



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105393309 B

(45)授权公告日 2018.01.19

(21)申请号 201480041328.6

(22)申请日 2014.08.08

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 105393309 A

(43)申请公布日 2016.03.09

(30)优先权数据
102013108802.3 2013.08.14 DE
102014102487.7 2014.02.26 DE

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2016.01.21

(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/EP2014/067088 2014.08.08

(87)PCT国际申请的公布数据
W02015/022270 DE 2015.02.19

(73)专利权人 阿海珐有限公司
地址 德国埃朗根

(72)发明人 伯尔哈德·施特尔瓦格
L·森佩里-贝尔达 U·拉明戈

(74)专利代理机构 北京安信方达知识产权代理
有限公司 11262
代理人 胡秋玲 郑霞

(51)Int.Cl.
G21F 9/00(2006.01)
G21C 17/022(2006.01)
G21C 19/28(2006.01)
G21F 9/28(2006.01)

(56)对比文件
CN 102209992 A, 2011.10.05,
CN 101809675 A, 2010.08.18,
TW 554347 B, 2003.09.21,
US 2005135542 A1, 2005.06.23,

审查员 韩光皓

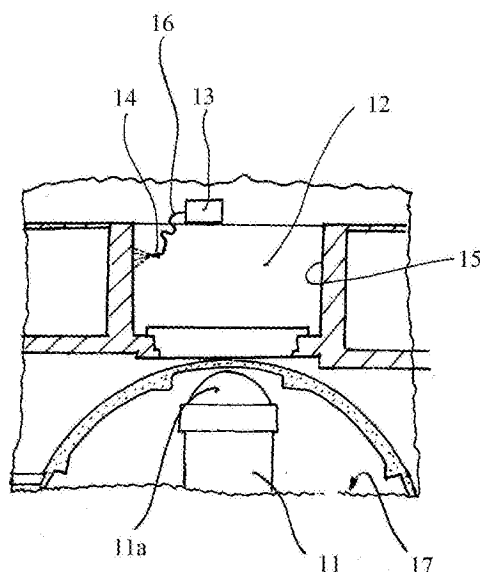
权利要求书2页 说明书6页 附图4页

(54)发明名称

用于减少核反应堆所用的部件的表面的放射性污染的方法

(57)摘要

本发明涉及一种用于减少核反应堆所用的部件的表面的放射性污染的方法,所述部件与放射性污染水接触,其中在部件的表面上生成疏水性膜,生成的方式是对表面喷涂含有成膜的两亲物质的水溶液。



1. 一种用于减少核反应堆所用的部件的表面的放射性污染的方法,所述部件与放射性污染水接触,其中在部件的表面上生成疏水性膜,生成的方式是对所述表面喷涂含有成膜的两亲物质的水溶液,其中所述疏水性膜被生成以防止或至少阻碍放射性粒子附着在所述部件的表面。

2. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,在所述核反应堆的导水回路的部件的内表面上生成疏水性膜。

3. 如权利要求2所述的方法,其特征在于,将回路部分循环去污或完整循环去污之后生成疏水性膜。

4. 如权利要求2所述的方法,其特征在于,在将部件更换成新部件的情况下,在所述新部件上生成疏水性膜。

5. 如权利要求3所述的方法,其特征在于,在将部件更换成新部件的情况下,在所述新部件上生成疏水性膜。

6. 如权利要求1-5中任一项所述的方法,其特征在于,在运行以外的时刻生成疏水性膜。

7. 如权利要求6所述的方法,其特征在于,在所述核反应堆的启动阶段期间生成疏水性膜。

8. 如权利要求2至5中任一项所述的方法,其特征在于,在生成疏水性膜之前,在所述表面上施加至少一种沉积物。

9. 如权利要求8所述的方法,其特征在于,所述沉积物为不锈钢。

10. 如权利要求8所述的方法,其特征在于,所述沉积物为铬酸盐。

11. 如权利要求9所述的方法,其特征在于,所述沉积物为铬酸盐。

12. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,所述方法是一种检修方法且所述部件为在检修时使用的工具。

13. 如权利要求12所述的方法,其特征在于,将所述工具浸入两亲物质的水溶液中。

14. 如权利要求12所述的方法,其特征在于,所述工具的表面被喷涂有所述两亲物质的水溶液。

15. 如权利要求1-5、7、9-14中任一项所述的方法,其特征在于,当在一表面上覆盖了疏水性膜时,则完成了施加两亲物质到所述表面。

16. 如权利要求1-5、7、9-14中任一项所述的方法,其特征是使用了以下两亲物质,即具有由至少一个极性基团构成的极性端和由至少一个烃基构成的非极性端的两亲物质。

