

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl<sup>7</sup>

F25B 37/00

F28F 1/06 F28F 1/12

B21D 53/06



# [12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 97192260.8

[45] 授权公告日 2003 年 11 月 19 日

[11] 授权公告号 CN 1128331C

[22] 申请日 1997. 12. 10 [21] 申请号 97192260.8

[30] 优先权

[32] 1996. 12. 13 [33] JP [31] 333319/1996

[86] 国际申请 PCT/JP97/04554 1997. 12. 10

[87] 国际公布 WO98/26239 日 1998. 6. 18

[85] 进入国家阶段日期 1998. 8. 13

[71] 专利权人 三洋电机株式会社

地址 日本大阪府

共同专利权人 住友轻金属工业株式会社

[72] 发明人 山崎志奥 佐佐木直荣 江口明生

审查员 孙征文

[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 张祖昌

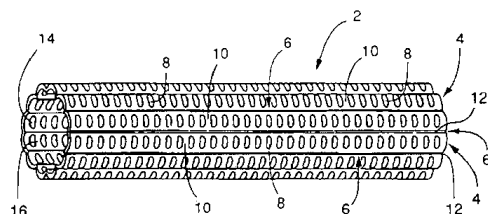
权利要求书 2 页 说明书 15 页 附图 7 页

[54] 发明名称 吸收器用的热交换管及其生产方法

渐缩小最终汇聚。

[57] 摘要

一种吸收器用的热交换管，该管具有与其加热表面积的增加程度匹配的改进的热交换能力，而其每单位长度的质量与光滑表面管的一样小，因而不增加材料费用。热交换管(2)的结构是在其外周面上设置许多个沿管子轴向延伸的凸部(4)，每个凸部有一沿管子圆周方向的拱形曲面形状，凸部沿管子圆周方向配置成使相邻凸部(4)之间形成凹部6，而管子内周面对应于凸部(4)和凹部(6)成波纹状。在管子外周面上滴落扩散吸收剂，而在热交换管内部流过冷却流体，从而冷却管子外周面上的吸收剂。在每个凸部(4)中沿管子轴向间隔地形成许多个沿管子圆周方向延伸的凹槽部分(8)，每个凹槽部分的底部在管子轴向和圆周方向的截面中为曲面，因此介于相邻凹槽部分(8)之间的凸部(4)的局部部分构成独立的翼片(10)。并且凹槽部分(8)的在管子圆周方向的对置两端部分的宽度向着两端逐



1. 一种供吸收器用的热交换管，具有这样一种结构，其中在所述管子的外周面上设置许多个凸部，使凸部沿该管子的轴向延伸，每个凸部有一沿所述管子圆周方向的拱形曲面形状，这许多个凸部沿所述管子的圆周方向这样配置，使得在所述许多个凸部的相邻凸部之间形成凹部，而所述管子的内周面对应于所述凸部和凹部成波纹状，其中在所述管子外周面上滴落或扩散一种吸收剂，而在所述热交换管的内部流过一种冷却流体，从而冷却所述管子外周面上的所述吸收剂，其特征在于：

在每个所述凸部中沿所述管子的轴向间隔地形成许多个圆周凹槽部分，每个所述圆周凹槽部分沿所述管子的圆周方向延伸并在其底部部分在沿所述管子的轴向和圆周方向的截面中具有弯曲形状，介于相邻的所述圆周凹槽部分之间的所述凸部的局部部分分别构成互相独立的翼片，所述管子的每个沿圆周方向的所述圆周凹槽部分的对置两端部分的宽度向着两端逐渐缩小，使得两端处的宽度为零。

2. 一种如权利要求 1 所述的供吸收器用的热交换管，其特征是所述圆周凹槽部分形成得使圆周凹槽部分的深度不到凹部的底部，从而防止所述圆周凹槽部分与所述凹部的底部连通，而每个所述圆周凹槽部分的所述对置两端部分终止于所述各凸部的相应两侧面上。

3. 一种如权利要求 1 或 2 所述的供吸收器用的热交换管，其特征是，所述凸部和凹部用拉制工艺制成，而所述圆周凹槽部分是用轧制工艺制成的。

4. 一种如权利要求 1-3 中任何一项所述的供吸收器用的热交换管，其特征是，沿所述管子的轴向延伸的各轴向凹槽设置在所述凹部的底部中，并沿所述管子的圆周方向这样配置，使得当沿圆周方向的截面中观看时，所述轴向凹槽的表面与所述底部不光滑地邻接。

5. 一种如权利要求 1-4 中任何一项所述的供吸收器用的热交换管，其特征是对应于所述圆周凹槽部分的所述内周面的局部部分向着所述管子的内部突出，而对应于设置在相邻的所述圆周凹槽部分之间的所

述翼片的所述内周面的局部部分构成凹面部分。

6. 一种生产供吸收器用的热交换管的方法，其中在所述热交换管的外周面上滴落或扩散一种吸收剂，而一种冷却流体流过所述热交换管的内部，以便冷却所述热交换管外周面上的所述吸收剂，所述方法的特征在于包括：

将一个圆筒形坯料管拉制成波纹管的第一个步骤，该波纹管这样构造，使得在所述管子外周面上设置许多个凸部，使凸部沿该管子的轴向延伸，每个凸部有一沿所述管子圆周方向的拱形曲面形状，这许多个凸部沿所述管子的圆周方向这样配置，使得在所述许多个凸部的相邻凸部之间形成凹部，而所述管子的内周面对应于所述凸部和凹部成波纹状；和

使所述波纹管接受一轧制过程的第二个步骤，从而在每个所述凸部中沿所述管子轴向以规则间隔形成许多个圆周凹槽部分，每个圆周凹槽部分沿所述管子的圆周方向延伸并有一个底部部分，该底部部分在沿所述管子的轴向和圆周方向的截面中具有弯曲形状，介于相邻的所述圆周凹槽部分之间的所述凸部的局部部分分别构成互相独立的翼片，每个沿管子圆周方向的所述圆周凹槽部分的对置两端部分的宽度向着两端逐渐缩小，使得两端处的宽度为零。

## 吸收器用的热交换管及其生产方法

### 技术领域

本发明一般涉及一种吸收器用的热交换管，该热交换管水平地安装在一个吸收式致冷器、吸收式热泵等的吸收器内，更具体地涉及这样一种吸收器用的热交换管，该热交换管呈现极好的热交换效率，其每单位长度的质量像光滑表面管一样小，本发明还涉及一种生产这样的热交换管的方法。

### 发明背景

对于上述吸收式致冷器、吸收式热泵等的吸收器中用的热交换管，通常使用一种具有光滑的内表面和圆形截面的光滑表面管。但是，这样一种光滑表面管由于其热交换能力相当低而不能满足改进吸收器性能和减小吸收器尺寸的要求。光滑表面管存在另一问题，就是由于吸收剂的表面张力，当吸收剂向下流动时，沿管子圆周方向向下流动的吸收剂层的宽度缩小。因此，光滑表面管不能允许吸收剂在足以保证有效的热交换作用的面积内接触其外周面，而管子外周面往往具有一干面积部分，导致吸收剂的蒸气吸收效率降低，因此热交换管的热交换能力降低。

