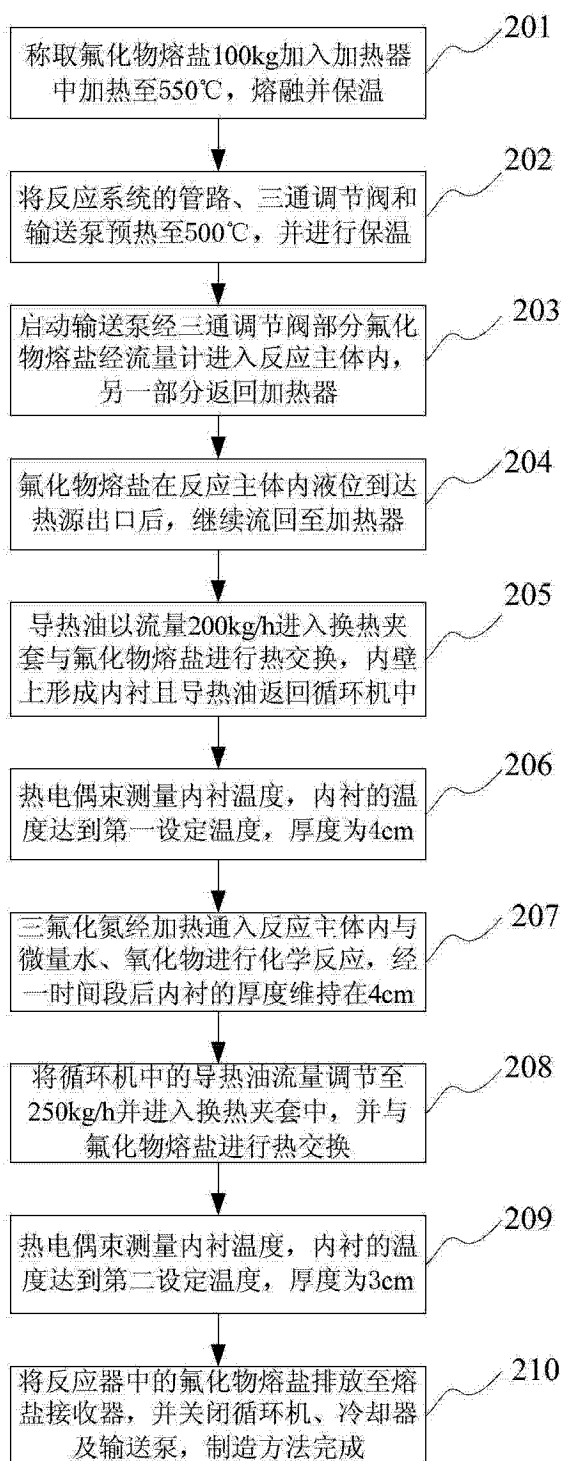


图 5