[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
F28D 1/06 (2006.01)
F28D 7/00 (2006.01)
F28D 7/02 (2006.01)
F28F 9/013 (2006.01)

[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 03821560.8

[45] 授权公告日 2009 年 1 月 7 日

[11] 授权公告号 CN 100449245C

[22] 申请日 2003.8.8 [21] 申请号 03821560.8

[30] 优先权

[32] 2002. 8. 9 [33] GB [31] 0218442.2

[32] 2002. 8.20 [33] GB [31] 0219372.0

[32] 2002. 8.30 [33] GB [31] 0220159.8

[86] 国际申请 PCT/EP2003/008942 2003.8.8

[87] 国际公布 WO2004/017007 英 2004.2.26

[85] 进入国家阶段日期 2005.3.11

[73] 专利权人 阿什莫里斯有限公司

地址 英国赫特福德郡

[72] 发明人 R·阿什 D·莫里斯

[56] 参考文献

GB273306A 1927.11.10

GB424063A 1935.2.14

GB835297A 1960.5.18

CN1160846A 1997.10.1

US3357408A 1967.12.12

CN1182201A 1998.5.20

CN1180829A 1998.5.6

审查员 姜 松

[74] 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利商标事务所

代理人 郑修哲

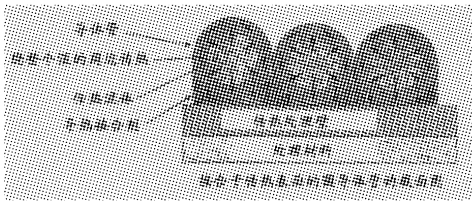
权利要求书 2 页 说明书 24 页 附图 11 页

[54] 发明名称

容积减少了的热交换器

[57] 摘要

本发明提供一种把传热流体输送到传热处理表面的热交换器，所述热交换器与处理流体接触，所述传热处理表面至少包括 5 根传热管，每根传热管的流动通道的横截面的面积小于 2000 平方毫米，所述传热流体穿过所述传热管的线速度从 0.5 到 20m.s^{-1}，适合于系统在设计负载运行时所述传热流体的温度变化至少为 1 摄氏度。 所述热交换器使物理和化学反应中的温度测定与控制更精确。 本发明还提供一种传热系统，所述系统内传热流体流经的传热管安装于膨胀板上，所述膨胀板与传热表面接触并使传热管和传热表面由于温度和/或压力变化而产生温度变化时能独自移动。



1 一种把传热流体输送到与被加热或冷却的气体、液体或固体接触的传热处理表面的热交换器，所述传热处理表面的传热流体至少用5根传热管输送，每根传热管的流动通道横截面面积小于2000平方毫米，其中传热流体流经传热管的线速度为0.5到20m.s^{-1}并适于在热交换器以设计热负载运行时传热流体的温度变化至少1摄氏度。

2 根据权利要求1的热交换器，其特征在于所述传热流体穿过热交换器所用时间的秒数不大于所述传热处理表面长度米数的两倍。

3 根据权利要求1或2的热交换器，其特征在于所述传热管的流动通道横截面面积小于180平方毫米。

4 根据权利要求1或2的热交换器，其特征在于所述热交换器内被加热或冷却的气体、液体或固体的总量少于1000升。

5 根据权利要求1或2的热交换器，其特征在于，对于液冷系统，热交换器在满设计负载运行时流经传热管的传热流体的线速度在0.5到5 m.s^{-1}之间，对于气冷系统，在热交换器在满设计负载运行时流经传热管的传热流体的线速度在2到20 m.s^{-1}之间。

6 根据权利要求1或2的热交换器，其特征在于传热流体流动于各个互相分开的、不与被加热或冷却的气体、液体或固体接触的传热管内，所述传热管粘合、熔合或焊接于对被加热或冷却的气体、液体或固体起容器屏障作用的传热处理表面上。

7 根据权利要求1或2的热交换器，其特征在于传热管用夹子、弹簧、线或管的自然形状固定于对被加热或冷却的气体、液体或固体起容器屏障的传热处理表面上，在所述传热管与对被加热或冷却的气体、液体或固体起容器屏障的传热处理表面之间有一层软导热材料，所述软导热材料为导热膏、流体、导热毛、导热纤维垫这些材料中的一种或这些材料的混合物。

8 根据权利要求1或2的热交换器，其特征在于传热管安装于膨胀板上，使传热管能相对于被加热或冷却的气体、液体或固体起容器

屏障作用的传热处理表面独自移动。

9 根据权利要求 1 或 2 的热交换器，其特征在于各个输送传热流体的传热管上有阀或限流装置。

10 根据权利要求 1 或 2 的热交换器，其特征在于所述的热交换器使用面积可变的传热处理表面。

11 根据权利要求 1 或 2 的热交换器，其特征在于传热流体在热交换器中的存留时间少于 6 秒。

12 一种通过传热表面在被加热或冷却的气体、液体或固体与传热流体之间传热的传热系统，传热流体流动于各个互相分开的、不与被加热或冷却的气体、液体或固体接触的传热管内，所述传热管粘合、熔合或焊接于对被加热或冷却的气体、液体或固体起容器屏障作用的传热表面上，传热表面与被加热或冷却的气体、液体或固体接触；传热流体用至少 5 根传热管输送，所述传热管的流动通道的横截面面积小于 2000 平方毫米；传热流体穿过所述传热管的线速度为 0.5 到 20 $m.s^{-1}$ 并适合于在系统在满设计负载运行时传热流体的温度变化至少 1 摄氏度。

13 一种通过传热表面在被加热或冷却的气体、液体或固体与传热流体之间传热的传热系统，传热流体流动于各个互相分开的、不与被加热或冷却的气体、液体或固体接触的传热管内，所述传热管用夹子、弹簧、线或管的自然形状固定于对被加热或冷却的气体、液体或固体起屏障的传热表面上；在所述传热管与对被加热或冷却的气体、液体或固体起固体屏障的传热表面之间的间隙用软导热材料填充，所述软导热材料为导热膏、流体、导热毛、导热纤维垫这些材料中的一种或这些材料的混合物，传热表面与被加热或冷却的气体、液体或固体接触；传热流体用至少 5 根传热管输送，所述传热管的流动通道的横截面面积小于 2000 平方毫米；传热流体穿过所述传热管的线速度为 0.5 到 20 $m.s^{-1}$ 并适合于在系统在满设计负载运行时传热流体的温度变化至少 1 摄氏度。

容积减少了的热交换器

技术领域

本发明涉及热交换器的改进或与其改进相关的问题。

背景技术

热交换器用于气体、液体和固体的加热或散热。热交换器有各种不同的结构和用途，但本发明涉及的是其加热或冷却流体在位于被加热或散热的材料内或其附近的管道内流动的那些种类。而特别关注的则是其传热流体流经某些形式的套、螺旋管或其它管子的热交换器。例如有内或外套、螺旋管或板的罐或管子。本发明也可以用于诸如反应器、反应热量计、发酵槽、细胞培养容器、挤压机、干燥器、混炼器、研磨机、过滤器之类的特定加工功能的许多种类的设备。

本发明所涉及的热交换器用于减少套、螺旋管或其它管子内的传热流体总量。在本文内称为容积减少了的热交换器。

用于传热或散热的气体或液体称为传热流体。所述传热流体可以是诸如 Syltherm XLT，Dowtherm J 之类的专利产品也可以是诸如水、甘醇或其它任何适合作传热流体的非专利流体。所述传热流体也可以是能冷凝或蒸发的气体或蒸汽。

被加热或冷却的材料称为处理材料。所述处理材料可以是液体、气体、粉料、固体或上述材料的混合物。把传热流体或传热流体管道与处理材料分开的表面或所述表面直接与处理材料接触的部分称为传热处理表面。管道内容纳的传热流体的容积可以称为保有量。不是传热表面的容纳传热流体的管子称为导体管。

一般的套式热交换器使用套（如图 1 所示）、外部半螺旋管（如图 2 和 4 所示）和内部螺旋管（如图 3 所示）。这些热交换系统是根据传热流体的紊流应尽量大才能使热的分布与传导好这一原理设计的。为了做

到这一点，需有过量的传热流体流过热交换器。

热交换器的一贯设计办法是使处理材料暴露于传热流体紊流的大容器或其若干大衬套后面的表面。而本发明则基于使用传热流体的许多薄膜或细管。根据本发明传热流体在其内流动的通道比较短，存留时间也比较短。

发明内容

这里说明的本发明的基本原理与在套（有时称为“帽贝式套”）上的螺栓或夹子的相似之处非常有限。本发明与之之间的重要差别是帽贝式套的传热能力受损害而本发明的传热能力得到很大加强。

能体现减少传热流体量原理的本发明可以使用不同的设计原则。使用更多更细的传热管把传热流体输送到传热处理表面（或者在使用内部管子、螺旋管或板的情况下直接输送到处理材料）。我们发现这些方法有许多好处。

我们发现这种减少传热流体量的结构通常（但并不总是如此）使用的是管道而不是螺旋管或套输送传热流体。另外，使用外部的套或管道可以使设计人员具有挑选容纳传热流体材料的自由。这样做的好处是不必把满载的管子或管道焊接到热交换器的表面上以保持（对传热流体的）良好容纳性能以及可以用许多方法联结，例如，可以使用胶、钎料、夹子或导向器。因此，无论处理材料是什么都可以使用像铜这样的导热性能好的材料把热传到传热处理表面。因为（输送传热流体的）管子很细又是用导热材料制造的，热可以从传热流体通过所述管子湿透了的周边有效地传导。导热输送管道的均匀分布可以使传热处理表面上的传热良好。因此，本发明使得热交换器制造起来更容易，这样制造出来的热交换器在许多方面都有更好的性能。

这里说明的设计方法可以运用于使用液体、气体或液体与气体混合物的传热流体的系统。然而特别是与使用液体或气体传热流体的系统有关。

因此，本发明提供了设计减少传热流体保有量的热交换器的方法；

传热流体的使用量少有以下优点:

—因为传热流体温度变化大,易于测定,可以更可靠地测定热平衡,这样就能提供有关释放或吸收热的任何操作的速度和过程的可靠而又准确的信息,传热流体内的热变化效应也降低;