为了解决上述问题，已经提出了如 JP - U - 2 - 89270 和 JP - A - 2 - 176378 中公开的那种构造的热交换管。也就是，提出的热交换管是这样构造的，就是在管子外周面上形成许多个沿管子轴向延伸的凸部，而在相邻的凸部之间形成凹部。这些凸部和凹部沿管子的圆周方向排列，形成沿圆周方向连续的曲面。凹部的曲率半径大于凸部的曲率半径。

当这样一种热交换管水平地安装在吸收器中时，滴落或扩散在管子外表面上的吸收剂平滑地流入凹部，因为凹部的曲率半径大于凸部的曲率半径。因此，吸收剂平滑地流入和流出凹部，使得吸收剂在管子的整

个周面上均匀流动。在凸部和凹部处分别产生吸收剂的马兰各尼（Marangoni）对流（它是由于在吸收剂层的表面上吸收剂中所含的表面活性剂分布不均匀而引起的表面张力变化所产生的），这些马兰各尼对流彼此干扰，由此管子外周面上的吸收剂具有沿纵向（即沿管子轴向）的大的紊流程度。这样，有效地促进了管子外表面上的热交换，提高了热交换管的热交换效率。

上述构造的热交换管提高了热交换能力。但是，热交换管有一内在问题，就是由于其加热表面积与光滑表面管的加热表面积基本上相同，从根本上限制了进一步提高管子的热交换能力。

另一方面，JP - B - 7 - 111287 中公开了一种吸收器用的热交换器，它有许多个在管子外周面上形成的沿管子的纵向延伸的凹槽，以及许多个以相当短的间隔在相邻的凹槽之间形成的翼片。在具有此种结构的热交换管中，许多个具有相当大深度的凹槽使吸收剂剧烈搅动和吸收剂沿轴向流动，因此吸收剂扩散在管子外表面上。在相邻凹槽之间形成的许多个翼片保证管子的加热表面积增大和管子表面对吸收剂的润湿性提高，由此管子的有效加热表面积显著提高。

从 JP - B - 7 - 111287 中公开的实施例的观点看，人们认为，上述结构的热交换管是通过在已知的低翼片管中形成沿管子轴向延伸的凹槽来制备的。存在一个问题，就是此种结构的热交换管的热交换能力仅是光滑表面管的热交换能力的 1.4 倍，虽然管子的加热表面积至少是光滑表面管的几倍。而且，上述构造的热交换管是从用作基础管子的低翼片管制成的，因此该管子每单位长度的质量至少大约是低翼片管的两倍，导致一个固有的问题，就是热交换管的材料费用的增大程度高于管子热交换能力的增大程度。

## 本发明的公开内容

本发明是鉴于上述情况而研究的，因此本发明的一个目的是提供一种供吸收器用的热交换管，它具有与管子的加热表面积的增大程度相匹配的热交换能力的增大程度，而其每单位长度的质量像光滑表面管一样小，而且它并不增加材料费用。

上述目的可以通过一种具有这样结构的供吸收器用的热交换管来达到，其中在该管子外周面上设置许多个凸部，使凸部沿该管子的轴向延伸，每个凸部有一沿管子圆周方向的拱形曲面形状，这许多个凸部沿管子圆周方向这样配置，使得在这许多个凸部的相邻凸部之间形成凹部，而管子的内周面对应于凸部和凹部成波纹状，其中在管子外周面上滴落或扩散一种吸收剂，而在热交换管的内部流过一种冷却流体，从而冷却管子外周面上的吸收剂，其特征在于：在每个凸部中沿管子的轴向按规则间隔形成许多个圆周凹槽部分，每个圆周凹槽部分沿管子的圆周方向延伸并在其底部部分在沿管子的轴向和圆周方向的截面中具有弯曲形状，介于相邻的圆周凹槽部分之间的凸部的局部部分分别构成互相独立的翼片（翅片，散热片），管子的每个沿圆周方向的圆周凹槽部分的对置两端部分的宽度向着两端逐渐缩小，使得两端处的宽度为零。

在按照本发明构造的热交换管中，附着在管子外表面上的吸收剂，如 LiBr 的水溶液，沿管子轴向沿凹部有效地流动和散布，同时沿管子的圆周方向越过凸部向下流动。每个凸部形成拱形曲面形状。这种配置允许吸收剂在热交换管的表面上沿管子圆周方向越过凸部平稳地流动，并使凸部表面有效地保持与吸收剂的润湿，由此防止由于管子外周面上存在未受吸收剂润湿的干表面积而产生的管子热交换能力的变坏。而且，当吸收剂越过每个凸部向下流动时，可以引起吸收剂的紊流和对流，使大量的浓度相当高的吸收剂有效地移动到吸收剂层的外表面，从而提高蒸气吸收效率。

另外，上述热交换管允许管子外表面中形成的凸部和凹部中的吸收剂分别产生马兰各尼对流，这些马兰各尼对流具有不同的强度，与相应的凸部和凹部上形成的吸收剂层的厚度值成正比。凸部和凹部上的吸收剂层的厚度值彼此显著不同，导致凸部和凹部上产生的马兰各尼对流强度显著不同。吸收剂的这些强度不同的马兰各尼对流互相干扰，由此强烈地搅动吸收剂。

再者，在本发明的供吸收器用的热交换管中，在沿管子轴向以预定间隔在各凸部中形成许多个圆周凹槽部分，每个沿管子的圆周方向延伸，而介于相邻的圆周凹槽部分之间的凸部的局部部分分别构成互相独

立的翼片。每个圆周凹槽部分这样形成，使得该圆周凹槽部分的底部部分在沿管子的轴向和圆周方向的截面中具有弯曲形状，而圆周凹槽部分沿圆周方向的对置两端的宽度逐渐缩小，使得在两端处的宽度为零。当吸收剂向下流在热交换管的外表面上时，如上所述的圆周凹槽部分的构形限制吸收剂沿管子的圆周方向流动，同时促使吸收剂沿管子的轴向流动。因此，与具有翼片的普通管相比，吸收剂沿管子的轴向平稳地扩散，使得吸收剂受到其马兰各尼对流的有效搅动和其与圆周凹槽部分的碰撞。因此，可以进一步促进热交换管的热交换操作。

按照本发明的一种优选形式，热交换管这样配置，使圆周凹槽部分相对于凹部的底部沿径向向外形成，从而防止圆周凹槽部分与凹部的底部连通，而每个圆周凹槽部分的对置两端部分终止于凸部的对应两侧面。在该配置中，吸收剂沿轴向沿凹部的流动比沿圆周方向沿相邻翼片之间的圆周凹槽部分的流动更多，这保证吸收剂沿管子轴向的平稳流动。

