



## [12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 98812736.9

[45] 授权公告日 2004 年 3 月 31 日

[11] 授权公告号 CN 1143726C

[22] 申请日 1998. 11. 19 [21] 申请号 98812736.9

[30] 优先权

[32] 1997. 12. 29 [33] DE [31] 19757795.4

[86] 国际申请 PCT/EP98/07438 1998. 11. 19

[87] 国际公布 WO99/33554 英 1999. 7. 8

[85] 进入国家阶段日期 2000. 6. 28

[71] 专利权人 阿克西瓦有限公司

地址 德国法兰克福

[72] 发明人 雷恩纳德·弗罗伯特

约翰尼斯·哈特尔

威尔费里德·施尔豪兹

审查员 秦士魁

[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

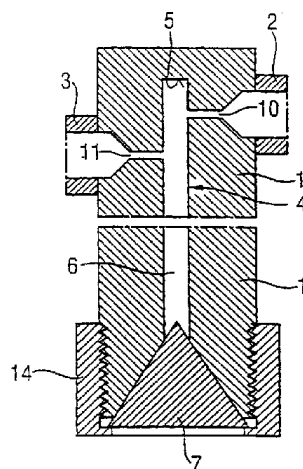
代理人 张兆东

权利要求书 3 页 说明书 9 页 附图 5 页

[54] 发明名称 混合和接着喷射液体的设备

[57] 摘要

本发明涉及一种用于制备由多种液体成分组成的自身快速固化的混合物和接着喷射此自身会固化的混合物。此设备包括混合室(4)、液体分配器(1'、7)和 N 个相同的与液体分配器连接的成滴喷嘴(9a、9b)。要混合的液体可分开输入混合室以及混合室在那些可能发生反应的区域内既没有明显的逆向混合也不会在这些区域内的流动中有明显的死角。液体分配器(1'、7)与混合室连接并将来自混合室的混合流在流动中没有明显逆向混合或死角的情况下均匀分配给喷嘴(9a、9b)，所以分流的流动特性及其在液体分配器内的停留时间是相同的。



1. 用于制备由多种液体成分组成的自身快速固化的混合物和接着喷射此自身固化混合物的设备, 包括一混合室(4), 要混合的液体可分开输入混合室(4)以及在混合室(4)内在那些可能发生反应的区域内基本上没有逆向混合, 或混合室(4)在这些区域内的流动中基本上没有死角, 其特征为: 此设备有一个液体分配器(1'、7)和 N 个与液体分配器(1'、7)连接的成滴的喷嘴(9a、9b...); 以及, 液体分配器(1'、7)与混合室(4)连接和在上游成一尖端结束, 所以它将来自混合室(4)的混合流在流动中基本上没有逆向混合或死角的情况下均匀分配给喷嘴(9a、9b...), 从而使分流在液体分配器(1'、7)内的停留时间基本相等。

2. 按照权利要求 1 所述的设备, 其特征为: 混合室(4)由具有至少两个沿其长度错开的进口(10、11)的圆柱管(1)构成, 圆柱管在其上游端(5)端面封闭。

3. 按照权利要求 2 所述的设备, 其特征为: 最上面的那个进口(10)与管壁成切向延伸, 在它下面的那些进口(11)与管子成轴向延伸。

4. 按照权利要求 1 至 3 中之一所述的设备, 其特征为: 液体分配器(1'、7)有一个外部液体分配体(1')和一个压入此外部液体分配体内的内部液体分配体(7)以及 N 个喷嘴(9a、9b...); 以及, 外部液体分配体有一个与混合器连接的进口通道(6)和一个从此进口通道(6)出发的空腔; 以及, 压入外部液体分配体空腔内的内部液体分配体(7)在此空腔的范围内有与此外部液体分配体(1')的空腔相同的形状; 以及, 在内部液体分配体(7)的周缘或在空腔的表面上分布有 N 个槽(8a-8h), 它们从空腔上游端延伸到在槽(8a-8h)下游端处的喷嘴(9a、9b...); 以及, 喷嘴(9a、9b...)或处于外部液体分配体内或处于内部液体分配体内。

