



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 96122531.9

[43]公开日 1997 年 9 月 17 日

[11] 公开号 CN 1159360A

[22]申请日 96.9.25

[30]优先权

[32]95.9.26 [33]US[31]533906

[71]申请人 普拉塞尔技术有限公司

地址 美国康涅狄格州

[72]发明人 H·R·肖布

F·W·利维特

[74]专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

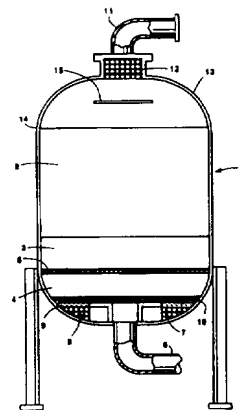
代理人 吴大建 田舍人

权利要求书 3 页 说明书 9 页 附图页数 1 页

[54]发明名称 变压吸附空气预纯化器

[57]摘要

本发明涉及变压吸附空气预纯化器，它可用来从输送到低温空气分离设备的原料气流诸如原料气流中除去水、二氧化碳和烃类。通过作为所述空气预纯化器的一组成部分的交流换热器的结合使用，水解吸的冷却效能被贮存和传递而用来将送到空气以预纯化器内的吸附材料中的输入进料空气流冷却。所述吸附材料的生产率从而得以提高。



权 利 要 求 书

1.适于在高吸附压力下将存在于进料空气流中的水和其它污染物
吸附并在低的解吸压力下将所述的水和其它污染物解吸的变压吸附空
5 气预纯化器系统，所述系统具有一吸附容器，它包括一张在高的吸附
压力下能选择性吸附存在于进料空气流中的水和其它污染物并在低的
解吸压力下能解吸附所述水和其它污染物的床，所述吸附容器具有一
导入进料空气流的进料端和一回收经纯化进料空气的产物端，改进之
处包括在吸附容器内的进料端和吸附材料床之间有一积分交流换热
10 区，所述积分交流换热区包含高热容材料，它能存贮水和其它污染物
从吸附材料床解吸时来自从吸附容器的进料端流出的含污染物解吸流
的冷却效能并能将这种得到的致冷效能传递到通入吸附材料床以从中
选择性吸附水和其它污染物的进料空气中，从而导入的进料空气流和
吸附材料床的温度被合乎需要地降低，有效地增强了吸附材料床和空
15 气预纯化器系统的生产率。

2.权利要求 1 的系统，其中吸附容器是垂直取向的容器，所述的
积分交流换热区在吸附容器中位于吸附材料床下面。

3.权利要求 2 的系统，其中所述积分交流换热区直接位于吸附材
料床下面。

20 4.权利要求 1 的系统，其中吸附材料床包括位于较接近吸附容器
的进料端的用于选择性吸附大部分存在于进料空气流的水的水吸附区
和位于较接近吸附容器的产物端的用于去除残存水和其它污染物的吸
附区。

5.权利要求 2 的系统，其中吸附床包括用于选择性吸附存在于原
25 料空气流中的大部分水的水吸附区，所述区位于所述吸附材料床的下
部，所述吸附床还包括位于所述吸附材料床上部的用于去除残存水和
其它污染物的吸附区。

6.权利要求4的系统,其中所述积分交流换热区直接设置于吸附材料床的下面。

7.权利要求1的系统,其中在积分交流换热区中的高热容材料包括陶瓷球。

5 8.权利要求7的系统,其中所述吸附材料包括氧化铝。

9.权利要求1的系统,还包括用于将所述进料空气流送到吸附容器中和用于将解吸的污染物和清洗气从吸附容器排放的在吸附容器进料端的管道设备和位于吸附容器产物端的用于将经纯化的空气从吸附容器排放和用于导入清洗气以促进将污染物从的吸附材料床解吸的管道设备。