—传热流体总量少,流程较短,流动可以更快,导致温度控制改善;

—这种传热流体量减少了的结构可以改善从传热流体到传热处理表面的热传导;

—由于使用许多细管子,可以改善传热流体的分布。

本发明一方面提供一种把传热流体输送到与被加热或冷却的气体、液体或固体接触的传热处理表面的热交换器,所述传热处理表面的传热流体至少用 5 根传热管输送,每根传热管的流动通道横截面面积小于 2000 平方毫米,其中传热流体流经传热管的线速度为 0.5 到 20$m.s^{-1}$并适于在热交换器以设计热负载运行时传热流体的温度变化至少 1 摄氏度。

本发明另一方面提供了一种通过传热表面在被加热或冷却的气体、液体或固体与传热流体之间传热的传热系统,传热流体流动于各个互相分开的、不与被加热或冷却的气体、液体或固体接触的传热管内,所述传热管粘合、熔合或焊接于对被加热或冷却的气体、液体或固体起容器屏障作用的传热表面上,传热表面与被加热或冷却的气体、液体或固体接触;传热流体用至少 5 根传热管输送,所述传热管的流动通道的横截面面积小于 2000 平方毫米;传热流体穿过所述传热管的线速度为 0.5 到 20 m.s-1 并适合于在系统在满设计负载运行时传热流体的温度变化至少 1 摄氏度。

本发明另一方面提供了一种通过传热表面在被加热或冷却的气体、液体或固体与传热流体之间传热的传热系统,传热流体流动于各个互相分开的、不与被加热或冷却的气体、液体或固体接触的传热管内,所述传热管用夹子、弹簧、线、管的自然形状固定于对被加热或冷却的气体、液体或固体起屏障的传热表面上;在所述传热管与对被加热或冷却的气体、液体或固体起固体屏障的传热表面之间的间隙用软导热材料填充,

所述软导热材料为导热膏、流体、导热毛、导热纤维垫这些材料中的一种或这些材料的混合物，传热表面与被加热或冷却的气体、液体或固体接触；传热流体用至少 5 根传热管输送，所述传热管的流动通道的横截面面积小于 2000 平方毫米；传热流体穿过所述传热管的线速度为 0.5 到 20 m.s-1 并适合于在系统在满设计负载运行时传热流体的温度变化至少 1 摄氏度。

附图说明

图 1 示出了一般的套式热交换器使用套；

图 2 和图 4 示出了外部半螺旋管；

图 3 示出了内部螺旋管；

图 5 示出的是两种流体之间的传热表面；

图 6 示出了容量减少了的套的传热结构；

图 7a 和 7b 示出了传热流体在输送过程中开始产生沟渠效应；图 8 示出了把传热表面分隔成若干互不相联的沟；

图 9 示出将多管道平行设置；

图 10 示出三种不同的形状的管；

图 11 和 12 示出了有圆形或长方形断面的单层导体管；

图 13 示出了导体管可以使用许多形状和组合的例子；

图 14 示出了导体管的内部造型加以变化以增加传热面积的例子；

图 15 示出了使用插入物的例子；

图 16 示出了使用一般的半螺旋管来把外部传热元件固定于传热处理表面的例子；

图 17 示出了在导体管的一侧使用结合材料的例子。

图 18 示出了夹紧结构；

图 19 示出的是用两部分安装的导体管结构；

图 20 示出的是膨胀板的例子；

图 21 示出了楔形、有凹槽的、有斜槽的导体管的膨胀板；

图 22 示出了开式造型的膨胀板的例子；

图 23 示出了传热元件材料在有槽的膨胀板上；

图 24 示出了图 23 的传热元件用金属带安装在处理容器上，固定带夹持膨胀元件靠在处理容器的表面上；

图 25 显示图 23 的传热元件在膨胀板独自膨胀的情况下是怎么能从其在图 24 内的位置移开的。

具体实施方式

本发明在第一实施例中提供一种把传热流体输送到与处理流体接触的传热处理表面的热交换器，其中，传热处理表面至少有 5 根输送传热流体的管子，各管子流体通道的横截面的面积小于 2000 平方毫米，传热流体流过所述管道的线速度为 0.5—20 米/秒，适合于在系统满负载运行时传热流体的温度变化至少为 1 摄氏度。

本发明在第二实施例中提供一种通过传热处理表面在处理流体与传热流体之间传热的方法，其中，传热处理表面至少有 5 根输送传热流体的管道，各管道流体通道的横截面面积小于 80 平方毫米，传热流体流过所述管道的线速度为 0.5—20 米/秒，系统满负载运行时传热流体的温度变化至少为 1 摄氏度。

按照优选方案，传热流体在所述管道内的存留时间比较短。我们的优选方案是存留时间按秒计算的数目不大于传热处理表面的长度按米计算的数目的两倍。

这种设计的要点可以归纳为以下几点：

—用许多细管把传热流体输送到传热处理表面。一般地说，一根细管的输送量不超过传热流体总量的 20%（在许多情况下，大大低于这一比率）。

—无需为了在传热流体与处理材料之间传热良好而使输送传热流体的管道内的紊流最大化。本发明的大多数容积减少了的热交换器运行时传热流体是在层流状态下流动的（虽然在有些情况下也可以是紊流）；

—在输送传热流体的管道内使紊流最大化不是使传热流体分布良好的设计要求；

—输送传热流体的管道或管子可以满载输送，所述管道或管子的材料可以完全不同于盛放处理材料的容器壁，特别是在传热元件是外部传热元件时，这样做在把半螺旋管用作外部传热元件时可以节省焊接所需的时间和金钱；

—使用外部传热元件的地方可以使用传热流体管道壁提高传热效率并保持加热或冷却均匀分布；

—在使用外部传热元件的情况下，容纳传热流体的管道的所有液体周边都用于向传热流体传热或者从传热流体向外传热；

—可以改变盛放传热流体的管道的形状以增加管道与传热流体之间的传热面积；

—各个传热元件在大小上可以做到，在最大加热或冷却负载下，传热流体能经受巨大的温度变化（典型地大于 1 摄氏度）同时能经受比较高的流动线速度（典型地为 0.5 到 5 米秒$^{-1}$），在许多情况下温度变化会大于 3 摄氏度。

在本发明的又一实施例中，使用的外部传热元件其材料不同于处理容器的材料，在设计上可允许因为传热处理表面和输送传热流体的管道的温度和/或压力变化，在结构上有不同的膨胀。因此，本发明提供的方法，由于不同的膨胀产生的应力问题可以用下面说明的导热膨胀板来解决。

PCT/EP02/09956 和 GB 2374 说明了面积可变热交换器的设计。所述专利说明的传热处理表面分隔为许多分开的元件。在决定各个传热元件的大小方面，传热流体流经传热元件的线速度和温度变化是重要的设计标准。这两个以前的专利，使用多元件面积可变的热交换器，与更有效地使用传热流体有关。还表明这些热交换器（还）有更精确的测热能力和更好的控温能力。

本发明利用多传热元件热交换器的原理减少交换器的载热材料保有量。因为结构的面积可以变化，传热流体的温度变化和速度的给定值就是设计要求。然而，不像以前的面积可变结构，本发明调整（处理材料与传热流体之间的）对数平均温差以控制温度。在本发明的结构中，

所有传热面积或传热面积的各大部分都有不断地流动的传热流体。在本发明的设计里，使用多传热元件的主要目的是传热良好，加热或冷却流体分布均匀，而传热流体保有量又少。

在非常小的热交换器方面，本发明的有些设计标准与传统的系统难以区分。例如，非常小的热交换器没有别的办法，传热流体通常都用层流。然而即使在非常小的热交换器，本发明的有些重要设计标准还是提高热交换器的性能。最重要的是把量减少了的传热流体的传热处理表面分开成为许多元件。

在大型热交换器方面，本发明与一般的设计之间的不同之处非常明显。虽然部分反应器使用多传热元件但使用的原因却不同。在有些现有系统中，使用多传热元件是为了使设备不同的部分分开加热或冷却。在其它情况下，把传热元件分开是为了减小传热流体的温度变化。在减少了流体量的设计中，一个设计目的正好与之相反。传热处理表面分开是为了传热流体温度变化比较大。

热交换器输出的热量根据下列公式决定：

$q=U \cdot A \cdot LMTD$

式中，q=输出的热量（W）

U=传热系数（$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$）

A=传热面积（m^2）

LMTD=传热流体与处理材料之间的温差（K）

公式中的各项以及它们对热交换器设计的意义在下面探讨。

传热系数（U）限定传热流体与处理材料之间传热的难易程度。

图 5 示出的是两种流体之间的传热表面。为了传热良好，图 5 中的传热表面（X_b）应尽量薄并且传导率高。可是实际上壁厚和材料的选择通常受制于保持足够机械强度与抵御化学侵蚀的需要。

界面层位于传热流体与管道之间和处理材料与传热表面之间的界面。在界面层内实际上不发生对流，热只能传导。界面层（图 5 的 X_{HTF} 和 X_P）的厚度随着各自流体的紊流增加而减薄。界面层薄减少热阻。一般地说，大型热交换器会使紊流增强，以减少界面层的厚度。

可以传导的热与可用传热表面的面积（A）成正比。表面的皱折增加传热面积，但在许多情况下使用范围有限。容易清洁与避免停滞区是设计上的重要考虑事项。可是在某些情况下，可以使用有限型面（例如，波纹和凸缘）以增加传热面积（这也有助于增强紊流）。

可传导的热量与处理材料跟传热流体之间的温差成正比。各相关材料之间温差的平均值称为对数平均温差（LMTD）。对数平均温差的变化用作固定面积热交换器的温控参数，而诸如 PCT/EPO2/09956 和 GB2374948 号专利说明的可变面积热交换器，对数平均温差可以基本保持不变。

在一般的热交换器中，套装容器的大小和形状大多决定于诸如产品容量需要、处理材料内的均匀搅拌的要求、处理材料内的速度控制和易于清洁之类的功能需求。由于这些原因，许多热交换器内部形状比较简单。传热表面常常围绕容器的外表面形成。在某些情况下可以安装一个或几个内螺旋管或一块或几块板。

