



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103269786 A

(43) 申请公布日 2013. 08. 28

(21) 申请号 201180060854. 3

(74) 专利代理机构 上海专利商标事务所有限公

(22) 申请日 2011. 10. 18

司 31100

(30) 优先权数据

代理人 项丹

61/394, 328 2010. 10. 18 US

(51) Int. Cl.

61/441, 276 2011. 02. 09 US

B01J 19/00 (2006. 01)

B23K 1/00 (2006. 01)

(85) PCT申请进入国家阶段日

2013. 06. 17

(86) PCT申请的申请数据

PCT/US2011/056789 2011. 10. 18

(87) PCT申请的公布数据

W02012/054542 EN 2012. 04. 26

(71) 申请人 维罗西公司

地址 美国俄亥俄州

(72) 发明人 A · L · 同克维齐 T · 尤斯查克

P · W · 尼格尔 J · L · 马可

J · D · 马可 M · A · 马齐安多

L · W · 凯斯 S · 德希穆克

R · J · 卢森斯基

权利要求书2页 说明书35页 附图12页

(54) 发明名称

层压防漏化学处理器、制作方法及操作方法

(57) 摘要

本发明提供制作层压装置（特别是微通道装置）的方法，其中板被组装并焊接在一起。与常规微通道装置不同，本发明的层压装置可在无钎焊或扩散结合的情况下制作；从而为制造提供明显的优势。还描述了如膨胀接头和外部焊接支撑件等特征。还描述了层压装置以及在层压装置中进行单元操作的方法。



1. 一种层压微通道组件, 其包括第一薄板和第二薄板; 其中每个薄板都具有长度和宽度, 其中由所述薄板长度乘以所述薄板宽度界定的横截面大于 100cm^2 ;

其中所述第一薄板和第二薄板是大致上平整的;

其中所述第一薄板包括平行微通道阵列, 其中所述微通道通过障壁彼此分离;

其中所述第一薄板和所述第二薄板相邻; 以及

包括焊缝, 所述焊缝沿所述障壁的长度延展并且将所述第一薄板接合到所述第二薄板上。

2. 如权利要求 1 所述的微通道组件, 其中由所述薄板长度乘以所述薄板宽度界定的横截面大于 500cm^2 。

3. 如权利要求 1 所述的微通道组件, 其中所述焊缝是连续的。

4. 如权利要求 1 所述的微通道组件, 其中所述第二薄板上的所述焊缝的线密度为至少 2.7cm/cm^2 。

5. 如权利要求 1 所述的微通道组件, 其中所述焊缝是宽度为 0.015cm 或更大的激光焊缝。

6. 一种制作层压装置的方法, 其包括:

提供第一子组件或第一薄板以及第二子组件或第二薄板;

其中所述第一子组件或第一薄板包括第一平行通道阵列, 并且其中所述第二子组件或第二薄板包括第二平行通道阵列, 并且其中所述第一子组件或第一薄板中的通道与所述第二子组件或第二薄板中的通道之间不存在任何相交;

将所述第一组件的边焊接到所述第二组件的边上, 以便形成所述第一薄板和第二薄板的焊接边的组合子组件层, 从而形成焊接的单个薄板;

以及将所述组合层或焊接的单个薄板与一个或多个层或薄板堆叠, 并且将所述堆叠的层或薄板接合以形成层压装置。

7. 如权利要求 6 所述的方法, 其中所述第一平行通道阵列和第二平行通道阵列可共享共用的头部或脚部。

8. 如权利要求 6 所述的方法, 其中将所述第一组件通过点焊来焊接到所述第二组件上。

9. 如权利要求 6 所述的方法, 其中将单个薄板或子组件切成多块并且随后焊接在一起以便形成一个组件。

10. 如权利要求 6 所述的方法, 其中所述第一子组件或第一薄板的大小与所述第二组件或第二薄板的大小相同。

11. 如权利要求 6 所述的方法, 其进一步包括以下步骤: 在将所述边焊接在一起之前, 使所述第一子组件或第一薄板平整。

12. 一种层压装置, 其通过如权利要求 6 所述的方法来制作。

13. 一种在从拉伸变到压缩或反之亦然的通道层中进行工艺的方法, 其包括

提供一种装置, 其包括第一通道层和与所述第一通道紧紧相邻的第二通道层;

其中, 在第一时间, 所述第一通道层包括处于第一压力下的第一流体并且所述第二通道层包括处于第二压力下的第二流体; 其中所述第一压力大于所述第二压力;

在所述第一时间在所述第一通道层中进行单元操作;

其中,在第二时间,所述第一通道层包括处于第三压力下的第三流体并且所述第二通道层包括处于第四压力下的第四流体;并且所述第四压力大于所述第三压力;

在所述第二时间在所述第一通道层中进行单元操作。

14. 如权利要求 13 所述的方法,其中所述第一流体和第三流体是费托工艺流,并且所述第二流体和第四流体是热交换流体。

15. 如权利要求 13 所述的方法,所述方法在焊接的层压装置中进行,其中所述第一通道包括导热压配插入件和催化剂。

16. 如权利要求 13 所述的方法,其中随着固体在所述第一通道中堆积,调整工艺条件以便适应反应器内的变化。

17. 一种层压微通道装置,其具有长度和宽度,其中由薄板长度乘以薄板宽度界定的横截面大于 100cm²,并且所述横截面与顶板接合以便形成焊接组件,在所述微通道装置内的薄板表面的一段上,所述焊接组件的激光焊接接头的线密度在 0.05cm/cm² 至 20cm/cm² 之间;这个段包括主要表面的相连区域的至少 50% (优选至少 90%,在一些实施方案中 100%)。

18. 如权利要求 17 所述的层压微通道装置,其中由所述薄板长度乘以所述薄板宽度界定的横截面大于 500cm²,并且所述横截面与顶板接合以便形成焊接组件,在所述微通道装置内的薄板表面的一段上,所述焊接组件的激光焊接接头的线密度在 0.05cm/cm² 至 20cm/cm² 之间;其中这个段包括主要表面的 100%。

19. 一种形成层压组件的方法,其包括:将顶薄板焊接到底薄板上,以便形成多个通道,所述多个通道被安置在所述顶薄板的顶面与所述底薄板的底面之间;其中焊接用以在所述多个通道中的所述通道之间形成密封。

20. 如权利要求 19 所述的方法,其中所述将薄板接合成组件的方法包括激光焊接,以便在两个相邻的内部流微通道之间形成密封。

21. 一种层压装置,其包括:

薄板堆叠,其通过焊接来接合;

所述薄板堆叠包括

薄板核心堆叠,其通过沿所述薄板的周边焊接来接合;以及

应变消除接头,其处于所述薄板堆叠内;

其中所述应变消除接头包括两个相邻薄板,所述相邻薄板被固持在所述堆叠内但大致上不沿两个相邻薄板的周边彼此接合。

层压防漏化学处理器、制作方法及操作方法

[0001] 相关申请

[0002] 本申请要求 2010 年 10 月 18 日提交的美国临时专利申请序列号 61/394,328 和 2011 年 2 月 9 日提交的美国临时专利申请序列号 61/441,276 的优先权。

[0003] 介绍

[0004] 微通道技术的常规思维是，微通道热交换器中的最佳传热仅可通过扩散结合和 / 或钎焊来获得。这些方法依赖于在层之间形成相连金属界面。所述相连界面消除了层之间的接触热阻，并且被认为对于将来自放热反应的高水平的热量移动到排热室或为吸热反应增加热量是必要的。

[0005] 钎焊要求增添夹层材料，所述夹层材料在低于构造材料的熔化温度的温度下熔化。夹层在扩散钎焊或钎焊工艺期间变成液体。液体夹层流动以便填充间隙或孔隙，以使得所述材料接合在一起。随着夹层的流动，它还经历扩散，其中来自所述夹层的材料可扩散到母体材料中并且来自母体的材料可扩散到所述夹层中。随着扩散的进行，夹层材料的局部组合物发生变化。此外，由于在实现最高温度后温度下降，因此液体夹层将固化并填充两个母体层之间的孔隙。固化可由温度或组合物驱动。在后一种情况下，添加熔点抑制剂，如磷或硼，以便导致复合夹层在比母体材料低的温度下熔化。在类似的实施例中，扩散结合装置也在传热层之间形成密切的热接触。

[0006] 发明概述

[0007] 一方面，本发明提供一种制作层压装置的方法，所述方法包括：提供底薄板、顶薄板并且其中在所述顶薄板的表面与所述底薄板的表面之间安置有间隙〔请注意，所述顶薄板和底薄板可以是子组件的一部分〕；提供导热鳍片插入件，其高度比间隙高度至少大 1% (优选至少大 2%，以及在一些实施方案中，大 1% 至 10%)，将所述鳍片插入件放置在间隙中；以及将所述薄板压在一起，以使得所述鳍片插入件变形以配合所述间隙。

[0008] 插入件可具有也可能不具有催化剂涂层。在一些优选实施方案中，所产生的装置具有不规则配置，其中插入件以不规则的方式变形，例如，压皱的壁既不全部在相同的方向上弓曲，也不在交替的方向上弓曲。在一些实施方案中，鳍片主要 (大于 50%，优选大于 80%) 是在相同的方向上弓曲。压缩的鳍片不具有规则形状，就像波纹板中存在的一样。

[0009] 在一些优选实施方案中，底薄板和 / 或顶薄板的表面具有从所述表面伸出的焊接线；在一些优选实施方案中，薄板包括一个或多个内部焊接线，所述内部焊接线的连续长度是所述薄板的长度或宽度的至少 50% (优选至少 80%)；并且鳍片插入件的至少一侧至少部分 (优选完全) 搁在所述一个或多个焊接线上。优选地，穿过插入件的流动方向垂直于焊接线。令人惊讶的是，我们发现，在存在这些焊接线时，获得良好的热输送，即使所述焊接线被插入在反应室 (即，含有压配加上催化剂的室) 与热交换器之间。在一些实施方案中，鳍片插入件被定位焊接到顶面或底面上，在更优选的实施方案中，所述鳍片插入件通过压配被固持就位但不通过焊接来接合到任一表面上。优选地，鳍片被安置在微通道内，且 / 或相邻的热交换器包括微通道。

[0010] 如同本文所述的所有方法的情况一样，本发明还包括通过所述方法形成的一种装

置。本发明还包括通过所述方法形成的装置的操作,用于进行一个或多个单元操作。优选地,本文所提及的装置是化学处理器,所述化学处理器被适配成用于进行一个或多个单元操作。

[0011] 另一方面,本发明提供一种层压装置,其包括:一种装置,所述装置包括连接到工艺室的流体入口和连接到工艺室的流体出口;其中所述工艺室包括间隙和导热鳍片插入件,所述导热鳍片插入件安置在所述间隙内且接触到所述间隙的顶部和底部;进一步其中所述鳍片插入件具有不规则形状,所述不规则形状是由所述鳍片插入件在所述间隙内的至少1%的压缩而引起的;以及热交换器,其与所述工艺室热接触。在这个装置中,不规则形状是由薄板在间隙的任一侧上的压缩而引起的,以使得鳍片插入件的高度变形达鳍片高度的至少1%(其中高度处于与堆叠高度相同的方向上),优选至少2%以及在一些实施方案中至少5%以及在一些实施方案中在1%至10%的范围内。

[0012] 这个装置可含有本文所提及的任何特征。举例来说,在一些优选实施方案中,插入件并不具有催化剂涂层;在一些优选实施方案中,催化剂颗粒存在于间隙中。传导性鳍片插入件是一种鳍片,所述鳍片将来自在鳍片段内发生的过程的热量移动到相邻的热交换层。鳍片插入件优选由一种材料制成,所述材料与传热层的构造材料相比具有更高的导热性。在一些优选实施方案中,传导性鳍片插入件的导热性比安置在传导性鳍片结构内的催化剂的有效导热性大10倍以及更优选大100倍。对于大多数材料来说,导热性是已知的,并且如果未知,则可使用标准ASTM方法来测量。

[0013] 另一方面,本发明提供一种进行化学反应的方法,所述方法包括:将至少一种反应剂传送到如权利要求2所述的装置的工艺室中;在所述工艺室内进行一个过程,同时在所述工艺室与所述热交换器之间交换热量。

[0014] 另一方面,本发明提供一种制作层压装置的方法,所述方法包括:提供第一子组件或第一薄板以及第二子组件或第二薄板;其中所述第一子组件或第一薄板包括第一平行通道阵列,并且其中所述第二子组件或第二薄板包括第二平行通道阵列,并且其中在所述第一子组件或第一薄板中的通道与第二子组件或第二薄板中的通道之间不存在任何相交;将所述第一组件的边焊接到所述第二组件的边上,以便形成所述第一薄板和第二薄板的组合子组件层或焊接边,从而形成焊接的单个薄板;以及将所述组合层或焊接的单个薄板与一个或多个层或薄板堆叠,并且将所述堆叠的层或薄板接合以形成层压装置。

[0015] 虽然所述第一薄板和第二薄板中的通道不存在任何通道间混合,但所述第一平行通道阵列和第二平行通道阵列可共享共用的头部(header)和/或脚部(footer)。在本方法的一个实施例中,将一个薄板(或包括多个薄板的一个子组件)切成四块并且将所述四块沿它们的边重新焊接在一起——由于我们是在切割薄板并将它沿之前切割的边再接合,因此这是一个有悖常理的过程。尽管如此,这个过程已经被发现可以显著减少翘曲,从而产生一个优良的层压物品。在本方法的一些更广泛的方面,所述第一薄板(或子组件)和第二薄板(或子组件)并不是从共用的块上切下,而是可单独地获得。优选地,堆叠层具有相等的宽度和长度(在一些实施方案中,在长度和宽度的5%范围内;在一些实施方案中,在长度和宽度的1%范围内)。切口(和再接合焊缝)应平行于通道长度;在这个取向上,不存在任何形成阻断的或不连续的通道的风险。

[0016] 在一些优选实施方案中,第一子组件的纵横比(宽:高和长:高)大于2,更优选

大于 10。在一些优选实施方案中,第一薄板或第一子组件的纵横比(宽:长和长:宽)为 1.5 或更大,更优选为 2 或更大,在一些实施方案中为 4 或更大。高度是指堆叠高度,其中宽度与长度互相垂直并且长度处于沿薄板的流体流动的方向上。优选地,第一子组件或第一薄板包括至少 5 个第一平行通道(优选微通道);并且第二子组件或第二薄板包括至少 5 个第二平行通道(优选微通道),并且所述第一子组件或薄板和第二子组件或薄板沿边接合,以便产生一个薄板或子组件,其中所述第一平行通道平行于所述第二平行通道;并且,优选地,单个歧管供所述第一平行通道和第二平行通道两者使用。优选地,将第一子组件或薄板和第二子组件或薄板接合,以使得所述第一组件或薄板和第二组件或薄板中的相邻的平行通道在宽度方向上(长度平行于穿过装置的净流动方向)在 2cm 内,更优选在 1cm 内。所产生的装置将含有具有焊接缝的薄板,所述焊接缝将所述薄板的区段连接在一起。在一些优选实施方案中,特别是在其中第一薄板或第一子组件的纵横比(宽:高或长:高)大于 1 的那些实施方案中,在将边焊接在一起之前,进行使所述子组件中的一个或多个(以及优选所有的)子组件平整的步骤。

[0017] 如与本文所述的所有方法一样,本发明包括由本方法产生的物品。

[0018] 本发明包括一种层压装置,所述层压装置包括:第一层,其具有长度和宽度的尺寸;其中所述第一层包括第一段,所述第一段包括第一多个平行通道,和第二段,所述第二段包括第二多个平行通道,其中所述第一多个通道和第二多个通道是平行的;其中所述第一段和第二段通过接头接合在一起并且其中所述接头平行于所述平行通道;以及第二层,其中所述第二层被焊接到所述第一层上。在一些优选实施方案中,第一层是子组件且第二层是子组件,并且所述层通过焊缝沿所述层的周边接合。

[0019] 另一方面,本发明提供一种预拱以制作更平整的子组件的方法。这种制作层压装置的方法包括:提供金属薄板;使所述金属薄板变形;以及将所述变形的金属薄板结合成层压装置。

[0020] 在优选实施方案中,金属薄板从平整以曲率为至少 10 度的弧形的方式变形,在一些实施方案中,从平整以曲率在 10 度至 80 度的范围内的弧形的方式变形。零件优选从平整状态预拱,以便在变形下建立,以使得当向所述零件添加焊接(特别是激光焊接)应力时,它们返回到近平整状态。与平整状态的曲率圆弧小于 90 度,并且优选在 10 度与 80 度之间。更优选的范围为 30 度至 70 度。在一些优选实施方案中,金属薄板为不锈钢。

[0021] 另一方面,本发明提供一种制作层压装置的方法,所述方法包括:提供子组件;使所述子组件平整;将所述子组件焊接到薄板或第二子组件上。优选地,将所述子组件沿它们的周边焊接,存在用于入口或出口的开口的地方除外。在一些优选实施方案中,将本方法与本文所述的任何方法相组合。

[0022] 另一方面,本发明提供一种在从拉伸变到压缩或反之亦然的通道层中进行工艺的方法,所述方法包括:提供一种装置,所述装置包括第一通道层和与所述第一通道紧紧相邻的第二通道层;其中,在第一时间,所述第一通道层包括处于第一压力下的第一流体并且所述第二通道层包括处于第二压力下的第二流体;其中所述第一压力大于所述第二压力;在所述第一时间在所述第一通道层中进行单元操作;其中,在第二时间,所述第一通道层包括处于第三压力下的第三流体并且所述第二通道层包括处于第四压力下的第四流体;并且所述第四压力大于所述第三压力;在所述第二时间在所述第一通道层中进行单元操作。

[0023] 受拉时,所述第一通道层中的压力大于所述第二通道层中的压力,而受压时,所述第一通道层中的压力小于所述第二通道层中的压力。在高度方向上,由底(floor)和顶(roof)界定一个层并且在所述层的底或顶上施加拉伸力或压缩力。在一些优选实施方案中,第一流体和第三流体相同并且第二流体和第四流体相同;举例来说,所述第一流体和第三流体可为费托(“FT”)工艺流并且所述第二流体和第四流体为热交换流体,通常为正在经历局部沸腾的水(或其它热交换流体)。其它工艺的实例可包括环氧乙烷、环氧丙烷、甲醇、氨、苯乙烯的合成以及氢化作用和氢化处理。优选地,本方法在一种层压装置中进行,所述层压装置具有安置在第一层中的第一通道和安置在相邻层中的第二通道。更优选地,所述工艺在一种层压装置中进行,所述层压装置包括第一通道和第二通道的众多(如至少10个)交替层。在一些优选实施方案中,第一通道包括压配插入件,而在一些优选实施方案中,第一通道包括催化剂,所述催化剂优选结合所述压配插入件来使用。令人惊讶的是,在无扩散结合或钎焊的情况下制作的一种装置(如压配装置)可在这些条件下成功地操作。优选地,本方法被定义为在连续操作期间发生,而不是在关闭或启动期间发生。所述工艺可(例如)在固体在工艺通道中堆积时和/或在催化剂失去活性时发生,并且工艺条件被调整来适应反应器内的变化。

[0024] 另一方面,本发明提供其中晕环(如下所述)将一种装置的多个段连接在一起的装置。因此,本发明提供一种装置,其包括第一层压组件,所述层压组件包括多个堆叠薄板;其中所述第一层压组件的第一侧包括多个入口或出口;其中一个包封物被接合到所述第一侧上并从所述第一侧延伸出来,并且包封所述多个入口和出口。通常,所述包封物为金属并且被焊接到所述第一层压组件的所述第一侧上。

[0025] 在一些优选实施方案中,所述装置包括第二层压组件,所述第二层压组件包括多个堆叠薄板;其中所述第二层压组件的第一侧包括第二多个入口或出口;并且其中所述包封物将所述第一多个入口或出口连接到所述第二多个入口或出口上。

[0026] 另一方面,一种层压微通道装置,其具有长度和宽度,其中由薄板长度乘以薄板宽度界定的横截面大于 100cm^2 (在一些实施方案中,大于 500cm^2),并且与顶板接合以便形成焊接组件,在所述微通道装置内的薄板表面的一段上,所述焊接组件的激光焊接接头的线密度在 $0.05\text{cm}/\text{cm}^2$ 至 $20\text{cm}/\text{cm}^2$ 之间(优选在 $0.1\text{cm}/\text{cm}^2$ 至 $10\text{cm}/\text{cm}^2$ 之间);这个段包括主要表面(薄板具有两个主要表面)的相连区域的至少50%(优选至少90%,在一些实施方案中为100%)。在大多数情况下,薄板在较大的装置内形成子组件的表面。焊缝将两个或更多个薄板固持在一起。焊缝还可在两个相邻的内部流通道之间提供密封。在这个装置中,“相连区域的100%”是指整个表面(不仅仅是所选择的矩形区域的100%);同样,50%和90%是指整个表面的50%和90%。优选地,薄板的长宽比大于2。除了所陈述的线密度外,或作为对所述线密度的替代,本发明的装置可以被定义为具有内部焊接(即,在薄板的内部而不是周边上的焊缝),所述内部焊接与所述装置的圆周(周边)相比至少大10倍,优选至少大100倍。

[0027] 另一方面,本发明提供一种层压微通道组件,其包括第一薄板和第二薄板;其中每个薄板都具有长度和宽度,其中由所述薄板长度乘以所述薄板宽度界定的横截面大于 100cm^2 (在一些实施方案中,大于 500cm^2);其中所述第一薄板和第二薄板是大致上平整的(所述薄板可具有少许翘曲,但所述薄板不起波纹);其中所述第一薄板包括平行微通道阵

列,其中所述微通道通过障壁彼此分离(所述微通道可部分穿过所述第一薄板的厚度(例如,蚀刻通道)或可穿过所述第一薄板的整个厚度);其中所述第一薄板和所述第二薄板相邻;以及包括焊缝,所述焊缝沿所述障壁的长度延展(所述焊缝可为连续的或不连续的)并且将所述第一薄板接合到所述第二薄板上。