10 10.权利要求6的系统,其中在积分交流换热区中的多孔性高热容材料包括陶瓷球。

11.适于在高吸附压力下将存在于进料空气流中的污染物吸附和在低的解吸压力下将所述污染物解吸的变压吸附气体预纯化系统,所述系统具有一吸附容器,它包括一张在高的吸附压力下能选择性吸附存在于进料气流中的污染物并在低的解吸压力下能解吸附所述污染物的床,所述吸附容器具有一导入原料气流的进料端和一回收经纯化原料气体的产物端,改进之处包括在吸附容器内的进料端和吸附材料床之间有一积分交流换热区,所述积分交流换热区包含高热容材料,它能存贮污染物从吸附材料床解吸时来自从吸附容器的进料端流出的含污染物的解吸流地冷却效能并能将这种得到的致冷效能传递到通入吸附材料床以便从中选择性吸附污染物的原料气体中,从而导入的进料气流和吸附材料床的温度被合乎需要地降低,有效地增强了吸附材料床和气体预纯化系统的生产率。

20 12.权利要求11的系统,其中吸附容器是垂直取向的容器,所述的积分交流换热器在吸附容器中被置于吸附材料床下面。

13.权利要求12的系统,其中所述积分交流换热区直接位于吸附材料床的下面。

14.权利要求 11 的系统，其中所述吸附材料床包括位于较接近吸附容器的进料端的、用于选择性吸附大部分存在于进料气流中的水的水吸附区和位于较接近吸附容器的产物端的用于去除残存水和其它污染物的吸附区。

5 15.权利要求 12 的系统，其中吸附床包括用于选择性吸附存在于原料气流中的大部分水的水吸附区，所述区位于所述吸附材料床的下部，所述吸附床还包括位于所述吸附材料床上部的用于去除残存水和其它污染物的吸附区。

10 16.权利要求 15 的系统，其中所述积分交流换热区直接设置于吸附材料床的下面。

17.权利要求 11 的系统，其中在积分交流按热区中的高热容材料包括陶瓷球。

18.权利要求 17 的系统，其中所述吸附材料包括氧化铝。

15 19.权利要求 11 的系统，还包括用于将所述进料气流送到吸附容器中和用于将解吸的污染物和清洗气从吸附容器排放的位于吸附容器进料端的管道设备和用于将经纯化的气体从吸附容器排放和用于导入清洗气以促进将污染物从吸附材料床解吸的管道设备。

20.权利要求 16 的系统，其中在积分交流换热区中的高容材料包括陶瓷球。

20

25

说明书

变压吸附空气预纯化器

5 本发明涉及气流的纯化。更具体地说，本发明涉及在进料空气的低温分离前从中去除污染物的变压吸附空气预纯化器。

在将所述原料空气低温分离成其主成份即氮气、氧气、氩气等前、将原料空气中存在的污染物除掉是必要的。需要去除的空气的主要污染物是水、二氧化碳和烃类。因为水和二氧化碳比空气的主成份具有高得多的沸点，所以它们可能在低温空气分离设备内的热交换通道的表面冷凝和结垢。如果不将进入低温空气分离装置的烃类如乙炔从原料空气流中去除，那么它们可能在所述低温装置中积累并在氧气的存在下有可能在低温装置中产生爆炸。

15 当污染物在高压及中等温度下出现时，已发现可以使用吸附剂材料来吸附水、二氧化碳和烃类。可使用变压吸附(PSA)方法以便于用这种吸附材料来在高压下从原料空气流中选择性吸附污染物直至吸附材料已被这些污染物差不多饱和。然后通过低压下用无污染物的气流清洗吸附材料来将污染物从吸附剂材料中解吸。这种无污染物流一般是主要含不同量的氧气和氮气的来自低温设备的废气流。在这种吸附/解吸方法的吸附部分中，一般在原料空气中存在的水最强地被吸附材料选择性地吸附，二氧化碳次之，而烃污染物则较其它污染物弱。

20 吸附材料从原料空气吸附污染物的能力受较高温度吸附条件的负面影响。在这方面，应指出由于原料空气的压缩热和由于用于冷却压缩原料空气的从空气冷却塔热交换器获得的中温冷却水的使用，进入 PSA 空气预纯化器的空气温度可能高于环境温度 10 - 15 ° F。当存在于压缩空气中的水被 PSA 系统中的吸附材料吸附时，热被产生、释放并转移到原料空气流中，升高其温度和周边吸附材料的温度。因