设计人员竭力通过提高传热系数使传热能力最大化。在一般的大型热交换器，这一目的是通过使紊流最大化达到的。使系统紊流的措施与下面的雷诺数有关：

$$Re=p \cdot v \cdot d/\mu$$

其中，Re=雷诺数（无量纲）

p=流体密度（$kg \cdot m^{-3}$）

v=流速（$m \cdot s^{-1}$）

μ=滞度（$N \cdot s \cdot m^{-2}$）

一般地说，流体在雷诺数为 2000 左右时从层流转为紊流状况。大于 2000 紊流随着雷诺数的增加而加强，界面层随着紊流的加强而变薄，因而热阻减少。一般的大型热交换器通过加快流速增强紊流。在套装系统的情况下，紊流是通过向套内高速注入传热流体或用紊流器增强的。在螺旋管或管子的情况下，传热流体用泵高速泵动。

而本发明则以传热流体温度的适当降低而又把流速保持于可接受的高水平的方法使传热流体的量减少了。大型系统（基于传热流体温度

上升 5 摄氏度，额定传热能力每根传热管大于 3kW）通常减少紊流，且雷诺数小于 10，000。中型系统（基于传热流体温度上升 5 摄氏度，额定传热能力每根传热管为 0.1 到 3kW）雷诺数通常小于 2000。小型系统（基于传热流体温度上升 5 摄氏度，额定传热能力每根传热管道小于 0.1kW）雷诺数通常小于 500. 可是必须认识到，也可以有不同于上述典型值的系统，特别是在使用大压降通过传热管的情况下。然而，一般地说，优选方案是传热流体的压降不过分（ >2 巴）。然而，根据传热元件是穿过处理材料还是围绕其外表面，在设计上有不同的需考虑的问题。下面分别考虑这两种情况。

有外部传热元件的传热流体减少了的系统

传热流体带走的热量可以用下面的公式计算。

$q=mCp(t_{si}-t_{so})$

式中，q=热交换器的传热能力（W）

m=传热流体的质量流量（$kg \cdot s^{-1}$）

Cp=传热流体的比热（$j \cdot kg^{-1} \cdot k^{-1}$）

$t_{si}-t_{so}$ =传热流体的温度变化（k）

其中，t_{sl}是进入热交换器的传热流体温度，t_{so}是离开热交换器的传热流体温度。

在本发明的传热流体减少了的系统里，传热流体的线速度和温差是关键的设计参数。按照优选方案，传热流体的速度和温差（$t_{sl}-t_{so}$）在合理实际的范围内尽量大。另外，按照优选方案，要使用可以接受的最低设计热负载。由这些目的产生的设计上要考虑的部分问题在下面考虑。

须考虑的问题 1　设计热负载（q_{des}）

设计热负载的根据是控温过程的额定最大热负载。如果设备用于多种目的，设计热负载的根据则是热负载最大的处理作业的额定最大热负载。例如，生物处理的最大热负载小于化学处理的最大热负载。在有些情况下，设计热负载可能基于应急情况。应该注意，有些系统可以根据可能比系统平稳状态下最大冷却能力大的短时热负载峰值设计。在这种情况下，设计供热能力比最大处理供热能力小可能是有益的，因为这样

所需的传热流体总量少些。设计热负载称为 q_{des}。

选定比最大热负载绝对值还要大一些的设计热负载比较好。这种增加的安全量可以防备计算错误或没有预见到的运行情况。

须考虑的问题 2　传热流体温度上升（t_{si}-t_{so}）

应该考虑系统的运行条件和功率规定传热流体温度上升（t_{si}-t_{so}）的可以接受的最大值。

需要确定传热系数（U）。传热系数的值表示处理材料与传热流体之间传热的难易程度。传热系数可以用标准热交换理论计算，但从实验数据或历史数据中查取很容易。

需要确定热交换器的传热表面的额定面积（A）。为了说明起见，所述额定面积可以根据与处理材料接触的传热面积确定。应该注意，这并不是真正的传热面积，因为与传热流体接触的传热面积可能不同于与处理材料接触的传热面积。

因此，对数平均温差可以用 t_{si}-t_{so}，U 和 A 作如下计算。

$$q_{des}=U \cdot A \cdot LMTD_{des}$$

其中，q_{des}=最大处理热负载（W）

U=传热系数（$W \cdot m^{-2} \cdot k^{-1}$）

A=额定传热面积（m^2）

$LMTD_{des}$ =设计对数平均温差（k）

$LMTD_{des}$ 可以用于确定传热流体温度变化（t_{si}-t_{so}）的设计值。LMTD 是传热流体温度与处理温度之间的实际平均差并用下列公式计算：

$$LMTD=[(t_p-t_{si})-(t_p-t_{so})]/\ln[(t_p-t_{si})/(t_p-t_{so})]$$

如图 6 所示，其中，t_p =处理温度并且一般是固定的

t_{si} =传热流体进入时的温度

t_{so} =传热流体退出时的温度

通过测试 t_p-t_{si} 的不同值，可以发现，t_{si}-t_{so} 的比较值计算出来时就会产生设计对数平均温差 $LMTD_{des}$。进行这种评估时需要考虑以下因素：

—t_{si} 的值不得高到引起损坏或引起处理材料有害的沸腾。t_{si} 必须落

在系统的设计性能以内。

—t_{si}的值不得低到引起损坏或引起处理材料有害的凝固。t_{si}必须落在系统的设计性能以内。

—t_{si}-t_{so}的值高了会降低最大传热能力但会提高精确测定热平衡的能力。

—t_{si}-t_{so}的值低了则需要更多的泵能以使传热流体通过热交换器。

我们认为t_{si}-t_{so}在0.1摄氏度到1000摄氏度的范围内比较好。然而，t_{si}-t_{so}的更标准的设计范围是在1摄氏度与20摄氏度之间，在3摄氏度与20摄氏度之间较好，在3摄氏度与15摄氏度之间更好。

t_{si}-t_{so}的设计值可能根据其它标准决定。例如，设计人员可能需要测定工作中系统的热平衡。如果有测量误差为±0.1摄氏度的温度测量装置，根据这样会使温度测量精度为±2%，可以把t_{si}-t_{so}的值选定为5摄氏度。

因此，作为另一实施例，本发明把在热交换器使用的传热处理流体的预定t_{si}-t_{so}用于设计热交换器以便减少热交换器中保持的传热流体量。

在优选系统中，传热流体的保有量减少到根据热交换器性质决定的可接受的最小量。

须考虑的问题3　传热流体流动速率（m）

决定了设计热负载（q_{des}）和传热流体的设计温度变化（t_{si}-t_{so}）后可以根据下列公式计算所需最大负载下的传热流体流动速率。

$$m= q_{des} /[Cp（t_{si}-t_{so}）]$$

其中，q_{des}=设计热负载

m=传热流体的质量流量（$kg \cdot s^{-1}$）

Cp=传热流体的比热（$j \cdot kg^{-1} \cdot k^{-1}$）

t_{si}-t_{so}=传热流体的温度变化（k）

传热流体的质量流量（m）可以用作决定传热元件尺寸的因素之一。可是，这实际上并不是一个固定值，因为它可以根据传热流体穿过传热元件的速度加快或减慢而变化。变化传热流体的速度（和温度）的能力是有用的，它可以使设备操作人员具有围绕中心设计值改变热交换器性

能的自由。

作为另一实施例，本发明把热交换器使用预定的传热流体的线速度用于热交换器以便设计把热交换器内的传热流体保有量减少到可接受的最少量。

在一个优选系统中，传热流体的保有量减少到根据热交换器决定的可接受的最小量。

须考虑的问题 4　传热元件的数量（n）

本发明的基本目的是把热交换器内的传热流体的量减少到最低限度。也希望最大限度地利用可供使用的传热面积。围绕热交换器的传热流体层的厚度可以按下面计算：

无论什么时候，使用中的传热流体的量都是如下：

$v=m \cdot r/p$

式中，v=传热流体的总量（V）

m=传热流体的质量流量（$kg.s^{-1}$）

p=传热流体的浓度（$kg.m^{-3}$）

r=传热流体的存留时间（s）

存留时间（s）根据下面的关系计算：

$r=Z/v$

式中，r=传热流体的存留时间（s）

Z=传热流体的各个管道的总长度（m）

v=传热流体的速度（$m.s^{-1}$）

虽然 Z 和 v 有可能要用各种方法反复测试的方面，但常常也可运用简单的判定方法。例如，对于圆桶形容器，Z 常常是容器周长的简单倍数（周长的一半、一倍或两倍）以使制造简单。速度也可以定在比如 1 到 3 $m.s^{-1}$ 的范围内以便迅速作出控制温度的反应，不致高到引起过大的压降。

因此，传热流体层的厚度可以计算如下：

$W=V/A$

其中，W=传热流体层的厚度（m）

V=传热流体层的总量（m^3）

A=传热面积（m^2）

所谓传热面积是与处理材料接触的那一部分。减少传热流体的设计理念力求把传热流体减少到尽可能薄的流体层（W）。

设计出的传热流体量最少的系统的一个成果是围绕传热表面的传热流体层的厚度减薄了。然而，如果使用流体单薄层，流体会趋向于沟渠化而分布不均匀。由于流体层变薄，分布的问题随之产生，传热流体如图 7a 和 7b 所示在输送过程中开始产生沟渠效应。

解决沟渠化问题的办法是把传热表面分隔成如图 8 所示的若干互不相联的沟。优选地，这些沟的高与宽之比限制在一个不大于另一个的 5 倍，即，图 8 内所示的 L 不大于 W 的 5 倍。

在最小流量的设计的全管变型中，不与传热表面接触的管的侧壁也起导体作用，因而是 L:W 比率低的又一原因。在沟很细（截面面积小于 1 平方毫米）的或多细沟的系统里，内部尺寸的比率可以达到 10: 1（L: W 或 W: L），其中多管道则如图 9 所示平行设置，L 可以是 W 的 10 倍或以内。在这种情况下，W 的计算公式如下：

W=W1+W2+W3.....