17. 如权利要求1-5、7、9-14中任一项所述的方法,其特征在于,水含有放射性胶体,并且具有两亲物质的膜被生成,所述两亲物质具有极性基团且所述极性基团具有与胶体的电荷相同的电荷。

18. 如权利要求1-5、7、9-14中任一项所述的方法,其特征在于,使用含有作为非极性基团的脂族基的两亲物质。

19. 如权利要求1-5、7、9-14中任一项所述的方法,其特征在于,极性基团具有8至22个碳原子。

20. 如权利要求1-5、7、9-14中任一项所述的方法,其特征在于,使用含有作为极性基团的酸基或伯胺基、仲胺基、叔胺基或季胺基的两亲物质。

21. 如权利要求20所述的方法,其特征在于,所述极性基团是膦酸基。

22. 如权利要求1-5、7、9-14、21中任一项所述的方法,其特征在于,影响水溶液从而使得:在表面上形成与两亲物质的极性基团的电荷相反的电荷;或者,与两亲物质的极性基团相反的表面电荷得以增强。

23. 如权利要求22所述的方法,其特征在于,通过溶液的pH值来影响溶液。

用于减少核反应堆所用的部件的表面的放射性污染的方法

[0001] 本发明涉及一种用于减少核反应堆所用的部件(该部件与放射性污染水接触)的表面的放射性污染的方法。所述部件在第一种方法变化形式中为核电站导水回路,即特别是压水反应堆、沸水反应堆或重水反应堆主要回路,即通常为核反应堆冷却回路系统的组成部分,并且在第二种方法变化形式中为维修反应堆或回路系统时与放射性水接触的部件,即为工具或池壁。不管在哪种情况下,由于与放射性水直接接触,部件表面都会发生污染。因此在实施维修工作之前有必要对回路系统内表面进行耗时且不经济的去污处理。这也适用于维修过程中受到污染的表面。

[0002] 基于此,本发明的任务在于,提出一种方法,通过该方法减少部件表面的污染并从而降低清洁或去污费用,所述费用也包括处置去污清洗液。

[0003] 该任务通过权利要求1所述方法得以实现。令人惊喜地发现,疏水性(hydrophob)膜,特别是在核反应堆动力操作条件下,尤其对冷却剂中包含的离子具有过滤效果。因此会防止或至少阻碍放射性核素沉积在部件表面,这种沉积可能会导致部件被放射性污染或提高部件的剂量率。为此第二种方法变化形式具有的优点在于,在检修时与放射性污染水接触的表面不会被工具或至少是较小程度地受到放射性污染,这可能与对实施检修工作的人员产生相应的放射性污染相关。此外还降低了清洁工具的费用。

[0004] 第二种方法变化形式中还令人惊奇的是,在疏水性膜下面,即在薄膜与金属部件表面之间还形成了构成防腐蚀的氧化层,其中由于没有置入或至少减少置入来源于放射性水或冷却剂的放射性核素,因此放射性核素在其生长过程中无放射性或放射性至少比常规方法低。此外还有利的是,在后续消除导水回路污染时,借助化学清洗液去除部件表面的氧化层,这时待处置废物中放射性核素的量有所减少。

[0005] 现在将参考附图对本发明进行更加详细的说明。图中显示:

[0006] 图1以清晰的示意图示出了压水反应堆的主要回路,

[0007] 图2为示出了测试结果的示图,

[0008] 图3示出了溢流池,在其壁上设置有疏水性膜,

[0009] 图4示出了构造成潜水器的工具,其表面设置有疏水性膜。

[0010] 在核反应堆运行条件下,非合金钢和低合金钢,甚至不锈钢,例如构成冷却回路管道系统的FeCrNi奥氏体不锈钢,例如构成蒸汽发生器交换管和其它用于冷却剂泵例如含钴组件的镍合金,在水中有一定的溶解度。从所述合金中溶解出来的金属离子随冷却剂流进入反应堆压力容器,其在这里通过此处存在的中子辐射部分转化为放射性核素。核素又被冷却剂流分布在整个冷却系统并堆积在氧化层中,所述氧化层是在运行时形成于冷却系统组件的表面上的。沉积的活化核素的量会随运行时间的增加而增加,从而使得在冷却系统的组件上的放射性或剂量率增加。

[0011] 在对冷却系统进行控制、维护、检修和拆卸之前有必要减少各部件或整个回路系统的放射性辐射,以便减少对人员的辐射负担。这是通过以下方式实现的,即借助去污方法尽量完全地去除在部件表面上现有的氧化层。在此类去污过程中,将整个冷却系统或将大致由阀与之隔开的部件填充含水的清洗液,或者将所述系统的各部件在单独的、含有清洗