此所述吸附材料吸附二氧化碳和烃类以及附加量的水的能力受到水的最初吸附的负面影响。相反，当水从吸附材料解吸时，除去了低压清洗气流的热，依此冷却了低压清洗气流并降低了其将污染物从吸附材料解吸的效能。

5 PSA 空气预纯化器一般使用两个或多个吸附器从而可使输往低温空气分离设备的去污染物后的进料空气保持相对稳定。为了弥补这种在较高温度下所下降的吸附材料的吸附能力，一般采用这种吸附材料的降低的操作容量。但是由于需要更大量的吸附材料以及吸附器体积的增加，这不必要地导致了操作费用的增加。这也可能导致较高温的
10 空气进入下游设备而可能出现不利影响。在另一种方法中，可使用外部热交换器装置，在一吸附器中的所述操作的解吸阶段排出的冷的清洗气被用来冷却输入到另一个正被用来从原料空气流吸附污染物的吸附器的进口进料空气流中。但是该方法也需要另外的基础设备而需要增加吸附系统的总耗费。

15 从进入低温空气分离设备的进料空气流中去除污染物的另外方法包括变温吸附(TSA)系统的使用，TSA 利用温度和压力两者作为驱动力来使得污染物交替地吸附和解吸。反向热交换器也可用来使水和二氧化碳结冰凝固，使它们结棱在热交换器表面。由于从低温设备出来的流体会将进料空气污染物解吸和重新气化并将它们清洗到大气
20 中，所以在低温设备中热交换器的交替的流进和流出允许持续运行。

 可以看到为达到按需要从低温空气分离设备的原料空气中去除上述污染物；这种另外的方法同样需要相对高的基建和/或操作费用。因此在本领域需要发展能更经济地将通到低温空气分离设备的污染物去除的空气预纯化器。也同样需要发展用于其它气流纯化的经济的预
25 纯化器。

 本发明的目的是提供能经济地从进料气流中去除污染物的预纯化器。

 本发明的另一个目的是提供能经济地从通到低温空气分离设备

的进料空气中去除污染物的空气预纯化器。

考虑了这些目的和其它目的，本发明将在下文中详细描述，其新的特征在所附的权利要求书中具体指出。

5 当水在 PSA 处理的解吸步骤从在 PSA 空气或其它气体预纯化器吸附材料床解吸并传递到正通到处于 PSA 处理的吸附状态的预纯化器的污染空气或其它原材料气流中时，结合使用积分交流换热器和 PSA 空气或其它气流预纯化器以保证获得有利的冷却效果。

本发明将进一步参照附图即本发明的 PSA 空气预纯化器的整个内部构置的侧视图来说明。

10 本发明的目的可通过在 PSA 空气预纯化器容器中使用积分交流换热器来达到。该容器构成允许吸附—解吸 PSA 处理顺序的解吸步骤时发生的致冷由高热容材料贮存。然后在所述 PSA 空气预纯化器中随后的吸附步骤，这样冷却的高热容材料可用来冷却通过 PSA 空气预纯化器容器的交流换热器部分的污染进料空气流。

15 本发明达到了使吸附水、二氧化碳和乙炔污染物的容器中的吸附材料温度的全面降低。降低选择性吸附原料空气中污染物时的温度提高了吸附材料的吸附能力。因此，吸附前冷却进口原料空气流提高了 PSA 空气预纯化器中一定量吸附材料的吸附能力。在 PSA 空气预纯化器容器中积分交流换热器的联合使用能使这种所需的冷却以经济的方式完成，因为伴随着本发明的 PSA 空气预纯化器的交流换热器部分的
20 费用的增高是有限的。这种费用的有限增高包括(a)由于为容纳 PSA 空气预纯化器的积分交流换热器增加吸附容器长度而增加的费用，(b)由于用在所述热交换部分的多孔交流换热器材料产生的少量基建和安装费用，(c)由于增加通过交流换热器部分产生的少量附加操作费用，和
25 (d)所谓的放空损失所增加的花费。当在高压下用于从进料空气吸附污染物的容器为将污染物从吸附材料低压解吸通过终止污染空气通过所述容器的流动和通过将所述容器中的空气压力从高的吸附压力降低到低的解吸压力而被解吸时，引起了这种放空损失。清洗气被通过在所