根据本发明的供吸收剂用的热交换管的另一优选形式，凸部和凹部是由拉制工序形成的，而圆周凹槽部分是由轧制工序形成的，由此有利地获得一种具有所要形式的热交换管。

根据本发明的供吸收剂用的热交换管的又一优选形式，在凹部的底部中形成沿管子轴向延伸的轴向凹槽，它们沿管子的圆周方向这样排列，使得这些轴向凹槽的表面与沿圆周方向的截面中的底部不光滑地邻接。由于在凹部的底部中形成的轴向凹槽沿管子轴向延伸，因而吸收剂层的厚度沿管子的圆周方向不连续地变化，由此更加促使凸部和凹部中产生的马兰各尼对流发生干扰。

此外，因为在凹部中形成轴向凹槽，所以进一步增大了凸部上和凹部上吸收剂层的厚度之间的差异。这一配置不仅当合适量的吸收剂滴落在管子上时有效地引起吸收剂的马兰各尼对流（如在正常操作中），而且当小量吸收剂滴落在管子上时还使管子上的吸收剂层具有足够厚度（如在起动后紧接的操作中），因此由于马兰各尼对流而有效地引起吸收剂的紊流。这样，可以进一步提高管子的热交换能力。轴向凹槽的深度太小，以致于不能干扰进出轴向凹槽的吸收剂，因此吸收剂可以沿管

子的圆周方向迅速地流动到管子的外表面上。

根据本发明的供吸收器用的热交换管的又一优选形式，由于在凸部中形成圆周凹槽部分，管子内周面的对应于这些圆周凹槽部分的局部部分向着管子的内部突出，而管子内周面的对应于相邻的圆周凹槽部分之间设置的翼片的局部部分构成凹面部分。因此，管子的周面具有凹面部分和凸面部分，它们沿管子的轴向配置在对应于凸部的局部部分中。这种配置使流过管子内部的冷却流体产生紊流，导致有效地提高管子的总的热传递系数。

根据本发明，本发明的上述供吸收器用的热交换管可以通过一种生产供吸收器用的热交换管的方法而有利地生产，在吸收器中一种吸收剂滴落或扩散在热交换管的外周面上，而一种冷却流体流过热交换管的内部，从而冷却热交换管外周面上的吸收剂，该方法的特征在于包括：(a) 将一个圆筒形坯料管拉制成波纹管的第一个步骤，该波纹管这样构造，使得在管子外周面上设置许多个凸部，使凸部沿该管子的轴向延伸，每个凸部有一沿管子圆周方向的拱形曲面形状，这许多个凸部沿管子的圆周方向这样配置，使得在这许多个凸部的相邻凸部之间形成凹部，而管子的内周面对应于凸部和凹部成波纹状；以及(b)使该波纹管接受一轧制过程的第二个步骤，从而在每个凸部中沿轴向以规则的间隔形成许多个圆周凹槽部分，每个凹槽部分沿管子的圆周方向延伸并有一底部部分，在沿管子的轴向和圆周方向的截面中具有曲面形状，介于相邻的圆周凹槽部分之间的凸部的局部部分分别构成互相独立的翼片，每个沿管子圆周方向的圆周凹槽部分的对置两端部分的宽度向着两端逐渐缩小，使得两端处的宽度为零。

按照本发明的生产供吸收器用的热交换管的方法，圆筒形坯料管在第一个步骤中接受拉制过程而在管子中形成轴向凹槽（从而形成波纹管），然后在第二个步骤中接受轧制过程而在管子上形成翼片。这样，可以得到具有所要形状的热交换管而不会在每个凸部中形成的相邻翼片之间出现毛刺。每个如上生产的翼片的高度向着沿管子圆周方向的对置两端逐渐缩小，而每个由轧制过程形成的圆周凹槽部分的宽度向着沿管子圆周方向的对置两端逐渐缩小，使得两端处的宽度为零。

在上述构造的供吸收器用的热交换管中，每个沿管子轴向延伸的凸部在管子外表面上形成而具有沿管子圆周方向的拱形曲面形状，沿管子的圆周方向设置了许多个凸部。在这种配置中，滴落在管子外周面上的吸收剂可以容易地沿管子的圆周方向和轴向流动。设置在管子圆周方向上的凸部的数目并不特别限制，但可以根据热交换管直径等合适地选定。如果管子上设置的凸部数目过少，该管子就不能呈现充分的热交换能力。如果管子上设置的凸部数目过多，管子就不易制造。通常，设置凸部的间距为约 3 - 9mm（以坯料管外径为基础的管子圆周长度除以凸部数目）。为了在管子外表面上形成所需数目的凸部，每个凸部的曲率半径最好为 0.5-5.0mm。

在相邻凸部之间形成的凹部可以根据凸部形状来形成。在任何情况下，凹部由管子的介于相应的相邻凸部之间并与它们邻接的相应部分构成。凹部中的管子壁厚基本上等于凸部中的管子壁厚（因此在管子的内表面中形成凹面部分和凸面部分，它们分别与凸部和凹部对应）。另外，凹部通常具有约 0.3-1.2mm 的厚度，因为深度太大的凹部不易于制造管子，并减小热交换管流体通道的截面积，增大管内压力损失。每个凹部的深度指从凹部底部表面（如果有轴向凹槽就从轴向凹槽底部表面）延伸的垂线到与该凹部相邻的两凸部顶点相切的直线之间的长度。

本发明的供吸收器用的热交换管的特征也在于，这许多个每个沿管子圆周方向延伸的圆周凹槽部分是在每个凸部中沿管子轴向的预定间隔处形成的，因此介于相邻的圆周凹槽部分之间的凸部的局部部分分别构成独立的翼片。也就是，翼片具有管子的横截面的形状，它类似于凸部的横截面形状，即拱形曲面形状，因为翼片由凸部的不形成圆周凹槽部分的对应部分构成。另一方面，翼片沿管子纵截面的形状由相邻的圆周凹槽部分的纵截面形状决定。

按照本发明，决定翼片的沿管子纵截面的形状的圆周凹槽部分是这样形成的，使得每个圆周凹槽部分的底部部分在沿管子轴向和圆周方向的截面中具有曲面形状，而每个圆周凹槽部分沿管子圆周方向的对置两端部分的宽度向着两端逐渐缩小，在两端处宽度为零。圆周凹槽部分最好形成具有弯曲形状如 u 形和拱形，同时满足诸如翼片高度、相邻翼片

之间间隔和相邻翼片的对置两端之间间隔之类的尺寸要求。

如果凸部上形成的翼片高度太小，管子加热表面积与吸收剂的接触面积就不如预期的足够大。另一方面，如果翼片高度太大，这些翼片可以分隔管子外表面上形成的吸收剂层。通常，翼片的高度为约 0.3-1.5mm。特别希望圆周凹槽部分这样形成，就是圆周凹槽部分的深度不到凹部的底部，以便特别促进吸收剂沿管子轴向的扩展。每个翼片的高度指一条从介于相邻翼片之间的圆周凹槽部分的底部表面延伸的垂线到与该两个相邻翼片顶点相切的直线的长度。

相邻翼片具有约 0.9-4.0mm 的间隔。形成翼片的间隔最好不要太小，因为否则吸收剂很难流入相邻翼片之间的圆周凹槽部分，而如果一旦流入，即使吸收剂浓度相当低，也往往停留在圆周凹槽部分中。形成翼片的间隔最好也不要太大。因为否则管子的加热表面积不能像需要的那样增大。相邻翼片之间的间隔指相邻翼片之一的选定部分与相邻翼片之另一的相应部分之间沿管子轴向的距离。