液的容器中进行处理,在该容器中氧化层会溶解。随后可将从氧化层进入溶液中的金属离子从溶液中去除,其方式是通过离子交换剂来引导金属离子。这里的问题特别是会产生大量放射性废物,其处置需要花大力气且成本高。

[0012] 在第一种方法变化形式中,在回路组件的与放射性污染水或反应堆冷却剂接触的表面会生成由两亲物质构成的疏水性膜。为此目的,将上述类型的成膜剂计量添加入位于回路中的水或冷却剂中。在这种情况下没有设置永久性的计量装置,特别是在反应堆运行时没有设置。实际上,当部件表面上形成封闭的疏水性膜时,成膜(Filmbildung)就完成了。令人惊奇地发现,该疏水性膜具有一定的、可透过水分子的穿透性,但其不能让非极性分子(如氧气)透过。因此水分子会进入部件表面,从而可在该处形成氧化层,其中由于不存在氧,故氧化层基本由磁铁矿构成。这样实现的优点是,会形成保护性的氧化层,但在这种情况下由于膜的过滤效果,氧化层具有的放射性比放射性核素和胶体低。

[0013] 其上应该会形成疏水性膜的相应表面,其可以是裸金属或具有已在反应堆运行时产生的或也以其它方式产生的氧化层。在前述情况下,将膜施加到通过去污方法基本上去除了氧化层的表面上或施加到将要置入回路或已置入回路的新的部件表面上。

[0014] 特别有利的是,将冷却回路进行部分循环或完整循环去污之后或在新部件上实施第一种方法变化形式,其中所述新部件取代已置入的部件。然后相应的部件表面在生成疏水性膜时不会被任何明显的氧化层覆盖并且只会受到很少的放射性污染或根本不会受到放射性污染,从而使得上述有利的效果特别突出。在现有氧化层上生成膜有利的是,该氧化层是根据本发明生成的,即涉及这样一种氧化层,其产生于施加在表面的疏水性膜之下,在长时间运行后该疏水性膜会完全或部分脱落。

[0015] 将成膜的两亲物质计量添加到冷却剂中优选在反应堆运行以外的时刻进行,即在反应堆的性能水平尚未被调节到临界状态时进行。由于反应堆压力容器中的辐射强度较之运行时大大降低,因此两亲物质的辐解风险也有所降低。因此,疏水性膜例如在反应堆启动阶段产生,其中存在这种可能,即在辐射水平上升到对两亲物质有害的水平之前完成成膜。在采取检修措施的过程中也可成膜,在这一过程中将燃料元件从反应堆压力容器中移除。为了确保不会形成多层的膜,可以计算出膜将覆盖的面积并计量添加适量的两亲物质到冷却剂。封闭的单分子膜已形成的指标也可以如WO 2013/127844 A1所述,根据两亲物质的浓度分布并且例如终止所述物质的计量添加,前提是冷却剂中所述物质的浓度在至少一个测量点达到1ppm至2ppm。

[0016] 在第一种方法变化形式的另一优选实施形式中,在生成疏水性膜之前,在冷却回路部件的表面上施加至少一种沉积物。沉积物在这里被理解成化合物或元素,例如贵金属如铂,其会对在部件表面形成的氧化层产生影响。将沉积物或其前驱体(Präkursor)计量添加入冷却剂中,其中所述沉积物或其前驱体会通过流经冷却回路的冷却剂分布在整个回路或与其分开的区域。例如当冷却剂中存在还原条件时,沉积物会沉积在部件表面。通过所述方式通常会产生这种可能,即借助将沉积物或相应的沉积层覆盖的疏水性膜在冷却剂中所含介质作用之前在反应堆启动阶段或在运行条件下保护部件表面现存的沉积物或相应的沉积层,以阻止发生例如会引起沉积层产生化学转换或产生不期望的反应产物的反应。

[0017] 在这里所讨论的实施形式中特别有利的是,计量添加铬酸盐,例如铬酸铁或铬酸锌到冷却剂用于生成沉积层。在部件表面将所述盐的六价铬与作为反应物部分的铁发生反

应并还原成三价铬,从而使亚铬酸盐沉积在部件表面。三价铬进入在表面逐渐形成的氧化层,在这种情况下形成具有较高保护作用的富含铬的尖晶石氧化物。在核反应堆启动期间,大概是由于冷却剂中溶解有氧或过氧化氢的缘故,在冷却剂中存在氧化条件,这会导致将沉积的亚铬酸盐氧化成可溶性铬酸盐,也就是使得上述反应反过来,这是在反应堆启动阶段时发生的。但根据本发明,通过疏水性膜将阻止这种情况发生,从而使得最迟在启动阶段结束时而在冷却回路中又存在还原条件这种情况下,先前沉积在部件表面上的亚铬酸盐的量没有减少。