述容器中的吸附材料床以促进解吸和从容器中去除污染物。压力的降低通过从所述容器排空高压空气来完成，一般随着气体从床的进料端导出而在逆流减压步骤中完成。这种降压和容器的排空减少了可低温分离成其主要组分的进料空气的量。由于空气预纯化器的交流换热器部分增加了排空的高压进料空气量，空气预纯化器的交流换热作用的利用某种程度上增加了放空损失的量。尽管在花费上有这种少量的增加，但是已发现本发明的空气预纯化器代表着在本领域高度有益的进步，它能在实际的工业生产操作中显著提高吸附剂生产率。

进料空气污染物的选择性吸附的温度的下降增加了在本发明的实践中获得的污染物吸附的总量和速率。因此，作为由此获得的增加的吸附剂生产率的结果，在本发明的实践中可使用更长的吸附循环时间，从而使 PSA 空气预纯化处理更有效。更长的循环也使得放空损失降低，并且当一床从其较低的解吸压力再加压到其较高的吸附压力时，进入低温设备的原料空气流量波动的破坏性的影响被减低到最小。

对本发明来说，在原料空气导入 PSA 循环的高压吸附部分时优选在 PSA 空气预纯化器容器内，在其进料端设置一交流换热器区，即刚在吸附材料前设置交流换热器。在 PSA 循环的低压解吸步骤时，交流换热器正在吸附材料后面。在常规的垂直向的吸附器中，这通过将积分交流换热器部分置于吸附器的底部即在吸附材料的下面，并通过在高压吸附步骤时使污染原料空气垂直向上流动而在低压清洗或吸附床再生步骤时使无污染的清洗气垂直向下流动来达到。

尽管下面将通过具体的 PSA 空气预纯化器实施方案来进一步描述本发明，但可以理解也可以使用吸附过程受操作温度提高负面影响的众多种其它实施方案。这种情况适合于将从原料气流去除的污染物具有高的吸附热并且具有在吸附处理时引起明显温度升高的足够量的场合。氢气 PSA 处理是本发明的另一实施方案的例子。在这后一个实施方案中，存在有大量作为污染物将从氢气原料气流中选择性除去的

水、二氧化碳和烃类。本发明的另一实施方案涉及真空 PSA 氧气系统，要去除的污染物包括水和二氧化碳以及氮气。

正象附图的图 1 所示，吸附容器由数字 1 表示，用于从原料空气中选择性吸附污染物的吸附材料作为吸附床 2 置于其中。在所说明的实施方案中，一部分吸附材料被用来选择性吸附存在于污染原料空气中的水，即在位于所述吸附床 2 下面的水吸附区 3 的吸附水。交流换
5 热区 4 直接位于吸附材料的水吸附区部分的下面，伴随着在吸附容器 1 内支持吸附床 2 和水吸附区 3 的支持球的薄层 5 按需要位于其中间。

管道 6 和在所述吸附容器 1 底部的前部空间 7 相连以便在 PSA 循环的空气原料导入吸附阶段将要在其中处理的污染原料空气导入以及
10 在 PSA 循环的解吸-再生步骤时排放清洗空气和从原料空气选择性去除的污染物。在吸附容器 1 底部和前部空间 7 一般装填着陶瓷球或其它类似材料以便减少其中的空隙空间。在所说明的实施方案中，较大的球如 2" 球层 8 位于所述容器的底部，中等大小球如 1" 球层 9 位于其上面，较小尺寸的球如 1/2" 球的顶层 10 刚好位于交流换热区 4
15 的下方。为提供较均匀的通过吸附床的流动，安置上述球层的步骤是需要完成的。同样，在所说明的实施方案中，管道 11 与位于吸附容器最上部分的安置了大尺寸球如 1" 或 2" 球的区 12 相连。前部空间 13 和所述的区 12 流体相通，并在刚位于吸附床 2 上面的球/吸附材料分
20 隔筛 14 上填充了较小尺寸的球如 1/2" 球。管道 11 供以在 PSA 循环的进料空气导入-吸附阶段从吸附容器 1 导出经纯化的进料空气和供以在所述 PSA 循环的解吸-再生阶段将清洗气导入到吸附容器中。在所述的实施方案中，在前面空间 13 安置了一挡板 14 以按需要在其中
25 避免气体沟流和确保在吸附容器 1 的吸附和解吸操作时均获得流过吸附床 2 的均匀的气体流动。