另外，相邻翼片的顶端之间的间隔最好为约 0.45-3.0mm，从而使浓度变化范围很宽的不同吸收剂便于流入圆周凹槽部分，并从而防止吸收剂不必要地长时间停留在圆周凹槽部分中。相邻翼片的顶端之间的间隔指相邻翼片的对置两侧面的顶端之间的直线长度。

本发明的供吸收器用的热交换管其特征最好在于，管子内表面的对应于凸部的局部部分的形状决定于圆周凹槽部分的截面形状，使得当沿管子轴向的截面（沿管子纵向截面）观看时，其形状与凸部中的管子外表面的形状相反。也就是，管子外表面中形成的圆周凹槽部分在管子内表面上提供凸面或突出部分，而介于管子外表面中相邻圆周凹槽部分之间的翼片构成管子内表面中的凹面部分。热交换管的这一特征构造可以通过在第一步骤中完成拉制过程和在第一步骤中完成轧制过程而容易地获得。例如颠倒这些步骤的顺序是不可行的。在管子外表面上形成的每个翼片取弯曲板的形式，使得管子在翼片部分处基本上没有增大壁厚，保证热交换管的每单位长度的质量基本上等于基础管如凹槽管（波纹管）和光滑表面管。在管子内表面上形成的凹面和凸面部分使流过管子内部的冷却流体发生紊流，导致提高管子的总的热传递系数。

本发明的热交换管最好具有在凹部的底部中形成的轴向凹槽，从而促进吸收剂的紊流。这些轴向凹槽在凹部的底部中这样形成，使得每个轴向凹槽的表面不是与沿管子圆周方向的相应凸部和凹部光滑地邻接。也就是，当沿垂直于管子轴线的截面平面观看时，轴向凹槽的外弯曲表面连接沿管子圆周方向的相应凸部和凹部的的外弯曲表面，使得轴向凹槽部分的弯曲表面与凸部和凹部的弯曲表面相交，在相交点没有与那些曲线共同相切的线。在这些相交处，没有共同的切线。

轴向凹槽的横截面形状并不特别限制，可以利用各种形状如 u 形、V 形、矩形和梯形。最好是，轴向凹槽的深度为约 0.01-0.15mm，从而防止吸收剂不必要地停留于其中。

上述热交换管可以用该技术中熟知的各种材料制成。为了获得一种热交换能力极好的热交换管，最好使用一种导热性极好的材料，如铜和铜合金。通常，制成的热交换管具有约 6.35-25.4mm 的直径。

如上所述的本发明的供吸收器用的热交换管基本上如下地生产：首先，通过一种如 JP - B - 2 - 89270、JP - A - 2 - 176378 和 JP - A - 7 - 24522 中公开的已知方法获得本发明中使用的一种合适的波纹管。然后，使获得的波纹管接受轧制过程，使得仅在凸部中形成圆周凹槽部分，并提供由介于相邻的圆周凹槽部分之间的凸部的局部部分构成的翼片，由此获得所要的供吸收器用的热交换管。

根据本发明，波纹管是通过使圆筒形坯料管接受冷拉制过程来获得的。所要的波纹管可以以另外的方式通过热挤压合适成分的铜管来获得。

在本发明的热交换管中，在相应的凹部中形成的轴向凹槽的表面与相应凸部和凹部不光滑地邻接。具有这样一种结构的热交换管可以形状高度稳定地容易地生产，办法是利用在生产上述管子的方法中通常用于处理一根具有不同直径的管子的技术。

在本发明的热交换管中，在管子外表面上形成的凸部和凹部不一定要沿管子轴向笔直延伸，而可以沿管子轴向螺旋形地延伸。在这种情况下，凸部和凹部的螺线角最好不大于  $15^\circ$ ，因为过大的螺线角会减小沿圆周方向流过凸部的吸收剂量，导致管子的热交换能力变坏。

具有螺旋形凸部和凹部的热交换管可以如下地容易地生产：首先，利用具有螺旋形凸部和凹部的模具进行拉制过程，或者在使坯料管和模具相对转动时拉制坯料管，从而获得一个螺旋形地形成凸部和凹部的加工后管子。然后，使获得的管子接受轧制过程以形成适当的圆周凹槽部分。

#### 附图的简要说明

图 1 是表示本发明的一种供吸收器用的热交换管的一个实施例的透视图。

图 2 是图 1 所示的热交换管的横截面图。

图 3 是图 1 所示的热交换管的凸部的纵截面的放大图。

图 4 是沿垂直于热交换管轴线的截面的截面图，表示用于生产图 1 中所所示的热交换管的轧制过程。

图 5 是用于说明利用轧制盘对一个凸部进行轧制过程的视图。

图 6 是一个局部放大图，表示轧制过程前后的横截面中凸部形状的细节和轧制过程后翼片形状的细节。

图 7(a) - (c) 是表示通过轧制过程在凸部上形成的圆周凹槽部分和翼片的构形的视图，其中图 7(a)、图 7(b) 和图 7(c) 分别是凸部的透视图、顶视图和侧视图。

图 8 表示许多个热交换管的配置的一个例子，这些热交换管每个示于图 1 中，它们被设置在一个吸收器中。

图 9 是设置在图 8 所示吸收器的上部中的热交换管的横截面图。

图 10 是图 9 所示的供吸收器用的热交换管的凸部的纵截面的放大图。

图 11 是热交换管凸部的类似于图 3 的纵截面放大图，表示本发明的供吸收器用的热交换管的翼片构形的另一例子。

图 12 是一种热交换管凸部的类似于图 3 的纵截面放大图，表示本发明的供吸收器用的热交换管的翼片构形的又一例子。

#### 实施本发明的最佳方式

为了进一步阐明本发明，将描述本发明的实施例。应当理解，本发明不受这些实施例的细节的限制。同时应当理解，以该技术专业知识为基础，可以对下述实施例和上述结构细节进行各种变化、修改和改进而并不偏离本发明的精神。

首先参照图 1 - 3，图中示出本发明一个实施例的吸收器用的热交换管 2。该热交换管 2 用由材料 C1220（JIS H3300）制成的磷-脱氧铜管（外径：16mm  $\phi$ ，壁厚：0.6mm）制备，该管作为圆筒形坯料管提供。该坯料管受到利用模具的冷拉制操作，从而形成具有沿管子轴向延伸的凸部和凹部的波纹管。然后，该波纹管受到利用轧制盘的轧制过程，该轧制盘如通常用于生产带翼片的管子的轧制过程中所用的，使得在凸部中沿管子轴向以预定间隔形成圆周凹槽部分，每个凹槽沿管子的圆周方向延伸。这样，得到了热交换管 2。