项数决定于使用了多少个元件。

这种关系无论管的形状如何都适用，图 10 内示出三种不同的形状。

有各种各样的根据传热表面的形状和布局决定传热管数目的方法。在圆桶形容器（仅在桶侧有传热管）的情况下，各管绕桶一整匝，管子的理论最少数量为：

n_{min}=H/（L-Y）

式中，H=圆桶形容器的高（m）

L=传热流体层的厚度（m）

Y=传热流体管的壁厚（m）

这一设计过程只是一种表述并不是绝对的，也没有决定元件理想数目的绝对规则，因为选择的制造方法对元件的组装与运行有重大影响。然而，也有一些一般要考虑的问题：

—系统越大需要的元件越多。

—元件要足以覆盖与处理材料接触的传热表面的所有面积。

——一般地说，元件数目越多，传热流体分布越好，传热也越好。

—如果元件数过多，这些元件的单独的流动能力会下降到堵塞成为问题的程度。

系统使用的元件的数目可以从五个到几千不等。然而根据系统的大小，元件的数目一般在5—200之间，优选地系统有10到200个元件，10到100个元件更好，10—50个元件最好。

所述设计过程是说明性的，在设计过程中选择元件数目可能需要数番思索。

须考虑的问题5 传热元件截面（d）

（传热流体）线速度快是需要的，因为这会使得传热流体的保有量少。还可以改进温控反应时间。

确定线速度的设计值后可以根据下列公式计算流体流动截面积:

$a_e=m/[v \cdot p \cdot n]$

式中，a_e =流动通道的截面面积（m^2）

m=传热流体的质量流量（$kg \cdot s^{-1}$）

v=传热流体通过管道的线速度（$m \cdot s^{-1}$）

p=传热流体的浓度（$kg \cdot m^{-3}$）

n=使用的元件数目

如果传热元件是圆的，管子的内直径的计算公式为:

$d=[4\ a_e / (II)]^{1/2}$

式中，d=传热元件的内直径（m）

a_e =流动通道的截面面积（m^2）

实际上，输送传热流体的管子可以有许多不同的截面形状。

截面面积跟传热表面的大小和需要承载的热负载有关，然而此面积应该小于2000平方毫米，小于1300平方毫米较好，小于500平方毫米更好，小于80平方毫米最好，有些情况下则小于20平方毫米或者小于1平方毫米。

在液冷系统里，为了设计的目的可以使用 0.01 m. s^{-1} 与 10 m. s^{-1} 之间的线速度。实际上，非常低的速度并不理想，因为这样会使输送管道内传热流体保有量大。使用大容量也会增加温控反应时间，这是不理想的。非常高的速度也可能产生问题，因为以非常高的速度通过传热元件会产生高压降，这可以使泵送传热流体的泵负载过大。一般系统的设计线速度在 0.5 m. s^{-1} 与 5 m. s^{-1} 之间。在系统用气体加热或冷却的情况下，最大范围可能是从 0.1 m. s^{-1} 到 100 m. s^{-1}，但是一般范围是从 2 m. s^{-1} 到 20 m. s^{-1}。按照优选方案传热元件两端的压降不大于 10 巴，最好在 0.5 到 5 巴的范围内。

须考虑的问题 6　传热元件的长度（Z）

传热元件的截面面积确定后即可决定其最佳长度。每个传热元件都有最佳载热能力。如果元件过短，传热流体的加热/冷却能力就会利用不充分。如果传热元件过长，元件的载热能力与所覆盖的传热面积相对会显得不足。

每个传热元件的标准传热能力可以用下列公式计算：

$q_e=q_{des}/n$

其中，q_e =每个传热元件的标准传热能力（W）

q_{des} =系统的设计热负载（W）

n=使用的传热元件数目。

每个传热元件都要在传热表面覆盖一定的面积。这一面积用下列公式计算：

$A_e=q_e/U \cdot LMTD_{des}$

其中，A_e =传热元件覆盖的面积（m^2）

q_e =每个元件的额定传热能力（W）

U=传热系数（$W \cdot m^{-2} \cdot k^{-1}$）

$LMTD_{des}$ =设计对数平均温差（k）

可以大致把传热元件的标准宽度看作相邻两个传热元件的中心线之间的距离。元件的标准长度可以根据这一宽度按下列公式计算：

$z_e=A_e/w_e$

其中，z_e=每个传热元件的长度（m）

A_e=每个传热元件的标准传热面积（m^2）

w_e= 每个传热元件的标准宽度

传热元件的长度确定后就应该用一般的计算方法检验压降。如果压降过高，要用大一些的流动截面面积和/或不同的流动通道长度重复计算。这又可能导致选择不同的传热元件数量。这种计算过程可能要重复多次。在许多情况下，最好从把传热元件的标准长度作为设计标准之一开始。

以传热管为例，比较理想的是其最大有效通道长度小于传热表面长度的两倍，大约等于热交换器的传热表面的长度更理想。

在圆桶形容器的情况下，传热表面的长度为：

$p=\pi \cdot D$

式中，D=圆桶的直径

π=3.1416

p=热交换器的周长

据此可计算出最大存留时间：

$r=D/v$

式中，r=存留时间（s）

D=圆桶形容器的直径（m）

v=传热流体的线速度（$m.s^{-1}$）

根据优选的最小流速为 0.5 $m \cdot s^{-1}$，这限制了容积减少了的系统内传热流体的存留时间。因此，3 米直径只有一匝的圆桶形容器的最长存留时间大约为 19 秒，而流体速度为 0.5 $m.s^{-1}$。典型地，线速度比如为 2 $m.s^{-1}$ 的情况下，存留时间会短于 5 秒。容积减少了的热交换器内传热流体的存留时间根据系统的大小一般为 0.1 到 5 秒。非常小（1 升以下）和非常大（例如直径大于 5 米的圆桶形容器）的系统的存留时间可能长于或短于上述的典型值。传热管道一般设置得与选定的液平面平行。其它形状的容器，可以选择不同的平面以限定传热表面的长度。然而用于限定传热表面长度的平面必须有足够的长度以保证有效传热而不致使

传热管道的数目多到难以控制。在诸如窄管之类的情况下，管道可以用大于传热表面长度两倍的方法缠绕。

传热表面的长度根据使用的容器形状而不同。在圆桶形容器的情况下，传热表面的长度可能是圆桶的周长或高。在锥形体容器的情况下，所述长度可能是锥形体上部的周长。在长方体容器的情况下，所述长度是与管道接触的表面的长度。

传热流体的存留时间决定于系统的大小，但应该在 0.01 到 100 秒之间。在传热表面长度不大于 10 米的小系统里，按优选方案，存留时间短于 6 秒，短于 5 秒较好，短于 4 秒更好，短于 3 秒和在 0.01 到 6 秒的范围内是最优选的。

在这些情况下，需要对传热元件的不同横截面面积和内部型面进行测试以找出最佳液力设计。根据传热元件限定长度形成的设计可以简化结构。例如，假使各个元件绕圆桶半匝、1 匝或两匝，这种支管就更简洁。

须考虑的问题 7　其它计算问题

上述这套方法已经为了揭示重要的设计目的作了简化。实际上，为了效果好可以使用更精确的方法。例如，在所述方法中，假定了 U 的值以及面积是根据与处理材料接触的表面面积决定的。另一分析方法用下列公式计算，使用的是递增的办法：

$$1/UA=1/(h_{htf}-A_{htf})+L_c/(k_c-A_c)+L_p/(k_p-A_p)+1/(h_p-A_p)$$

式中，UA=每开尔文的公称的传热能力（$W.k^{-1}$）

h_{htf}=传热流体传热系数（$W\cdot m^{-2}\cdot k^{-1}$）

A_{htf}=管内壁的传热面积（m^2）

L_c=管壁的厚度（m）

k_c=管壁的导热系数（$W\cdot m^{-1}\cdot k^{-1}$）

A_c=管与处理壁之间的接触面积（m^2）

L_p=处理壁的厚度（m）

k_p=处理壁的导热系数（$W\cdot m^{-1}\cdot k^{-1}$）

A_p=处理壁的面积（m^2）

h_p =处理材料传热系数（$W \cdot m^{-2} \cdot k^{-1}$）

在前面的分析中，还假定壁厚是不变的。实际上，管壁的厚度（L_c）可以变化或扩大为了保证传热流体与处理材料之间的传热连续。图 11 和 12 内示出的是提供传热流体与处理材料之间良好连续性的示例。图 20 显示即使如下面说明的那样使用膨胀板时怎么做到这一点的。

设计容积减小了的系统可能是一个反复的过程，也许要采取一些折衷办法（例如，t_{si}-t_{so} 和流体的速度可能不理想）。因此，上面说明的方法的目的不在于提出明确的精确的设计办法，而是为了能进行设计提供足够的资料。为了解决问题设计人员可以使用许多技术；可是根本目的却是使热交换器的传热流体总量比一般的热交换器的一般容量少得多。

应该承认，有些系统并不要求测定热量，可以允许 t_{si}-t_{so} 的值比较高。然而，即使在这种情况下，值比一般热交换器使用的稍微高一点也是有益的，因为高一点也起减少热交换器内传热流体保有量的作用，而失去的传热能力却微不足道。运用减少容量的设计原理，可以获得快速的温度反应，制造方法也可以简单。

固定面积的热交换器，只在一套运行条件下运行良好。即使这样，本发明的设计也会使系统制造简单，一般地说，比大多数一般的热交换器更接近于最佳设计。

须考虑的问题 8　管道设计

在大多数一般热交换器里，使用过量传热流体以便流体的均匀置换和在整个传热管道内产生紊流。

在本发明的减少了容积的设计内，流体流动状况常常是层流，特别是小系统更是这样，使用一些不同的方法提高传热系数并保证加热或冷却流体分布均匀。

使用传热表面的最大可供利用的面积与处理材料接触是合乎需要的。传热管道在布局上要能保证传热表面的可供利用的面积得到恰当的覆盖。因此，优选方案是管道的形状和材料要使用能适合于传热处理壁的造型的。

在使用外套或螺旋管的情况下，用于输送传热流体的管道无须与处

理材料适配，处理过程中不经受相同的热或机械环境。在这些环境里，像铜这样的高导热材料是理想的管道材料，铜的传热系数比不锈钢大10倍。因为管道比较细，传热流体管道的整个内浸湿表面都可以用于在传热流体与传热处理壁之间传热。因为输送传热流体的管道必须把热传导到其壁的对面去，所以称为导体管。诚然用良导材料制造导体管是理想的，而传导率较差的材料由于尺寸小形状适合也可以起很好的作用。图 11 示出的是外部导体管。在有些情况下（例如，在可变面积系统内精确测热）优选方案是可以在各个传热元件之间有空隙或绝缘。