将交流换热区直接置于吸附区(包括水吸附区)下面是有利的，因为吸附-解吸过程的发热和致冷主要发生在交流换热区的贴近处。在这方向，水是被吸附剂最强吸附的污染物，存在于进料空气中的大部

分水在容器较低处的水吸附区 3 被吸附。因此，当在所述容器中 PSA 循环的下步的解吸 - 再生阶段中这种吸附水被解吸时，冷却作用可能容易地传递到构成积分交流换热区 4 的高热容多孔材料上。也应该指出当 PSA 容器的流动方向再次逆转时，热的污染进料空气再被导入到在容器中的吸附床中，在空气中的污染物开始被吸附材料吸附前，存贮在高热容多孔材料中的致冷可容易地转移到导入空气中。导入空气的冷却对 PSA 空气预纯化器的运作是有利的。整个吸附床的操作温度得以降低。这提高了吸附材料的吸附效能。一般在输入 PSA 空气预纯化器的压力和温度下水完全饱和(相对湿度 100 %)的输入进料空气流的冷却也可能引起在输入原料空气流中的一些水冷凝在构成交流换热区的材料上。由于必须吸附的水量的降低，较少的热由水的吸附产生，因此在吸附床前面水的冷凝也降低了吸附材料的操作温度。只有当冷凝水没有导入吸附床时，一些进气水的冷凝才会降低必须由吸附材料吸附的总的水负荷。冷凝水进入吸附床的不希望出现的导入通过将交流换热器直接置于吸附床下方来减少。通过这一特点，冷凝水可由于重力而从吸附床排掉，它只能通过污染原料空气流的夹带而带入吸附床。但是，业已发现由于常规进料空气流通过构成交流换热区的多孔材料的速度较低，因此一般直径大于 0.0077 " 的水滴不会被污染原料空气流夹带。

已发现交流换热区的容量是构成该交流换热区的多孔材料的物理特性和热性质的函数。交流换热区的大小取决于被加热或冷却的气体的热物理性质和通过交流换热区的气体的质量速度、还有操作 PSA 空气预纯化器吸附床的循环时间。对于 PSA 空气预纯化器的从属交流换热区来说，占约 20 - 30 % 吸附区体积的交流换热区一般足以提供贮存 10 - 15 分钟的循环时间的解吸水时产生的致冷的热贮能力。由于交流换热区的尺寸取决于本发明的实际工业实施方案中所采用的吸附和解吸循环时间，在本发明的实用、经济的实施方案中占约 10 % 至 50 % 或更多吸附区体积的积分交流换热区的大小也属于本发明的范

围。较长的循环时间必定需要较大的交流换热区来存贮水从吸附材料解吸水时产生的致冷。当通过 PSA 空气预纯化器的流动方向逆转时，致冷传递到输入的污染原料空气流中，因此降低了进入吸附材料的原料空气温度。这种原料空气流地冷却降低了吸附材料所要求的操作温度，从而提高了吸附材料吸附水、二氧化碳和乙炔的能力。进口原料空气温度的下降也减少了需要由吸附材料吸附的水量。必须由吸附材料吸附的水量的降低也会由于吸附水时产生热量的下降而使 PSA 空气预纯化器的操作温度下降。