[0028] 短语“沿... 延展”是指焊缝在与障壁相同的方向上延展并且接触到所述障壁。

[0029] 在本文所述的任何方法中,可通过将两个或更多个焊接的子组件接合来形成组件,其中将两个或更多个子组件焊接以形成组件的方法可为相同的焊接方法或不同的焊接方法。在一些实施方案中,焊接的子组件还可含有通过不同于焊接的技术形成的接头。

[0030] 另一方面,本发明提供一种形成组件的方法,所述方法包括将顶薄板焊接到底薄板上,以便形成多个通道,所述多个通道安置在所述顶薄板的顶面与所述底薄板的底面之间,其中焊接用于在所述多个通道中的通道之间形成密封。所述顶面和底面是层压组件的顶面和底面。举例来说,所述底薄板可含有蚀刻通道,并且所述顶薄板可为未蚀刻平整薄板。优选地,将薄板接合成组件的方法包括激光焊接,以便在两个相邻的内部流通道之间形成密封。在本文所述的任何实施方案中,通道可优选地为微通道。

[0031] 另一方面,本发明提供一种焊接衬底组件,其在初级焊接步骤中已经历了用于密封泄漏或孔洞的修复过程,其中所述修复过程可包括与所述初级焊接相同的焊接方法(通常是激光焊接)或可使用次级过程,如 TIG 焊接、脉冲激光、CMT 或其它,来减少焊接衬底组件中的泄漏点的数量。

[0032] 另一方面,本发明提供一种焊接衬底组件,其可保持在环境温度下超过 100psig(在环境温度下更优选超过 500psig,并且再更优选超过 800psig)的差压。所述焊接组件是一种层压装置,其中,在操作期间,流体的流动主要垂直于薄板厚度。在所述焊接组件中,用于维持所述差压的密封并不是被扩散结合或钎焊。

[0033] 另一方面,本发明提供一种形成层压的焊接装置的方法,所述方法包括:获得焊接衬底组件,当位于水平台上时,其曲率大于 1cm;使所述焊接衬底组件经受平整过程,以便形成大致上平整的零件,所述零件在位于水平台上时仅仅高出平面 1cm;以及将平整的衬底组件焊接到子组件上,以便形成层压的焊接装置。

[0034] 另一方面,本发明提供一种焊接衬底组件,其包括多个通道,所述多个通道通过焊接来密封(所述密封并不源于聚合物垫片、钎焊、扩散结合或其它常规技术),并且其泄漏率小于每 15 分钟约 0.5psig;或当在 100psig 和环境温度下用氮气加压时,泄漏率小于 10sccm 氮气(优选小于 1sccm 氮气)。

[0035] 另一方面,本发明提供一种耐压层压装置,其包括:薄板堆叠,所述薄板接合在一起(优选通过焊接);其中所述薄板堆叠包括所述堆叠内的多个通道以及连接到所述多个通道上的至少一个入口和一个出口;连续的未附接跨越,其在所述薄板堆叠内构成孔隙;第一端板和第二端板,其处于所述层压装置的相对侧上;并且进一步包括加强构件阵列,所述加强构件与所述端板的主要外部面密切接触来固持(例如,经由焊接),并且在与所述连续的未附接跨越对齐的区域上连续延伸。所述阵列的构件的刚度使得它们在堆叠方向(即,与薄层平面正交的方向)上抵抗弯曲。优选地,所述系统进一步包括一个工艺流,所述工艺流包括穿过所述多个通道的氢气和/或碳氢化合物。

[0036] 本发明还提供对焊接装置的修复。所述装置可通过对去除一个或多个焊缝来整修。

通过在通道的一端移除一块板，可堵住所选择的通道，从而减少热点或以另外的方式避开已形成缺陷的通道。或者，可通过去除周边的焊缝来打开装置，然后可移除或更换子组件。在一些实施方案中，可移除并整修子组件，之后将所述子组件重新插入装置中。在移除和/或更换子组件之后，可再次使用焊接来闭合装置。为了协助拆卸，子组件的一个或多个表面可用脱模层（如氧化锆或氧化钇涂层）来涂布或在子组件之间插入柔性石墨或陶瓷纸。

[0037] 本发明还包括通过打开焊缝并移除或更换催化剂（如颗粒催化剂）、鳍片或波形物或者子组件来维护反应器的方法。然后可将装置重新焊接在一起。本发明进一步包括具有由维护或修复造成的焊接结构的装置。

[0038] 另一方面，本发明提供一种层压化学处理器，其包括：成堆叠形式的多个薄板；所述堆叠具有高度、宽度以及长度的相互垂直的尺寸；其中高度是堆叠尺寸；对于所述堆叠内的开放空间来说，长度是最长的尺寸并且宽度垂直于长度；其中所述堆叠在薄板之间包括至少一个界面，其中在操作期间，在所述堆叠内的开放空间中并且在所述界面上施加内压力，其中所述开放空间的宽度为至少0.07m；并且拥有防漏性，以使得：当将N₂气体穿过入口供应到所述界面处的孔隙中时，并且其中出口被关闭，以使得压力以30kPa/min至50kPa/min的速率增加并且孔隙空间中的压力增加到790kPa且在此压力下保持15分钟，然后通过释放N₂气体来返回至环境压力，并且然后穿过所述入口以足以按300kPa/min至400kPa/min的速率提高压力的速率供应水，并且其中所述出口被关闭以使得压力增加并且所述孔隙空间中的压力增加至约3000kPa，然后以约100kPa/min的速率继续增加压力至6000kPa，然后以250kPa至300kPa的速率降低压力至5300kPa以下，然后继续降低压力至环境压力并且排干水并干燥所述处理器，再次穿过所述入口以使得压力以30kPa/min至50kPa/min的速率增加的速率将N₂气体供应到所述界面处的孔隙空间中，并且其中所述出口被关闭以使得压力增加并且所述孔隙空间中的压力增加至790kPa，并且所述入口被关闭以使得不再有气体进入所述孔隙空间中，所述装置在接下来的15分钟里泄漏小于100kPa。

[0039] 本发明包括处理器，所述处理器拥有所要求的防漏性；而不仅仅是已经历了测试协议的处理器。更优选地，所述处理器的防漏性在接下来的15分钟里小于30kPa，以及在一些实施方案中，在1kPa至50kPa的范围内。在一些优选实施方案中，开放空间具有至少0.1m的宽度，在一些实施方案中，具有至少0.3m的宽度。所述处理器可为任何形状；并且在一些实施方案中，所述处理器由矩形薄板堆叠组成，而在其它一些实施方案中，所述处理器由圆形薄板堆叠组成。

[0040] 优选地，所述处理器不具有厚度大于3cm的端板，所述端板的厚度优选不大于1cm，并且在一些实施方案中，不大于0.5cm。优选地，所述处理器的宽度和长度为至少0.3m；在一些实施方案中，为至少0.5m。本发明包括整个说明书中所述的特征的任何组合；例如，处理器，其宽度和长度为至少0.3cm并且不具有厚度大于3cm的端板。界面可以是平面的，但它不一定是平面的。

[0041] 在一些实施方案中，所述装置包括超过0.1km的内部直线焊缝，在一些实施方案中，超过1km的内部直线焊缝和外骨架。优选地，所述层压化学处理器由所述外骨架和焊缝固持在一起。优选地，所述层压化学处理器不是被扩散结合或钎焊并且不具有垫片。不需要夹子来将所述层压化学处理器固持在一起并且由于其防漏性（这并不归功于夹子），所述处理器不需要处于压力安全壳内。在一些优选实施方案中，整个层压化学处理器的至少

60 体积 % (在一些实施方案中,至少 80 体积 %) 由微通道和其它孔隙空间组成。

[0042] 在上述防漏性测试中,“出口被关闭”的陈述是指 N₂ 被截留在所述孔隙空间内,除了穿过薄板之间的界面泄漏出的之外。另外,应理解,这个测试适用于单个界面或由入口服务的所有界面的总和的平均。如果具有指定参数的至少一个流体回路满足所述测试,那么所述装置满足所述测试,优选的装置具有满足所述测试的至少 2 个流体回路,更优选地,所有流体回路满足所述测试(例如,如果所述装置具有各自由一个入口和一个出口服务的两个流体回路,那么这两个回路都满足所述测试)。所述装置处于环境压力下,除了所述装置中的连接到所述入口的区域外。

[0043] 本发明还包括一种层压化学处理器,其具有外骨架并且具有本文所述的特征中的一个或多个(包括任何组合)。内压边界内的连续的未附接跨越为所述层压装置中的给定压力暴露界面内的薄层之间的给定附接点与这些相同薄层之间的相邻附接点之间的最小距离。在优选实施方案中,外骨架被焊接到所述装置上,而在其它实施方案中,外骨架通过钎焊、胶合或其它方式来固持。

[0044] 外骨架优于夹子。夹子可较容易地被去除(外骨架需要通过切割或研磨来去除)。此外,在外骨架焊接的加固构件中,其矩形横截面可被定向成其较长的一侧平行于荷载施加的方向,以便提供增加的刚度来抵抗弯曲应力。这允许使用较薄的壳板并减少支撑相等载荷所需的材料的重量和成本。具有带螺纹紧固件的厚板的夹子可用于代替外骨架;然而,所述板对于弯曲应力来说将需要是充分牢固的,这是因为螺纹紧固件将不会在这个方向上被负载。螺纹紧固件对于由通过作用于所述板上的压力产生的力引起的全拉伸应力来说将需要是充分牢固的。在这两种情况下,外骨架都提供对所述板的额外支撑。此外,夹子将更有可能在重复循环期间松开并失效。

[0045] 本发明还包括一种操作层压化学处理器的方法,所述方法包括:将气体传送到处理器的入口中,以便将所述处理器内部的压力增加至第一压力;任选地检测泄漏并任选地修复所述泄漏;释放气体;将流体传送到所述处理器中,以便将所述处理器内部的压力增加至第二压力,其中所述第二压力高于所述第一压力;去除所述流体;将气体传送到所述处理器的入口中,以便将所述处理器内部的压力增加至第三压力,其中所述第二压力高于所述第三压力;以及测量泄漏,同时将所述处理器保持在所述第三压力。在一些优选实施方案中,流体为一种液体。本方法优于将加压流体装载到装置中并针对泄漏进行测试的单步技术。

[0046] 另一方面,本发明提供一种层压装置,其包括:薄板堆叠,所述薄板通过焊接来接合;所述薄板堆叠包括沿所述薄板的周边通过焊接来接合的薄板核心堆叠;以及应变消除接头,其处于所述薄板堆叠内;其中所述应变消除接头包括两个相邻薄板,所述相邻薄板被固持在所述堆叠内但大致上不沿两个相邻薄板的周边彼此接合。

[0047] 在整个公开中,“相邻”是指紧紧相邻而无任何介于中间的薄板。

[0048] 本发明包括使用本文所述的任何设备的任何方法;例如,使用本文所述的任何设备的化学工艺。同样,本发明包括用于进行本申请中所述的任何方法的任何设备。本发明进一步包括本文所提及的方法和/或结构的任何组合。薄板和插入件(如果存在)优选均包括金属。在成品装置中,金属可用保护涂层和/或催化剂涂层(如具有催化剂金属分散在金属氧化物上的多孔金属氧化物层)来涂布。

[0049] 在各种替代方案中,本发明意图包括本文所述的任何广泛概念和 / 或特定特征,并且可由本领域技术人员合理推断。举例来说,本发明的设备可具有本文所述的特征的任何组合。

[0050] 本发明不限于上文确切指出的概念,而是包括本文所述的任何方法、系统以及设备。本发明包括本文所提及的任何特征或特征的任何组合。本发明还包括化学处理方法(包括例如传热、化学反应、费托(FT)合成反应),并且例如包括本文所提及的条件、转化等中的一个或多个(包括任何排列)。在参照图形或表格描述工艺的情况下,本发明包括多种工艺,所述工艺的值在本文所述的条件、范围和 / 或值的 +/-20% 范围内,更优选为约 10%,更优选为约 5%,并且在一些实施方案中在约 1% 范围内。举例来说,本发明包括一种接触时间在约 90ms 至约 278ms 范围内操作的 FT 合成方法,其中 CO 转化在约 58% 与约 73% 之间并且甲烷选择性在约 8% 与约 34% 之间(术语“约”将包括在 +/-20% 范围内的值);本发明包括由装置结构进一步定义的方法;本发明可替代地定义为一个系统,所述系统包括设备特征和流体组合物和 / 或条件两者——例如,系统可在高于 180°C 的温度下含有氢气和一氧化碳的设备。

[0051] 词汇表

[0052] “组件”是接合在一起以形成层压制件的两块或更多块板。组件通常由多个“子组件”构成并且可以是功能装置或装置的前体。“子组件”为一个“组件”,所述“组件”为(或意图为)较大层压组件的部件。在一些优选实施方案中,组件除了入口和出口外被完全密封。组件不需要是功能完善的装置;举例来说,它可以是功能完善的装置的前体或半成品。举例来说,在某些情况下,需要次级修整步骤来打开入口和出口流动通路。在一些实施方案中,组件由具有成品装置的宽度和长度尺寸的板构成;在其它一些实施方案中,组件可被切成多个子组件,或者接合以形成较大的组件。在一些优选实施方案中,组件(或子组件)的厚度为 1cm 或更小;在一些优选实施方案中,厚度在 0.1cm 与 1.0cm 之间;在一些实施方案中,厚度在 0.2cm 与 0.4cm 之间。优选的是,组件内的板是大致上平整的并且所述组件具有平整的顶面和底面。

[0053] 在整个公开中,术语“板”、“薄板”“薄层”以及“隔片”可互换使用。板的厚度为 1cm 或更小;优选 0.5cm 或更小;更优选 0.3cm 或更小;并且通常厚度为至少 0.02cm。

[0054] “外骨架”是加强构件阵列,所述加强构件与层压化学处理器的端板的主要外部面密切接触来固持(例如,经由焊接),并且沿所述端板连续延伸,所述端板插入在所述加强构件阵列的内压边界与外压边界之间。阵列的构件的刚度使得它们在堆叠方向(即,与薄层平面正交的方向)上抵抗弯曲。外骨架不是夹子并且不需要螺钉或螺栓。

[0055] “间隙”是微通道的最小尺寸。通常,在层压装置中,间隙处于堆叠方向(即,高度)上。在使用术语“间隙”的地方,可改为将优选实施方案描述为微通道的高度。

[0056] “微通道”为一个通道,其至少一个内部尺寸(壁到壁,催化剂不计)为 10mm 或更小,优选 2mm 或更小,并且大于 1 μm(优选大于 10 μm),并且在一些实施方案中,50 μm 至 1500 μm,当与颗粒形式的催化剂一起使用时,500 微米至 1500 微米是特别优选的;微通道优选保持在长度为至少 1cm,优选至少 20cm 的这些尺寸范围内。在一些实施方案中,长度在 5cm 至 100cm 的范围内,并且在一些实施方案中,在 10cm 至 60cm 的范围内。微通道还由至少一个入口的存在来界定,所述至少一个入口与至少一个出口不同。微通道不仅仅是穿过

沸石或介孔材料的通道。微通道的长度对应于穿过微通道的流动方向。微通道的高度和宽度大致上垂直于穿过通道的流动方向。在其中微通道具有两个主要表面（例如，由堆叠并结合的薄板形成的表面）的层压装置的情况下，高度为从主要表面到主要表面的距离并且宽度垂直于高度。在本发明的一些优选实施方案中，微通道是笔直的或大致上笔直的——是指可将笔直的无障碍线拉动穿过微通道（“无障碍”是指在插入固体催化剂、吸附剂或其它单独的固体材料之前）。通常，装置包括多个微通道，所述多个微通道共享共用的头部和共用的脚部。虽然一些装置具有单个头部和单个脚部；但微通道装置可具有多个头部和多个脚部。微通道还由至少一个入口的存在来界定，所述至少一个入口与至少一个出口不同——微通道不仅仅是穿过沸石或介孔材料的通道。反应微通道的高度和 / 或宽度优选为约 2mm 或更小，并且更优选为 1mm 或更小。微通道的侧由反应通道壁来界定。这些壁优选由硬质材料（如不锈钢）或基于镍、钴或铁的超合金（如 FeCrAlY）制成。这个工艺层可包括与热交换通道不同的材料，并且在一个优选实施方案中，所述工艺层包括导热性大于 30W/m-K 的铜、铝或其它材料。用于反应通道的壁的材料选择可取决于反应器意图进行的反应。在一些实施方案中，反应室的壁由耐用且具有良好导热性的不锈钢或 Inconel[®] 组成。通常，反应通道的壁由微通道设备提供主要结构支撑的材料形成。微通道设备可通过已知方法来制作，并且在一些优选实施方案中，通过层压交叉板（也称为“隔片”）来制作，并且优选地，使设计用于反应通道的隔片与设计用于热交换的隔片交叉。一些微通道设备包括层压在一个装置中的至少 10 个层（或至少 100 个层），其中这些层中的每一个都含有至少 10 个通道（或至少 100 个通道）；所述装置可含有具有较少通道的其它层。

[0057] 在一些设备中，工艺通道含有催化剂颗粒。优选地，所述颗粒的大小（最大尺寸）为 5mm 或更小，在一些实施方案中，为 2mm 或更小。颗粒大小可通过筛子或显微镜或其它适当技术来测量。对于相对较大的颗粒来说，使用筛分。工艺通道中所包含的颗粒材料可为催化剂、吸附剂或惰性材料。

[0058] 热交换流体可流过与工艺通道（优选反应微通道）相邻的传热通道（优选微通道），并且可为气体或液体且可包含蒸汽、液态金属或其它任何已知的热交换流体——所述系统可被优化以在热交换器中具有相变。在一些优选实施方案中，使多个热交换层与多个反应微通道交叉。举例来说，至少 10 个热交换器与至少 10 个反应微通道交叉，并且优选存在与至少 10 个反应微通道层接口的 10 个热交换微通道阵列层。在一些优选实施方案中，当存在“n”个工艺微通道层时，那么存在“n+1”个热交换层，从而所述热交换层位于所有工艺层的侧面。这些层中的每一个都可含有简单、笔直的通道，或者一个层内的多个通道可具有更复杂的几何形状。本发明包括由设备和所述设备中所存在的流体两者组成的系统。在“结合”时，加热工艺用于接合块，其中存在元素从一个块到另一个块的扩散，从而产生在界面附近（或在结合前用作界面的物体附近）具有扩散元素的接合物品。

[0059] 钎焊使用夹在零件之间的夹层，所述夹层的熔点比零件要低。

[0060] 焊接使用热量来接合或密封零件。尽管认识到焊缝可使用具有相同材料或类似材料的焊丝，所述焊丝可具有略低的熔化温度，但与钎焊不同，焊接不需要较低熔点的材料，而接头也被称为焊接接头，其中密封是在层压装置的外围处，在外围处而不是在整个物品上具有某一焊透深度。成品块中的“焊缝”可由熟练的工人来识别——例如，冶金工作者可通过显微镜检测或本领域已知的其它技术来识别焊缝。

[0061] “接合”包括焊接、结合、粘合剂、钎焊。接合是将两个或更多个块连结在一起的任何工艺。

[0062] “衬底组件”由多个薄板组成，所述多个薄板彼此附接以形成粘着的层压堆叠。“衬底组件”有时被称为面板，并且可由界定流动路径的顶薄板和底薄板组成，并且更通常包括成堆叠形式的众多薄板，所述堆叠界定众多流动路径。

[0063] 本发明还包括在本文所述的设备内进行单元操作的方法。“单元操作”是指化学反应、蒸发、压缩、化学分离、蒸馏、冷凝、混合、加热或冷却。“单元操作”不仅仅是指流体输送，尽管输送连同单元操作一起频繁地发生。在一些优选实施方案中，单元操作不仅仅是混合。

[0064] 微通道反应器以至少一个反应通道的存在为特征，所述至少一个反应通道的至少一个尺寸（壁到壁，催化剂不计）为 1.0cm 或更小，优选 2mm 或更小（在一些实施方案中，为约 1mm 或更小）并且大于 100nm（优选大于 1 μm），并且在一些实施方案中，为 50 μm 至 500 μm。含有催化剂的通道为反应通道。更一般来说，反应通道是其中发生反应的通道。反应通道的长度通常更长。优选地，反应通道的长度大于 1cm，在一些实施方案中大于 50cm，在一些实施方案中大于 20cm，并且在一些实施方案中在 1cm 至 100cm 的范围内。

[0065] “压配”描述了将鳍片（优选铜波形物）安置在设备内的空间内的方法。通过将压配鳍片压缩或收紧在装置或子组件内的孔隙内来将所述压配鳍片固持就位。虽然可以存在少量的定位焊接；但压配鳍片并没有在所有的接触点处都钎焊或焊接就位。优选地，压配鳍片没有通过任何粘合剂或任何此类化学结合来固持就位。

[0066] 开放空间——指的是处理器内的空间，在所述空间中不存在任何抵抗张力的结合内部支撑件。所述开放空间可含有肋状物或在受压时提供支撑的其它结构，但这些结构并没有结合在界面的两侧上，因此不抵抗张力。“开放空间”可作为较大空间的一部分而存在；然而，在优选实施方案中，层压装置仅仅被焊接或以另外方式接合在外围上。

[0067] 孔隙空间是装置内的空间，所述空间是传送到所述装置的一个或多个入口中的 N2 气体可进入的。孔隙空间的体积可通过以下方法来测量：将所述空间排气至少 10 秒，然后将 N2 气体传送到所述空间中并测量填充所述空间的 N2 气体的量。