更具体地说，如图 2 中所示，在直径  $d$  为 16mm  $\phi$  的热交换管 2 的外周面上，每个具有拱形曲面形状的凸部 4 和在相邻凸部 4 之间形成的凹部 6 沿管子的圆周方向交错地设置。这些凸部 4 和凹部 6 沿管子的轴向平直地延伸。每个凹部 6 的深度  $D1$  为 0.5mm。另外，在每个凸部 4 中形成圆周凹槽部分 8，每个凹槽 8 沿管子的圆周方向延伸，这些凹槽沿管子的轴向以预定间隔配置。介于相邻的圆周凹槽部分 8 之间的凸部 4 的局部部分分别构成相互独立的翼片 10。再者，在凹部 6 的底部中分别形成深度  $D2$  为 0.03mm 的轴向凹槽 12，使得轴向凹槽 12 的表面与凸部 4 和凹部 6 不光滑地邻接。此外，轴向凹槽 12 不是在凸部 4 中形成，而是在凹部 6 中形成。这一结构还增大凸部 4 上一层吸收剂的厚度和凹部 6 上一层吸收剂的厚度之间的差异，并因此增大在凸部 4 中发生的马兰各尼对流的强度和凹部中发生的马兰各尼对流的强度之间的差异。

接着参照图 3，图示热交换管 2 沿纵向截面的局部放大图。详细说来，圆周凹槽部分 8 这样形成于凸部 4 中，使得成直角延伸到凸部，而介于相邻的圆周凹槽部分 8 之间的凸部 4 的局部部分构成翼片 10。每个翼片 10 在纵向截面有一基本上曲面的形状，其高度  $F$  为 0.8mm。各个翼片 10 以 2.0mm 的间隔  $P$  设置，在相邻翼片 10 的端面之间的距离  $W$  为 0.9mm。翼片 10 具有基本上曲面的形状将不容易阻挡吸收剂沿管子

轴向的流动，并有利于形成吸收剂层和吸收剂沿管子的圆周方向流动。

热交换管 2 有一内周面，该内周面包括对应于凸部 4 的局部部分。在每个局部部分中形成突出部 14 和凹面部分 16，它们沿管子的轴向交错配置。也就是，这些突出部 14 是由对应于圆周凹槽部分 8 的管子内周面的突入管子内部的局部突出部形成的，而凹面部分 16 是由对应于设置在相邻圆周凹槽部分 8 之间的翼片 10 的管子内周面的局部部分形成的。这些突出部 14 和凹面部分 16 构成管子内周面的波纹状结构，这些结构促进通过管子内部的冷却流体的紊流，改进热交换管 2 的热交换能力。另外，有效地限制了翼片部分处热交换管 2 的壁厚的增大，因此本发明的热交换管 2 的单位重量可以做得像光滑表面管子一样小。

如上所述，这种构造的热交换管 2 易于由相应的圆筒形坯料管生产，办法是使该坯料管相继接受一拉制过程和一轧制过程，这些过程（工艺）在该技术中是已知的。更具体地说，坯料管首先接受一普通的冷拉制过程，以生产一波纹管 20，该管具有多个在外周面上形成的沿管子轴向延伸的凸部 4，每个凸部当沿管子的圆周方向观看时具有拱形弯曲形状。凸部 4 沿管子的圆周部分这样配置，使得在相邻的凸部 4 之间形成凹部 6，该凸部 4 和凹部 6 具有基本相等的壁厚。这样获得的波纹管 20 接受利用图 4 所示的轧制盘 22 的轧制过程。在图 4 的配置中，围绕待轧制的波纹管 20 设置三组轧制盘 22，使该三组轧制盘 22 彼此相等间隔  $120^\circ$ 。每组轧制盘由多个轧制盘 22 组成，它们互相同轴地设置并作为一个单元一起转动。随着各组轧制盘的旋转，每个轧制盘 22 压在波纹管 20 的凸部 4 上，使波纹管 20 的凸部 4 接受轧制过程。

接着参照图 5，图中示出利用轧制过程在一个凸部 4 中形成圆周凹槽部分 8 的方式，也就是，形成翼片 10 的方式。可以注意到，在图 5 的左侧示出轧制过程的几个阶段的截面图，它们是以沿垂直于管子轴线的平面中的截面示出的，而在图 5 的右侧示出轧制过程的几个阶段的立面图，它们是在左侧图中示出的管子的右侧面上看到的立面图。另外，轧制过程的进行从图 5(a) 阶段开始，以图 5(d) 阶段结束。如该技术中熟知的，圆周凹槽部分 8（翼片 10）不是由一个轧制盘 22 形成的，而是由属于相应各组的轧制盘 22 的单个轧制盘 22 逐渐形成的，使得不同组的

轧制盘 22 压紧每个凸部 4, 因此在相邻轧制盘 22 之间同时形成翼片 10, 使得当轧制过程进行时, 每个翼片 10 的高度沿管子的径向向外方向逐渐增大, 如右侧各图中所示。

如图 6 中所示, 通过上述轧制过程, 在每个凸部 4 上沿管子轴向交替地形成具有预定高度的圆周凹槽部分 8 和翼片 10, 由此产生所要的热交换管 2。如图 5、图 6 和图 7 的放大图中明显看到的, 每个由轧制过程形成的圆周凹槽部分 8 有一曲面形状, 更具体地说, 在其底部在沿管子的轴向和圆周方向两者的截面中有一弧形曲面形状。而且, 当沿管子的圆周方向观看时, 圆周凹槽部分 8 的两个对置端部的宽度逐渐减小到零, 这从图 7(b)中明显看到, 图 7(b)是圆周凹槽部分 (8) 的顶视平面图。也就是, 每个介于相邻翼片 10 之间的圆周凹槽部分 8 具有如沿管子的圆周方向看到的对置端部部分。当端部部分向着其两端延伸时, 换句话说, 向着相应的凹部 6 延伸时, 这些凹槽部分的宽度逐渐缩小, 使得在圆周凹槽部分的两端处宽度为零。比起普通的带翼片的热交换管来, 这种结构限制吸收剂沿圆周方向流动, 而允许吸收剂更易于沿轴向流动。这样, 由于因吸收剂的马兰各尼对流而产生的吸收剂紊流和吸收剂的各层与圆周凹槽部分 8 的撞击, 进一步改善了热交换管 2 的热交换效果。

最好是, 上述构造的圆周凹槽部分 8 相对于凹部 6 的底部沿径向向外形成, 从而阻止圆周凹槽部分 8 与相应的凹部 6 连通, 而圆周凹槽部分 8 沿圆周方向的对置两端终止于凸部 4 的相应两侧面上。这种配置进一步有效地促进了吸收剂沿管子轴向中的凹部 6 的流动。

可以注意到, 在吸收式制冷机的吸收器 30 内通常安置许多个上述构造的热交换管 2, 使这些热交换管 2 沿垂直方向配置, 而每个热交换管有一水平姿态。使作为冷却流体的冷却水流过热交换管 2 的内部, 以便有效地冷却热交换管 2 的外表面上的吸收剂。更具体地说, 吸收剂 36, 如包括表面活性剂的溴化锂水溶液, 从安置在热交换管 2 上方的散布器 (喷洒器) 32 的散布喷嘴 34 滴落或散布在热交换管 2 上。散布在热交换管 2 上的吸收剂 36 具有较高的浓度, 因此吸收剂在热交换管 2 的外周面上平滑地向下流动, 同时吸收存在于吸收器 30 内部的蒸气。在吸收蒸