在一个使用本发明的 PSA 空气预纯化器的说明和试验设备操作中，在一由 3" SCH10S 管构成的容器中使用了二张 8' 高的床。沿着垂直设置的容器按一定间隔设置热电偶，在 PSA 处理循环中按顺序进行 15 分钟吸附和 15 分钟解吸期间测量环境空气进口、产物、清洗进口和清洗出口的温度。吸附床的再加压过程持续约 60 - 70 秒钟。已观察到离开吸附床低端 12" 高处的温度在吸附步骤开始后立即从 88° F 开始提高到 95° F，但随后就降低直到约在吸附周期 6 分钟时达到约 83° F 的最低温度。然后在吸附周期结束时床温升高到 117° F 的最高值。进入吸附步骤的吸附床部分产生温度的下降指示出致冷正通过直接在吸附床上游即下面的交流换热区传递到输入污染空气流中。正如根据 PSA 方法的循环特征所预期的那样，交流换热区的温度范围从约 98° F 的最高至约 68° F 的最低值而不同。

交流换热区可使用任何适用的，可购得的高热容、惰性、多孔材料，例如象可购自 Norton Co. 的材料。用于交流换热区的这种材料的所需性能是：高热容、高密度、高热导性、高传热的表面系数、流过交流换热炉的低阻力、高抗碎强度、无污染(颗粒物或气态污染料物)和低耗费。尽管对于在交流换热区中的使用来说，陶瓷球通常是优选的，但是众多其它材料也适合于这种用途，例如管状未活化的氧化铝、高密度天然生成的岩石或卵石；金属成形物，即天然粒状或烧结成的多孔材料。交流换热区一般在约 50 - 130° F 的温度下运作，在本发

明的实践中温度极限(环境温度)是易于适应的。

正如上面所述,当 PSA 空气预纯化器进行高压吸附步骤时,交流换热器应优选位于吸附材料的上游即直接在吸附区的下面,当 PSA 空气预纯化器正进行低压解吸步骤时,位于吸附材料的下游。

5 将交流换热区直接置于垂直向的 PSA 空气预纯化器容器的吸附区的下面具有另外的益处,那就是能使其中的陶瓷球以常规方式支撑吸附材料而没有向下通过陶瓷球多孔基体的吸附材料的不需要的还移。为此,交流换热区的准球形陶瓷球按需要应最高为用于吸附区(包
10 括其低位的水吸附区部分)吸附材料的常规准球形球直径的约两倍。预防较小直径吸附材料通过较大直径交流换热区材料的不合需要的迁移的另一方法是使用筛目开口此所分离材料如吸附材料的直径小的分隔筛。

尽管任何适用的、可购得的吸附材料均可方便地用于本发明的 PSA 空气预纯化器中,但活性氧化铝是方便的并且通常是合乎需要
15 的。这种活性氧化铝可从诸如 LaRoche Chemicals 等供应商购得。正如一般所知的,吸附材料在吸附水时倾向于呈放热反应,解吸水时呈吸热反应,各种其它吸附材料诸如沸石、以及其它类型和大小的活性氧化铝可用于本发明的 PSA 空气预纯化器的吸附床区,并可从本文所述和进行权利要求的 PSA 空气预纯化器中提供的积分交流换热能力获
20 益。

在如附图的说明的本发明代表性实验设备实施方案中,所述吸附区包括约 12" 深度的下部的含氧化铝吸附剂水吸附区 3 和约 48" 深度的主要吸附二氧化碳、乙炔和其它烃类的上部含氧化铝吸附区 2。
置于吸附区 2 顶部的球/氧化铝分隔筛 14 支持着填充在上部前部空间
25 13 的陶瓷球。上部排气空间 12 用较大尺寸的球填充。挡板 15 置于所述 PSA 空气预纯化器结构的前部空间 13 中心处。

在所述实施例中,在水吸附区 5 中的吸附剂颗粒由一薄层 1/8" 球支撑。所述积分交流换热区 4 包括顺序由在容器 1 的下部端面空间 7

的区 10 的 1/2" 球、在区 9 的 1" 球、和在区 8 的 2" 球支持的深度约为 18" 的 1/4" 高热容球。

5 本发明通过上面公开的积分交流换热器的使用，方便地存贮了在 PSA 空气预纯化器中污染物从吸附材料解吸的冷却效能并将这种存贮的致冷效能传递到通过一低温空气分离设备的所述 PSA 空气预纯化器的进料空气中。较高 PSA 操作温度的负面影响由此被减轻，在 PSA 空气预纯化器中使用的吸附材料的生产能力明显得以提高。结果，在低温空气分离设备的 PSA 空气预纯化器的使用中的实际操作问题得以方便地克服，为此在实际工业应用中，PSA 空气纯化器的使用得以明显
10 地增强。