5. 按照权利要求 1 至 3 中之一所述的设备, 其特征为: 喷嘴(9a、9b...)是相同的; 以及, 分流在喷嘴(9a、9b...)处的流动特性基本相同。

6. 按照权利要求 4 所述的设备, 其特征为: 槽(8a-8h)处于内部液体分配器(7)的表面。

7. 按照权利要求 4 所述的设备, 其特征为: 圆柱管(1)和外部的液体分配体(1')由一个毛坯加工而成。

8. 按照权利要求 4 所述的设备, 其特征为: 内部液体分配体(7)包括喷嘴(9a、9b...).

9. 按照权利要求 4 所述的设备, 其特征为: 内部液体分配体(7)朝上游的方向渐尖地延伸到进口通道(6)内。

10. 按照权利要求 4 所述的设备, 其特征为: 空腔成形的使内部液体分配体(7)能压入或能转入外部液体分配体(1')内。

11. 按照权利要求 4 所述的设备, 其特征为: 空腔围绕一根与进口通道(6)方向平行的对称轴有旋转对称性, 所以通过对称旋转, 喷嘴(9a、9b...)的位置可以互换, 以及从一个在进口通道(6)下游端处垂直于对称轴的面出发沿对称轴一直延伸到分配体(1')的端部; 以及, 压入外部液体分配体(1')空腔内的内部液体分配体(7)具有与外部液体分配体(1')的空腔相同的对称性, 它压入外部液体分配体(1')空腔内的部分有空腔的形状并继续朝上游方向渐尖地延伸到进口通道(6)内; 以及, 槽(8a-8h)按对称性分布。

12. 按照权利要求 4 所述的设备, 其特征为: 混合室(4)有与液体分配器(1'、7)的进口通道(6)相同的直径并与之直接连接; 以及, 混合室(4)的轴平行于进口通道(6)的轴。

13. 按照权利要求 4 所述的设备, 其特征为: 空腔的横截面积在朝下游方向的全部长度上保持不变或逐渐增大。

14. 按照权利要求 4 所述的设备, 其特征为: 喷嘴(9a、9b...)按这样的方式构成, 即, 槽(8a-8h)一直延伸到空腔的下游端以及槽(8a-8h)的口以一锐边结束。

15. 按照权利要求 4 所述的设备, 其特征为: 空腔的横截面是圆形的。

16. 按照权利要求 15 所述的设备, 其特征为: 空腔是截圆锥体。

17. 按照权利要求 15 所述的设备, 其特征为: 内部液体分配体(7)的包络面是圆锥体, 以及槽(8a-8h)在圆锥面上沿轴向延伸。

18. 按照权利要求 4 所述的设备, 其特征为: 空腔的横截面是等边 N 角形, 其中 N 是喷嘴(9a、9b...)数; 以及, 槽(13a-13h)在边的中点与 N 角形的边相交。

19. 按照权利要求 18 所述的设备, 其特征为: 空腔是一个以等边 N 角形作为底面的平截头棱锥体。

20. 按照权利要求 18 所述的设备, 其特征为: 内部液体分配体(7)除槽以外是一棱锥体。

21. 按照权利要求 4 所述的设备, 其特征为: 内部液体分配体(7)借助一个旋在外部液体分配体(1')上的外加螺帽(14)压在外部液体分配体内。

22. 按照权利要求 1 至 3 之一所述的设备, 其特征为: 多个液体分配器前后串联; 以及, 在所有的液体分配器内, 除沿下游方向最后一个串联级的液体分配器外, 喷嘴(9a、9b...)由通道代替并与下一个液体分配器的进口通道连接。

23. 借助按照权利要求 1 至 22 中之一所述的设备喷射液体的方法, 其特征为: 所使用的设备中它们的喷嘴(9a、9b...)按这样的方式成形和定向, 即, 使直接在喷嘴(9a、9b...)后的液滴轨迹不朝向对称轴。