对于外部导体管，如图 12 所示，使用长方轮廓的导体管可以进一步增加（传热流体的）传热面积。

图 11 和 12 示出的是有圆形或长方形断面的单层导体管。然而，实际上导体管可以使用许多形状和组合使传热流体与导体管之间的接触面积最佳化，而导体管又保持良好的机械性能。图 13 内显示了一些例子。

导体管的内部造型也可以如图 14 所示做些其它变化以增加传热面积。

另外，也可以在管的内壁增加凹陷、隆起或其它表面附加形状，提高传热性能。

可以在减少了容积的系统内有效地使用插入物（如图 15 内所示）。使用光洁的插入物可以减少导体管内的液容量。这可以使粗管子容纳的传热流体减少。通过使用不同直径的插入物同样大小的管子可以用于多种流量。带有可活动的插入物的大管子也可以用来使清洁更容易。还可以使用有型面的插入物（例如干扰流动型面）促进混合和改善界面层的传热状况。

须考虑的问题 9　传热管道的组装

可以把外部传热元件固定于传热处理表面的方法很多。容量减少了的套可以用像图 16 所示的一般半螺旋管一样的方法安装。

虽然可以用一般的方法，但劳动强度大，还可能达不到最佳热性能。优选方法是如下面说明的那样使用满装导体管。这种管子可以用粘合材

料、低温焊料、铜焊或焊接固定到传热表面上。优选方案是结合剂有良好的传热性能。传热管与传热表面之间的接触面积可以按照设计人员认为的需要程度可大可小。图 17 内的例子是在导体管的一侧使用结合材料。

另一种方法是，导体管可以如图 18（夹紧结构未示出）所示被弹簧或夹子夹到传热处理表面上。可以用在导体管与传热表面之间的空隙填充导热膏、流体、导热毛或导热垫之类的软导热层的办法提高传热能力。也可以使用诸如以导热油脂浸渍的紫铜毛这样的复合层。

导体管可以如下面的举例制成若干部分。导体管可以用弹簧或夹子（未示出）固定。如图 18 内示出的那样，可以用软导热层填充间隙。图 19 示出的是用两部分安装的导体管结构。

如果导体管与传热表面的材料不同，因为温度变化和/或可以引起应力的压力变化会产生膨胀不同和/或收缩不同的问题；本发明的另一方面是提供减少或避免这类问题的方法。根据本发明，这种问题用膨胀板连接导体管与传热表面的办法克服。使用膨胀板，导体管以与传热表面不同的速度膨胀和/或膨胀到不同程度。按优选方案（但并不总很必要的），膨胀板用导热性能良好的材料制造。图 20 示出的是膨胀板的例子。

本发明还提供一种通过传热表面在处理流体与传热流体之间传热的传热系统，所述传热系统包括安装于膨胀板的通过传热流体的传热管道，所述膨胀板与所述传热表面接触，所述膨胀板使传热管道和传热表面可独自移动。

因为有图 20 内所示的系统，导体管可以相对于传热表面上下自由移动。

导体管的膨胀板可以制成许多形状以适应紧凑的构造方法。例如，可以如图 21 内所示的那样是楔形、有凹槽的、有斜槽的。图 22 示出的是稍有不同的膨胀板的例子。

膨胀板可以制成几部分，导体管夹紧、焊接、铜焊、粘结或低温钎焊到膨胀板。

在本发明的另一实施里中，传热元件安装于一块膨胀板上，而所述膨胀板自身有一道槽。所述膨胀板上的这道槽适合于容纳可以把膨胀板夹持在处理容器的表面上的带。这样，膨胀板就可以靠在处理容器的表面上，插入并拉紧所述带，从而迫使膨胀板靠在容器的表面上。这样，传热流体与处理材料之间的传热也就好了，而在温度和/或压力增加或减少时，并且处理容器与传热元件的膨胀系数不同而有不同的膨胀时，膨胀板也可与处理容器无关地自由地改变形状。图 23 到 25 中示出的就是这种系统。图 23 显示传热元件材料在有槽的膨胀板上。图 24 显示图 23 的传热元件用金属带安装在处理容器上，固定带夹持膨胀元件靠在处理容器的表面上。图 25 显示图 23 的传热元件在膨胀板独自膨胀的情况下是怎么能从其在图 24 内的位置移开的。

使用这样一种系统还可以使反应器的制造和组装很容易，因为焊接、低温钎焊或使用粘结剂就不需要把传热元件固定于处理容器。另外，如果需要的话，这或许是由于损坏或需要改变传热元件的大小或性质的缘故，更换传热元件也很容易。

须考虑的问题 10　保持传热管道内的流动均匀

一般地说，在本发明的系统里，一般要求均匀分布传热流体到多传热元件。例如，如果系统有 10 个大小、长度相同的传热元件，要求每个元件容纳 10%的传热流体流量。然而，因为制造时的微小差异，相同元件的流动特性可能不同。

可是，最好还是要防止大的流动差异。这可以通过给每个传热元件安装调节阀实现。这样，就可以通过调整阀的设定来调整各管的流动特性。另一种方法是在各根管子上安装节流孔板，使得与管子的流阻相比通过孔板的限制大。有类似的压降特性的节流孔板制造简单，并且修改也容易。这使不同管子之间的压降差异相对于孔板的阻力为小，从而使相同大小和种类的所有元件的压降特性恒定不变。

有些系统可能有不同长度和大小的传热元件，在这种情况下可以运用同样的流量平衡方法，不过对于不同的传热元件，阀或节流孔板的设定可能不同。

有内部传热元件的容积减少系统的设计

上面说明的是固定于设备外部的传热元件的设计与制造方法。本发明也可以用于传热管直接穿过处理流体的系统（例如，内部螺旋管或板）。

对于内部系统，减少传热流体的保有量也是理想的，这是通过使用多个传热元件而不是一根或几根粗螺旋管做到的。

对于内部传热元件，上面有关外部传热元件的设计标准也适用。然而，因为导体管直接与处理材料接触，分析更简单。制造也不同，因为导体管可以自由膨胀和收缩，除了机械支承之外不必固定；因而可以不要膨胀板。

使用本发明的用外部和/或内部传热元件的系统，有下述好处。

1 可以很容易地测定热平衡，因为处理是在恒温下进行的，处理材料得到和失去的热量与传热流体得到或失去的热量相同。使用本发明的方法时，传热流体得到或失去的热量可以通过测定传热流体的进入温度和离开温度和质量流量决定。从而：

$q=m \cdot Cp(t_{si}-t_{so})$

式中，q=通过处理释放或吸收的热量（W）

m=传热流体的质量流量（$kg \cdot s^{-1}$）

Cp=传热流体的比热（$j \cdot kg^{-1} \cdot k^{-1}$）

$t_{si}-t_{so}$ =传热流体的温度变化（k）

使用本发明的容量减少的热交换器，热平衡数据比较好，因为传热流体的温度变化一般比较大（这使测定温度变化更容易），传热流体内的热惰性比较低（套的热状况改变趋向于掩蔽处理中的真实热变化）。

即使处理温度可以变化或处理材料内有相变（例如结晶或沸腾）的系统，有用的热平衡数据仍可获得。

热平衡的测定是监测许多化学和物理过程的有价值的工具。例如，可以揭示化学反应的速度和进展。这还允许用户把添加速度和反应时间最佳化。在有些情况下，因为热的监测能发现失控的开始或未反应

物质的积累，可以起宝贵的安全作用。热监测还能用于诸如结晶、细胞培养系统和干燥之类的其它过程。

2 可以改善温度控制。良好的温控要求快速反应，而快速反应的关键因素则是改变热交换器内传热流体温度的速度。在容量减少的热交换器的传热元件流程比较短，流体以栓塞流流过传热元件。传热流体还采用高线速度。这些条件都起到温控反应快的作用。

3 在外部导体管的设计上，可以提高传热能力，因为传热流体与导体管之间的传热表面的面积可以增加到大于与处理流体接触的处理表面的面积。因为传热元件小适应性强，可以用于覆盖标准套或半螺旋管不能到达（例如，安装于容器的周边部件）的区域。传热能力越强对表面覆盖越有利，传热能力很重要。

加热和冷却能力的制约在诸多应用上是共同的问题。例如，在分批反应中，反应剂的添加速度通常必须减少到反应热不超过系统冷却能力的程度。大型发酵罐中，外套常常不足以达到冷却的目的，必须加入内部螺旋管。

4 这里说明的减少容积的设计提供了非常简单的制造方法。容积减少了的热交换器与大多数可比的通常的传热装置（特别是有外套或外部螺旋管的装置）相比，制造简单而又便宜。各个传热元件修理和更换也很简单。

5 本发明通过减少了容积的流量和降低了传热流体流过传热管道的压降对于同等传热程度允许节能。

6 根据本发明外部传热元件与膨胀板一起使用的原则又增加了有利之处，即，传热元件可以用与处理容器不同的材料制造而不因为材料的膨胀不同而产生问题。

7 容积减少的原则要求经过套的容积流量比一般热交换器少，在许多情况下还要与减少（传热流体流过管道的）压降一起使用。这有缩小热交换器周围管道大小的好处并有助于减少能量需求。

本发明的减少容积的设计与制造方法可以用于需要温控更好、传热流体分布更佳、传热系数更理想或热平衡更易测定的任何热交换

器。也可以用于简化使用外部套或螺旋管的热交换器的制造。还可以用于节能。这种方法可以使诸如反应器、干燥器、混合器、发酵罐、研磨机、细胞培养容器、过滤器或挤压机之类的工业处理设备设计得更好。还可以用于直接用火的装备。

本方法可以用在处理材料总量从1毫升到100，000升甚至更大的任何尺寸的系统。

本发明的设计原则还可以运用到制造业内不用的许多其它设备。这方面的例子包括冷冻系统、内燃机、液力系统、核反应堆的热交换器、飞机的加热和冷却系统、船只的加热和冷却系统、车辆的加热和冷却系统、高压直流系统等等。