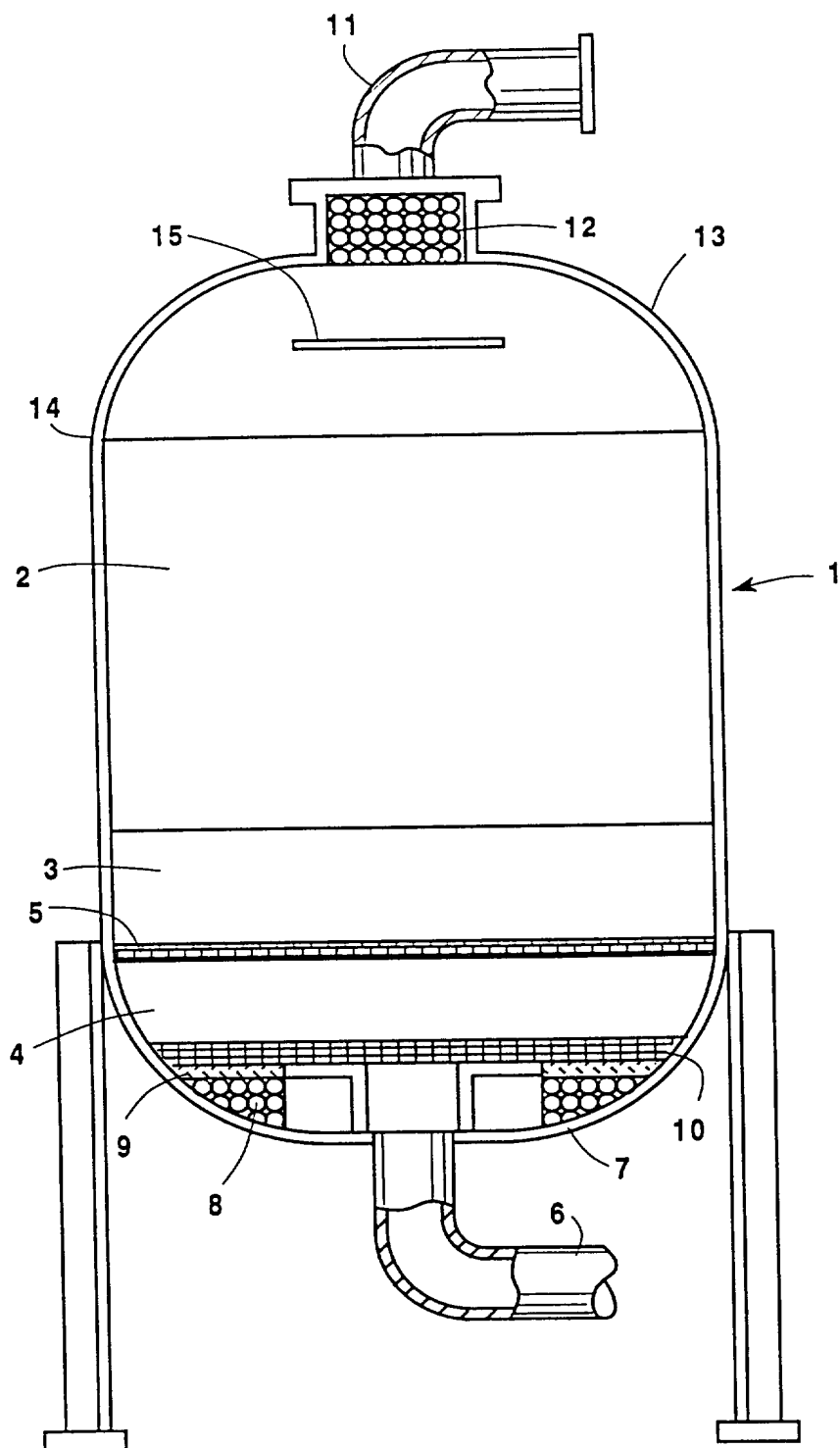


图 1