[0068] 内部直线焊缝——在外部周边焊接装置的周边内将两个或更多个层压制件接合在一起的焊缝。

[0069] 正如标准专利术语一样，“包括”是指“包含”，并且这些术语都不排除额外或多个部件的存在。举例来说，在装置包括薄层、薄板等时，应理解，本发明的装置可包含多个薄层、薄板等。在替代实施方案中，术语“包括”可由较具限制性的短语“基本上由…组成”或“由…组成”来取代。

[0070] 附图简述

[0071] 图 1 示出一些元件，可由所述元件组装成工艺层。

[0072] 图 2 示出部件的堆叠以形成子组件和堆叠子组件。每个所示工艺层都含有 3 个鳍片插入件。

[0073] 图 3 示出受压时的层压堆叠和装置的角落的视图。

[0074] 图 4A 示出形成应变消除接头的两块板。

[0075] 图 4B 示出焊接到反应器核心的顶部和底部的膨胀接头组件。

[0076] 图 5 示出将要放置在层压装置的外部上的“晕环”。

- [0077] 图 6 示出与冷却剂通道组件和端板倒角的冷却剂液面对齐。
- [0078] 图 7 为示出添加以形成用于催化剂截留组件的较统一构架的角焊缝的照片（右图）。图 7 的右侧中所示出的不规则鳍片形状是由压缩引起的。
- [0079] 图 8 示出用于本发明的反应器的工艺歧管。所述图示出歧管（顶部和底部）以及层压反应器核心（中心）。
- [0080] 图 9 示出用于本发明的装置的冷却剂歧管。
- [0081] 图 10 示出向局部沸腾的过渡以及全焊接反应器的稳定性能。
- [0082] 图 11 示出在本发明的全焊接反应器中在 70ms 的接触时间里的热散逸的曲线图。
- [0083] 图 12 示出预拱度与冷却剂通道平行以减少曲率的预拱。
- [0084] 图 13 为与由激光焊接工艺形成的隆脊相邻的压配鳍片的分析照片。鳍片接触所述隆脊，然后在所述鳍片与传热壁之间可观察到较小的裂缝。
- [0085] 图 14 示出激光焊接线，所述激光焊接线将肋状物的顶部接合在形成于底板中的平行且相邻的冷却剂通道之间。
- [0086] 图 15 示出层压反应器核心（左图）和具有外部支撑件（外骨架）的反应器。
- [0087] 图 16 示出由 4 个子组件形成的组件，所述子组件通过点焊来接合。
- [0088] 图 17 示出实施例 8 的装置，所述装置包括外部支撑件。所述装置的核心大概为 0.6m 乘 0.6m 乘 0.08m。
- [0089] 图 18 示出用于实施例 8 的装置的工艺回路的流体静力测试的压力循环的曲线图。
- [0090] 图 19 示出用于实施例 8 的装置的冷却剂回路的流体静力测试的压力循环的曲线图。
- [0091] 图 20 示出沿床的中心线的催化剂温度的曲线图。鳍片高度为 0.225" (0.563cm)。
- [0092] 图 21 : 实施例 10 : 沿填装床的中心线的催化剂温度。鳍片高度为 0.5"。
- [0093] 图 22 : 实施例 10 : 沿填装床的中心线的催化剂温度。鳍片高度为 1.0" (2.5cm)。
- [0094] 发明描述
- [0095] 所述发明提供制作装置的方法以及可通过所述方法制作的装置。本发明进一步包括在装置中进行单元操作的方法。所述单元操作可包括化学反应、相变、混合、传热以及分离。所述装置可为微通道或它们可用于具有较大特性尺寸的装置。特性微通道尺寸被界定为 10mm 或更小，其范围为约 0.001mm 至 10mm，其优选范围为 0.01mm 至 2mm，并且在一些实施例中为 0.1mm 至 2mm。
- [0096] 在一些实施方案中，一种方法包括由至少两块薄板（底薄板和顶薄板）形成一个子组件的第一步骤，所述底薄板可含有蚀刻通道——或者，可将具有贯通通道的薄板安置在顶薄板与底薄板之间。在一些实施方案中，所述子组件可由三块或更多块薄板制成。可能存在少量泄漏，但通过第一子组件的流体大致上停留在所述第一子组件内。在第二步骤中，将第一子组件堆叠在邻近工艺层处并且将所述子组件和工艺层压配成热接触，以便形成包括至少两个或更多个流体通路的组件。
- [0097] 将子组件接合的一种方法形成短的层堆叠，所述层堆叠包括两个或更多个层，以便形成流体通路。在替代实施方案中，可将超过两个层接合以形成平行流体通路阵列或实现用于两种或更多种流体的流体通路的子组件。
- [0098] 作为用于形成第一子组件的一个实施方案的实施例，将含有预成型通道（所述通

道可通过蚀刻来形成)的隔片或薄层与顶板接合。将子组件的边沿所述边大致上不透气地密封,以便防止流体漏出所述侧并维持流道的连续性,以使得从第一入口进入的流体的超过 95% 以及优选 99% 以及更优选 99.9% 从第一出口离开所述子组件,而不是穿过所述侧或并不意图流动的其它途径漏出。在替代实施方案中,可能存在由层压制件几何形状界定的一个以上入口和 / 或出口。

[0099] 所述层压制件优选也沿子组件的顶面和或底面沿连续金属或材料的廊道密封;在一些优选实施方案中,至少 50% 的廊道至少在顶面和 / 或底面上在长度方向上具有连续密封;通常,所述密封是沿使通道分离的通道壁。可能仅仅在当堆叠于子组件中时金属在层之间接触所在的区域中发生接合。应理解,包括流通道或孔隙的区域不会被关闭,所述区域用于在装置制成之后供流体穿过。这需要两种材料接触来形成密封。还应理解,子组件沿所述子组件的一个或多个面的接合可为沿流动路径连续的或断续的,这根据装置的结构操作要求所需而定。当作为操作装置测试时或在操作之前的质量控制检查期间,流体可在第一子组件内从一个平行通道向下一个平行通道泄漏或穿过。这个少量的横流小于每通道流的 20% 以及更优选小于 10%,以及更加优选 2% 或更少;这些百分比可基于所有通道上的横流平均值或来自任何所选通道的横流。

[0100] 子组件的接合包括至少两个层,但可包括三个或更多个层。在一个实施方案中,在子组件中接合二十个或更多个层。用于接合第一子组件的方法包括但不限于激光焊接、电阻焊接、摩擦搅拌焊接、超声波焊接、扩散结合、钎焊或扩散钎焊或瞬时液相钎焊、粘合剂接合、反应接合、机械接合等。激光焊接的使用是优选实施方案,其具有特定类型的激光焊接(包括光纤激光器和 Yb 光纤激光器,特别是由于它们的低能量输入,这限制了在接合后发生金属变形的量)。

[0101] 用于接合子组件的面的方法与用于密封子组件的边的方法可能相同或不同。在一个实施方案中,光纤激光器用于沿周边密封并且在另一实施方案中使用脉冲激光器。其它焊接或接合方法也可用于沿周边密封(流动通路进入或退出层的区域除外)。

[0102] 接合或密封的子组件优选在堆叠成组件之前针对质量进行检查(“进行 QC' d”)。每个子组件都可进行评估,或子组件的统计抽样可进行 QC' d,或子组件的随机抽样可针对质量进行评估。质量检查可包括用以检查泄漏的压力测试、用以检查压降的流动测试或用以检查停留时间分布的染料测试,所述染料测试可暗示不同意图的密封内部平行通道之间的流动。

[0103] 然后,可通过使接合的子组件与第二子组件或第二流体通路阵列交叉或穿插来将所述接合或密封的子组件接合成组件,以便形成具有两组或更多组流体通路的装置。

[0104] 流体通路可包括对化学处理有用的波形或鳍片结构或交替结构(如泡沫、毡、填料)、蜂窝结构(如气凝胶、蜂窝状物)等。在一些优选实施方案中,所述波形或鳍片结构形成纵横比(高比宽)大于一的通道或室,其中所述高度为两个子组件之间的距离而宽度为所述波形物的重复鳍片或相邻腿(波面)之间的距离。在替代实施方案中,第二流体通路可含有任何导热结构。

[0105] 在优选实施方案中,第二流体通路为工艺通道并且第一子组件包括传热通道,尽管在一些实施方案中,这个功能性可能会被逆转。

[0106] 在图 1 中示出可用以构造工艺流体通路的元件的实施例,其中波形物由平面箔片

形成。流体通路的外部通过边条（也定义为周边条或 p 条）或侧杆的使用来密封并且还可包括支撑条（s 条）的使用。

[0107] 将第一子组件放置或堆叠在第二流体通路层（示出为波形层）之间。这在图 2 中示出。可存在单个相连的第二流体通路或多个相连的流体通路（在图 2 中示出为三个）堆叠在用于第二流体通路的每个层上。

[0108] 可通过沿鳍片的顶点或与热连接粘合剂或其它材料的焊接的使用将工艺波形物接合到第一子组件上，所述其它材料增强了第一子组件与第二流体通路之间的接触的导热性。在一个实施方案中，在不利用被添加以增强热连接的任何额外材料进行的堆叠和焊接期间，将两个层压到彼此之中（这个无任何钎焊或焊接接合零件的实施方案被称为“压配”）。在另一实施方案中，添加额外的材料以减少第一子组件与第二流体通路之间的接触阻力。在另一实施方案中，化学处理期间的热接触是通过使用多相工艺来增强的，其中压配工艺结构与子组件之间的较小空隙或间隙是在经由毛细管力进行的处理期间用液体来填充的。所述液体可优先填充间隙并且在复合结构作为化学处理单元操作时增强它的传导性。

[0109] 在堆叠了既包括第一子组件又包括第二流体通路的混合堆叠之后，通过例如但不限于外部焊接、粘合剂以及反应接合的方法来将本发明的装置接合以形成堆叠。定位焊接可使用不同类型的焊接方法，包括 TIG、MIG、激光焊接、电子束焊接及其它焊接方法。外部焊接对于可再生性和成本降低来说优先是自动化的。如果化学处理器的工作温度和压力充分适度以有利于焊料，那么焊合也可以是用于接合周边的选项。

[0110] 在接合最终组件之前，可压缩所述堆叠以使所述层相接触并减少将发生最终装置接合的层之间的孔隙。压缩可例如通过夹紧夹具的使用或通过外部按压的使用来发生，所述夹紧夹具通过螺栓组件施加负荷，所述外部按压向所述堆叠施加负荷。压配波形物可在压缩期间变形，并且可在压缩被移除之后保持变形。

[0111] 子组件可能在堆叠之前需要进行平整。一种平整方法包括使用矫平机对激光焊接子组件的辊轧平整。当与 6"×24" (15cm×60cm) 的面板一起使用时，本方法减少了变形。这些面板沿焊接线的长度具有单维变形。辊轧平整使用 24"×24" (60cm×60cm) 的子组件并没有那么成功，其中所述零件在两个方向上具有变形（碗形或三维抛物线形状）。常规矫平机用于平整扭曲零件，但其会导致破坏激光焊缝。非常规且温和的手推压辊用于较不积极地将扭曲零件弯曲成较平整的状态。非常规的手推压辊导致产生某种程度的变形减少，但不会使得所述零件减少到大致上平整的状态，其中大致上平整是由零件在平躺于平整表面上时在任何角落处上翘不超过 1cm 界定的。因此，温和的平整可产生优良的装置，特别是对于宽度和长度不同的子组件（即，非正方形子组件）来说。在一些优选实施方案中，对以下子组件进行平整，所述子组件的宽度为约 15cm 或更小；在一些实施方案中为约 10cm 至 20cm 宽。

[0112] V 形凹槽在子组件之间是有利的，这是因为焊角可被施加以填充所述 V 形凹槽。子组件可从侧杆或边条区域略微突出。在替代实施方案中，子组件与边条大致上平齐。大致上平齐是指子组件厚度的 5 倍或更小范围内的增量。举例来说，假如子组件为 0.01" (0.025cm) 厚，那么所述子组件的边从边条的边既不突出也不凹进超过 0.05" (0.125cm)。对于 0.06" (0.15cm) 的子组件来说，与齐平边的偏移不超过约

0.3" (0.75cm), 其与平坦的优选偏移程度不超过 0.06" (0.15cm), 例如, 作为优选实施方案, 突出 0.06" (0.15cm) 或凹进 0.06" (0.15cm)。

[0113] 这种混合制造方法的关键优势在于降低扩散结合和或钎焊的表面制备要求。表面必须非常干净、平整且具有用于紧密装配以获得优质扩散结合和或钎焊的严格容差。钎焊和或结合步骤的去除还消除了将大型装置带到扩散结合和或钎焊所需的高温度的需要。加热并冷却大型装置所需的能量是显著的, 如同根据结合或钎焊时间加热并冷却大型装置所需的时间一样, 而不会引起过度的机械热应变并产生变 30°C, 以便防止所述层的机械变形。对于横截面大于 0.5m×0.5m 的装置来说, 当在基于真空的热工艺中进行钎焊或结合时, 可能花费几天的时间来加热装置并且花费几天的时间来冷却所述装置。零件的所需处理时间和表面制备增加了反应器的总成本。

[0114] 本发明的用于装置制造的方法避免了对反应器的扩散结合和或钎焊步骤的需要。本发明的方法可导致反应器以高质量低成本以及更少的时间制成。

[0115] 来自本发明的压配装置的令人惊讶的结果是所述层之间的接触阻力的效应。层的压配并不确保密切的热接触, 这在装置的大小增加并且起始零件平整度不那么完美时进一步恶化。通过使流体流分离的较低质量的接触区域在第一子组件与第二流体通路之间移动热量。在扩散结合或钎焊的装置中, 每个层由于结合和或钎焊的真正本质而密切热接触, 而局部表面粗糙度和或零件不规则或初始变形将降低层之间的传热效率。

[0116] 层之间的热接触的重要性将取决于反应器或装置的工艺操作要求。在一些实施方案中, 两个层之间的内部孔隙将在操作期间由工艺流体填充。在另一实施方案中, 可将热连接材料 (如粘合剂或油灰或液体) 或可变形固体 (如石墨) 或类似夹层引入到压配层中, 以便减少两个流体层 (其中的至少一个为压配层) 之间的接触阻力。

[0117] 在一些实施方案中, 不需要任何介于中间的热接触层。在本发明的反应器中在不使用介于中间的层来增强工艺侧波形物与冷却剂侧激光焊接子组件之间的热接触的情况下对费托反应进行测试。这个性能与从具有类似设计的全钎焊反应器测得的性能大致上匹配。

[0118] 还预计到, 涉及氢气和或液体的反应或单元操作 (包括但不限于氢化作用、加氢裂化或加氢处理反应) 在第一子组件与第二流体通路之间将不需要介于中间的导热层。这些流体具有良好的导热性并且如果这些流体填充孔隙, 那么可获得良好的热导率。所述液体将全部具有充分的毛细管拉力, 以便进入鳍片与相邻传热表面之间的孔隙中。此外, 应指出, 与不锈钢相比, 油在铜上的表面张力大致上较低, 这在费托反应器的情况下进一步增强了油或蜡在反应期间到铜与不锈钢 (或其它金属) 之间的孔隙中的毛细管拉力。不锈钢上的油或液化蜡的较高表面张力可能不具有相同的效应或可能需要大致上较小的间隙, 以便使所述液体进入所述孔隙中。应预计到, 铜鳍片也将更加宽容以用于制造不规则的东西。

[0119] 应预计到, 涉及氧化反应的反应可能需要介于中间的导热材料。在一个实施方案中, 第二流体通路上的涂覆催化剂或其它截留流体也可充当介于中间的导热材料, 这是因为所述导热材料填充了两个层之间的孔隙, 以便协助对反应的传热和热控制。

[0120] 应变消除接头

[0121] 可向所述堆叠添加由焊接在一起的两块板构成的应变消除接头, 以便减少赋予将核心中的相邻层接合的焊缝的应变。所述接头被设计成当反应器在操作期间变得加压时打

开（膨胀）。通过这样做，位于反应器的外表面上的密封焊缝保持未应变，这增加了单元的使用期。

[0122] 膨胀接头由两块金属板构成，所述两块金属板通常具有所述堆叠的相同宽度和长度。举例来说，在本描述的其它地方所描述的装置中，板为约 24" (60cm) 宽 × 24" (60cm) 长，以便与所述堆叠中的其它板的尺寸匹配。优选地，下部板比应变消除接头中的顶板要薄；举例来说，基板（即，与所述堆叠共面并相接触的板）可为约 0.25" (0.625cm) 厚并且顶板（较靠近外部主要表面的板）为约 0.04" (0.1cm) 厚。在一些优选实施方案中，所述基板含有多个孔洞并且所述顶板无特征。将所述板放置在另一个板的顶部上并在所述边处对齐。然后，将所述板经由激光焊接工艺来焊接。膨胀接头板的边不是连续焊接的；这允许所述板在装置的操作期间发生移动。优选地，这个焊接模式使得所述板的边并没有接合（角落处除外）。这允许所述边在操作期间分离，如果这是进行反应器的任何膨胀而不使所述反应器上的密封焊缝发生应变并使不同的内部流彼此隔离所需要的话。所述基板中的孔洞允许在组装到反应器中之前针对泄漏单独地检查焊缝。一旦所述膨胀接头已通过合格性测试，所述基板孔洞就可使用标准 TIG 焊接工艺来填充。

[0123] 优选地，在完整的反应器核心中使用两个膨胀接头组件；一个在所述核心的顶部且一个在底部。优选地，将应变消除接头的一块板抵靠所述反应器核心放置并焊接到周边周围的冷却剂子组件上。

[0124] 在操作期间，对反应器加压。压力导致外部支撑件的某种程度的弹性拉伸。在不存在应变消除接头的情况下，这将引起所述反应器核心自身的对应拉伸，并且导致在密封焊缝中形成应力引起的应变。在存在膨胀接头的情况下，通过接头的打开进行弹性拉伸，所述接头的打开缓解了焊缝上的应变。

[0125] 在晕环（其由一个相连中空正方形或矩形金属环制成或由焊接在一起以形成在核心面的上方突出的相连环的两个或更多个零件制成）上进行焊接的任选步骤。所述晕环形成装置和最终操作歧管（宏观歧管）的结构半成品，以使得在整修期间，所述宏观歧管与所述装置之间的连接可被切开并重新焊接或接合以用于随后的操作期。晕环的这个用途作为用以去除或整修反应器核心内所含有的催化剂的一种方式是特别有利的。晕环、包括晕环的装置、制作具有晕环的装置的方法以及使用具有晕环的装置的方法是本发明的额外的发明方面。

实施例：

[0126] 实施例 1。焊接子组件——焊接反应器——压配传导性鳍片

[0127] 制作并操作焊接反应器以使用费托作为测试反应来验证与钎焊反应器等效的性能。所述反应器操作超过 2000 小时的运行时间并且证实，含有催化剂的工艺鳍片抵靠子组件的压配接触对于反应器性能来说是充分的并与来自具有相同设计的钎焊反应器的性能匹配。

[0128] 装置描述

[0129] 设计并制作双层费托全焊接装置来验证本发明的制造过程。多通道微反应器设计由在三个冷却剂重复单元之间交叉的两个工艺重复单元组成。冷却剂通道处于工艺通道的错流 (cross-flow) 取向上。

[0130] 所述工艺通道由 15.75cm(6.2 英寸) 长乘 7.62cm(3 英寸) 宽和 0.635cm(0.256 英寸) 高的铜波形物形成。所述波形物的厚度为 0.015cm(0.006 英寸)。所产生的装置在两个层中具有 274 个工艺通道。这些通道中的每一个都具有 0.095cm(0.0375 英寸) 宽度、0.635cm(0.25 英寸) 高度以及 7.62cm(3 英寸) 长度的平均尺寸。鳍片从相邻边条的标称尺寸超过 0.006"(0.015cm)，以便确保极好的热接触。

[0131] 所述装置的冷却剂通道由通过 Yb 光纤激光器 (IPG 型号 YLR-600-SM :600 瓦特的镱光纤激光器，波长为 1.07 微米) 接合到顶板上的激光焊接子组件组成，所述激光焊接子组件穿过 500 微米的顶板的焊接厚度在 50 微米与 150 微米之间，所述顶板渗入但不穿透 1000 微米的底部通道板。所述子组件由两个隔片形成，所述两个隔片包括顶薄板或盖薄板或壁连同通道隔片，所述通道隔片含有用于传热流体的流通道。这些冷却剂子组件堆叠在约 3" 长 × 约 10" 宽 × 约 2.7" 高 (8cm×25cm×7cm) 的装置中并且通过融合和角焊缝来密封到周边上。

[0132] 在核心部件的焊接之后，将所述装置清洗并装载从牛津催化剂有限公司 (Oxford Catalysts, Limited) 获得的 66.5 克高活性钴催化剂和源自大西洋设备工程师 (Atlantic Equipment Engineers) 供应的 120 克砂砾材料的碳化硅。

[0133] 最终制造步骤由头部和脚部焊接（对于用于大规模外部连接的冷却剂和工艺通道（即，较大的管道）来说）以及支撑件焊接组成。所述支撑件焊接是用于这个设计的结构必需品，其还使得装置能够安全地操作而无需压力安全系统 (PCS)。

[0134] 核心部件制造

[0135] 全焊接反应器具有两个工艺层，所述两个工艺层各自包括一个铜波形物和两个不锈钢边条。三个冷却剂层与工艺层交叉并且经由将不锈钢顶板或壁与不锈钢通道隔片激光焊接在一起而制作作为子组件。将所述壁隔片从 0.020"(0.05cm) 厚的库存 SS 薄板材料剪切到应有大小。所述冷却剂隔片具有非笔直的和笔直的通道特征，所述通道特征是在 0.040"(0.1cm) 厚的 SS 薄板中经由部分 PCM (光化机械加工) 来形成，从而形成 0.020"(0.05cm) 深乘 0.100"(0.25cm) 宽的通道和 0.040"(0.1cm) 的肋状物（其用于笔直通道）以及 0.015"(0.0375cm) 深乘 0.017"(0.0425cm) 宽的通道（其用于非笔直的段）。所述非笔直的段通过具有 22 转的波状或蛇纹图案来制作。针对每个肋状物（隔片的全长）完成激光焊接，以便在通道之间以及在最外面的通道与周边之间形成密封，从而从外部密封所述通道。然后对子组件进行泄漏检查。具有对子组件进行泄漏检查的能力使得能够在装置中进行组装之前识别并修复泄漏，并且避免失效装置的制成。使冷却剂层预制为子组件的另一优势在于待堆叠在组件中的零件减少了至少约 20%。