24. 按照权利要求 1 至 22 中之一项所述的设备的用途, 用于生产水凝胶。

25. 按照权利要求 24 所述的用途, 其特征为: 水凝胶是  $\text{SiO}_2$  水凝胶。

## 混合和接着喷射液体的设备

本发明涉及制备由多种液体成分组成的自身快速固化的混合物和接着喷射此自身固化混合物的设备。

在有些化学领域提出的问题是，应由低粘度的液体混合物生成大体球状颗粒的固体或凝胶。

例如在 DE-A-2103243 中详细讨论了在例如由水玻璃制备水凝胶时产生的问题。通常对于许多方法由于结壳的危险给生产中为达到稳定的运行方式带来困难。

在 DE-A-2103243 中为制备水凝胶采用了一种方法，其中首先形成在这种情况下通过凝胶化自身迅速固化的混合物，然后借助气态介质将它直接经喷嘴喷入沉降塔内，形成的液滴在下降期间固化。若如在这种情况下那样固化是化学地进行的，则有必要将原材料尽可能均匀地迅速混合和喷射，以便不会堵塞住设备。但在液滴内的反应也应大体均匀地在喷雾塔内沿给定的高度继续进行，以便获得尽可能均质的产品。

DE-A-2103243 中公开了一种制备水凝胶的设备，它的特征在于设有一个优选地用圆柱管构成的混合室，混合室有沿其长度错开的原材料液体的进口，并在其上游端将端部封闭，其下游端终止在一喷嘴出口中。在这种设备中重要的是在混合室内避免逆向混合和棱边。为此只设一个喷嘴口，所以，或每个混合室只能混合很小的量，或如在上述文件中列举的例子那样喷嘴必须产生一个例如扇形的射流，然后射流再裂解成滴。这种方法的缺点在于，或在第一种情况下这样一种混合和喷射设备的产量很小，或在第二种情况下滴的半径分布范围比较大，这对于可能的后续工序是不利的。此外，难以控制液滴尺寸的变化。

若尤其是凝胶滴应实施化学的后处理，往往重要的是获得一种范围狭窄的液滴半径分布，因为滴内的扩散时间与液滴半径成平方关系。

因此本发明的目的是提供一种制备由多种液体成分组成的自身迅

速固化的混合物和接着喷射此本身会固化的混合物的设备，它允许能大量生产基本上球状的液滴的半径分布范围小的滴。

此外，此设备还应提供具有尽可能一致的材料性质的液滴。

除此以外，此设备应在万一被堵塞的情况下能便于清理。

还有，此设备应允许方便地变换成不同的液滴半径。

为达到此目的通过一种制备由多种液体成分组成的自身快速固化的混合物并接着喷射此自身会固化的混合物的设备，其特征在于，此设备包括一个液体分配器和  $N$  个与液体分配器连接的生成液滴的喷嘴；以及，液体分配器与混合室连接并将来自混合室的混物流在基本上在流动中没有逆向混合或死区的情况下均匀分配给喷嘴，所以分流在液体分配器内的停留时间基本相同。

由从属权利要求可知优选的设计。

在这里，混合室、液体分配器和喷嘴应按这样的方式连接，即应形成尽可能少的棱边，因为它们可能是造成结壳的诱因。通过使液体分配器没有明显的逆向混合和没有明显的死区，保证在液体分配器内不会形成任何具有已固化物质的区域并因而没有堵塞。

在这里，在混合室内和在液体分配器内的停留时间始终与直至混合物固化的时间相调谐。设备的尺寸与自身固化的混合物的特性有很大的关系。对于混合物的每一种成分至少设一个进口，不过也可以采用多个进口。在加入最后一种为反应所必需的成分后在设备内的停留时间无论如何必须少于固化时间。于是混合室的尺寸可根据在设备中预定的停留时间和需要的产量决定。喷嘴的数量基本上按产量和所要求的液滴尺寸确定，当给定喷嘴口典型地在 0.5 与 5mm 之间时，主要取决于混合物从喷嘴排出时刻的雷诺数和表面张力以及流动速度。喷嘴应按这样的方式排列，亦即它们彼此的距离及其方向选择为，使喷射后形成的液滴不相撞和不可能形成较大的液滴。