气时产生的热从吸收剂 36 传递给流过热交换管 2 内部的冷却水，从而有效地冷却了吸收剂 36。

更具体地说，如图 9 和 10 中所示，从安置在热交换管 2（未示出）上方的散布器 32 的散布喷嘴 34 滴落的吸收剂 36，首先沿管子 2 的圆周方向交替地经过凸部 4 和凹部 6 向下流到热交换管的外周面上。在凸部 4 和凹部 6 中产生吸收剂 36 的马兰各尼对流，这种对流取决于凸部 4 和凹部 6 上吸收剂 36 层的厚度值。每一凸部 4 上的吸收剂层厚度显著地小于每一凹部 6 上的吸收剂层厚度。因此，沿热交换管 2 的轴向，凸部 4 中产生的吸收剂 36 的马兰各尼对流的强度相当低，而凹部 6 中产生的吸收剂 36 的马兰各尼对流的强度相当高。这些在相应的凸部 4 和凹部 6 上产生的马兰各尼对流互相干扰，由此显著地促进了沿管子轴向的吸收剂 36 的紊流。

在本发明的热交换管 2 中，如图 10 中同时示出的，吸收剂 36 可以进入介于相邻翼片 10 之间的圆周凹槽部分 8 中，导致有效地增大热交换管 2 与吸收剂 36 的接触面积。因此，按照本发明构造的供吸收剂用的热交换管 2 呈现提高的热交换能力。

在按照本发明构造的热交换管 2 中，在凹部 6 的底部中形成轴向凹槽 12，使得每个凹部 6 上的吸收剂 36 的层具有相当大的厚度。因此，如在吸收系统的正常操作中那样，当合适数量的吸收剂 36 滴在热交换管 2 上时，就会在很大程度上产生吸收剂 36 的马兰各尼对流。而且，即使当滴落在热交换管 2 上的吸收剂量相当小时（如在吸收系统起动后紧接的操作中那样），吸收剂 36 收集在轴向凹槽 12 中，从而在凹部 6 上形成具有所要厚度的吸收剂 36 的层，使得凹部 6 上产生的马兰各尼对流的强度有效地增大，由此保证改善热交换管 2 的热交换能力。轴向凹槽 12 做成具有相当小的深度 0.03mm，该深度太小而不会干扰通过凹部 6 的吸收剂 36 的流动，使得滴落在热交换管 2 的外表面上的吸收剂 36 沿管子的圆周方向平滑地移动，因此，与普通使用的热交换管比较，上述构造的热交换管 2，通过在凹部 6 中简单地形成轴向凹槽 12 从而增大外周面上的吸收剂 36 的量，可以改进其热交换效率。

应当理解，根据本发明的吸收器用的热交换管不限于上述构造例示

的细节。例如，翼片 10 可以做成沿纵向截面具有如图 11 或 12 中示出的形状。在具有如图 11 所示的以预定间隔在凸部 4 中形成的翼片 10 的热交换管中，每个翼片 10 有一个如纵向截面中看到的平面顶部表面。在具有如图 12 所示的以预定间隔在凸部 4 中形成的翼片 10 的热交换管中，每个翼片 10 有一个如纵向截面中看到的宽度极小的顶部。这些具有此种构造的热交换管，与上述热交换管 2 一样，具有极好的吸收剂紊流作用。

装有上述热交换管 2 的吸收器在下述条件下操作：吸收器的内压 = 6.6 毫米汞柱；吸收剂浓度 = 63.5 质量%；而吸收剂的流量 = 1.0 升/分·米。测量了热交换管 2 的热交换能力。测量表明，本发明的热交换管 2 的总热传递系数是作为热交换管 2 基础的波纹管 20 的约 1.2 倍，是光滑表面管的约 1.5 倍。热交换管 2 的实际加热表面积为波纹管或光滑管的约 1.2 倍。已经证实，热交换管 2 的热交换能力的增大程度是加热表面积增大程度。

从上述说明可以清楚，在本发明的热交换管中，安置在相邻翼片之间的圆周凹槽部分被做成具有曲面形状，使得有效地流入沿周面的凹槽部分中的吸收剂与吸收剂浓度无关，从而阻止吸收剂在沿圆周凹槽部分中不必要地停留，由此形成的吸收剂层得到合适的厚度。因此，有利地增大了热交换管与吸收剂接触的表面积，由此有效地改善了热交换管的热交换能力。其次，圆周凹槽部分做成这样，使得每个圆周凹槽部分的沿圆周方向的对置的两端部部分具有逐渐缩小的宽度，以致在对置两端部处的宽度等于零。这样，圆周凹槽部分几乎不阻挡吸收剂沿管子轴向的流动和吸收剂的马兰各尼对流，导致吸收剂的强烈紊流，由此改善了热交换管的热交换能力。再者，在管子的每个凸部上形成一层具有开孔的吸收剂，该层吸收剂与凹部上形成的吸收剂层是连续的，允许吸收剂沿轴向流动和吸收剂产生马兰各尼对流。因此，在相应的凸部和凹部中产生的吸收剂的马兰各尼对流彼此干扰，以致产生相当强的吸收剂紊流，由此进一步改善了热交换管的热交换能力。

### 工业应用性

从上述说明可以清楚，本发明涉及一种供吸收器用的热交换管和一

种生产该热交换管的方法，该热交换管水平地安置在该吸收器中，用于吸收式致冷机、吸收式热泵等等。特别是，本发明提供的热交换管能保证极好的热交换效率而其每单位长度的质量与光滑表面管的一样小，本发明提供的方法可以有利地生产该热交换管。