[0018] 在为铂沉积层的情况下,大概是由于组件表面的铂涂层不完整,因此存在产生接触腐蚀的危险。在发生接触腐蚀时,两种不同的金属元素在有电解质的情况下相互接触。因此非贵金属的材料(在本实施例中该材料为不掺杂铂的部件表面区域)被氧化。这可以通过所述类型的疏水性膜有效地阻止,所述疏水性膜形成抵御在冷却剂中溶解的氧的屏障,该屏障覆盖也经掺杂的表面区域。为了防止在生成铂沉积层时已经产生接触腐蚀,在还原条件下实施铂处理。

[0019] 在图1中所示的压水反应堆的主要回路具有反应堆压力容器1,其中为燃料棒2。经由连接件3将管道系统4连接在反应堆压力容器1上,在所述管道系统中插入了各种组件,例如蒸汽发生器和冷却剂泵(未示出)。所述组件在图1中用矩形6表示。在主要回路表面上形成疏水性膜的两亲物质(其下面简称成膜剂(Filmbildner))例如在反应堆启动过程中计量添加该成膜剂。如果未能如愿在反应堆压力容器1的内表面和燃料棒2的表面上形成膜,则可将反应堆压力容器1从其余的冷却回路流体分离。可将工厂本身的剂量系统(未示出)用于投加成膜剂。

[0020] 优选在完整循环或部分循环去污后或者当部件从回路移除出来且更换新的部件时在冷却回路表面产生疏水性膜。在后一种情况下新部件的表面基本上仍是空白,即尚由氧化层覆盖,如同其在反应堆运行时产生的那样。当温度高于分别使用的两亲物质的克拉夫特温度(Kraft-Temperatur)时,即温度大约高于70℃时进行计量添加。

[0021] 随着温度的升高布朗分子运动也因此加剧,非极性基团之间的范德华键可能在形成间隙的情况下断开,从而使水分子能够进入到这些间隙中,在这种情况下,由于其偶极特性,水分子被部件表面上或疏水性膜极性基团区域中存在的电势所吸引。但是即使在高温下也不会发生通过掺入放射性物质而将膜与部件表面之间形成的氧化层污染,或者这种情况最多发生在小范围内。在离子放射性核素的情况下,这种情况很可能是因为,放射性核素(由于其电荷所致)具有相对较大的水合物壳并从而具有至少阻止通过疏水性膜的有效尺寸。

[0022] 其中形成放射性的氧化层的结构也是基于添加或掺入了含有放射性核素的胶体。尺寸或半径在大约1nm至1000nm的胶体,比水合离子大几个数量级,从而使得实际上不可能通过疏水性膜。因此在反应堆的启动阶段以及在随后的运行期间可能会形成氧化层,其放射性与通过常规方法产生的氧化层(即与冷却剂直接接触的氧化层)相比明显减少。

[0023] 由于通过冷却剂输送的放射性核素,在导管系统中或在插入的部件中存在一定的放射性辐射。但这种辐射相对较低,因此没必要担心膜的有机基团辐解(radiolytischer Abbau)。

[0024] 为了对疏水性膜进行上述保护,只需在部件表面上的单分子层中存在这种膜就足

够了。为了实现这一点首先有利的是,在计算所需成膜剂的量时要考虑回路系统或其部分的几何表面。根据设备的类型和运行时间,冷却回路表面或多或少具有比较明显的粗糙度,可以通过例如从1.5到2.5的因子将其考虑进去。然后将针对几何表面计算出的成膜剂的量与该因子相乘。在计量添加成膜剂时有利的是,在多个分布在冷却回路上的位置处确定或测量在冷却剂中成膜剂的浓度。两亲分子与金属裸露或具有氧化层的表面的结合亲和力比已覆盖有疏水性膜的表面区域更大。这导致的结果是,在剂量率恒定时,在冷却剂中成膜剂的浓度首先会降低,并且按照渐近浓度分布成膜剂之后达到基本恒定的浓度,例如1ppm。然后,成膜剂在部件表面上形成完整的、基本为单分子的层。

[0025] 在试验中将7.3cm长的半管形式的碳钢ASME SA179样品置于沸水反应堆的回路系统中,并从而将其暴露在反应堆的运行条件下。预先将该样品清洗干净,也就是说其表面基本上符合在化学去污后回路系统内表面上存在的状态。此外,事先将十八烷基胺材质的膜施加在该样品的一部分上。为此目的,将样品定位在试验回路中并给在其中循环的、温度在80℃左右的水里计量添加所述两亲物质。