本发明可以用于改善实验室规模的和商业规模的化学和物理反应系统的运行。然而，也可以用于为相当小的反应系统提供热数据，使加工能以连续或半连续的方式运行，而获得相当商业规模的产量。例如，本发明能使反应器的尺寸减少到十分之一，有些情况下减少到百分之一或更小。

本发明在以下反应中特别有用：

—目前在10到20，000升的反应器内进行的分批有机合成反应。

—目前以10到20，000升的处理材料进行的大量药物合成反应。

—目前在10 到20，000升的反应器内进行的分批聚合反应。

—目前用于不稳定材料（灵敏的到自加速逸出化合物）进行的分批合成反应。

—目前在10到20，000升的反应器内进行的分批无机合成反应。

——一般在10 到20，000升的系统进行的蒸发器、非连续式干燥器、存储槽、结晶器、发酵罐、细胞培养容器、研磨机、混合器和过滤器。

—压缩机、内燃机、空调系统。

本方法还可以用在规模更大的化学和石油化学作业。

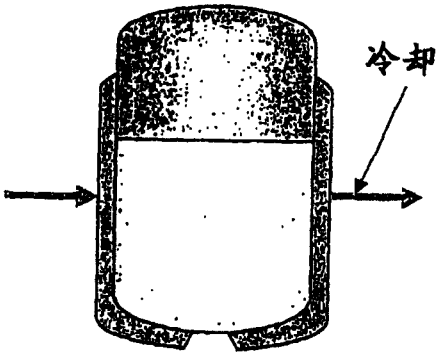

具有外部加热/
冷却套的罐

图1

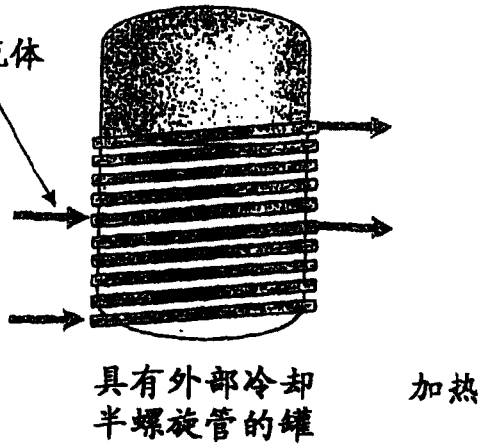

冷却流体
具有外部冷却
半螺旋管的罐
加热

图2

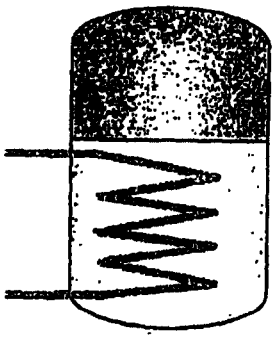

具有内部加热/
冷却螺旋管的罐

图3

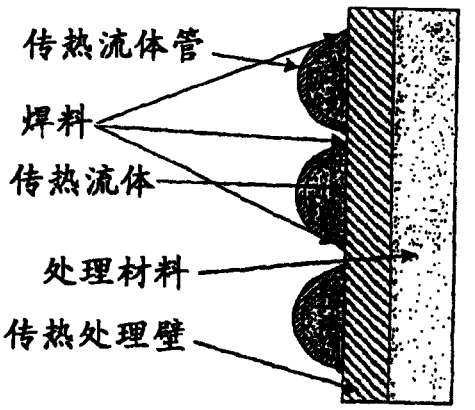

传热流体管
焊料
传热流体
处理材料
传热处理壁
得名于焊料在容器壁
上的半圆管子的半圆管套

图4

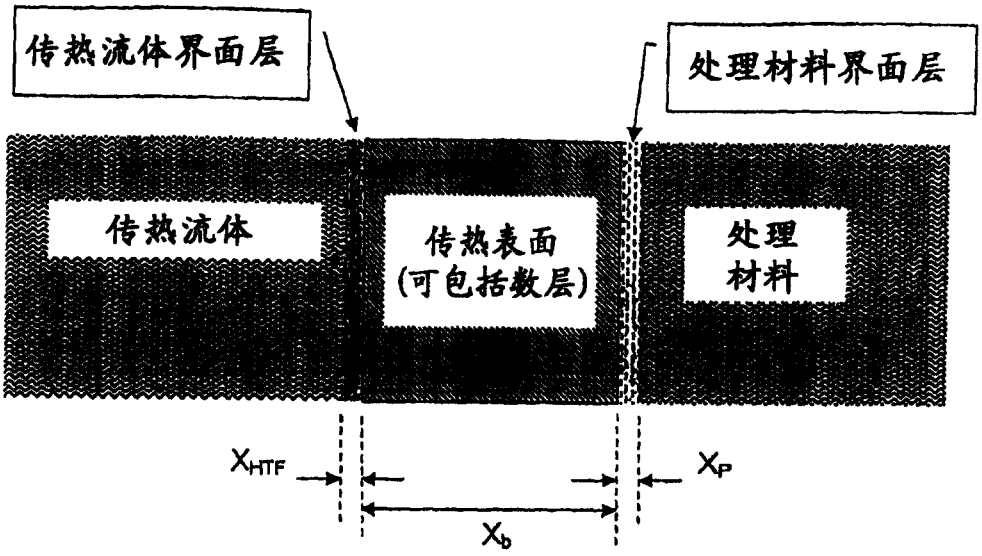

传热流体界面层
处理材料界面层
传热流体
传热表面
(可包括数层)
处理
材料
X_{HTF}
X_P
X_b

图5

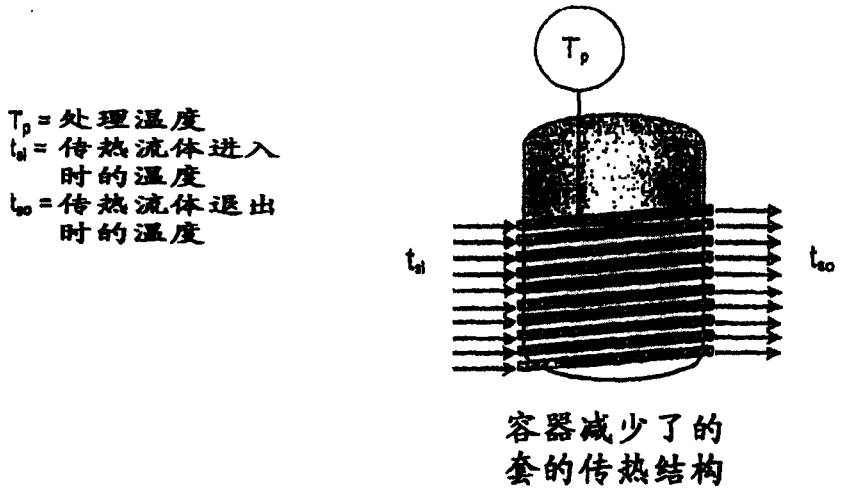

T_p = 处理温度
t_{si} = 传热流体进入时的温度
t_{so} = 传热流体退出时的温度
T_p
t_{si}
t_{so}
容器减少了的
套的传热结构