通常设备应设计为能产生高的流动速度，以避免在设备壁上沉积。

喷嘴优选地通过粉碎基本上层流的波面产生液滴，因为这样做可以生成范围很窄的液滴半径分布。由此形成的对流动发生影响的条件应在

设计设备时考虑。

按本发明的设备的优点在于,通过使用将自身固化的混合物分布为N个相同分流并进一步引向喷嘴的液体分配器以及使用生成液滴的喷嘴,可同时获得高的产量和范围狭窄的液滴半径分布。

另一个优点是,因为分流同时从一个较大的混合流中提取,使生成的液滴的物料性质实际上相同,所以制成的产品比在多个不同的混合-喷射设备中通过喷射造成的产品要均匀得多。

还有一个优点源自于各分流的停留时间相同,也就是说,各分流在液体分配器内停留时间的差别远小于保持到对流动特性并因而对液滴生成有重大影响的粘度增大的时间,其结果是使产品的性质均匀,亦即导致在各喷口处自身固化的混合物有相同的性质。

优选地喷嘴是相同的;因此液体分配器优选地设计为使得在喷嘴处存在基本相同的流动特性(亦即压力、速度、层流性等)。由于在相同的喷嘴处流动特性的一致性,所以各喷嘴的液滴半径分布基本相同,所以在高产量的同时可在总体上获得一种范围特别窄的液滴半径分布。

混合室优选地由一根具有至少两个沿其长度错开的进口孔的圆柱管构成,它在其上游端将端部封闭。进口孔沿管轴向的间距在0与50cm之间,优选地在1与20cm之间,特别优选地在2与5cm之间。

这种混合室很容易制造而且几乎没有流动的逆向混合或死区,由此避免了在其中已使固化进一步发展的混合区;所以保证持续稳定地运行。

混合室也可以取代相同的液体通过它们流入的多个进口孔而有一些缝,液体可经这些缝流入。

优选地在此混合室内至少最上面的那个进口与管子成切向延伸,而在它下面的那些进口与管子成轴向延伸,以保证原材料流更好地混合。在最下面的那个切向进口下方的那些进口优选地位于离切向进口小的间距处,在那里由切向进口产生的扭转还没有因摩擦而消失并因而借助涡流造成良好的搅动,但又没有发生逆向混合。

然而,对混合而言必需的涡流不应导致逆向混合。因此对于一个给

定的流量管子横截面积优选地宁可选得小,以获得高的对流的流速并因而避免可能的逆向混合。

此外,混合室沿下游方向可包含一个后混合区,在此区内为良好混合所需的涡流可以消减和/或固化反应可能已在一定程度上发生。

优选地液体分配器包括一个外部液体分配体和一个压入此外部液体分配体内的内部液体分配体和N个必要时相同的喷嘴,其中,外部液体分配体有一个与混合器连接的进口通道和一个从此进口通道出发的空腔,以及,压入外部液体分配体空腔内的内部液体分配体在此空腔的范围内有与此外部液体分配体的空腔相同的形状;以及,在内部液体分配体的周缘或在空腔的表面上分布有N个槽,它们从空腔上游端延伸到在槽下游端处的喷嘴;以及,喷嘴或处于外部液体分配体内或处于内部液体分配体内。

因此,内部液体分配体准确地配合在外部液体分配体的空腔内并压入其中,从而密封液体分配器,使混合物只能通过槽流动。这种结构的优点在于,在液体分配器中的槽可在具有高精度的情况下方便地制成。由于这种高精度又可以更好地保证分流的一致性。

若槽和喷嘴处于不同的液体分配体内,则重要的是应保证喷嘴进口与槽非常良好地重合,从而不产生任何流动阻力。

为了尽可能避免出现棱边,有利的是使外部液体分配体与混合室互相直接连接,或优选地由一个毛坯制成。若混合室由一圆柱管构成,则优选地使管和进口通道直径相同以及它们的轴线互相平行。