[0026] 三个月后将样品从沸水反应堆的回路系统取出并检查其表面。未经处理的样品上形成了至少主要由赤铁组成的、因此呈红色的氧化层。而经过处理的、即覆盖有疏水性膜的样品上也存在氧化层,但其颜色为黑色,也就是说其主要由磁铁组成。因此,在经过处理的样品上存在的疏水性膜防止氧气进入样品的金属表面。实际上,充当磁铁形成供氧剂的仅仅是水分子,其至少在高温时,正如其在反应堆运行时一样,穿过在覆盖样品表面的膜的、突出进水中的非极性基团并从而到达样品的金属上。

[0027] 借助 γ 射线传感器确定样品的剂量率。结果发现,在4300 μ Sv/h时未处理过的样品的剂量率比经过处理的、即在580 μ Sv/h时所述类型的覆盖有膜的样品的剂量率低数倍。

[0028] 如前所述,有利的是,在反应堆运行阶段之外,如在检修或维护工作结束之后才成膜。膜可随后在温度相对较低时且主要是没有反应堆运行时存在的辐射影响时形成。这种情况在所述试验中进行了模拟,方式是在不存在辐射时给实验室样品提供疏水性膜。通过对经过处理的和未处理的样品A和B进行视觉比较显示,在膜下形成的氧化层明显更均匀且无间隙。因此,这种氧化层比未处理的样品A的氧化层具有更大的防腐蚀保护作用。而在A和B样品上的膜的质量不同的原因可能在于,两亲物质如表面活性剂在起作用,从而使得附着在部件表面上的粒子转入冷却剂中,因而在成膜之前或成膜过程中将表面清洗干净。

[0029] 即使在运行一段时间后膜不再起作用,但已存在的、具有较小剂量的氧化层仅会相对缓慢地增长,这是因为起到氧化作用的介质如水和氧气被阻止穿过致密的氧化层输送到部件的基本金属上。也有可能的是,在运行一段时间后通过计量添加两亲物质到水或反应堆冷却剂中来再生膜。

[0030] 除了离子形式的放射性核素外,在水中也存在放射性胶体,即大小为1nm左右至1000nm的粒子。固体胶体一般也带电,即其表面携带正电荷或负电荷。若现在使用两亲物质(其具有相同电荷的极性基团),则胶体由于库仑斥力并不会附着在膜表面上。放射性胶体的实例为Ag_{110m}构成的胶体。银例如来源于密封件,如反应堆压力容器的盖密封件。通过使用两亲物质并且该物质具有在现有胶体上带相同电荷的极性基团,当胶体带正电荷时优选具有氨基(例如季氨基),而当胶体带负电荷时具有膦酸基,则可能会阻止或至少减少放射性胶体沉积在工具表面上或沉积在反应堆导水回路组件的表面上。

[0031] 第二种方法变化形式涉及核反应堆的检修阶段,因此其作为一种检修方法,即用于对核反应堆(特别是沸水反应堆、压水反应堆或重水反应堆)实施维护和检修工作的方法。核反应堆在运行一段时间后,例如每年,都得进行检修,在检修时除了上述工作外还要采取检验措施。检修过程中通常将反应堆的反应堆压力容器11打开,在该压力容器11中为燃料元件(未示出),打开的方式是移除压力容器的盖11a。出于辐射保护的原因,使得布置在反应堆压力容器11上方的溢流池12溢流。然后可以从布置在溢流池12上方的工作台(未示出)开始对位于反应堆压力容器11中的上述类型的部件和系统以及与之相关的部件和系统采取措施。

[0032] 检修工作的问题在于,其不能避免反应堆冷却剂与溢流池12的水以及与可能的其它池(例如燃料元件储存池)的水混合,并且在这种情况下在打开的反应堆压力容器11外面区域中的放射性会散开。虽然在检修后可以将污染的水从相应的池和其它隔壁去除。但是仍然有放射性核素附着在池壁15上并导致辐射负荷或剂量有所增加。根据池壁(例如覆盖有不锈钢的池壁)的材料类型,或多或少牢固附着有放射性核素,使得在某些情况下必须采取高成本的清洗措施,这些措施将导致操作人员承受到更大的放射性负荷。类似的问题也在设备(比如操纵器)、工具和辅助结构(例如其金属表面特别在反应堆压力容器11内部使用,所述表面在检修过程中与放射性污染的水接触)中出现。这些设备通常由实施检修的服务公司提供使用,也就是在检修工作完成后又要将其运走并在其它核电站使用。即使所述设备仍在核电站的控制范围内,但由于检修,对工作人员造成的放射性辐射是有问题的,这是因为这些设备通常得在该处存放、维修或者在最坏的情况下得在该处进行处置。因此,所提到的设备必须进行特别彻底的去污。

[0033] 这样一来,现在没必要进行这种去污或者至少可以用更简单的方式来去污,前提是在部件表面,即在存储池12的壁15和工具表面生成由两亲物质组成的或含这种物质的疏水性膜,之后这些表面才与放射性污染的水,特别是反应堆的主要回路接触。