图 1

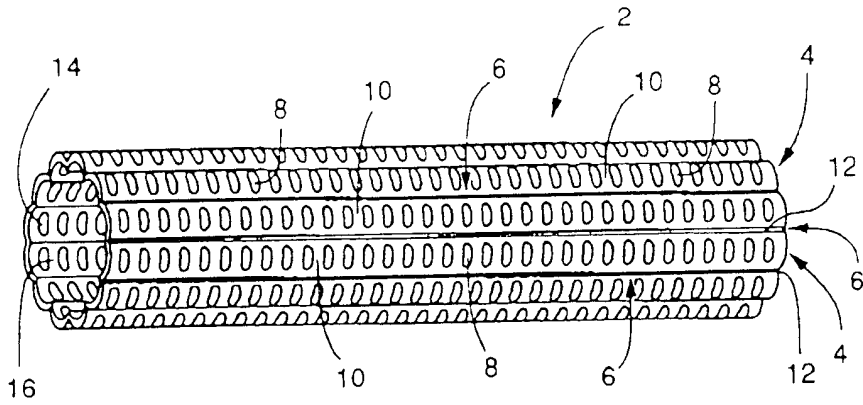
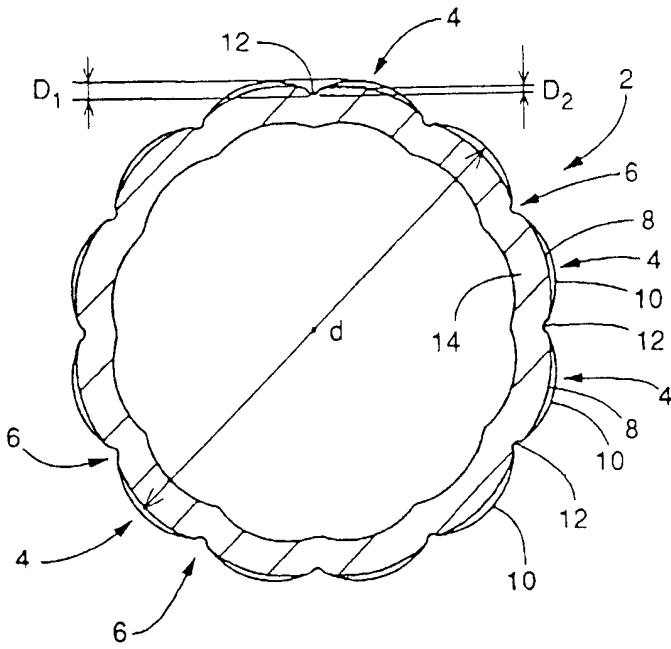
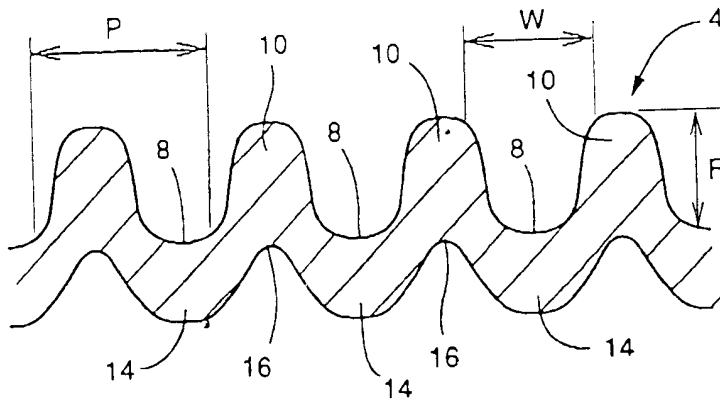