[0136] 工艺侧上的边条由标准材料厚度（标称 0.250" 厚）(0.625cm) 制成并且需要进行最低限度的机械加工，仅仅对长度和宽度以及倒边进行切割。铜波形物由标准鳍片形成工艺制成，其中薄线圈被有规律地弯曲以产生重复的鳍片结构。所述鳍片被制作成 0.256"(0.64cm) 高。端板也需要进行最低限度的机械加工，以实现所需的长度、宽度及倒角。所有零件都不需要与钎焊装置相关联的严格厚度容差，因此可使用库存材料。

[0137] 用于实施例 1 的装置组件

[0138] 装置的核心（即，夹在两个端板之间的工艺层和冷却剂层）是通过堆叠部件以形成交叉的工艺层和冷却剂层来形成的。工艺层的数量通过 FT 产品的所需容量来确定，而冷

却剂层的数量比工艺层的数量多一个，以使得每个工艺层在两侧都具有一个冷却剂层。在堆叠工艺期间，需要夹具来使零件对齐，并且在整个组装和初始焊接步骤中维持对齐。夹紧夹具被设计来形成平台以进行堆叠并且固定所堆叠的核心以用于输送至焊接步骤。所述夹紧夹具由两块细长加号形状的板组成。每块板都具有四 (4) 个插槽以安装 1/2" (1.25cm) 的全螺纹杆。将支撑板放置在底部夹具下方，以便在底侧上形成用于全螺纹端部和螺帽的空间。对于工艺面的对齐来说，将四条笔直的边在具有 c 形夹子的夹紧夹具的各侧上固持就位。第五条笔直的边用以与两个冷却剂液面中的一个对齐。

[0139] 在进行堆叠和对齐夹具设置时，第一步骤在于将端板放置在夹紧夹具上，使所述端板在工艺面的笔直边之间居中。然后，在堆叠第一层之前，使冷却剂液面的笔直边到位。所堆叠的第一层为冷却剂子组件。将工艺层安置在两个冷却剂层之间。将所述子组件下降到端板上并抵靠冷却剂液面的笔直边滑动就位并且在所述端板上的倒角之间居中（图 6）。一旦对齐令人满意，就将第一工艺层堆叠在冷却剂子组件的顶部。在这个步骤中，边条在冷却剂液面处平齐。对于熔焊来说，这密封了边条与冷却剂子组件以及边条与端板之间的界面。将第一边条与冷却剂的笔直边平齐而放置，随后放置波形物，然后是第二边条。将所述波形物紧紧抵靠第一边条来放置并且在冷却剂子组件上居中。将第二边条紧紧抵靠所述波形物来放置并且检查所述第二边条与其它冷却剂液面的对齐。如果这两个冷却剂液面上的边条在相邻层的 +/-0.010" (0.025cm) 范围内都是对齐的，那么对齐是可接受的。将堆叠冷却剂子组件和工艺层的这个工艺再重复一次，随后是另一冷却剂子组件。总堆叠由两个 (2) 工艺层和三个 (3) 冷却剂层组成。待放置在所述堆叠上的最后一个核心部件为顶部端板。将所述顶部端板与所有四个工艺侧的笔直边和冷却剂液面的笔直边平齐而放置。

[0140] 存在两个焊接步骤来完成核心焊接。第一焊接步骤沿 2" (5cm) 宽的边条制作角焊缝。在每个工艺面上都存在六个 V 形凹槽，所述 V 形凹槽用角焊缝来填充。夹紧夹具上的弯曲的切出区允许到这些 V 形凹槽的进入，以便完成这个焊接步骤。初始角焊缝被设计成不到达最靠近波形物的边条端部，以免损坏所述波形物。随后，使角焊缝填充边条的内边，以与催化剂截留组件相配。在图 7 中示出这些角焊缝的前后图片。一旦这些角焊缝完整，就移除夹紧夹具以允许到用于下一个焊接步骤的冷却剂液面的进入。在每个冷却剂液面上，都存在三个冷却剂子组件以及因此六个接缝（每个子组件上下各一个接缝），所述六个接缝沿所述液面的全长各自具有一个熔焊焊缝。然后，所述核心准备好针对催化剂装载进行清洗和制备。

[0141] 清洗及催化剂装载

[0142] 在进行催化剂装载之前，清洗所述装置的工艺侧并将催化剂截留组件焊接就位。

[0143] 在装载催化剂之前，在一个工艺面上将催化剂截留组件插入并焊接就位，以便截留所述催化剂，同时使所述核心在垂直位置上取向。所述催化剂截留组件由四个零件组成：筛、筛截留环、泡沫以及泡沫截留环。所述筛起作用以在装置中截留催化剂。所述筛截留环为薄的 SS 框架，所述 SS 框架将所述筛紧紧抵靠工艺面而固持就位。在所述筛截留环的周边周围的小焊缝将所述筛固持就位并且确保装置中的良好的催化剂截留。还将边条上的角焊缝引入到所述边条的内边，以提供更好的催化剂截留。铝屏蔽板可用以在筛截留环上的周边焊接期间保护铜波形物。

[0144] 在催化剂截留组件在一个工艺面上就位时，进行催化剂装载。所述装载为四步骤

工艺。4个端通道（每个工艺层的每个端上各1个）具有部分鳍片并且由筛截留环阻断，因此被认为是不活跃的通道。这些通道用碳化硅(SiC)完全填充，所述碳化硅是与第一装载步骤中的催化剂的颗粒大小近似相等的一种惰性材料。剩余的通道用3个层来装载：工艺入口处约0.665"(1.6625cm)的SiC；约1.5"FT(3.75cm)的催化剂床；以及工艺出口处约0.75"(1.875cm)的SiC。为了获得所述三个层中的每一个的深度，将材料以较小的增量装载到装置中，随后用橡胶锤重击所述装置的侧（端板），以便使所装载材料致密化。在每次递增装载和致密化之后，量规高度鳍片用以测量所有通道的深度。当针对任何给定层完成这个工艺时，所述材料经由超声波进一步致密化，以便尽可能接近于PABD（材料的异位测得的填装平均床密度）而获得。当顶层在致密化后与边条保持平齐时，装载完成。当所述催化剂通过超声没有进一步致密化时，所述催化剂床被认为充分致密化。在所有三个层（两个SiC层、一个催化剂层）均被装载时，使用与早前针对另一个工艺面所述的相同程序来将催化剂截留组件安装并焊接在所述装置的开放工艺面上。

[0145] 用于实施例1的最终焊接

[0146] 用以完成装置制造的三个最终焊接步骤，也就是：工艺歧管、冷却剂歧管以及支撑板的附接。与钎焊装置不同，只有用于全焊接FT装置的内部部件为冷却剂子组件，所述内部部件自始至终被密封。剩余部件（波形物、边条及端板）全部仅仅附接到相邻部件的周边。支撑板为装置提供必要的结构支撑，以便在操作期间在较大的差压下维持其完整性。所述支撑板还用来取代用于钎焊装置的压力安全壳(PCS)。两个出口用于冷却剂，以便分别移除蒸汽和液态水。

[0147] 工艺歧管由不锈钢304L构造而成并且为约9.1"(22.75cm)长×2.7"(6.75cm)宽×1.9"(4.75cm)深。尺寸为约8.1"×1.7"×1.2"(20.25cm×4.25cm×3.00cm)的内袋完全封装工艺波形物开口并且提供对催化剂截留机构的支撑。使用传统的TIG焊接工艺将所述歧管焊接在所述核心的周边周围。1英寸直径的管子从这两个工艺歧管的中心延伸，以便允许工艺气体进入并退出所述核心。所述歧管被设计成具有约0.5"(1.25cm)的最小壁厚，以便在操作期间支撑工艺压力。参见图8。

[0148] 冷却剂入口歧管由不锈钢304L构造而成并且为约5.6"(14cm)长×2.7"(6.75cm)宽×1.7"(4.25cm)深。尺寸为约4.8"×1.9"×1.3"(12cm×4.75cm×3.25cm)的内袋完全封装冷却剂入口通道并且被设计来在冷却剂入口液面上平等地分布冷却剂。使用传统的TIG焊接工艺将所述歧管焊接在周边周围。1英寸直径的管子从歧管延伸，以便允许冷却剂进入所述核心。所述歧管被设计成具有约0.38"(0.95cm)的最小壁厚，以便在操作期间支撑冷却剂压力。

[0149] 冷却剂出口歧管由不锈钢304L构造而成并且为约5.6"(14cm)长×2.7"(6.75cm)宽×4.4"(11cm)深。尺寸为约4.8"×1.9"×4.0"(12cm×4.75cm×10cm)的内袋完全封装冷却剂出口通道并且被设计来使冷却剂流退出反应器核心而不受阻碍。使用传统的TIG焊接工艺将所述歧管焊接在周边周围。两个1"(2.5cm)直径的管子从歧管的相对侧延伸。顶管允许蒸汽退出而底管允许液态水退出。所述歧管被设计成具有约0.38"(0.95cm)的最小壁厚，以便在操作期间支撑冷却剂压力。

[0150] 两个冷却剂歧管直接焊接到固体金属核心端板和工艺歧管上。通过这样做，核心焊缝被完全封装在工艺歧管和冷却剂歧管的周边内，因此并不直接暴露反应器的任何外部

表面。参见图 9。

[0151] 然后，使用传统的 TIG 焊接工艺来添加支撑件（外骨架）。具有在垂直（工艺流）方向上环绕反应器的四组支撑件以及在冷却剂出口歧管上水平延伸出的额外的一组支撑件。每组垂直支撑件都由两块相同的不锈钢 304L 构造而成，所述不锈钢的总尺寸为约 8.8”(22cm) 长 × 3.3”(8.25cm) 高 × 0.25”(0.625cm) 厚。将每组支撑件在端部相接触的点处焊接在一起并且围绕反应器的周边叠焊到所述反应器上。使所述四组支撑件彼此分离约 2”(5cm) 并且将第一组支撑件离冷却剂入口歧管的边约 2.7”(6.75cm) 来定位。四组垂直支撑件提供对反应器核心和工艺歧管的支撑，而一组水平支撑件提供对过大冷却剂出口歧管的额外支撑。两个水平支撑件由不锈钢 304L 构造而成并且为约 5.4”(13.5cm) 长 × 2’(60cm) 高 × 0.25”(0.625cm) 厚。所述两个水平支撑件在冷却剂出口歧管的各侧上居中并且焊接到此歧管上以及所述核心的端板和最外面的垂直支撑件上。

[0152] 用于实施例 1 的实验设置

[0153] 工艺侧

[0154] 通过使用布鲁克斯质量流控制器设置各个气体（一氧化碳、氢气和氮气）的流率来控制馈送到费托合成微通道固定床反应器的合成气体（合成气）的流动和组合物。将所述气体馈送通过活性炭和 13X 截留分子筛，以便去除任何杂质。在进入反应器之前，将馈料在不锈钢微通道热交换器中进行预加热。将所述反应器包封在蛤壳式 3000W 瓦特隆加热器中并且进一步隔离以使热损耗最小化。使用压力换能器和 316SS 镀装 K 型热电偶来测量操作数据。

[0155] 使产品流在升压下通过三个收集容器，并且分阶段冷却，以便连同水相一起提供较轻烃产品与较重烃产品的粗分离。第一产品罐（保持在约 100° C）和第二罐（保持在环境温度，约 25°C）收集大多数的产品。水相及较重烃（蜡）产品被收集在第 1 罐中，而水相和清晰的液态烃相被收集在第 2 罐中。从第 3 罐中排放废气。

[0156] 通过恰好定位在反应器下游和第一产品收集罐上游的样品端口收集产品气体样品并且使用安捷伦 M200H 微型气相色谱仪进行分析，所述安捷伦 M200H 微型气相色谱仪具有两个管柱：分子筛 5A 和 PlotQ。

[0157] 冷却剂侧

[0158] 20 加仑 (76L) 的碳钢罐用于储存冷却水。通过 Control OS5300 和 Optisperse AP302 的添加来维持水的化学性质。所述罐用氮气来加压以维持蒸汽的回路压力。猫牌泵（型号 231.3000）用以通过冷却回路泵抽水。阿普尔顿 FLSC-62A 流量计用以测量并控制冷却剂流。使馈送水在进入反应器之前穿过 25cm 的 5 微米颗粒过滤器组和 60 微米的世伟洛克过滤器。将反应器的蒸汽出口连接至氮气源，以用于控制冷却剂压力，同时水（在冷却剂脚部中分离）流到 2 升的不锈钢世伟洛克容器中，所述不锈钢世伟洛克容器用于维持系统中的适当水位。

[0159] 性能数据

[0160] 本发明的全焊接反应器在无压力安全壳的情况下操作约 2150 小时。所述反应器具有焊接到外部的外骨架，以提供对这个高压反应的压力支持。

[0161] 所述反应器在越来越严重的操作条件下操作，以达到热散逸的程度（在工艺侧上约 70 毫秒的接触时间）。在热散逸事件后，所述反应器再生以评估催化剂的损坏程度。在

再生后,所述催化剂恢复大概 50% 的初始活性。

[0162] 启动和验证测试

[0163] 所述反应器的启动如下发生:在催化剂活化完成后,使所述反应器冷却至环境温度,然后加压至 350psig(2413kPa)。将冷却水以目标流率引入冷却剂回路中并且将所述反应器加热至约 170°C 的合成气引入温度。然后,合成气流动逐步开始并且所述反应器被加热至目标操作温度。

[0164] 在启动完成时,所述反应器达到以下条件:H₂:CO=2.0;P=350psig(2413kPa);稀释液为约 16.8%;CT 为约 290ms。将两排热电偶定位焊接在外部反应器表面上离催化剂床的起点约 1.17cm(0.46 英寸) 和 3.2cm(1.26 英寸) 处(离反应器入口 3.20cm 和 5.23cm)。本发明的全焊接微通道反应器并没有形成充分的等温反应器操作;然而,测定的温度梯度小于约 5°C。此外,FT 催化剂上的内部梯度未测量并且预计大于在反应器壁中测量的测定的热梯度。

[0165] 将反应器面上的温度曲线控制在平均温度的 ±2°C 范围内。

[0166] 将本发明的(全焊接)反应器性能与钎焊反应器的直接比较在下文在表 1 中基于同一个费托催化剂制成表:

[0167]

反应器	钎焊反应器	本发明的反应器
合成气馈送中的 H ₂ :CO	2.0	2.0
合成气馈送中的稀释	16.5%	16.8%
压力	25 巴	25 巴
接触时间,毫秒	290ms	289ms
温度 *	210C	206.7C
运行时间	231 小时	209 小时
性能		
CO 转化	71.8%	74.0%
CH ₄ 选择性	8.9%	8.7%
CO ₂ 选择性	0.4%	0.3%
C2 选择性	0.8%	0.8%
C3 选择性	2.3%	2.3%
α	0.91	0.91

[0168] 表 1. 本发明的(全焊接)反应器与钎焊反应器的比较

[0169] *请注意:温度测量位置在两个反应器之间略有不同。对于钎焊反应器来说,在冷却剂隔片表面上测量温度,而对于本发明的(全焊接)反应器来说,在反应器壁表面的外部上测量所述温度。

[0170] 本发明的全焊接反应器的运行时间性能在相同的条件下与其它钎焊和单通道反应器相当。

[0171] 针对碳数分布对这个验证期间所收集的产品蜡进行分析。结果表明,来自类似条件下通过较短和较长单通道反应器进行的早期测试和钎焊试点规模反应器测试的蜡具有优良的一致性。

[0172] 对工艺失常的稳健性

[0173] 约 211 个小时的运行时间,冷却剂流量计失效导致联锁事件。冷却剂流量计失效触发了零流量警报(尽管泵正常起作用),这使得备用泵启动,从而导致显著更高的冷却剂流动,所述冷却剂流动引起联锁。系统在 5 分钟内复位。反应器在此期间已冷却至约 197°C。一旦所述系统复位,CO 和 H₂ 流就立即打开。所述 N₂ 流在 2 分钟后打开。当不存在任何冷却剂流时,反应器的温度立即开始增加,并且在 9 分钟(从系统复位开始)内,在反应器的外部表面上记录的最大温度达到约 240C(这是因为未对冷却剂通道排水,来自先前操作的一池水将位于冷却剂侧上,其可能已开始蒸发)。当温度达到 240°C 时(自系统复位的 9 分钟),冷却剂泵被手动启动。反应器的温度开始降回到正常水平。在 28 分钟内(自系统复位的 37 分钟内),情况在控制之中并且所述反应器已冷却至约 192C。然后,反应器温度逐渐增加到联锁之前的值(约 206.6C)。在复位时,将 H₂ 流设置为比目标更高的值,这导致产生 2.17(而不是 2.00) 的 H₂:CO 比率。

[0174] 这个实验结果的惊人之处在于:在失去冷却剂馈送的几秒钟内没有发生热散逸,以及在冷却剂流失与反应器温度升高超过 40°C 之间经过了 9 分钟。使催化剂性能在重新启动冷却剂并且实现目标温度之后回到预期水平。金属反应器块体体积与催化剂体积的高比率形成热宿,以便吸收反应的放热几分钟,同时系统失常被逆转。这特别优于常规的管状固定床 FT 反应器,其中冷却剂的暂时损耗导致热散逸事件以及催化剂性能的损失。本发明的 FT 反应器形成对不受欢迎的热失常的适度暂时缓冲,如在无冷却剂流的情况下针对 9 分钟后的预期性能的回归所示。反应器温度如预期那样升高,但金属结构的高热容量阻止催化剂永久烧结。

[0175] 对于全焊接试点反应器来说,催化剂体积是总反应器体积的约 7%(在 0.934L 的反应器块体中具有 63.1mL 的催化剂——10"×3"×1.9"(25cm×7.5cm×4.75cm))。对于反应器体积与催化剂体积的这个比率(约 14:1)来说,在无冷却剂时 9 分钟的热宿时间被证明是可接受的。

[0176] 对于较大装置来说,在反应器体积与催化剂体积的比率小于 14:1 以及更通常小于 10:1 以及更优选小于 3:1 或 2:1 的情况下,无冷却剂流时的可接受时间将小于 9 分钟,且预计为 5 分钟或更小,在一些实施方案中,为 30 秒或更小。在一些优选实施方案中,催化剂体积与反应器体积的比率在 2% 与 60% 之间,在根据本发明的反应器的一些实施方案中,在 5% 与 40% 之间;其中总反应器体积包括通道、通道壁、集成歧管以及外部壁而无外部管道或压力安全壳的体积。

[0177] 另外,在约 346 小时的运行时间内,一氧化碳质量流控制器由于针对出口流的低的干式检测计(DTM)读数而被改变。将新的 CO MFC 设置为低于目标的值,这导致 H₂:CO 比率的增加。在随后的 17 小时期间(多达约 363 小时的运行时间),所述 H₂:CO 比率为约 2.36 且 CO 转化增加到大于 85% 的值。

[0178] 令人惊讶的是,我们发现,即使在高的 CO 转化下,失活速率也不增加,并且在调整馈送比率后,性能恢复到先前的水平。所述反应器在不同范围的条件(包括较高水平的 H₂ 比 CO)下具有稳健的操作。常规的管状固定床 FT 反应器对热输出的快速变化的响应不是很好,所述快速变化包括从反应释放的热量的突然增加。本发明的反应器以稳定的方式继续操作,这是因为反应的热量随着较高的 H₂ 与 CO 比率而增加。此外,在合成气比率恢复为目标值后,性能回到预期性能。

[0179] 局部沸腾评估运行

[0180] 在本发明的反应器演示的下一阶段中,测试冷却剂的局部沸腾并且验证本发明的全焊接反应器的热控制和稳定性,所述全焊接反应器仅仅沿平行波状特征之间的线接缝而不是沿着所述波状特征的轮廓密封沸腾流控制特征(在主冷却剂通道前的入口侧处的较小横截面通道的 22 个波状转弯)。每一冷却剂流通道存在一个波状特征段,并且平行冷却剂通道之间的简单的线密封足以在高热通量局部沸腾控制反应中维持稳定的操作,例如,流看起来并不沿与蛇纹特征相邻的台面绕过转弯,这从而将降低前期压降并且在沸腾期间潜在地引起冷却剂流扰动。

[0181] 维持与“家用”条件(H₂:CO=2.0;P=350psig(2413kPa);稀释液为约 16.8%;CT 为约 290ms)对应的操作条件。在约 634 小时的运行时间处开始,冷却剂流从约 2LPM 下降,以使得实现约 1% 至 3% 沸腾的退出蒸汽质量。反应器温度也被调整以维持约 70% 的 CO 转化。在约 679 小时的运行时间处,冷却剂水的流率减小到 0.4LPM 并且达到 1.5% 的退出蒸汽质量。反应器温度降低到 204.3°C 以维持目标 CO 转化。所述性能与单相操作大致上类似。此外,局部沸腾的使用允许反应器以来自 FT 反应器的较高净热通量或热生成进行操作,所述 FT 反应器以比初始 290ms 低的接触时间进行操作。

[0182] 使局部沸腾条件保持约 300 小时的运行时间,并且在图 10 中汇总这个时期期间的性能。

[0183] 本发明的反应器以水的局部沸腾以及在 290ms 的“家用”条件下 1.5% 的退出蒸汽质量稳定地操作了大于 250 小时的运行时间,以便与单相冷却剂的性能大致上匹配。