由于同样的原因,有利的是液体分配体包含喷嘴也包含槽,也就是说,从槽出发,从相应的液体分配体引出恰当的喷嘴口。

喷嘴优选地位于内部液体分配体内,因为它没有空腔并因而通常更便于加工。

出自于同样的理由,槽优选地设在内部液体分配体的周缘上。

当内部液体分配体有恰当的形状时,尤其在槽是在外部液体分配体内延伸的情况下,槽在其端部的口可起喷嘴的作用。

优选地内部液体分配体从空腔起一直延伸到进口通道内并在那里

朝上游方向渐尖地结束，所以它在进口通道内便已将液流劈开。由此可保证混合流特别均匀地分布和没有逆向混合。

优选地将在外部液体分配体内的空腔设计为沿下游方向不缩小，使内部液体分配体可从外面必要时通过旋转压入外部液体分配体内。在这种情况下特别有利的是，槽和喷嘴都设计在内部液体分配体内。采用这种结构可例如为了维护或为了改变液滴的尺寸而便于分解此液体分配器。

为了使混合流能尽可能均匀地和使分流有相同停留时间地分布，液体分配器优选地有按照预定的喷嘴数  $N$  的旋转对称性。更准确地说，空腔有绕一根与进口通道方向平行的对称轴的旋转对称性，所以通过对称旋转，喷嘴的位置可以互换，以及从一个在进口通道下游端处垂直于对称轴的面出发沿对称轴一直延伸到分配体的端部。因此，在有  $N$  个喷嘴时，空腔的形状例如可通过逐渐旋转一个含一个喷嘴的具有角度为  $360^\circ / N$  的扇形区多次  $360^\circ / N$  后得出。压入外部液体分配体空腔内的内部液体分配体，有与外部液体分配体的空腔相同的对称性，以及在它压入外部液体分配体空腔内的部分有空腔的形状，所以相应地密封了进口通道。但内部液体分配体继续朝上游方向渐尖地伸入进口通道内，以便一方面劈开通过进口通道流动的总流动，另一方面避免产生死区。槽从空腔的上游端延伸到喷嘴，并优选地按对称性分布。

优选地槽以相同的间距分布在内部液体分配体的周缘上。于是喷嘴优选地从槽位于内部液体分配体外界面与空腔上游端之间的一个高度处的下游端开始引向内部液体分配器的外界面。

由于液体分配器的这种高度的对称性，所以全部分流都是等量的并因而所有分流的流动状况及停留时间基本相同。这就导致在液体分配器内范围比较狭窄的总的滞留时间分布，并因而获得非常均质的产品。在所有喷嘴内流动状况的一致性导致范围狭窄的液滴半径分布。

喷嘴口优选地以一个锐边终止，它保证形成和脱落一个个只有小的液滴半径分散度的液滴。

优选地内部液体分配体上游以一尖端结束，以便达到无逆向混合地

良好劈开来自进口通道的液流和获得与此相关的停留时间分布。

空腔的横截面积优选地在其朝下游方向的全部长度上不是缩小而只是增大。因为内部液体分配体也朝上游方向渐尖，所以它很容易从下面压入外部液体分配体的空腔内。因此为了进行维护可方便地将它从液体分配器中取出。同理，通过更换内部液体分配体，在不改变混合设备的情况下，方便地通过装入唯一的另一个带不同直径喷嘴的内部液体分配器，不需修改混合室便可改变液滴尺寸。

这种结构方式的另一个优点在于，当内部液体分配体压入外部液体分配体时它自动定心，这就显著简化了在生产设备中的更换或替换工作。

在这种情况下优选地内部液体分配体借助一个旋在外部液体分配体上的外加螺帽压在外部液体分配体内。这种固定方式允许既简单又可靠地固定内部液体分配体。

在一种实施形式中，空腔的横截面可以是等边  $N$  角形。在这种情况下空腔优选地有平截头棱锥体的形状。为保证尽可能均匀的液体分布和没有死区，内部液体分配器于是有一种与此平截头棱锥体配合的棱锥体的形状。