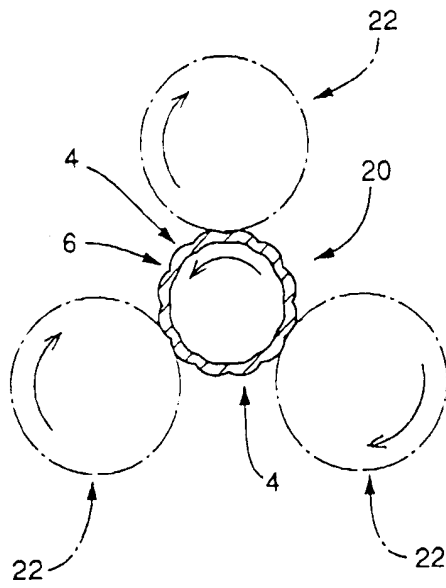
图 2



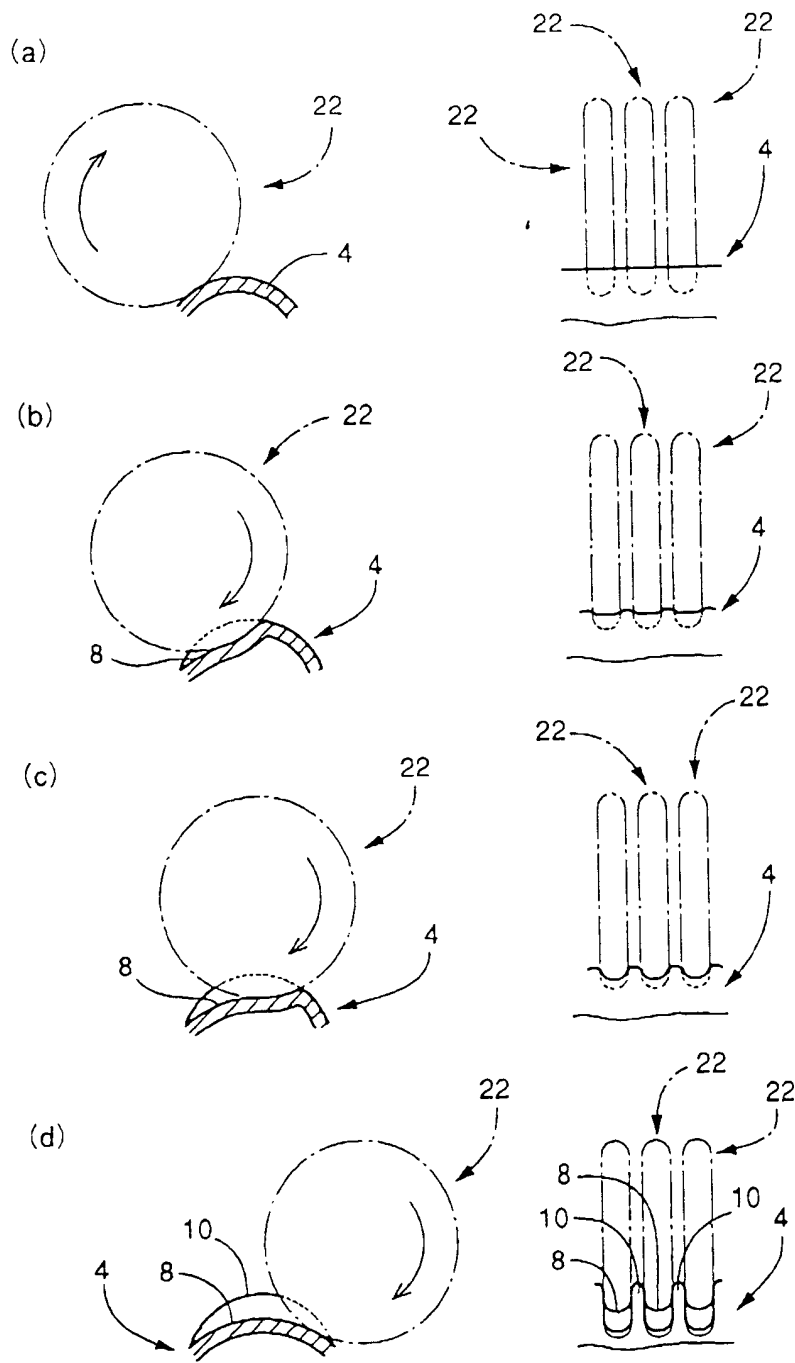
### 图 3



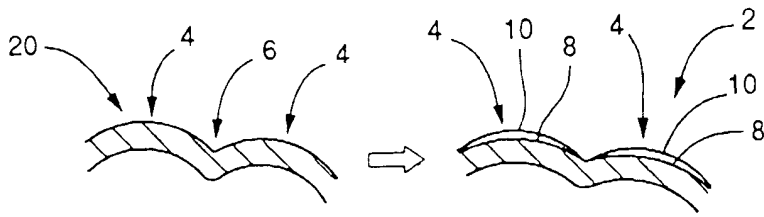
### 图 4



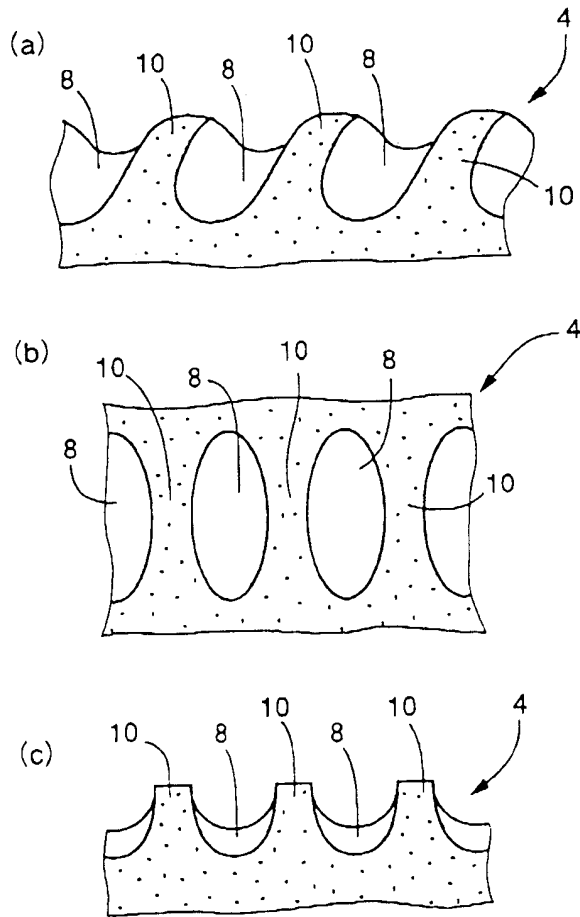
# 图 5



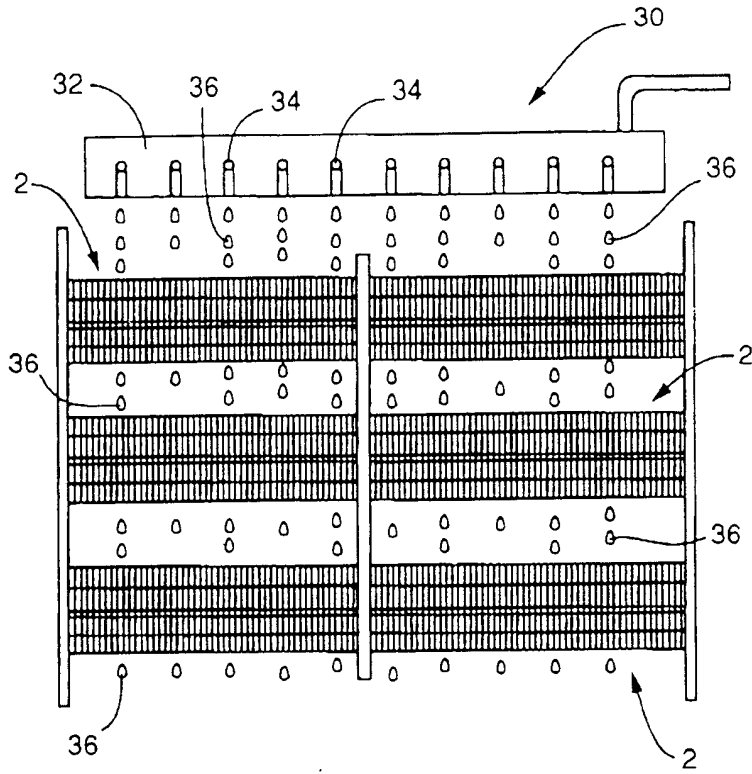
### 图 6



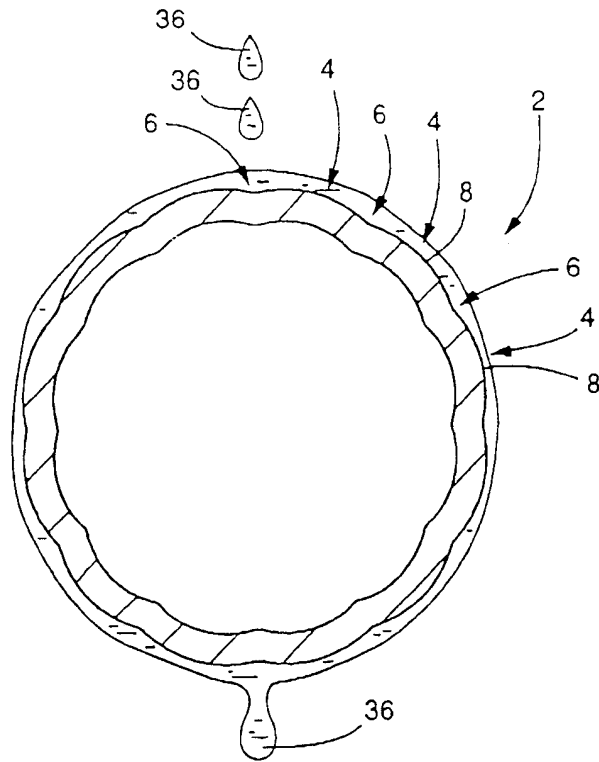
### 图 7



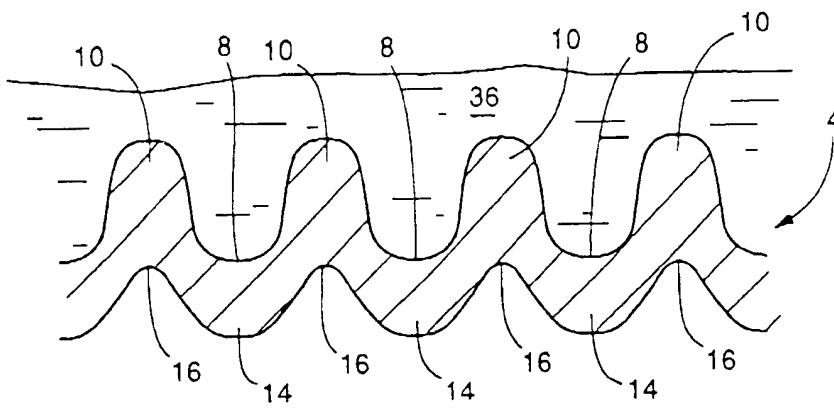
# 图 8



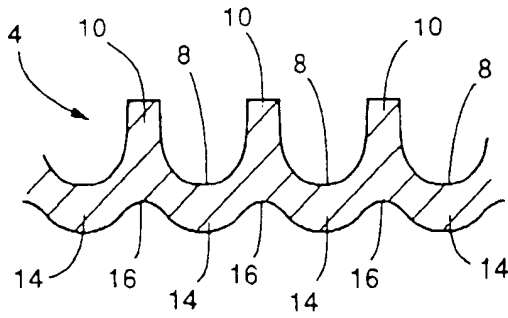
### 图 9



### 图 10



# 图 11



# 图 12