图6

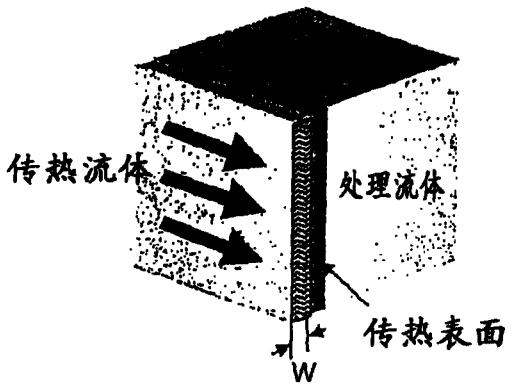


图7a

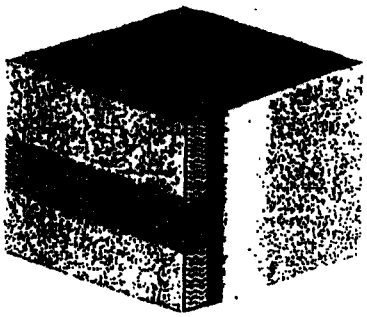


图7b

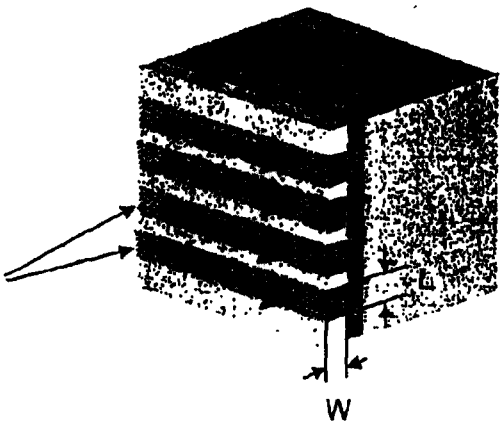


图8

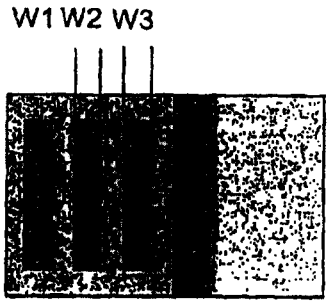


图9

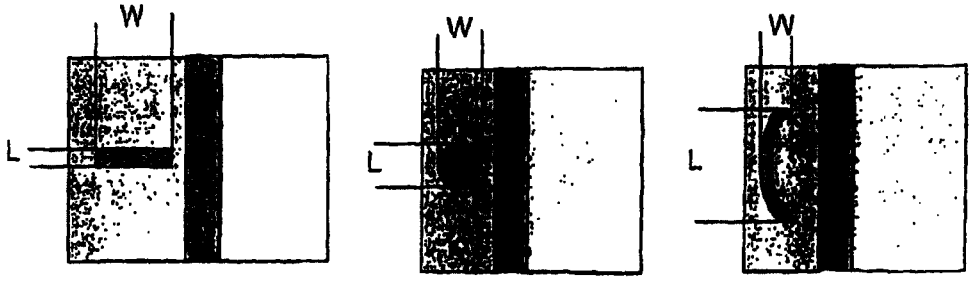
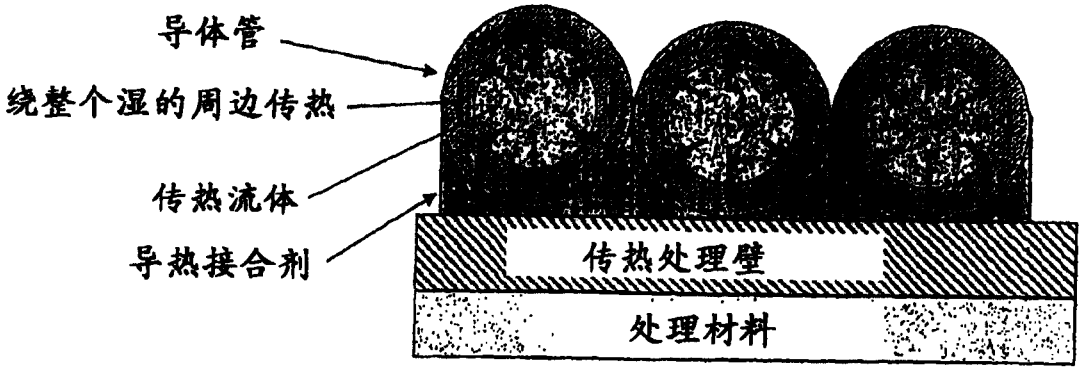
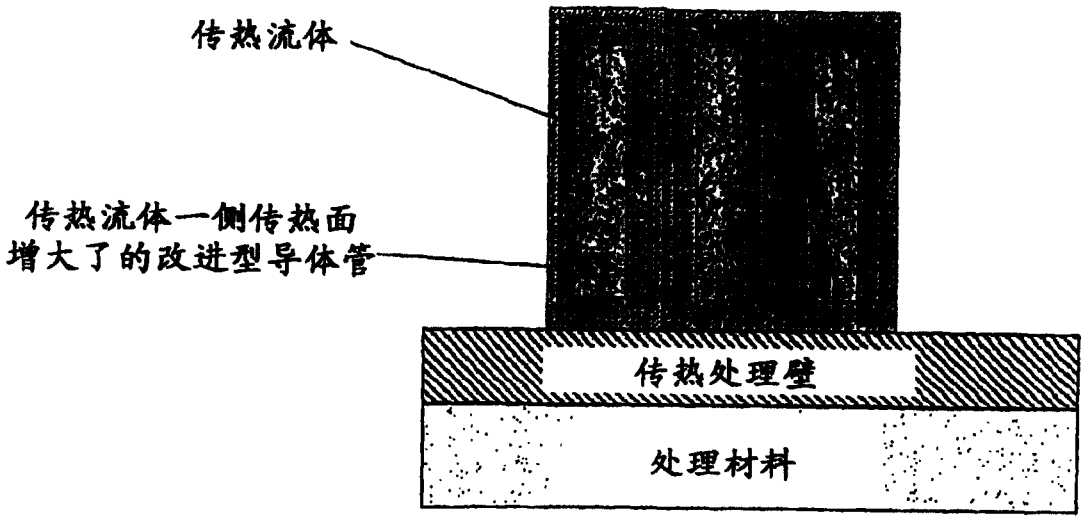