特别有利的是圆形横截面的空腔，因为它特别容易并精确地制造，在这里空腔形状优选地是截圆锥体，它以进口通道的直径为端部结束。在这种情况下，同样为了便于和准确地加工，内部液体分配体优选地有一种配合在此截圆锥体内的圆锥体的形状。这种配置由于有高度的对称性允许方便地但又非常精确地制造并因此在通道内的停留时间和流动条件方面有良好的一致性。

此设备可以用任何有足够强度和必要时耐腐蚀性能的材料制造。在材料方面例如可以涉及恰当的钢尤其不锈钢、玻璃、塑料或纤维增强塑料。还可设想设备的各部分用不同的材料制造。

为避免腐蚀和/或粘附污垢，设备的内壁可加恰当的材料层，例如搪瓷或防粘层如 PTFE 或 PVDE。

此外，必要时为了更好地控制固化速度可通过冷却或加热控制设

备的温度。为此目的，喷嘴可或设有加热或冷却套，或配备加热或冷却通道。

对于高产量的设备也可以设计为将多个按本发明的液体分配器串联地前后连接，在这种情况下，所有的液体分配器内，除沿下游方向最后一个串联级的液体分配器外，喷嘴由恰当的通道代替并与下一个液体分配器的进口通道连接。可使用的级的数量仅受此限制，即，在混合室内和各液体分配器内总的停留时间必须保持为少于固化时间。

优选地此设备用于制备凝胶。在这时应当注意选择反应物的输入顺序，使得不会形成固态成分。若例如通过改变 pH 值引起胶凝，则使 pH 改变的液体不应作为最后一种反应物加入，因为它会在局部有较高的浓度和存在提前胶凝的危险。按相反的顺序输入便没有这种危险。在这里特别优选地是制备  $\text{SiO}_2$  凝胶，优选地由水玻璃生产  $\text{SiO}_2$  水凝胶。喷嘴也可用于喷射原材料流，例如分散剂、溶剂或熔体。对此不需要使用混合段。

因此本发明同样涉及一种喷射原材料流的设备，这种设备的特征在于，它包括一个液体分配器 1'、7 和 N 个与液体分配器 1'、7 连接的成滴的喷嘴 9a、9b...；以及，液体分配器 1'、7 和 N 个喷嘴 9a、9b... 按这样的方式布置和设计，即，使原材料流基本上在流动中没有逆向涡流或死区地在 N 个喷嘴处均匀分配，所以在液体分配器 1'、7 内 N 个分流的停留时间基本相等。此设备可与在权利要求 5、6、8、9、10、11、13、14、15、16、17、18、19、20、21、22、23 和 24 中公开的特征组合。

在附图中表示了按本发明的两种实施形式并在下面详细说明。

其中：

图 1 通过按本发明的第一种混合-喷射设备的纵剖面；

图 2 通过图 1 所示混合-喷射设备的另一个纵剖面；

图 3 在上部的管进口所在高度通过图 1 所示设备的横截面；

图 4 通过图 1 所示设备的内部液体分配体的横截面；以及

图 5 通过按本发明的第二种实施形式中内部液体分配体的横截

面。

在图1中，外部的圆柱形壳体1设有两个沿其长度错开的管进口2和3。通过这些管进口，组成混合物的成分经通道10和11进入设计为与壳体同轴的混合室4内，混合室4的端面5是封闭的。

图3表示了一个在混合室4的高度通过设备的横截面。上部管进口2通过切向通道10将第一种成分沿切向引入混合室4，所以通过它引入的成分具有涡流地流入混合室。如虚线所表示的，在它下面经管进口3和通道11轴向地加入第二种成分并尤其借助于第一种成分的涡流与之非常良好地混合。