[0184] 热稳定性评估运行

[0185] 在下一阶段的测试中,通过增加反应的热负荷来测试本发明的反应器有效去除热量的能力(通过降低接触时间来处理更多的合成气,同时通过调整温度来维持 CO 转化)。应指出,仅仅将工艺鳍片与冷却剂子组件接触来配。压配工艺鳍片与冷却剂子组件的接触阻力大致上不改变放热 FT 反应器的性能。此外,所述鳍片抵靠在一个壁上的压配受到大约 0.013mm 至 0.13mm(0.5 至 5 密耳)高以及 0.025mm 至 0.508mm(1 密耳至 20 密耳)宽的凸起的肋状物或小块的阻碍,所述肋状物或小块由制造子组件的激光焊接方法引起。

[0186] 在维持 16.5% 的稀释、H₂:CO=2 以及 350psig(2413kPa) 的操作压力的同时,工艺反应接触时间从 290ms 逐步减少到约 70ms。举例来说,给出 66.5 克催化剂以及 63.1cm³ 体积的催化剂床,从 290ms(13.1SLPM 流)到 70ms 的变化使得到反应器的合成气流增加到

54. 1SLPM。下文在表 2 中呈现合成气的组合物和过渡的细节。温度从约 206. 6°C 增加到约 263°C，以便维持约 70% 的 CO 转化。由于这个较高的热负荷，因此对冷却剂去除热量的能力进行测试。下文在表 2 中示出这个操作阶段期间的关键数据：

[0187] 表 2. 针对不同的接触时间的用于全焊接反应器的工艺数据

[0188]

接触 时间 [ms]	H2 流 [SLPM]	CO 流 [SLPM]	N2 流 [SLPM]	温度 [°C]	CO 转化 [%]	CH4 选择性 [%]	近似 热量 每个通 道的负 荷 [W]	平均 退出 蒸汽 质量 [W]
290	7.3	3.6	2.2	207	74.1	8.7	1.2	1.5%
210	10.0	5.0	3.0	215	72.2	9.5	1.7	2.9%
150	14.1	7.0	4.2	222	71.0	14.3	2.3	3.1%
100	21.1	10.5	6.3	241	70.2	26.5	3.6	5.4%
85	24.8	12.4	7.4	253	71.0	34.8	4.4	7.3%
70	30.1	15.1	8.9	263	69.6	39.9	5.3	10.5%

[0189] 基于以上数据，本发明的焊接反应器设计与在 290 毫秒的接触时间条件（其平均蒸汽质量从约 1.5% 增加至约 10%）下所产生的热载荷相比可处理超过四倍的热载荷。

[0190] 在来自通过其它装置（钎焊和单通道反应器）进行的测试的类似测试条件下操作和比较的各个阶段呈现如下：

[0191] 本发明的焊接反应器在从 945 小时至 1131 小时的运行时间内以 210ms 的接触时间进行测试。其它工艺参数在以下条件下保持不变： $H_2:CO=2.0$; $P=350\text{psig}$ (2413kPa) ;稀释液为约 16.5%。将反应器温度增加到约 214.6°C 以维持目标 CO 转化。

[0192] 本发明的焊接反应器在从 1132 小时至 1182 小时的运行时间内以 150ms 的接触时间进行测试。其它工艺参数在以下条件下保持不变： $H_2:CO=2.0$; $P=350\text{psig}$ (2413kPa) ;稀释液为约 16.5%。将反应器温度增加到约 221.7°C 以维持目标 CO 转化。

[0193] 本发明的反应器在从 1205 小时至 1350 小时的运行时间内以 100ms 的接触时间进行测试。其它工艺参数在以下条件下保持不变： $H_2:CO=2.0$; $P=350\text{psig}$ (2413kPa) ;稀释液为约 16.5%。将反应器温度增加到约 241.2°C 以维持目标 CO 转化。在约 1221 至 1228 小时的运行时间期间，CO 质量流控制器由于滴水盘而失效，从而引起联锁事件且必须更换。

[0194] 然后，使接触时间从 100ms 到 70ms 以 5ms 的步长较逐步地降低。其它工艺参数在以下条件下保持不变： $H_2:CO=2.0$; $P=350\text{psig}$ (2413kPa) ;稀释液为约 16.5%。在接触时间为 70ms 并且反应器温度为约 263.1°C (约 1542 小时的运行时间) 时，在反应器上的多个热电偶位置处注意到不稳定的散逸行为。在不变的条件下（在通过降低反应器温度来控制散逸之前）看到温度的突然快速增加，如图 11 中的图表中所指示。

[0195] 在反应器的外部金属壁上测量图 22 中所述的温度, 所述反应器位于 1.27cm(0.5 英寸) 厚的支撑板的相反表面上, 所述支撑板与最外面的冷却剂通道接触。金属温度的上升小于 10°C, 但指示催化剂床上的温度上升被估计为大于 50°C。

[0196] 在这个操作时期期间, 还演示了本发明的焊接反应器的较高容量。来自 290ms、210ms 以及 150ms 接触时间操作的蜡材料被分析以计算 α 数量。下文在表 3 中汇总装置性能:

[0197] 表 3. 演示本发明的全焊接反应器的高容量性能, 对于产品蜡来说, 所述全焊接反应器的 α 值为 0.89 或更大。对于大于 210 毫秒的接触时间来说, α 值等于 0.91 或更大。 α 如费托化学领域的技术人员所知已被经典地定义。

[0198]

接触时间	290ms	210ms	150ms
温度			
性能			
CO 转化	74. 1%	72. 2%	71. 1%
CH ₄ 选择性	8. 7%	9. 5%	14. 4%
C ₅₊ 生产率	约 0. 7GPD	约 0. 95GPD	约 1. 1GPD
kg C ₅₊ /Lcat/hr	1. 24	1. 75	1. 99
α	0. 91	0. 91	0. 89

[0199] 蒸汽质量 / 局部沸腾稳定性评估运行

[0200] 在从 1662 小时的运行时间到 1783 小时的运行时间的这个研究部分中, 使冷却剂流从 0.5LPM 降低 (使其它操作参数在以下条件下保持不变 :H₂:CO=2 ;16.5% 的稀释 ;350psig(2413kPa) 的工艺压力), 以便在相同的热负荷下增加沸腾的程度并实现更高的退出蒸汽质量。在约 1712 小时的运行时间内, 在 0.2LPM 的流动下, 流量计达到其读数的下限并且水流率可能不会进一步降低。在这个测试阶段期间的平均蒸汽质量增加到约 15%, 如下文在表 4 中所说明:

[0201] 表 4. 在不同的退出蒸汽质量下的本发明的全焊接反应器的性能

[0202]

接触时间 [ms]	冷却剂流 [LPM]	CO 转化 [%]	CH4 选择性 [%]	平均退出蒸汽质 量 [%]
278	0.41	73.3	8.2	1.5
150	0.53	71.0	14.3	2.9
70	0.50	69.6	39.9	10.5
90	0.37	57.8	34.1	8.9
90	0.22	57.8	34.1	14.8

[0203] 激光焊接子组件上的压力

[0204] 在 FT 反应器的操作期间,当冷却剂子组件内部的流体压力随运行时间增加时,激光焊接子组件在所述子组件上从压缩向拉伸移动。确切地说,冷却剂子组件的与工艺层相邻的段小于整个冷却剂子组件。对于这个实施例中所描述的全焊接反应器来说,大概 60% 的子组件与鳍状工艺层相邻并且将经历压缩和拉伸的变化。具有 24"×24" (60cm×60cm) 子组件的较大反应器将具有超过 80% 的子组件表面积在压缩与拉伸之间过渡,这是因为沸腾温度随压力发生变化。对于费托反应来说,反应温度通常会增加,这是因为催化剂随蜡的积累而失活。典型的启动温度在 200°C 与 210°C 之间,其中来自蒸汽曲线的沸腾温度大概在 210psig 与 260psig(1448kPa 与 1793kPa) 之间。工艺馈送压力通常在 250psig 与 450psig(1724kPa 与 3101kPa) 之间。所述温度通过增加冷却剂侧上的压力而上升。在 220°C 处,沸腾 (对于费托来说,用于去除反应的放热的优选方法) 期间的蒸汽压力大概为 320psig(2206kPa)。在 230°C 处,蒸汽压力大概为 380psig(2620kPa)。对于这个实施例中所描述的实验来说,工艺温度上升到 250°C 以上,其中蒸汽压力大概为 560psig(3861kPa) 并且显著高于工艺反应压力。在运行开始时,激光焊缝由于鳍片或工艺侧上的较高压力而受压。在最高温度下,所述激光焊缝受压且与工艺侧相比,在冷却剂侧上大出高达 332psig(2289kPa) 的压力。在再生之前和之后,反应温度降至 220°C 以下并且激光焊缝返回至压缩而不是置于受拉下。激光焊接子组件对于在受压和受拉两种情况下进行操作都是稳健的并且在超过 1000 小时的运行时间的时间跨度内返回至压缩。此外,不仅激光焊缝对于在受压或受拉情况下进行操作是稳健的并再次返回,而且鳍片与催化剂压实的热接触没有受到装置内压力变化的影响。用于维持本发明的这个反应器的良好性能的重要参数是装载良好的催化剂床,优选其中催化剂装载密度在理论 PABD (填装平均床密度) 的 2% 并且优选 1% 范围内,如通过用于颗粒材料的 ASTM 方法在外部确定。冷流压降测试可用以比较实际压降与从厄贡方程式预测的压降。如果所述压降不在从所述厄贡方程式预测的压降的 5% (优选 2%) 范围内,那么所述床被填装得不充分。如果所述床被填装得不充分,那么在反应器中可能会存在流通道传输的有害效应,并且在压缩与拉伸之间相对于工艺和冷却剂通

道的变化可在催化剂颗粒上引起不必要的力的增加,以使得可能发生磨擦或研磨。如果催化剂颗粒将要分裂开,那么所产生的小颗粒可能会在一些通道中引起比在其它通道中更高的压降,并且可能引起流的分布不均、热点或过早的热散逸。

[0205] 总而言之,全焊接反应器的性能进行了验证并且已证明不需要钎焊和 / 或扩散结合。通过全焊接制造技术实现的热接触提供了所希望的结果。

[0206] 将高于工艺压力的初始冷却剂压力限于约 50psi (345kPa),以便基于用于本发明的这个反应器的激光焊缝的大小来阻止焊缝在冷却剂通道之间的突出以及波形物的变形,并且爆发对类似大小的激光焊接零件的测试。在运行期间,这个超压增加到约 332psi (2289kPa) 并且未注意到任何外部可见的变形。在测试后,反应器分析已确认,没有任何反应器内部件被压缩或变形或以另外的方式发生不合需要的改变。这个令人惊讶的结果表明,装载有催化剂的鳍片提供了对这些小激光焊缝的结构支撑,所述小激光焊缝为 0.002 英寸 (0.005cm) 宽。激光焊缝可被制作得更宽(例如,0.006 英寸 (0.0150cm) 或更大),以便允许在冷却剂上进行全高压操作,而无需来自装载有催化剂的工艺通道的支持。因此,在优选实施方案中,根据本发明的设备和方法使用宽度为 0.015cm 或更大的激光焊缝。

[0207] 实施例 3 大型薄板激光焊缝

[0208] 针对本发明的反应器对三种类型的零件进行测试,以示出用于激光焊接子组件的不同部分厚度的影响。据最初推论,较薄的顶薄板将形成较小的扭曲,这是因为用以形成焊缝的能量输入较低。令人惊讶的是,已发现,较薄的顶薄板产生了较多而不是较少的扭曲。较厚的顶薄板是优选的。

[0209] ● 焊接到冷却剂通道隔片上的顶薄板的范围为 0.020" (0.05cm) 的壁、0.010" (0.025cm) 的壁以及 0.005" (0.0125cm) (0.125cm) 的壁

[0210] ● 通过断续的激光焊缝进行初始焊接,以便帮助夹住零件(例如,每隔五行)。在制作长缝焊接线之前,沿焊接长度尺寸每五行添加断续的激光焊缝。断续的叠焊大概为 2cm 至 4cm 长并且由长度为 5cm 至 20cm 的未焊接段分离

[0211] ● 然后移除顶薄板并且执行全长焊接

[0212] ● 需要针对两种更薄的壁场景来调整电力设置和焦点

[0213] ○ 用于 0.010" (0.025cm) 壁的 60% 电力设置

[0214] ○ 用于 0.005" (0.0125cm) 壁的 50% 电力设置

[0215] 最初的想法是扭曲会由于壁厚和电力降低而较少,然而出现了相反的情况。0.020" (0.05cm) 壁子组件被测量并显示出约 2.750" (6.875cm) 的扭曲。

[0216] 对 0.010" (0.025cm) 和 0.005" (0.0125cm) 的壁的随后测试显示出以下应力变形数字:

[0217] ● 0.010" (0.025cm) 的子组件测得为 2.906" (7.265cm)

[0218] ● 0.005" (0.0125cm) 的子组件测得为 2.961" (7.4025cm)

[0219] 在所测试组件中,沿 24" (60cm) 宽的组件存在超过 161 个 24" (60cm) 长的焊缝并且在这些部件中看到的应力并不令人惊讶,但所述应力是通常在执行长焊接时看到的纵向和过渡应力。面临的挑战是在焊接工艺期间缓解应力或在子组件工艺后减少 / 去除应力。

[0220] 优选地,各个顶薄板的厚度为 0.04cm 或更大,在一些实施方案中,在 0.04cm 至

0.2cm 的范围内 ;更优选地,为 0.05cm 至 0.1cm。“顶薄板”指的是放置在含有通道或其它孔隙的一块薄板或多块薄板上方的薄板 ;所述顶薄板在高度方向上密封所述通道或孔隙并完成子组件。

[0221] 用于大型零件的预拱测试

[0222] 用于缓解焊接应力的一种方法是借助于预拱 (预弯) 部件,然后尝试执行所述操作。使用以下工艺 :

[0223] ● 工艺

[0224] ○ 将冷却剂壁和冷却剂通道隔片作为一个单元来预拱

[0225] ○ 将夹具装载到激光焊接台上并执行设置和激光准直

[0226] ○ 执行激光叠焊程序

[0227] ○ 重新将夹具装载到激光焊接台上

[0228] ○ 执行全焊程序

[0229] 通过使用由夹子和束缚带组成的夹具来制作预拱部件,以便允许所述部件的受控且一致的屈曲 (参见图 12)。将所述薄板在垂直于通道长度的方向上弯曲。将两块薄板通过这种技术来预拱并且然后焊接。将所产生的子组件与类似制作而无预拱的子组件在视觉上进行比较。

[0230] ● 在低于 400°C 的温度下进行的应力消除是可接受的实践,但仅仅产生适度的应力消除。在 870°C 下的一小时通常消除约 85% 的残留应力。然而,在此温度范围内进行的应力消除还可使晶界碳化物沉淀,从而导致敏化作用,所述敏化作用严重损害了许多介质中的抗腐蚀性。为了避免这些效应,建议使用稳定型不锈钢 (等级 321 或 347) 或超低碳型不锈钢 (304L 或 316L),特别是在需要漫长的应力消除时。在 400C 下以及在更高的温度 1100C 下尝试对大型零件的应力消除。对于所述两种情况来说,注意到有限的成功。观察到变形的适度减少,如通过一边在平面以上的距离所测得的约 40% 的原始翘曲。

[0231] ● 退火 (通常称作溶液处理) 不仅仅使工作固化晶粒再结晶,而且将碳化铬 (沉淀在敏化钢中的晶界处) 带回到奥氏体中的溶液中。所述处理还使树状焊接金属结构均质化,并且从冷加工消除所有残余应力。退火温度通常超过 1040°C,但当细晶粒大小是重要的时,一些类型可在低达 1010°C 的密切受控的温度下退火。通常使得时间温度曲线保持较短,以便将表面缩放比例保持在最小限度或控制晶粒生长,这可能在形成过程中引起“桔皮皱”。

[0232] 实施例 4. 焊接反应器中的鳍片影响

[0233] 包括具有高纵横比的压配鳍片的波形物可能不是笔直的,但相对所述鳍片具有某种程度的弓曲或弯曲。在压缩成与鳍片各侧上的两个固体条接触后,所述鳍片更加弯曲或弓曲。在本发明的焊接反应器中,所述鳍片被压向相邻的表面,而不是钎焊或结合,从而在所述鳍片与所述相邻表面的点接触时导致更多的接触阻力或热阻力。在放热或吸热反应中,在所述鳍片与所述相邻表面之间传送反应的热量。为了改进与压配的热接触,所述鳍片比支撑边条要高。当所述鳍片通过外部荷载被压成相接触时,它们弯曲或屈曲。当所述鳍片弯曲时,它们不太可能保留固有强度。

[0234] 压配鳍片 (具有 0.006" (0.015cm) 厚的 Cu110 且为 0.256" (0.64cm) 高) 抵靠在 0.25" (0.63cm) 高的边条上而压缩。所述鳍片变得更加偏心,这是因为它们被压在相邻的传

热壁上。在图 13 的照片中,可在其中所述鳍片位于激光焊接线的顶部的地方看到水平线,所述激光焊接线密封错流热交换通道。

[0235] 实施例 1 中所描述的压配反应器执行得惊人地良好,这与钎焊反应器的性能匹配,所述钎焊反应器并不具有使鳍片与传热壁分离的激光焊接隆脊,这由于将更多的热量传导至传热壁上的铜鳍片的高导热性的组合而造成——包括通过以下各项来辅助:到更好的热接触点的轴向传导,和或通过氢气和或在反应期间所产生的费托液体对较小间隙(估计在 5 微米与 150 微米之间)的填充。氢气和液态油的导热性大致上高于大多数气体,因此将降低压配鳍片与传热壁之间的不良接触阻力的影响。此外,导热性非常高的铜的有利使用实现有效的轴向传导,以便将热量移动到传热界面上,而无需建立热点并形成或加剧不必要的副反应。

[0236] 将 2600psi (17,926kPa) 的荷载施加到堆叠上,以便使所述堆叠相接触。荷载的优选范围可为 500psi (3447kPa) 至 500,000psi (3,447,000kPa),这取决于鳍片高度、鳍片材料、鳍片厚度以及起始鳍片的偏心率。在压缩以及沿测杆或边条的第一 TIG 焊接完成之后,与传热子组件形成鳍片接触。

[0237] 实施例 5. 每单元面积的子组件的大型激光焊接子组件的焊接线密度

[0238] 这个实施例描述 24"×24" (60cm×60cm) 的激光焊接子组件,所述激光焊接子组件具有在冷却剂流的方向上沿 0.6m 的长度延展的激光焊接线。存在位于这个面板上的 161 个冷却剂通道以及 162 个激光焊接线,以便密封所述冷却剂通道之间的装置并且提供结构支撑,以阻止在操作期间设备在压力下发生变形。

[0239] 对于这个样本来说,在 0.6m×0.6m 的零件中存在 97.2m 的直线焊缝或存在每 m² 表面积 270m 的直线焊缝密度。或者,对于这个实施方案来说,线密度在 3600cm² 大小的零件中可被描述为 2.7cm/cm²。对于其它实施方案来说,焊缝的线密度可能大于或小于 2.7cm/cm²,并且在优选实施方案中,范围可为 0.1cm/cm² 至 10cm/cm²。

[0240] 实施例 6 :激光焊缝对准

[0241] 图 14 示出激光焊接线,所述激光焊接线将肋状物的顶部接合在形成于底板中的平行且相邻的冷却剂通道之间。激光焊缝将底部通道板接合到顶板上。可沿肋状物的顶部施加激光焊缝,所述肋状物形成于底板或通道板中。在这个实施例中,肋状物为 0.037" (0.093cm) 宽且激光焊缝的宽度可在 0.002" (0.005cm) 到 0.01" (0.025cm) 宽之间变动。激光焊缝可处于所述肋状物的中间或任一侧或沿所述肋状物的宽度的任何地方。

[0242] 实施例 7 :制造大型 FT 反应器

[0243] 全焊接费托反应器核心主要作为交替的冷却剂部分和工艺部分的双层组件而建造。这个设计的一个特征在于冷却剂子组件被焊接,其方式为使得所述冷却剂子组件作为独立单元维持机械完整性。形成所述子组件的一种工艺是通过使用激光焊接来进行的,以便通过在平行于肋状物延展的每个通道之间放置焊缝来将顶部固体隔片接合到具有特征的隔片上。已证实,可通过所述方法获得所需机械完整性。必须处理的第二参数为零件平整度的参数。以所述方式焊接两块薄板可导致由于与焊接不锈钢相关联的材料收缩而引起相当大的子组件变形。子组件变形可引起复杂度以及使所述块再平整或使堆叠工艺适于处理变形块所需的作用力的增加。

[0244] 已发现使因焊接引起的变形最小化的一种方法是限制子组件的总尺寸。已发现,

通过使用在通道之间并入了 24" (60cm) 长的焊缝但宽度限于约 6" (15cm) 的子组件, 维持可接受的平整度水平, 而包括 24" (60cm) 的宽度的类似组件不维持 (例如, 整体零件为 6"×24" 对 24"×24", (15cm×60cm 对 60cm×60cm))。此外, 这些 6" (15cm) 宽的子组件中的多个可叠焊在一起并且维持合理的平整度。以这种方式, 24"×24" (60cm×60cm) 的平整子组件可通过将四个 6"×24" (15cm×60cm) 的子组件叠焊在一起建造, 所述平整子组件比由起始 24"×24" (60cm×60cm) 零件焊接的 24"×24" (60cm×60cm) 子组件大致上更平整。

[0245] 可建造成焊接子组件的另一有用特征是将允许在使用所述块来建造整个 FTR 焊接堆叠之前针对泄漏和机械完整性对其进行精确检查的一个特征。这可通过以下方式来实现: 使初始子组件略微过大; 添加端口, 可通过所述端口施加压力; 以及最初作为激光焊接工艺的一部分而密封子组件的端部。这个压力测试可为流体静力学的或气动的。在各个块已被焊接且已具资格后, 组件应对修整步骤, 所述修整步骤将所述组件切割成正确的 6"×24" (15cm×60cm) 大小并且所述修整步骤打开通道的流动端部, 接着将四个 6" (15cm) 的子组件叠焊在一起, 以形成一个 24"×24" (60cm×60cm) 的冷却剂子组件。