[0034] 用不同的方式将膜施加在表面上,其中优选将设备浸入含有成膜物质的溶液或是在表面喷涂所述溶液,原因在于这两种方式用很少的成本就可实施。

[0035] 上面提到的,位于反应堆压力容器11上方的溢流池12或池或容器一般都可以用简单的喷涂方式提供疏水性膜。为此,只需要例如惯常使用的喷雾器13,其具有对准池壁15的喷嘴14和与喷雾器连接的软管16。借助喷嘴14将含有成膜物质的水溶液施加到壁15上。在将膜置于池壁上之后,使溢流池12和包围反应堆压力容器11的环腔17溢流。

[0036] 检修过程中使用的工具实例在图4中示出。这里涉及的是远程遥控的潜水器18,其例如被用于检查主冷却管20的焊缝19。例如通过喷涂含成膜物质的溶液在该潜水器18的表面上施加疏水性膜。但还可以设想的是,将潜水器18放置在其中填充有含成膜物质的水溶液的池中或处理缸中。

[0037] 在喷涂法或浸渍法中,水溶液中的成膜物质的浓度例如在1ppm至800ppm范围内。在将溶液施加到表面时有利的是,提高温度,即温度高于室温而不超过90℃。

[0038] 在第一种和第二种方法变化形式中,考虑化合物作为成膜物质,该化合物具有由至少一个极性基团构成的极性端和由至少一个烃基构成的非极性端。所述极性端被用作锚定基团,物质通过其附着在部件的金属表面上或附着在覆盖有氧化层的表面上。非极性端伸入放射性水中。

[0039] 两亲物质的非极性端具有碳链,优选为包含8至22个碳原子的脂族基。极性部分例如涉及酸基(例如磺酸基、磷酸基、膦酸基或羧基),以及涉及所述基团的衍生物。此外,还可能作为极性基团的是羟基(硫醇)或碱基(如伯胺基、仲胺基、叔胺基或季胺基),亚胺基以及所述基团的衍生物。非常适合所述目的的两亲物质的实例是烷基胺和烷基膦酸。

[0040] 为了改善两亲物质在回路部件表面上的积聚,在一个方法变化形式中影响含两亲物质的水溶液,使得因在金属/溶液分界面处的电化学双层形成的表面电荷使得两亲物质的极性基团产生尽量大的库仑引力。通过选择温度可以在某种程度上影响表面电荷。优选通过溶液的pH值来实现电荷改变或电荷增强。从零电荷点(此时表面至少没有明显的电荷)开始,通过降低pH值生成明显的表面正电荷并通过增加pH值来生成越来越多的表面负电荷。在电荷增强的情况下,已经存在与极性基团的电荷相反的表面电荷。

[0041] 在这种情况下有利的是,使用其极性基团的电荷恰好与表面的电荷相反的两亲物质。因此对于带正电荷的表面(这通常发生在酸性溶液中),例如膦酸基适合作为极性基团,其在所述条件下带负电荷。相反,当表面带负电荷时,使用具有带正电荷的极性基团(例如季氨基)的两亲物质。