如图1所示，混合物从直接过渡为液体分配器进口通道6的混合室4出口输入液体分配器。外部液体分配器1'的空腔构成一个截圆锥体，它的上游端终止在进口通道6中。内部液体分配体7由一相配的圆锥体构成，它的上端一直延伸到进口通道6内。内部液体分配体7被一个旋在外部液体分配体1'上的外加螺帽14压在外部液体分配体1'中。因此，经进口通道6供入的混合物被分成相同的分流。

图2表示通过此设备的另一个纵剖面，它包括槽8a和8b，它们在内部液体分配体7的周边内延伸。槽8a和8b终止在相同的喷嘴9a和9b中，喷嘴使混合物形成液滴。在此视图中看不到管进口通道，因为它们处于另一个剖切面内。

图4表示在喷嘴上方的一个高度处通过内部液体分配体的横截面。在此例中，除槽8a和8b外在周缘上还加工了另外六个槽8c至8h。它们通入相应的没有表示的喷嘴中，类似于喷嘴9a和9b的布局。槽将分流进一步引向相应的喷嘴，在那里它们以相同的流动条件经过相同的停留时间后被喷射形成液滴。

图5表示按本发明的第二种实施形式横截面，其中，空腔并因而内部液体分配体12的横截面构成一规则的八角形。槽13a-13h与内部液体分配体的边中点相交。此内部液体分配体本身有棱锥体的形状。

#### 例1

为了生产滴状的 $\text{SiO}_2$ 水凝胶，采用按第一种实施形式的混合喷嘴。

混合室的直径为 3mm，混合室加上液体分配器的长度为 100mm。第一个切向进口直径为 1mm，这与第二个在中央的进口是一样的。这两个进口的垂直距离为 3mm。液体分配器将混合物劈分成 10 个分流。槽均匀地分布在圆周上并分别通往直径为 0.6mm 的出口中。混合室的流量为 60l/h。从混合室排出的混合物分成一些相同的分流，它们输入喷嘴以及喷入在沉降塔内的空气中。作为要混合的成分，按体积比 1:1 一方面采用 5.51% 的盐酸和另一方面采用有  $\text{Na}_2\text{O}:\text{SiO}_2=1:3.3$  的 16.03% 硅酸钠溶液。这些原材料在室温下输入混合室，其中，盐酸流通过上部的切向孔进入，水玻璃流通过下部的中心孔进入。在所列举的参数情况下，此所发展的设备在混合室内雷诺数为 7000 至 7500，在液体分配器内为 3500 至 4000。混合物离开设备后还需要 4.5 秒钟至完全胶凝。此设备可以连续运行数日没有堵塞或其他故障。粒度分布通过湿法筛选确定。根据过筛的凝胶， $d_{10}$  值约为 1000 至 1100  $\mu\text{m}$ ， $d_{50}$  值为 1250 至 1350  $\mu\text{m}$ ，以及  $d_{90}$  值为 1500 至 1600  $\mu\text{m}$ 。