[0246] 然后, 使最终子组件在工艺层之间交叉, 以便形成主反应器核心。堆叠工艺由以下各项组成: 首先放下 2" (5cm) 厚的夹板, 接着是 1" (2.5cm) 厚的端板, 然后用交替的冷却剂层和工艺层继续。通过放置最终冷却剂子组件接着是顶部端板和顶部夹板来堆叠端部。向所述堆叠施加压力, 以便预先压缩铜波形物, 同时使所有部件形成金属与金属接触。所施加压力的范围可为 20psi (138kPa) 至 500,000psi (3447000kPa), 其优选范围为 20psi 至 20,000psi (138kPa 至 138000kPa) 且更优选范围为 20psi 至 5,000psi (138kPa 至 34474kPa)。然后在释放所施加压力之前, 使用夹紧系统将所述堆叠固定就位。所述夹紧系统使所述堆叠维持这个压缩状态, 以使得可发生核心焊接。

[0247] 所述核心焊接主要由三个步骤组成: 为这两个工艺面添加承载焊缝; 为这两个冷却剂液面添加密封焊缝; 以及在每个工艺面上添加两个端板密封焊缝, 以阻止旁通。反应器在这些焊接步骤的每一个期间都保持夹紧状态, 以便确保所述核心内可能的最佳热接触。请注意, 这三个核心焊接步骤中的每一个都有专门的目的。所述工艺面上出现的承载焊缝首先被施加, 并且给予整体堆叠充分的机械强度, 所述机械强度使得在其它两个焊接步骤以及所有随后的制造步骤期间可容易地操纵 (举起、旋转或以另外方式取向) 所述核心。针对两个冷却剂液面出现的密封焊缝是防止反应器内发生内部交叉泄漏 (工艺至冷却剂, 或反之亦然) 的主要焊缝。端板的密封焊缝用以将最外面的冷却剂子组件密封到顶部端板和底部端板上。虽然这些焊缝在冷却剂液面上被密封以避免交叉泄漏, 但它们也必须在工艺面上被密封, 以避免工艺气流在这些零件之间移动, 从而绕过催化剂床。应注意, 在最终组装之后, 将催化剂装载到反应器中以及工艺鳍片之间。

[0248] 在将核心焊接到组件中之前, 反应器应大致上不漏。焊接反应器尚未准备好耐受任何显著的内压力, 所以夹紧机构上的螺栓可用以提供支撑。一旦反应器核心具备资格, 其就继续使冷却剂头部焊接就位。一旦这个步骤完成, 所述反应器就可应对冷却剂侧流测试, 如果需要或有必要的话。然后将对应的冷却剂脚部焊接就位。这两个冷却剂歧管都适于操作并且提供反应器的外部支撑系统的底架的一部分。

[0249] 由于除了冷却剂子组件以外, 对核心周边的所有焊接都已完成, 因而反应器不能耐受显著的内部工艺压力, 而不会因压力引起的荷载而造成顶部端板和底部端板偏转, 从

而所述反应器在其当前状态下不能实现操作条件。为了产生反应器的机械完整性，将外部支撑件的系统（外骨架）焊接在反应器核心周围。这些支撑件被设计来使内部工艺压力平衡，因此在可接受的水平上控制顶板和底板的任何压力引起的偏转。外部支撑件充当在反应器的顶部端板和底部端板两者上焊接的加固物，然后将所述加固物从上到下接合。它们将通过内加压形成的任何荷载配衡，从而阻止可能以另外方式发生的任何变形。在反应器上具有多组跨越时，它们的厚度比高度要小（参见图 15）。优选地，每个加固元件都比厚度高至少 3 倍，更优选至少 5 倍（更高指的是堆叠方向上的高度）。在一些实施方案中，支撑件组之间的间隔以及它们的厚度和高度是基于待平衡的工艺荷载来确定的。在一个实施例中，所述支撑件由 0.75 英寸厚的不锈钢板形成，所述不锈钢板在其间间隔约为 3” 的顶部端板和底部端板上延伸约 8” 高。作为最终合格证明步骤，所述核心可具有焊接到工艺面上的临时歧管并且经历高压测试，以便确认所述反应器已满足设计标准。在这个步骤后，移除工艺歧管并且可以准备好核心来进行催化剂装载，此后将最终工艺歧管焊接就位。

[0250] 图 16 示出一个实施例，其中将四个 6”×24”(15cm×60cm) 的子组件并排放置并且焊接在若干位置中以接合成一个 24”×24”(60cm×60cm) 的组件。优选点焊来以这种方式接合子组件，这是因为连续的焊缝被发现会引起较多的变形。

[0251] 实施例 8。

[0252] 实施例 8 的装置是焊接反应器或装置，其在两个流体流之间提供错流传热。可使用交替流配置，但具体描述的实施例是错流。将外部支撑件以阵列形式（参见图 17）焊接到装置核心的外部，以便允许内部通路在装置中相对于低压外部环境的加压，而不会危及装置完整性或失去密闭度。“外骨架”或外部支撑件阵列使得装置能够针对外部环境耐受高差压。所述装置由 304L 不锈钢（包括外部支撑件）构造而成。外骨架的使用允许用于费托反应和其它反应的焊接反应器的操作或不使用外部压力容器的热交换应用或高压操作。所述装置在与外部压力容器一起时受拉而不是受压，所述外部压力容器具有围绕本发明的反应器或装置的较高压力的流体。

[0253] 实施例 8 的 61cm 乘 61cm 乘约 6.5cm 的装置核心由焊接在周边周围的层构成，如在所附申请中所描述。外部支撑件为 1.9cm 厚乘 105cm 长，其端部附近的宽度为约 14cm 且其与 61cm 乘 61cm 的面相邻的区域中的宽度为约 17cm。所述支撑件间隔开 10.2cm（中心到中心），其中 1.9cm 厚的横构件沿所述装置的每个端部放置在支撑件之间（以使得两行横构件分开约 60cm）。外部支撑件与横构件之间的焊接件为全穿透斜角焊缝。

[0254] 首先对工艺流流体回路执行流体静力测试。所使用的程序（在图 18 中以图形方式示出）如下：

- [0255] 1. 在约 690kPa (psig) 下使用氮气进行的压力测试期间确定基线漏率。
- [0256] 2. 使用泵（在这个实施例中，使用实验室联盟 HPLC “制备泵”）来将装置填充水。
- [0257] 3. 使用所述泵来使压力以约 300kPa/ 分钟至 400kPa/ 分钟的速率从环境压力（即，小于 450kPa）上升到约 3300kPa (464psig)。
- [0258] 4. 使所述压力以约 50kPa/ 分钟至 100kPa/ 分钟的速率下降到低于约 3000kPa (420psig)。
- [0259] 5. 使用所述泵来使所述压力以约 50kPa/ 分钟至 100kPa/ 分钟的速率从约 3000kPa (420psig) 上升到约 3700kPa (522psig)。

[0260] 6. 使用所述泵来使所述压力以约 100kPa/ 分钟至 150kPa/ 分钟的速率从约 3700kPa 上升到大于 6000kPa(855psig)。

[0261] 7. 使所述压力以约 250kPa/ 分钟至 300kPa/ 分钟的速率下降到低于 5300kPa(754psig)。

[0262] 8. 继续降低所述压力, 直到达到环境条件为止, 并且从所述装置中排出水。

[0263] 9. 重复步骤 1。

[0264] 然后对冷却剂流流体回路执行第二流体静力测试。所使用的程序 (在图 19 中以图形方式示出) 如下:

[0265] 10. 使用泵 (在这个实施例中, 使用实验室联盟 HPLC“制备泵”) 来将装置填充水。

[0266] 11. 使用所述泵来使压力以约 2000kPa/ 分钟至 2500kPa/ 分钟的速率从环境压力 (即, 小于 250kPa) 上升到约 3500kPa(495psig)。

[0267] 12. 使用所述泵来使所述压力以约 800kPa/ 分钟至 900kPa/ 分钟的速率从约 3500kPa 上升到大于 6000kPa(855psig)。

[0268] 13. 使所述压力以约 400kPa/ 分钟的速率下降到低于 5200kPa(740psig)。

[0269] 14. 继续降低所述压力, 直到达到环境条件为止, 并且从所述装置中排出水。

[0270] 15. 在约 690kPa(100psig) 下再次检查漏率并且与基线压力测试漏率进行比较。

[0271] 使用以上协议执行冷却剂回路和工艺回路的流体静力测试。所述装置在流体静力测试期间没有显示出机械故障的任何指示。在这个流体静力测试前后从冷却剂回路到工艺回路的漏率分别为 0.6kPa(0.09psi) 和 21kPa(3.05psi), 所述漏率通过冷却剂回路中的 690kPa(100psig) 的初始压力测得为经过 15 分钟时间的压力下降。然后, 经由焊接来修复所述装置并且从冷却剂回路到工艺回路的漏率通过 690kPa(100psig) 的初始压力测得为经过 15 分钟时间的 2.2kPa(0.32psi) 的压力下降。使用光纤激光器进行修复焊接。或者, 可使用 TIG、MIG 或其它常规的焊接方法。

[0272] 焊接反应器核心由激光焊接冷却剂子组件组装而成并且被焊接到最终反应器中。然后, 所述反应器随后包含有允许进行高压工作的外骨架。对于费托反应器来说, 流体静压力测试为 855psig(5895kPa)。或者, 更高或更低的流体静压力测试可用于费托工作, 这取决于最终需要的操作条件。这个实施例中所描述的流体静力测试在 250C 的峰值设计温度和 562psig(3875kPa) 的峰值设计压力下证明了反应器能够进行工作。操作温度和压力将低于峰值设计压力, 以留出操作安全余量。对于用于费托反应器的所需的更高的操作压力来说, 图 17 中所示的外部支撑件的间隔将减少并且添加额外的支撑件来针对更高的操作压力证明所述反应器的合格性。

[0273] 在较高温度或压力下操作的其它反应将由本发明的外骨架来实现, 但可能需要间隔更加紧密的额外支撑件。或者, 如果所需工艺设计压力或温度较低, 那么将使用填充较为稀疏的焊接支撑杆。本发明的焊接反应器可在高温和高压下操作, 而不安置在压力安全壳内或不具有钎焊或结合的反应器核心。

[0274] 本发明的外骨架允许反应器或装置通过流体静力测试, 从而在高的内压力和低的外压力下, 反应器保留机械完整性且适于工作。

[0275] 实施例 9——泄漏测试

[0276] 全焊接装置泄漏检查测试

[0277] 概述

[0278] 对所述全焊接 FT 装置气动地进行泄漏检查直到在工艺侧和冷却剂侧两者上都独立地达到并包括 100psig(690kPa)。在一些实施方案中，泄露检查压力可高达 200psig(1380kPa) 或 500psig(3450kPa)，并且在一些实施方案中，高达 1000psig(6900kPa)。随时间的压降被记录来确定所述装置是否泄漏，并且对界面进行窥探(泄漏测试)以便识别任何泄漏位置。为了启用各侧的加压，将带垫片的头部和脚部经由全螺纹夹紧设置固定到装置上。所述装置以 10psig 至 20psig(90kPa 至 180kPa) 的增量来加压，在每次增加后停止以检查压降率，针对泄漏检查垫片和所有配件并且识别所述装置内的任何泄漏。

[0279] 实施例 10. 针对费托和其它化学性质由本发明的反应器实现的超高鳍片

[0280] 其中工艺层(包括鳍片结构)邻近冷却剂子组件放置以形成最终装置组件的全焊接反应器使得能够使用非常规工艺层(包括具有超高鳍片的工艺层)。超高鳍片在钎焊或结合期间会产生问题，这是因为在结合或钎焊工艺期间即便有结构支撑，它们也提供很少的结构支撑，因此会下垂、变形或以另外方式具有所得结构，所述结构将需要在使用之前固定或矫直——如果可能这样做。在钎焊或结合后，超高鳍片(如，约 0.5 英寸或 1.25cm 或更大)的过度变形会致使装置无法使用。

[0281] 情况 A：鳍片高度 0.225"(0.5625cm)

[0282] 在微通道反应器中进行费托反应。所述微通道反应器含有用 FT 催化剂填装的多个平行工艺通道。通过所述工艺通道之间的冷却剂通道去除反应热量，其中水为冷却剂。通过嵌入的鳍片结构来增强对催化剂床内部所产生的反应热量的去除。所述工艺通道内部的连续鳍片形成一系列平行流动路径。在这个实施例中，所述鳍片由铜 110 制成。所述工艺通道的高度为 0.225"(0.5625cm) 并且长度为 23"(57.5cm)。所述鳍片具有相同的长度，并且相邻鳍片肋状物之间的间隔为 0.04"(0.1cm) 且所述鳍片的厚度为 0.006"(0.015cm)。假定在所述鳍片与所述工艺通道壁之间不存在任何接触阻力。所述工艺通道壁的厚度为 0.02"(0.05cm) 并且由不锈钢制成。

[0283] 所述工艺通道含有一定量的 Co 催化剂并且在第一实施例中进行描述。催化剂床的孔隙率大概为 0.4 并且有效导热性大概为 0.3W/m-K。催化剂装载为 1060kg/m³。

[0284] 将复杂 FT 反应建模为具有 6 个体积反应的一个简化的反应网络(参见表 5)。速率表达式中的参数(表 6) 使用实验室规模 FT 反应器中的催化剂测试数据来倒推。

[0285] 表 5FT 反应及动力学

ID	反应	速率表达式
1	$3H_2 + CO \rightarrow H_2O + CH_4$	$R_{CH_4} = k_1 \exp(-E_1 / RT) C_{H_2}^1$
2	$5H_2 + 2CO \rightarrow 2H_2O + C_2H_6$	$R_{C_2H_6} = k_2 \exp(-E_2 / RT) C_{H_2}^1$
[0286]	3	$R_{C_3H_8} = k_3 \exp(-E_3 / RT) C_{H_2}^1$
	4	$R_{C_4H_{10}} = k_4 \exp(-E_4 / RT) C_{H_2}^1$
	5	$R_{CO_2} = k_5 \exp(-E_5 / RT) C_{CO} C_{H_2O}$
	6	$R_{FT} = \frac{k_o \exp(-E_o / RT) C_{H_2} C_{CO}}{1 + k_{ad} \exp(-E_{ad} / RT) C_{CO} F}$

[0287] 表 6 速率表达式中的参数

反应	k_i	E_i
以 kmol/kg-cat s 计的速率		J/kmol
1	2.509×10^9	1.30×10^8
2	3.469×10^7	1.25×10^8
3	1.480×10^7	1.20×10^8
4	1.264×10^7	1.20×10^8
5	2.470×10^7	1.20×10^8
6	3.165×10^4	8.0×10^7
	$k_{ad} = 63.5, E_{ad} = 8.0 \times 10^7 \text{ J/kmol}$	

[0289] 这里是 FT 反应器模型中所使用的操作条件,

[0290] ● 工艺通道壁上的温度 :230C

[0291] ● 催化剂床起点处的压力 :412psig (2840kPa)

[0292] ● 饲料中的 H₂/CO 比 :2. 1。

[0293] ● 饲料中的氮气稀释 :31. 3% (体积)

[0294] ● 将工艺饲料预加热到与在通道壁上相同的温度。

[0295] ● 0.04" (0.1cm) × 0.225" (0.563cm) × 23" (57.5cm) 的一个单元催化剂填装上的
馈送流率 :1197SCCM。基于催化剂体积计算出的接触时间为 0.17 秒。[0296] 在图 20 中示出根据反应器长度而定的催化剂床的预期温度。沿催化剂床的中心
对所述温度进行取样, 以使得曲线的峰值代表所述催化剂床的最高温度。在这种情况下, 其
为 239C 并且被定位在离催化剂床起点的短距离处。CO 转化计划为 76.0% 并且甲烷选择性
为 15.3%。

[0297] 情况 B :鳍片高度 0.5" (1.25cm)

[0298] 在微通道反应器中进行费托反应。反应器配置与情况 A 中的反应器类似。唯一的区别是：工艺通道和铜鳍片的高度为 0.5”(1.25cm)。可以预计，对于 0.5”(1.25cm) 的标称鳍片高度来说，起始鳍片高度的范围将在 0.501”(1.253cm) 与 0.052”(0.13cm) 之间，在紧挨标称 0.5”(1.25cm) 高的测杆或边条或 p 条放置时，其优选范围为 0.504”(1.26cm) 至 0.510”(1.275cm)。

[0299] 在这个实施例中，除了馈送流率之外，操作条件是相同的，所述馈送流率根据总催化剂装载体积来按比例扩大，以便使相同的反应接触时间保持为 0.17 秒。所述流率为 2661SCCM。

[0300] 在这个实施例中使用相同的催化剂和动力学。催化剂床的特性也与情况 A 中的那些特性相同。

[0301] 在图 21 中示出根据反应器长度而定的催化剂床的预期温度。沿催化剂床的中心对所述温度进行取样，以使得曲线的峰值代表所述催化剂床的最高温度。在这种情况下，其为 246C 并且被定位在离催化剂床起点的短距离处。CO 转化计划为 81.9% 并且甲烷选择性为 17.0%。在操作上预计，由蒸汽侧压力驱动的操作温度可能略微降低到 226C 至 229C，以使得 CO 转化将小于约 76% 并且对应的选择性测量将预计略微小于所预测的 17%。总的来说，预期所述反应器仍在鳍片高度为 0.5”(1.25cm) 的热控制范围内。预期本发明的全焊接反应器可适应针对费托反应器的 0.5”(1.25cm) 的铜鳍片高度。到超高鳍片 (0.25”(0.625cm) 或更大) 的这个移动将不可能通过用于费托反应器或用于钎焊反应器的不锈钢鳍片来供应。来自钎焊反应器的超高鳍片将在高温和高荷载钎焊工艺期间经历相当大的压缩和塌陷。全焊接反应器平台的使用实现较有利的高鳍片和超高鳍片费托反应器。

[0302] 情况 C：鳍片高度 1”(2.5cm)

[0303] 在微通道反应器中进行费托反应。反应器配置与情况 A 中的反应器类似。唯一的区别是：工艺通道和铜鳍片的高度为 1.0”(2.5cm)。

[0304] 在这个实施例中，除了馈送流率之外，操作条件与以上描述的操作条件相同，所述馈送流率根据总催化剂装载体积按比例扩大，以便使相同的反应接触时间保持为 0.17 秒。所述流率为 5321SCCM。

[0305] 在这个实施例中使用相同的催化剂和动力学。催化剂床的特性也与情况 A 中的那些特性相同。

[0306] 在图 22 中示出根据反应器长度而定的催化剂床的预期温度。沿催化剂床的中心对所述温度进行取样，以使得曲线的峰值代表所述催化剂床的最高温度。在这种情况下，其高于 600C。在催化剂的量大概是情况 A 中 FT 反应器中的催化剂量的 4 倍时，穿过每个鳍片肋状物的总反应热量增加了相同的比例因子。在这个水平的反应热量下，即使铜肋状物内部的低传热阻力也变得至关重要。这可从中心到边缘的显著鳍片温度变化中看出。由于催化剂床的大型零件上的高温，CO 转化计划超过 90%，并且与较短鳍片高度的情况相比，甲烷选择性也显著更高。可以预计，对于这种类型的放热来说，FT 催化剂将很快失活，并且相应地，所述放热将在非常类似于燃烧雪茄的轴向位置上继续向下游移动。在 FT 催化剂烧尽后，总转化将较低（对于类似的流动、温度以及压力条件来说，每次少于 40%）并且对应的甲烷将较高（大于 10%）。

[0307] 上述实施例假设鳍片与壁的完美热接触以及在无阻断或低流动冷却剂通道时在

冷却剂侧上的完美的流动分布。可以预计,对于通过使用颗粒 FT 催化剂而实际制造的大规模反应器来说,稳健的鳍片高度优选小于 1.3cm(0.5 英寸),以便适应由于在操作期间在冷却剂侧上的潜在污垢而引起的制造缺陷或操作缺陷。