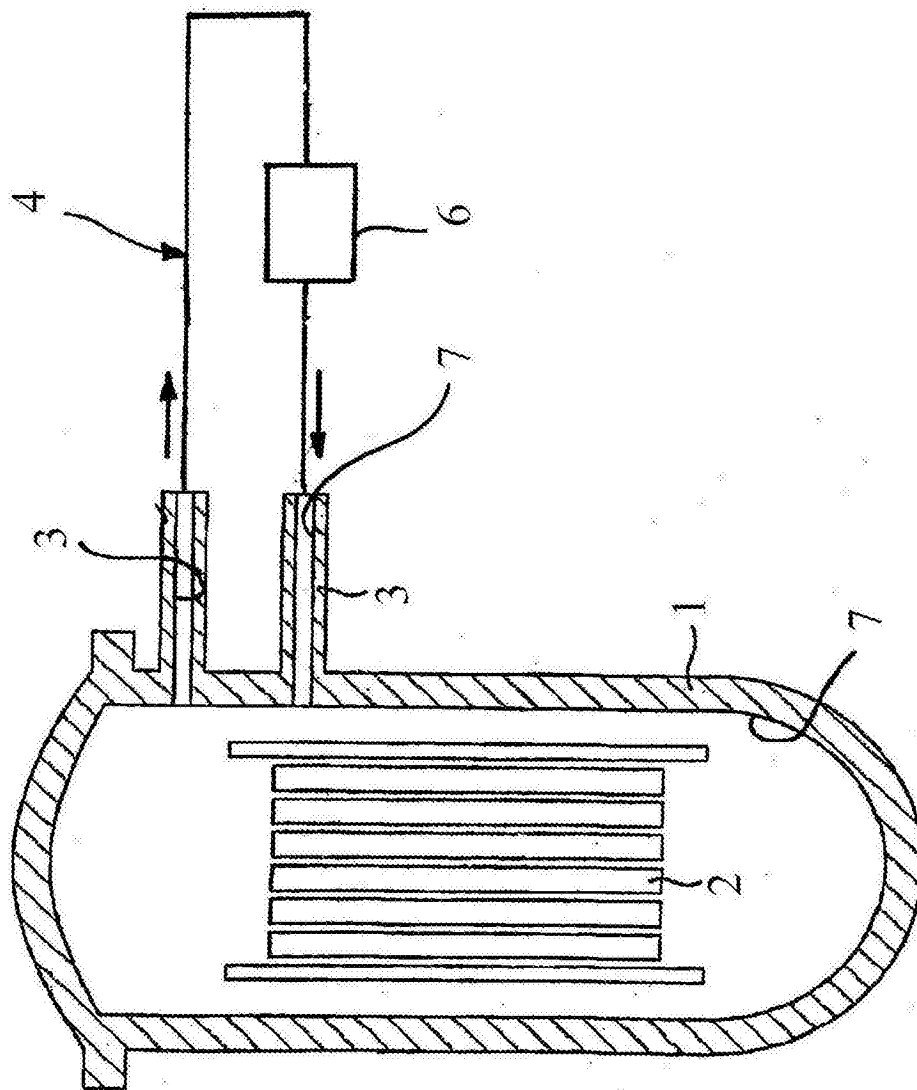


图1

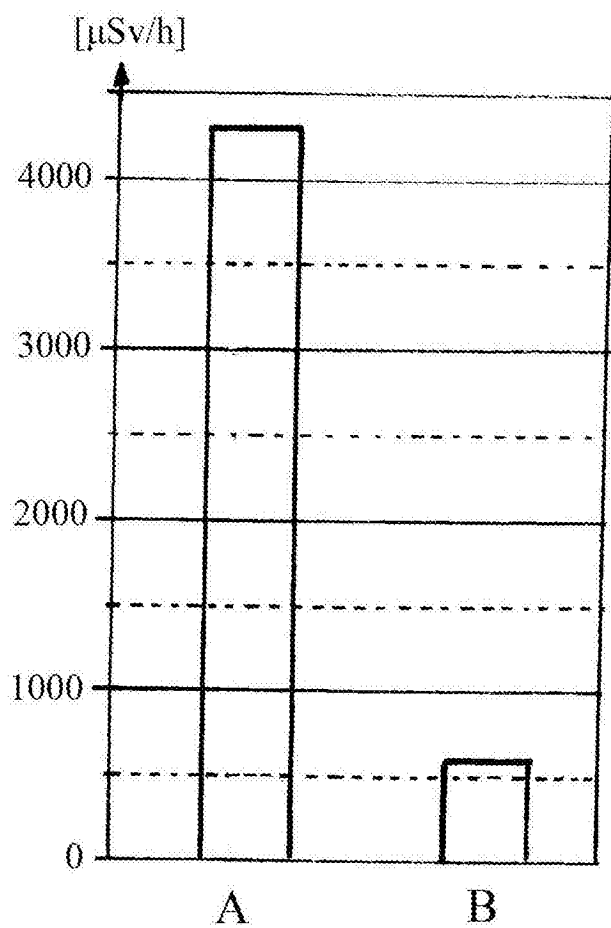


图2