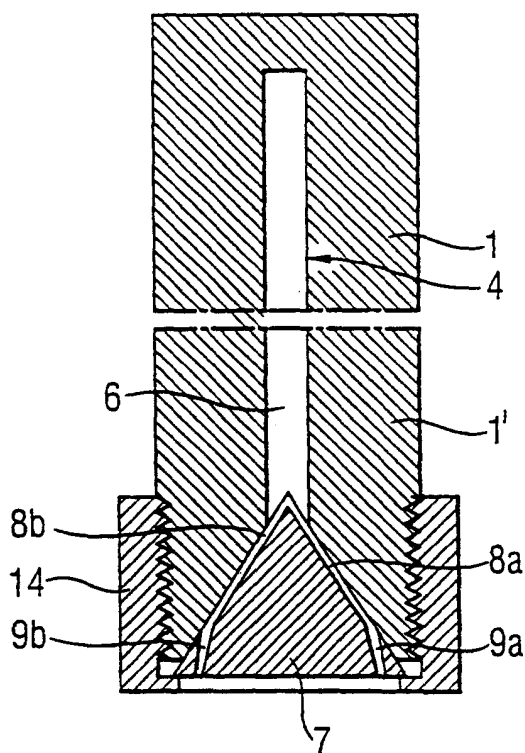


图 2

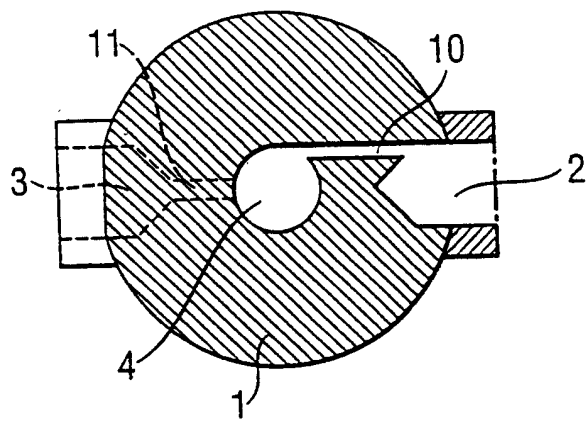


图 3

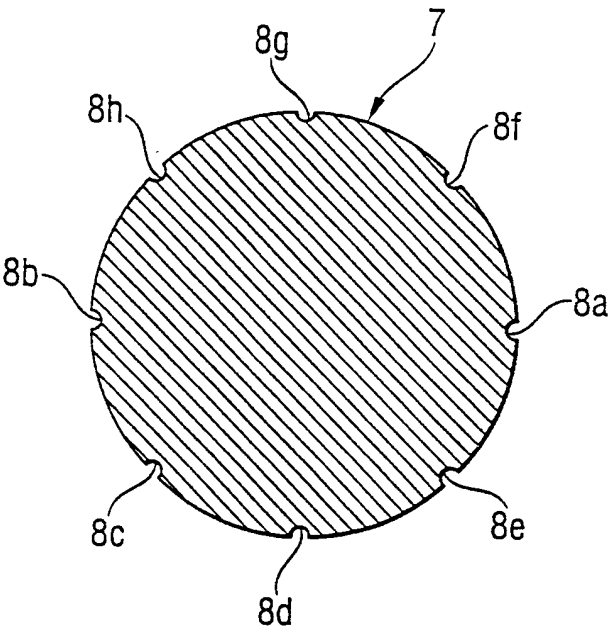


图 4

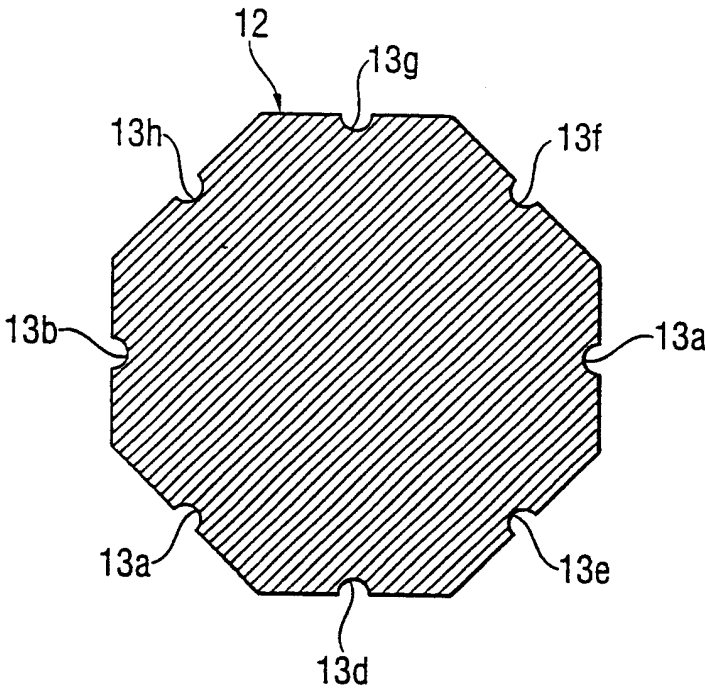


图 5