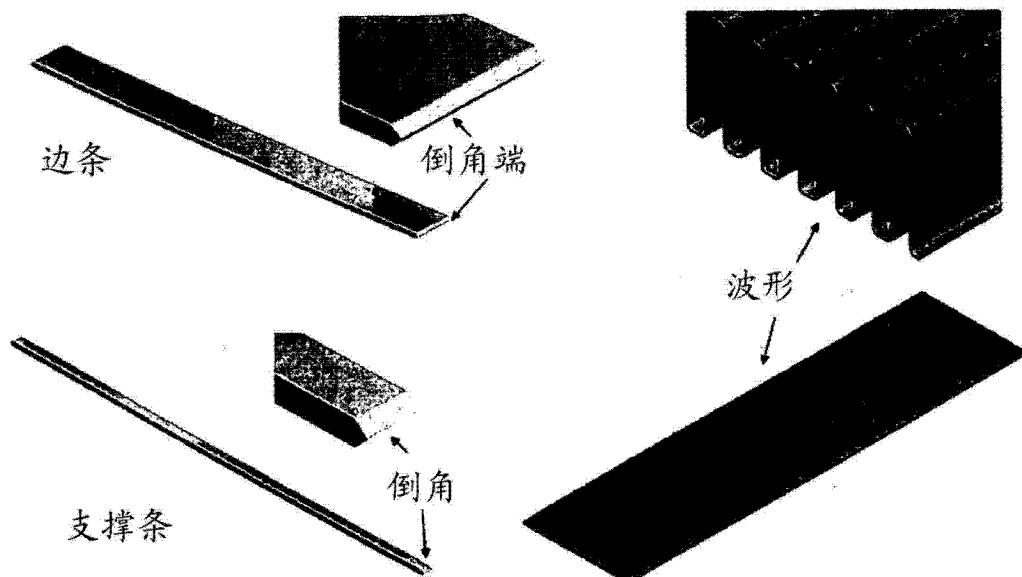


图 1

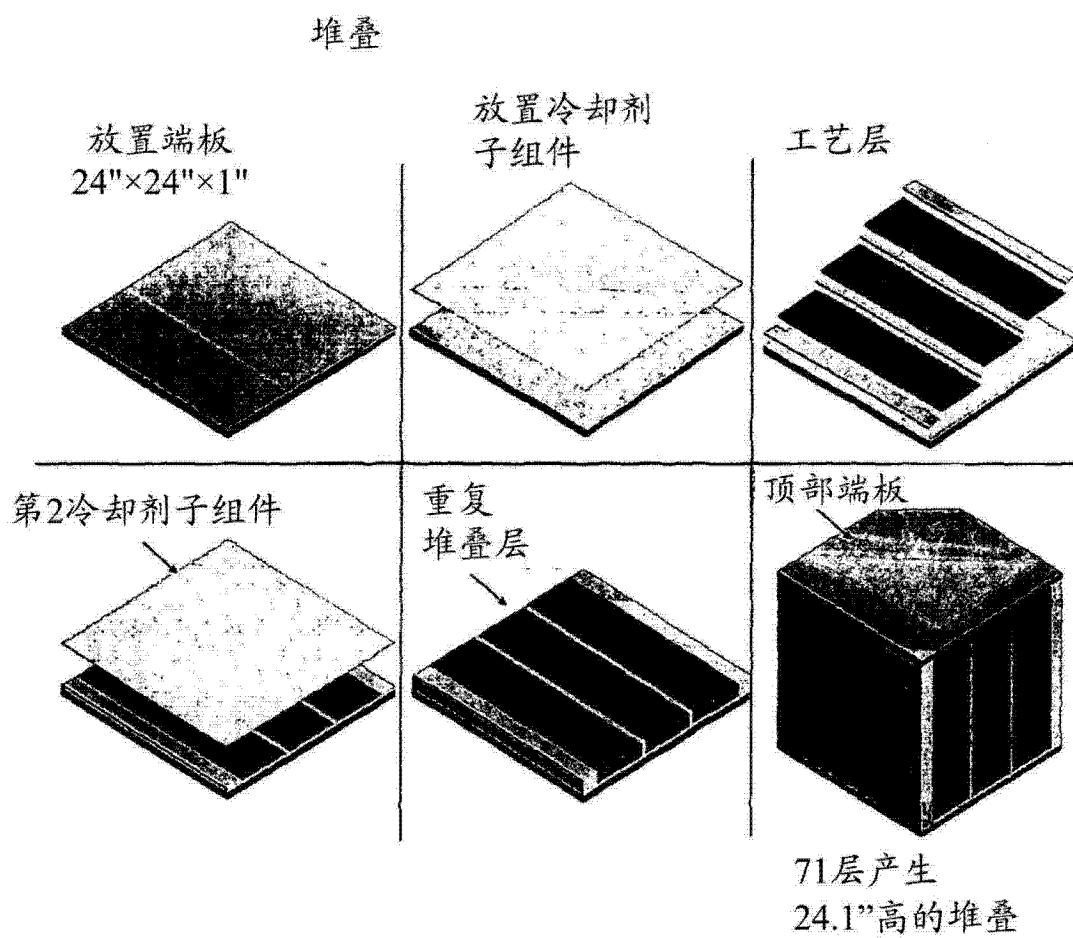


图 2

• 压缩

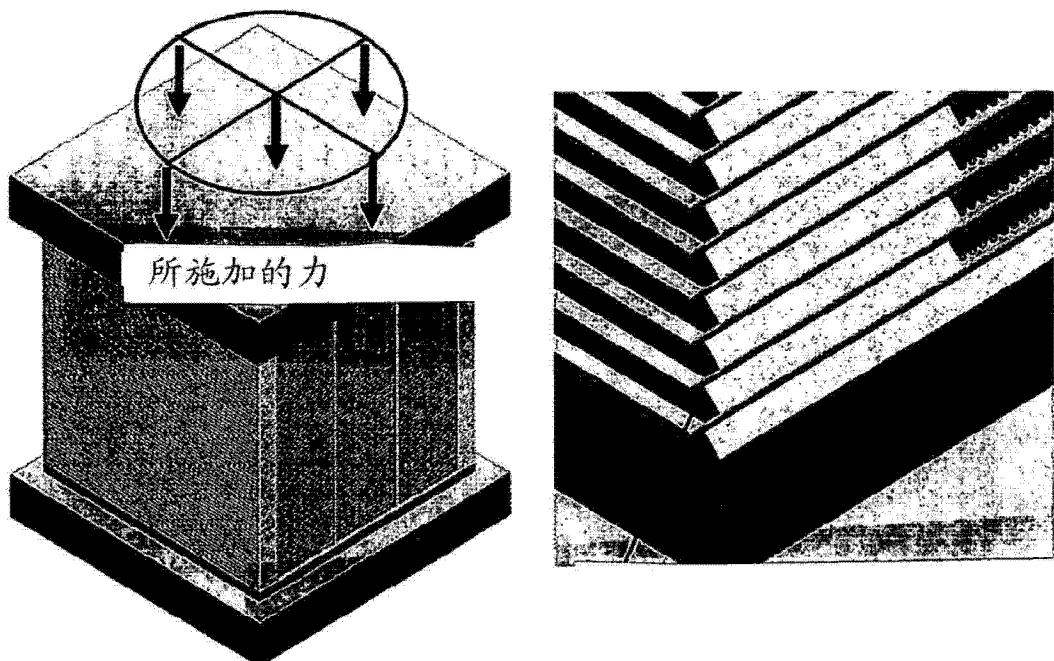


图 3

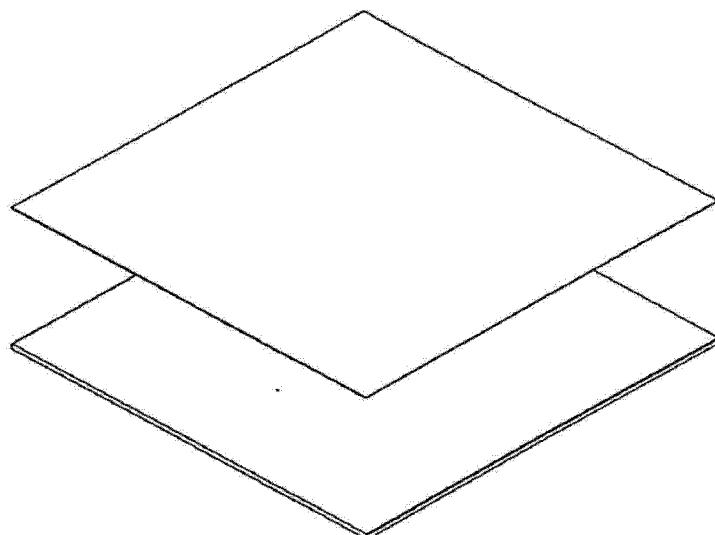


图 4A

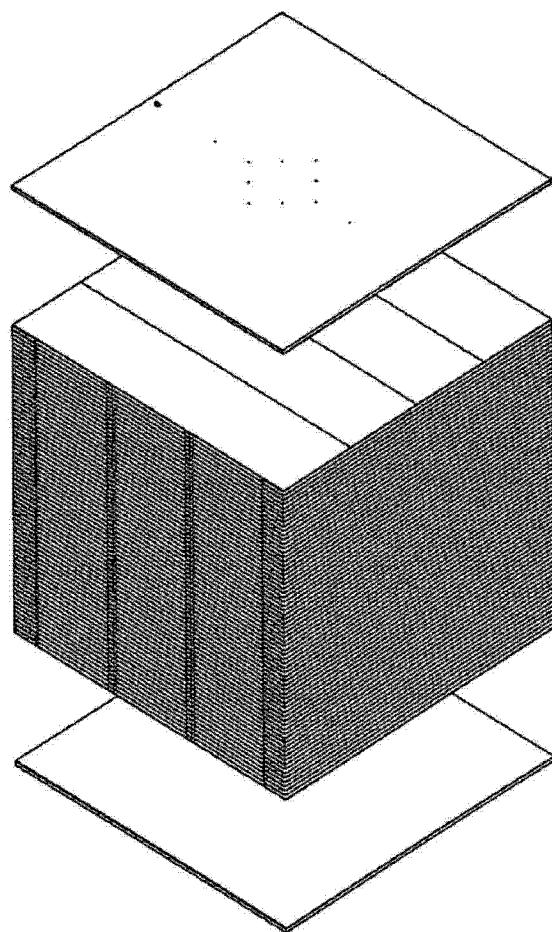


图 4B

• 焊接步骤3—晕环附接

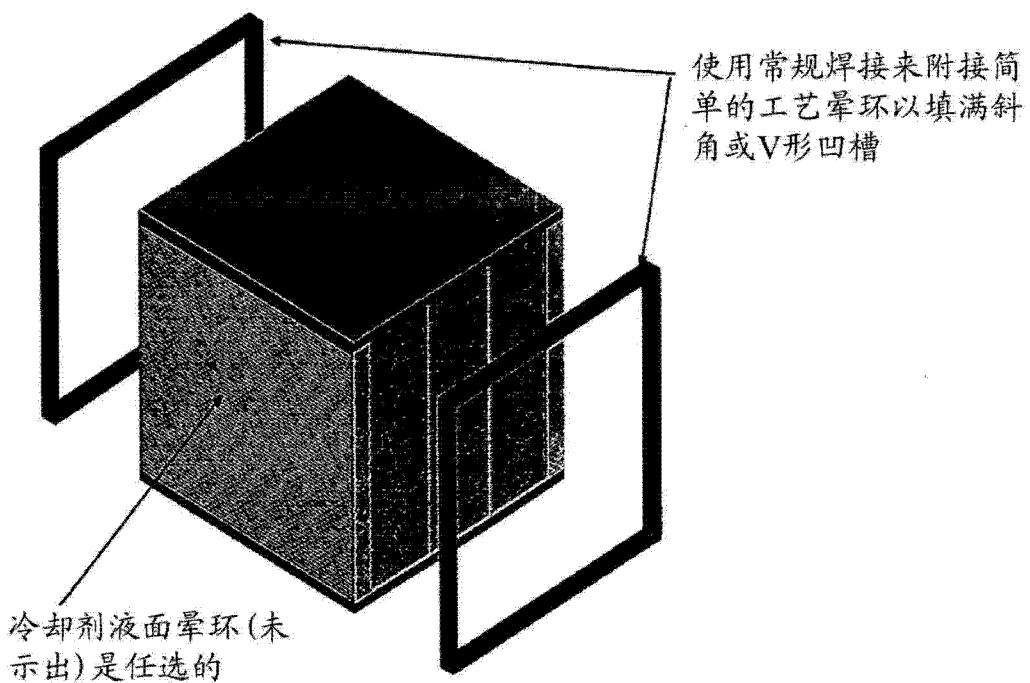


图 5

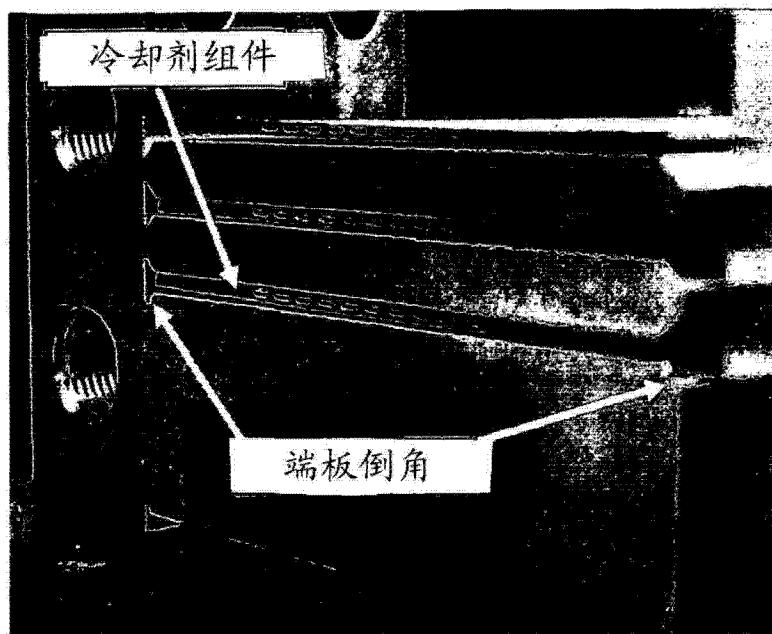


图 6

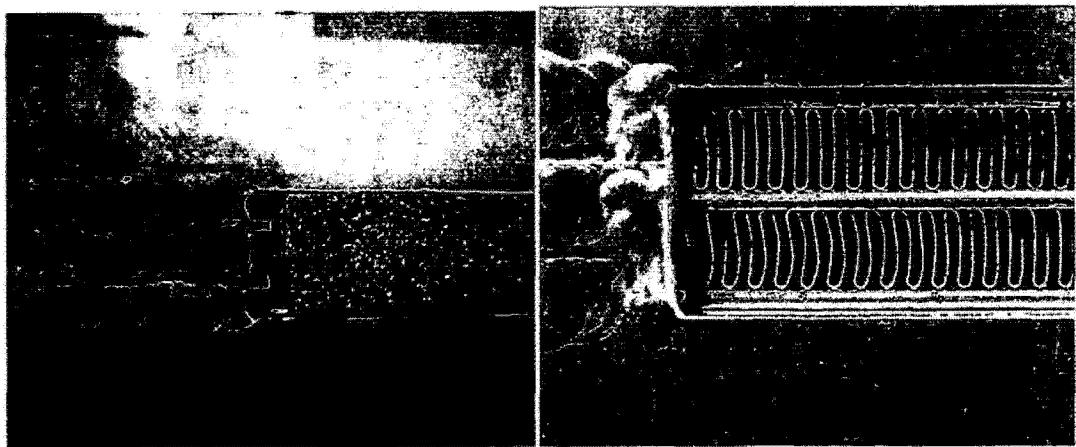


图 7

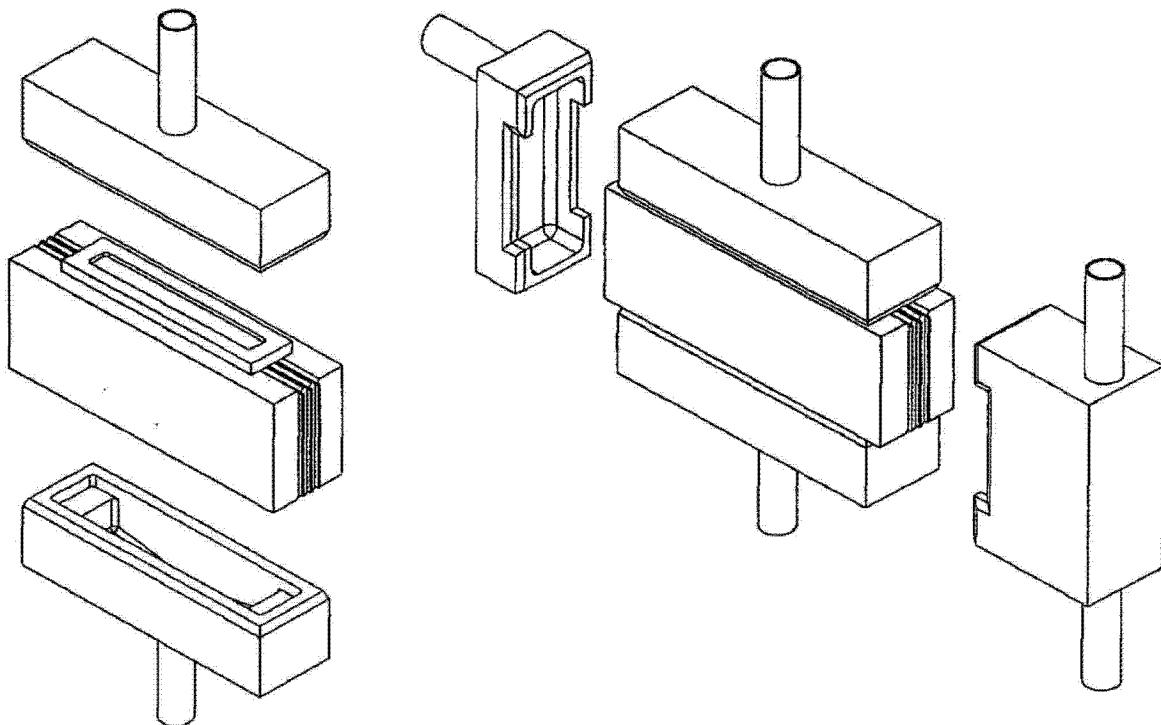


图 8

图 9

TPB—向局部沸腾的过渡

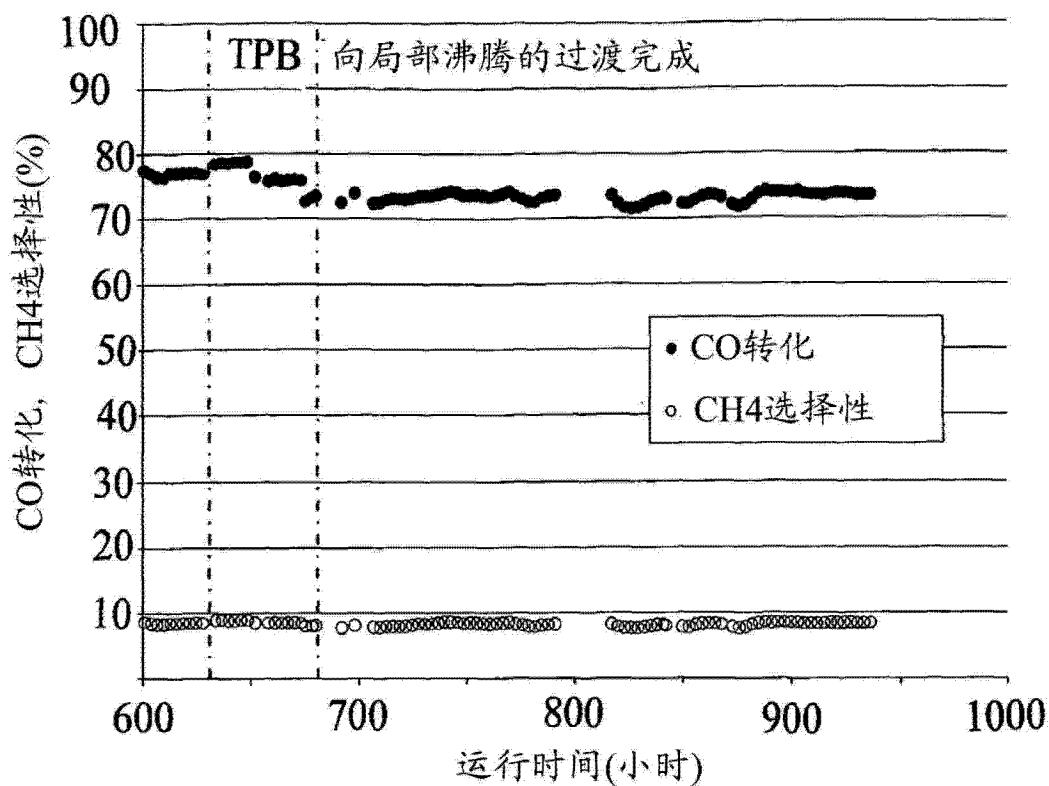


图 10

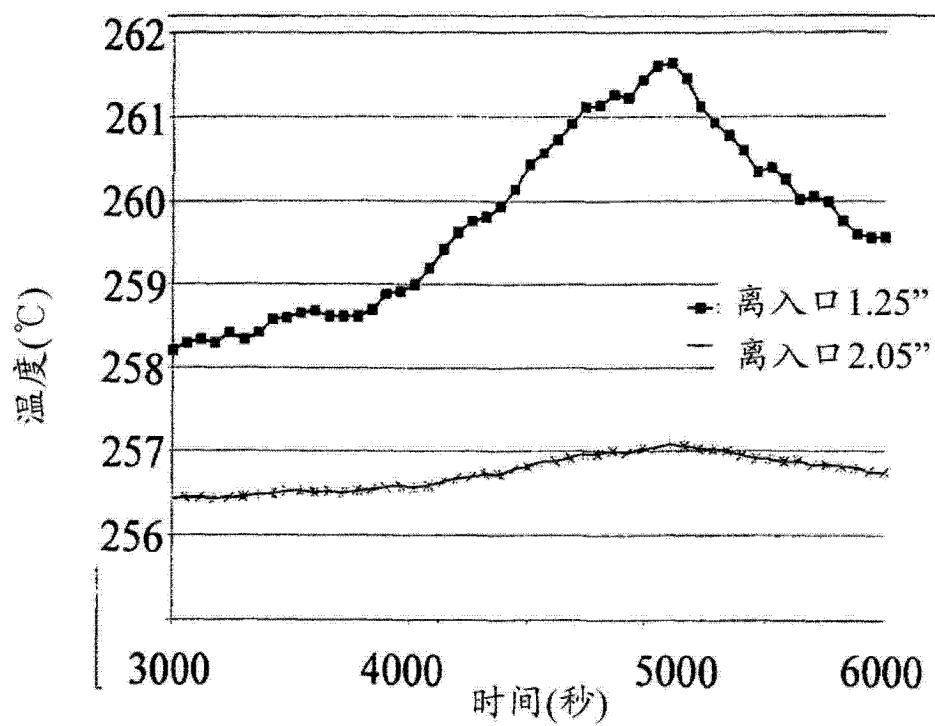