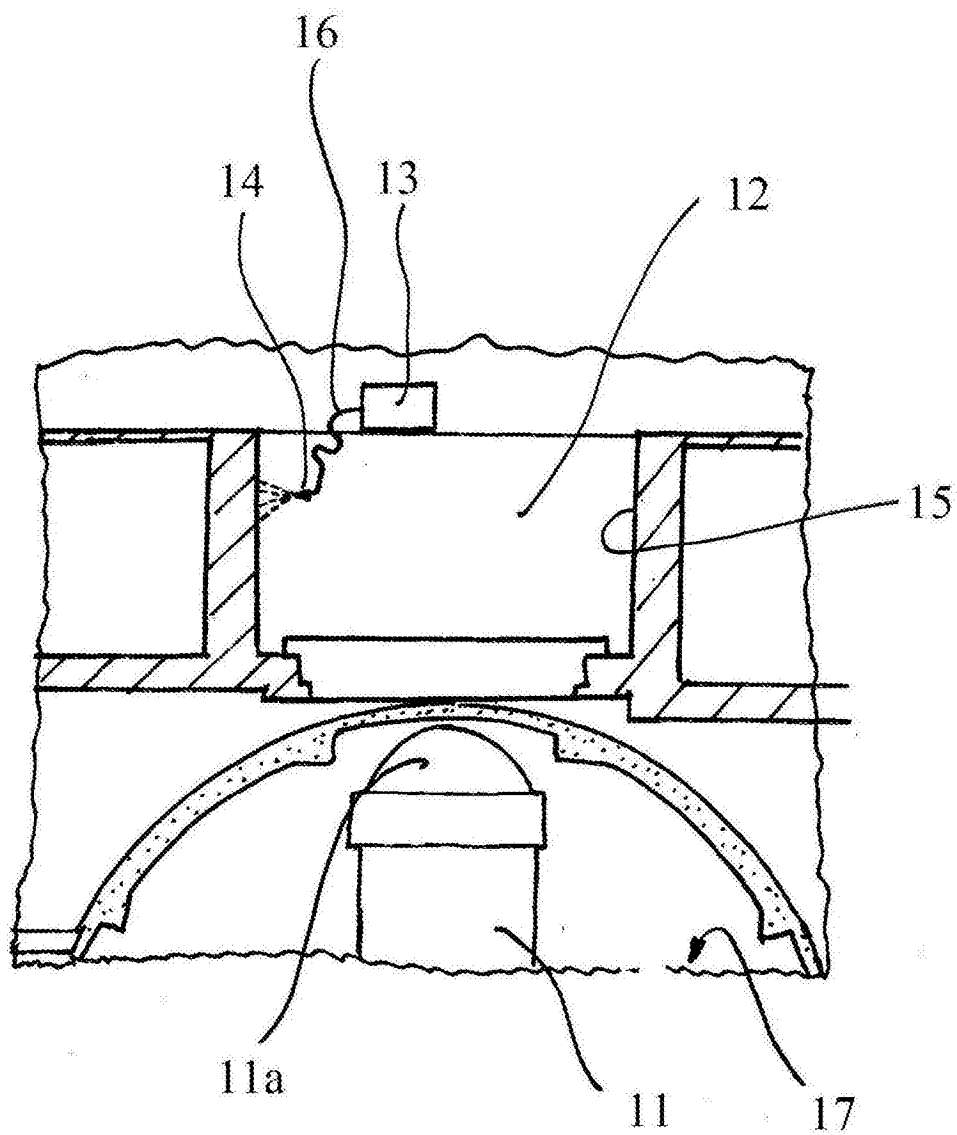


图3

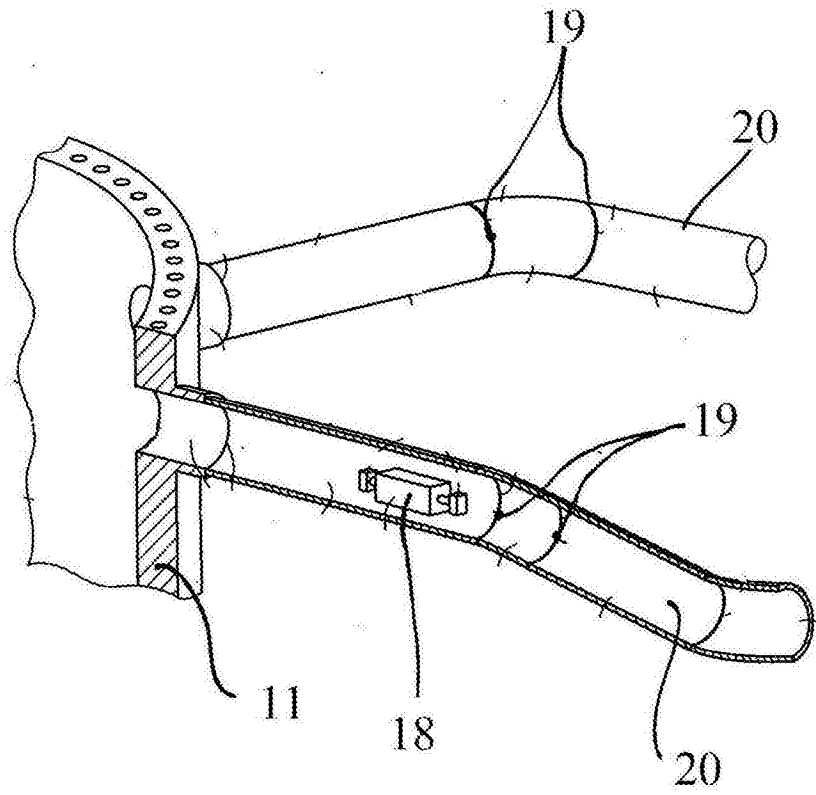


图4