图10



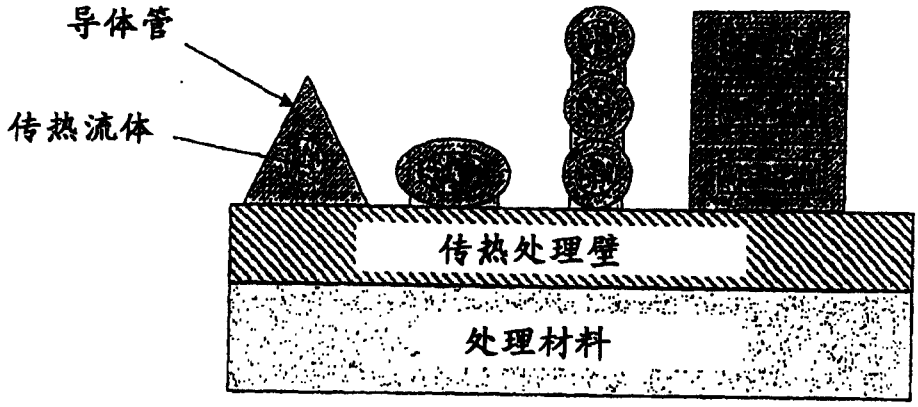
接合于传热表面的圆导体管的截面图

图11



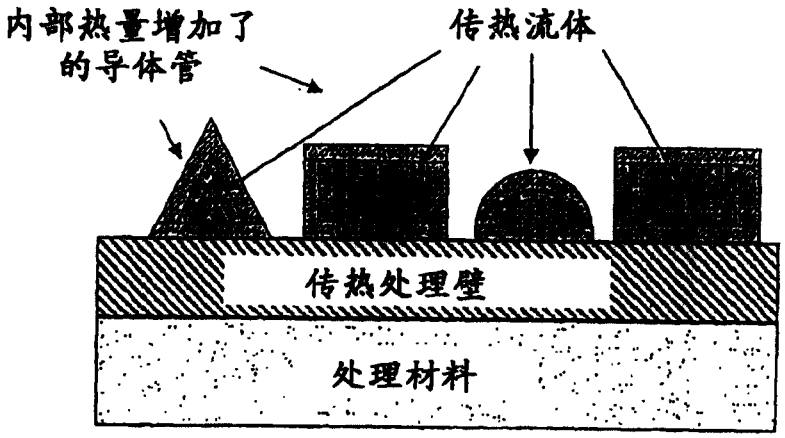
长方形导体管截面图

图12



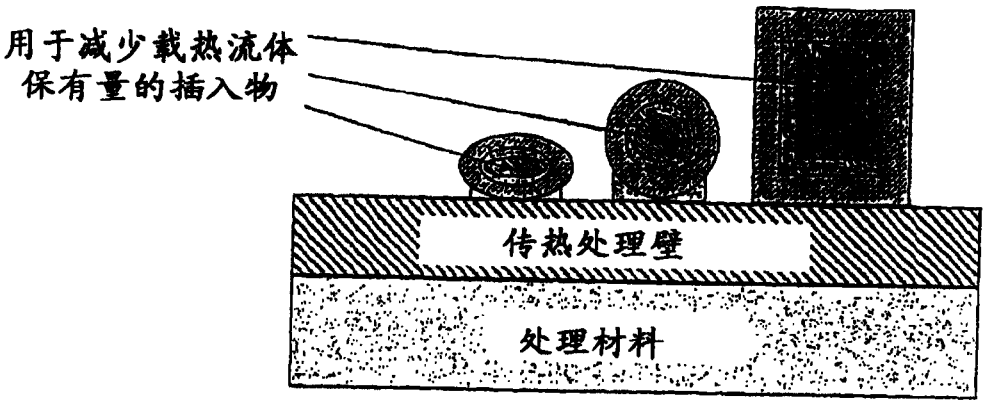
导体管不同形状和组合的例子

图13



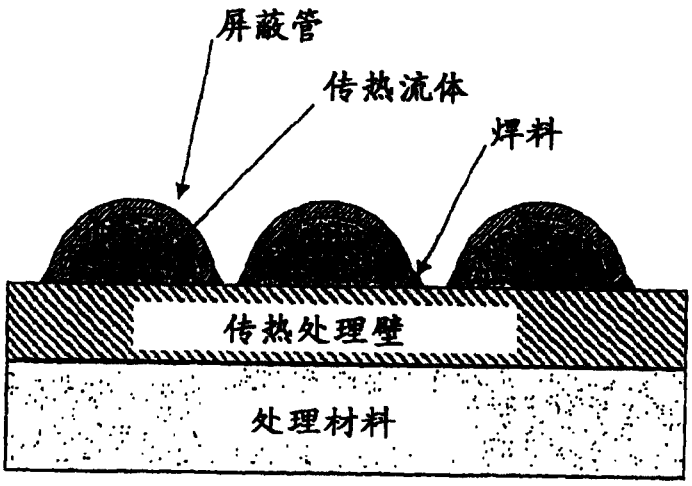
内形更复杂的导体管的横断面图

图14



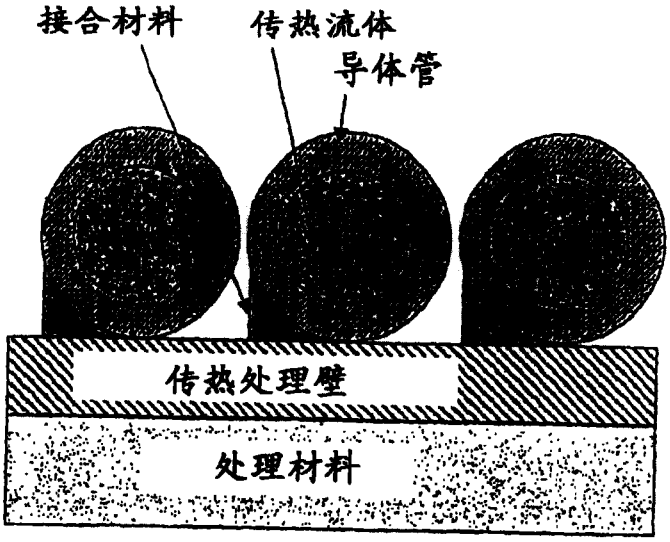
不同插入物的例子

图15



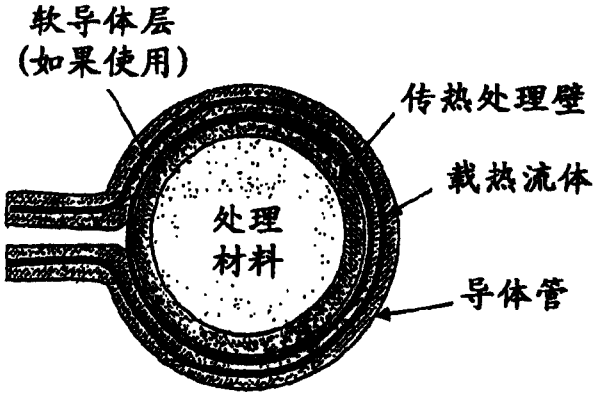
一般的半螺管焊接

图16



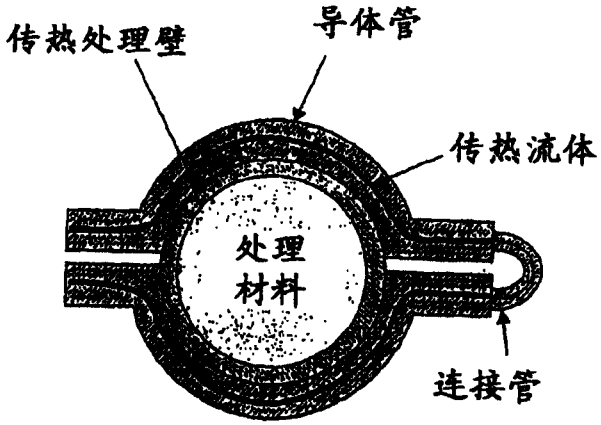
一侧低温钎焊

图17



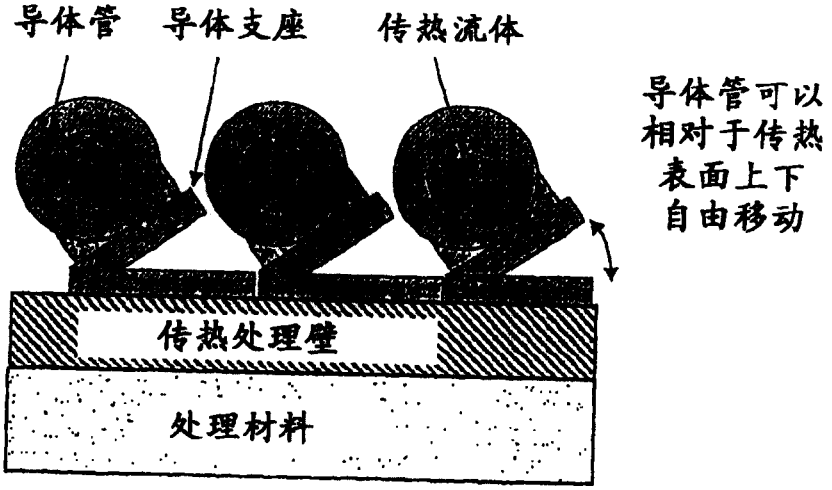
简单的弹装导体管

图18



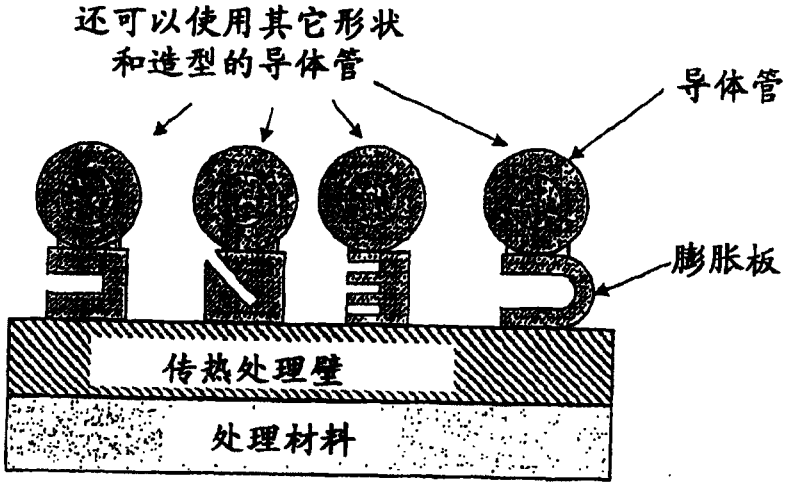
用两部分安装起来的导体管结构

图19



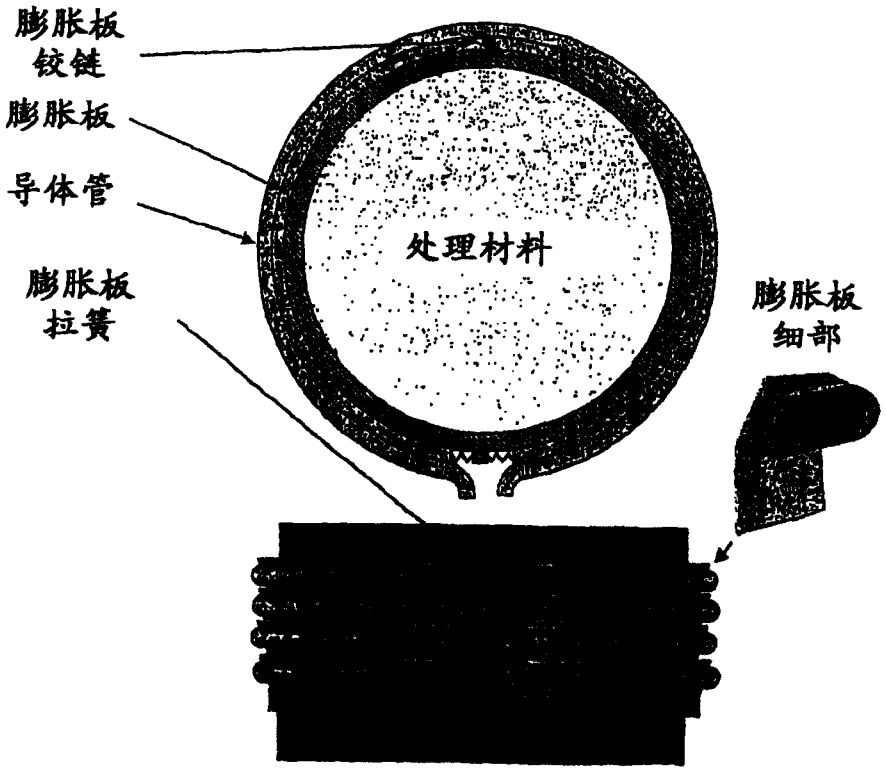
“V”形膨胀板

图20



不同形状的膨胀板的例子

图21



开式造型的膨胀板

图22

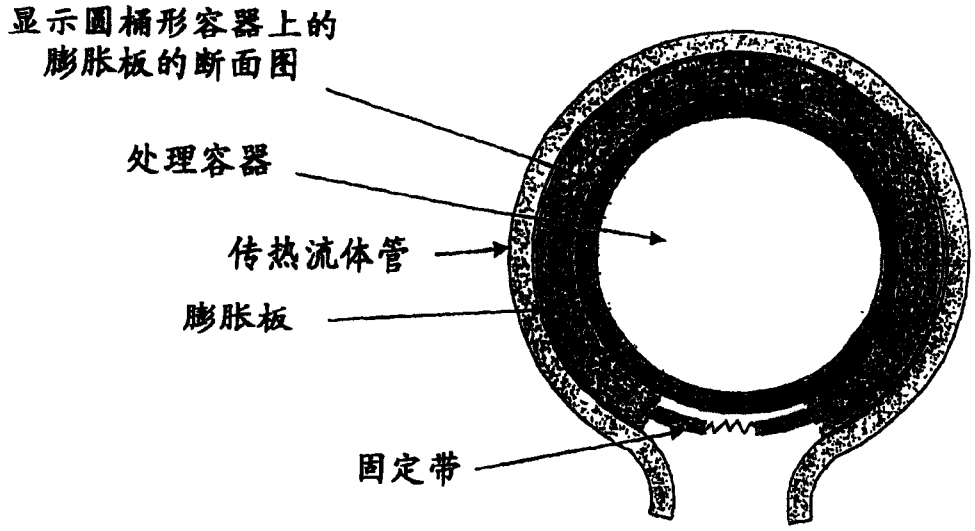


图23

显示有冷载热流体管的膨胀板的细部图

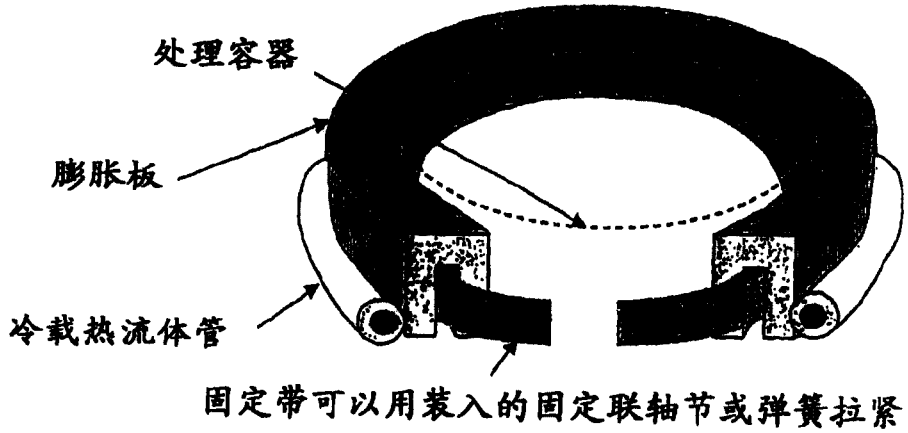


图24

显示有热载热流体管的膨胀板的细部图

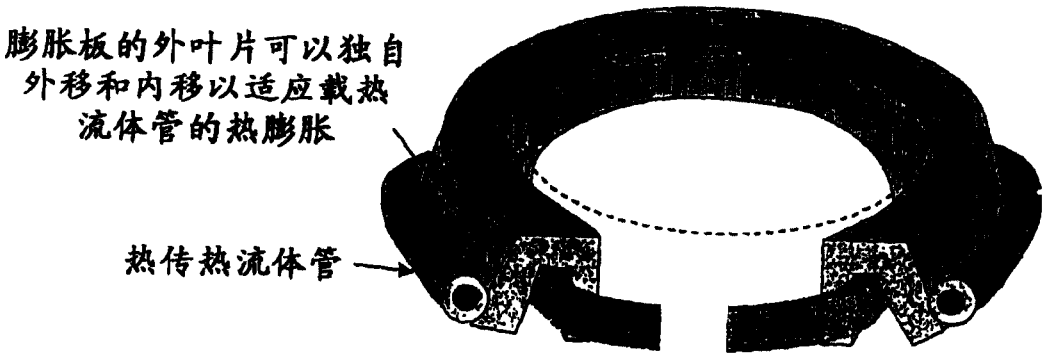


图25