图 11

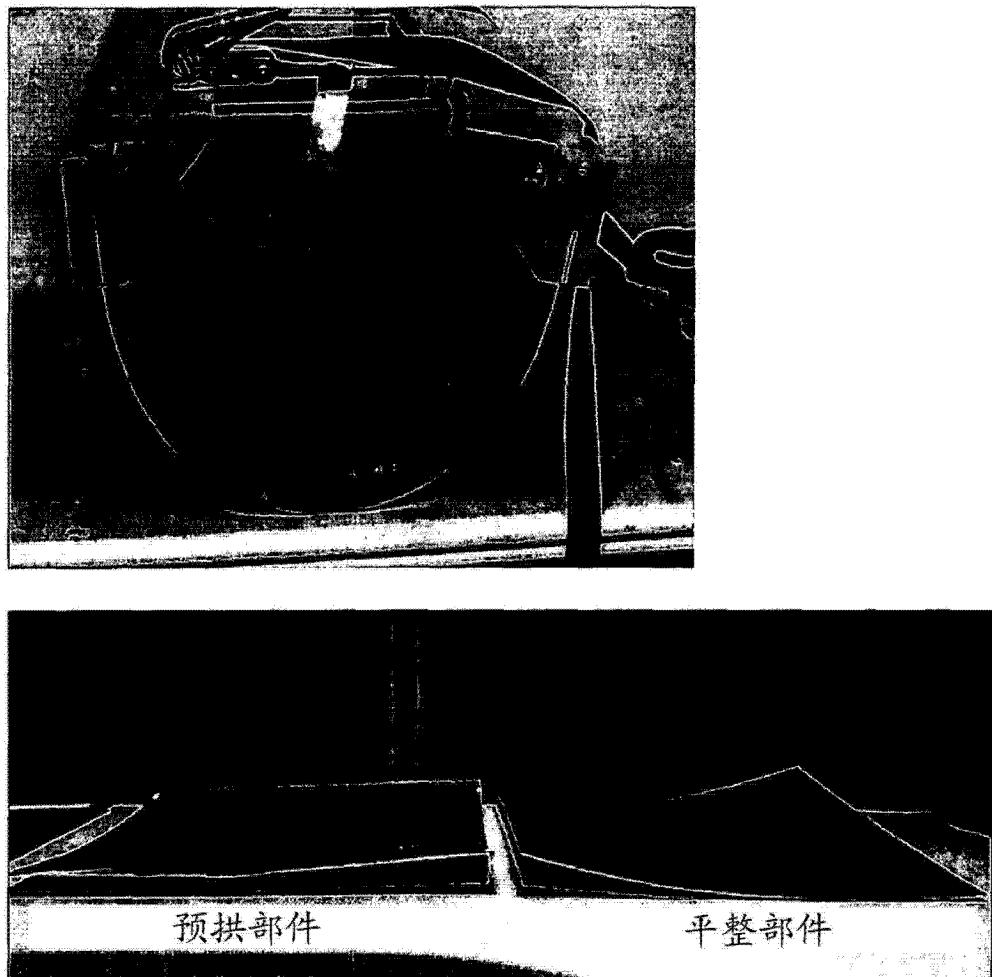


图 12

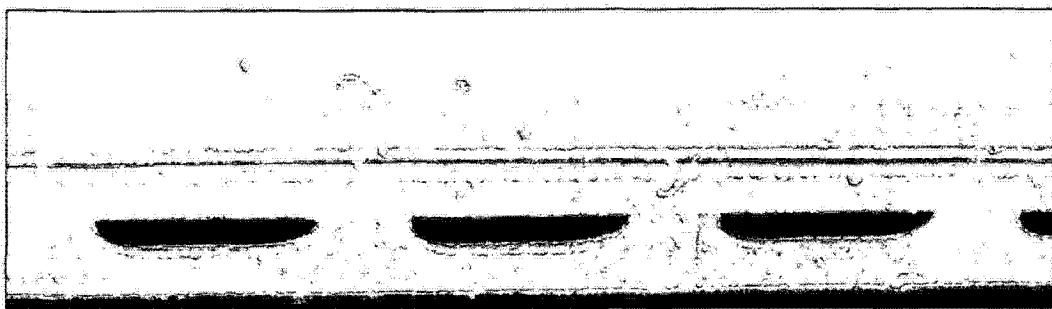


图 13

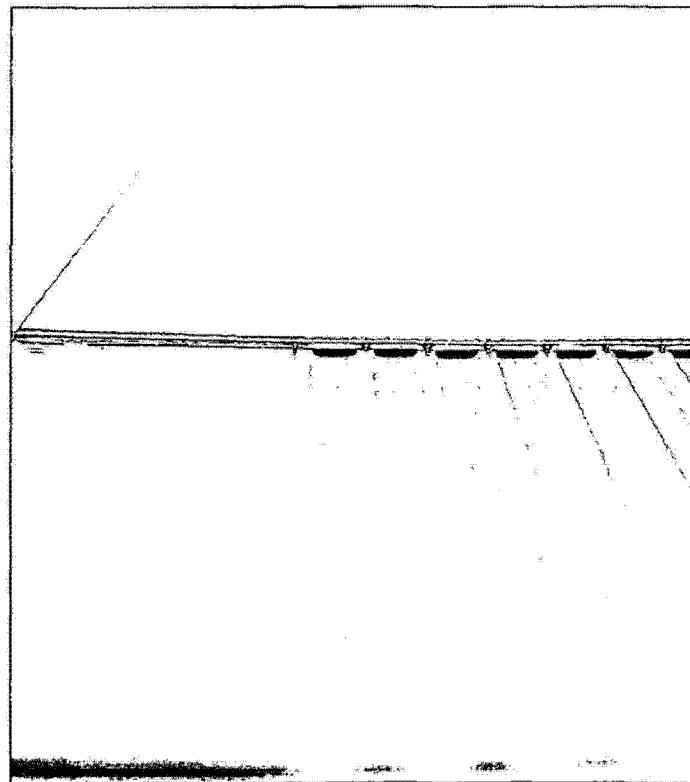


图 14

焊接到反应器上的外部
支撑件

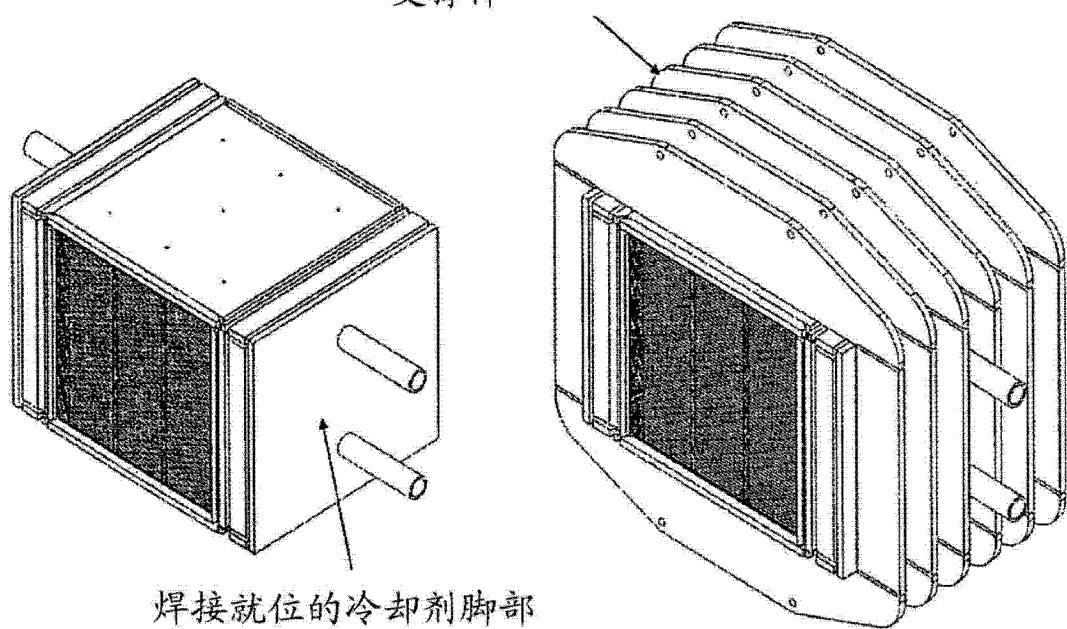


图 15

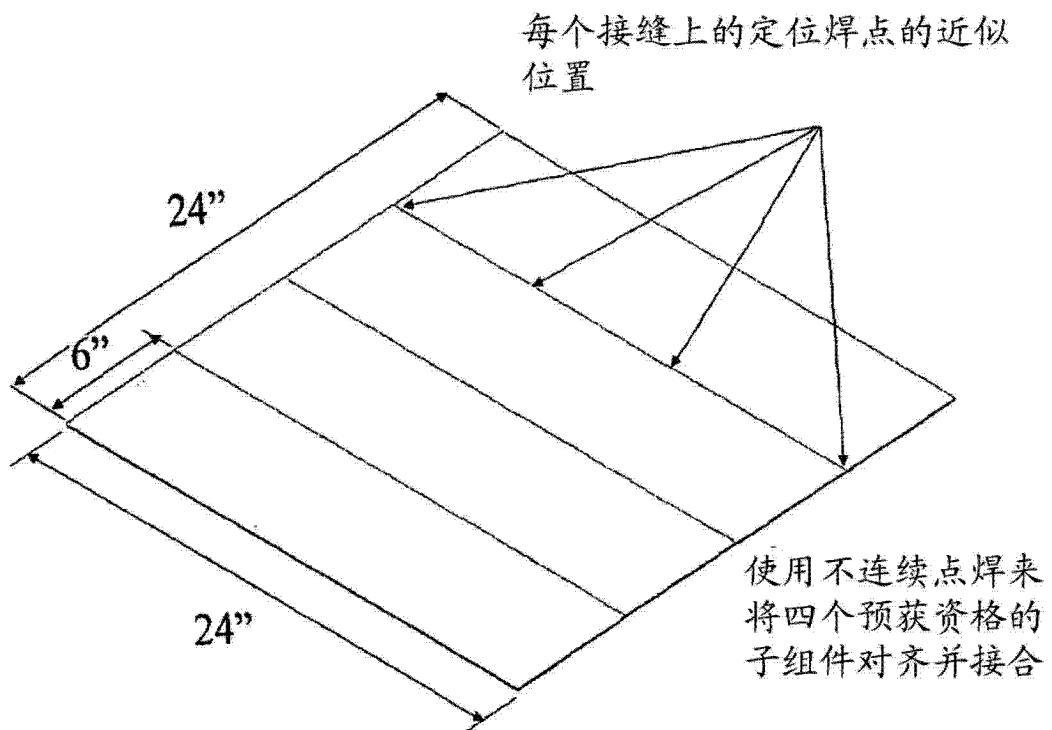


图 16

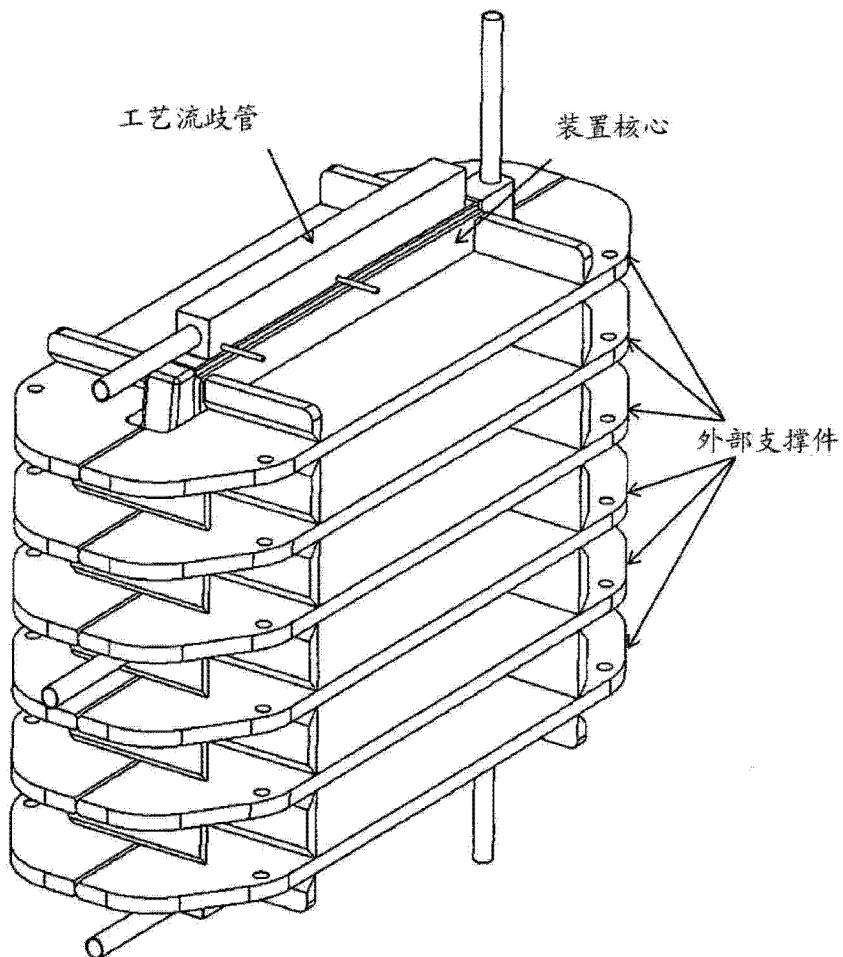


图 17

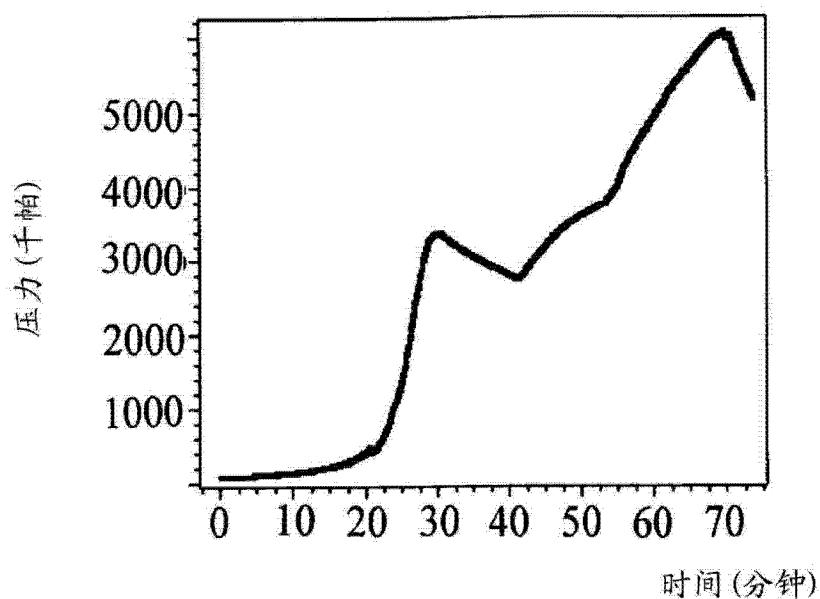


图 18

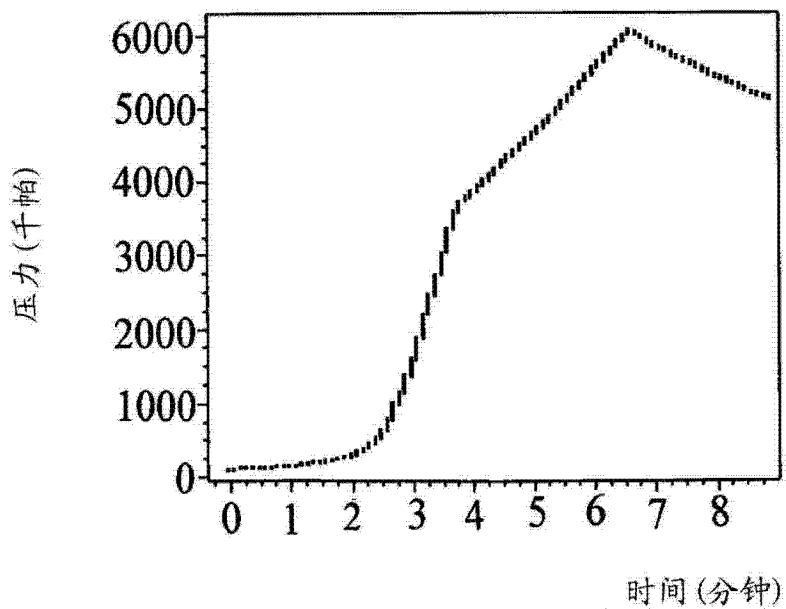


图 19

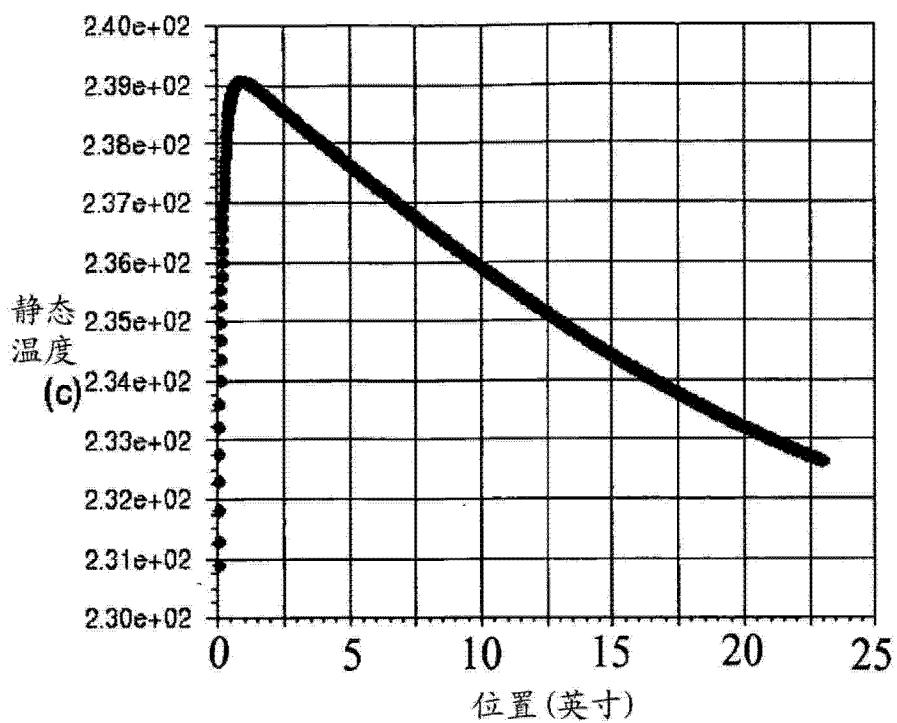


图 20

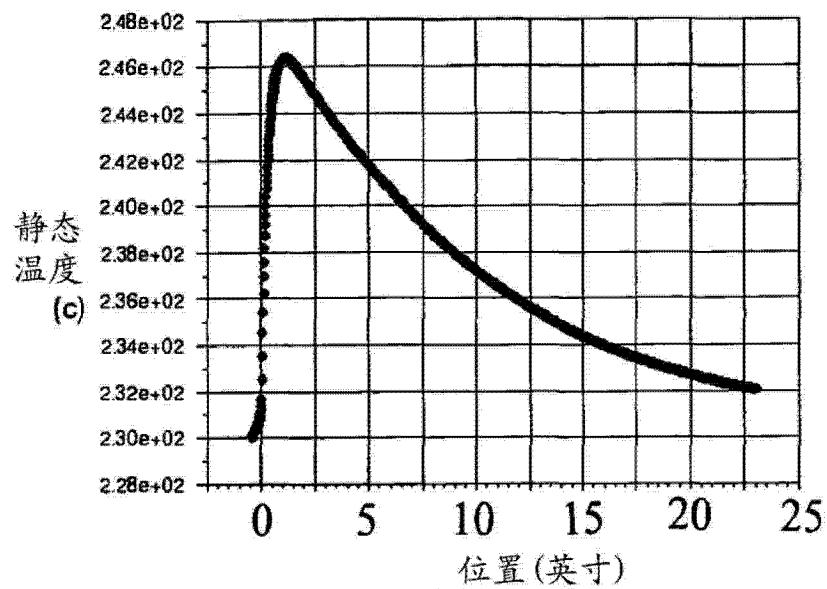


图 21

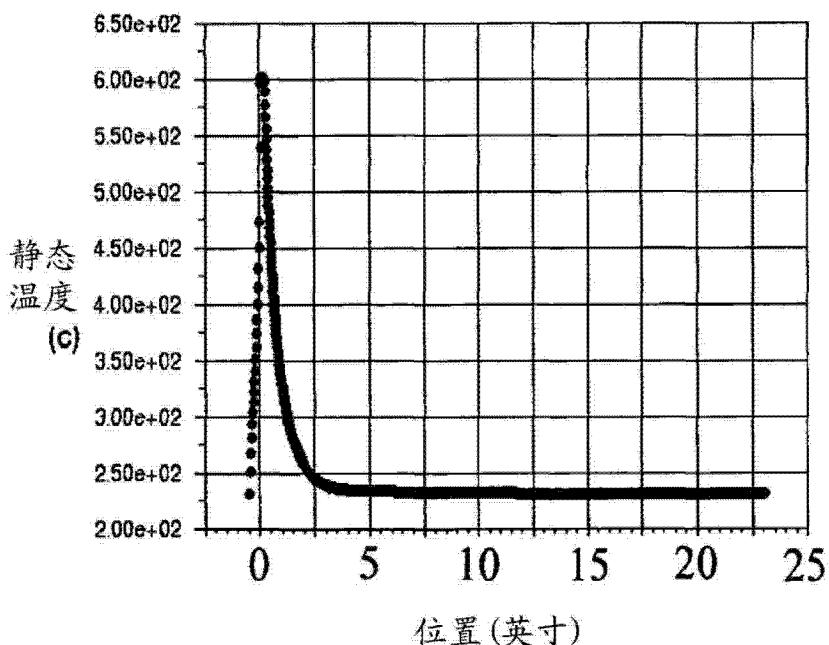


图 22