

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.  
G21C 9/016 (2006.01)



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200680026893.0

[43] 公开日 2008年7月23日

[11] 公开号 CN 101228593A

[22] 申请日 2006.6.24

[21] 申请号 200680026893.0

[30] 优先权

[32] 2005.7.11 [33] DE [31] 102005032253.0

[86] 国际申请 PCT/EP2006/006107 2006.6.24

[87] 国际公布 WO2007/006406 德 2007.1.18

[85] 进入国家阶段日期 2008.1.22

[71] 申请人 雷弗拉克托里知识产权两合公司

地址 奥地利维也纳

[72] 发明人 布鲁诺·威廉米

[74] 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

代理人 任宇 谢强

权利要求书2页 说明书4页

[54] 发明名称

罐式堆芯熔化物保持装置

[57] 摘要

本发明涉及一种罐式堆芯熔化物保持装置，该保持装置包括其内表面具有多层式衬里的外包层，其中，所述衬里由内至外包括：整体牺牲层，由耐高温的模制部件构成的层以及在所述包层与所述由模制部件构成的层之间的整体填充层。

1. 一种罐式堆芯熔化物保持装置，该罐式堆芯熔化物保持装置具有外包层，该外包层在内侧上具有多层式衬里，该衬里从内到外包括：整体牺牲层，由耐高温模制部件构成的层，以及包层与模制部件层之间的整体填充层。
2. 根据权利要求1所述的保持装置，其中，所述牺牲层由与堆芯熔化物相接触时引发吸热反应的材料构成。
3. 根据权利要求1所述的保持装置，其中，所述牺牲层由混凝土构成。
4. 根据权利要求1所述的保持装置，其中，所述模制部件层由陶瓷粘合的模制部件构成。
5. 根据权利要求1所述的保持装置，其中，所述模制部件层由基于  $ZrO_2$  的模制部件构成。
6. 根据权利要求1所述的保持装置，其中，所述模制部件层由含有重量百分比  $\geq 90\%$  的  $ZrO_2$  的模制部件构成。
7. 根据权利要求1所述的保持装置，其中，所述模制部件层由以互锁方式彼此相连的若干模制部件构成。
8. 根据权利要求1所述的保持装置，其中，所述填充层由具有高导热率的材料构成。
9. 根据权利要求1所述的保持装置，其中，所述填充材料具有  $\geq 5 \text{ W/m}\cdot\text{K}$  的导热率。
10. 根据权利要求1所述的保持装置，其中，所述填充层包含碳。
11. 根据权利要求1所述的保持装置，其中，所述填充层由含  $SiC$  的混合物构成。
12. 根据权利要求1所述的保持装置，其中，所述填充层由含  $ZrO_2$  的混合物构成。
13. 根据权利要求1所述的保持装置，其中，所述包层是金属包层。
14. 根据权利要求1所述的保持装置，其中，所述包层至少部分地位于混凝土罐中。
15. 根据权利要求1所述的保持装置，其中，所述包层至少部分地由耐高温陶瓷材料构成。

---

16. 根据权利要求 1 所述的保持装置，其中，所述包层至少部分地由混凝土构成。

17. 根据权利要求 1 所述的保持装置，其中，所述包层至少部分地由混凝土罐构成。

18. 根据权利要求 1 所述的保持装置，其中，所述保持装置上连接有排放口和通道，该通道具有对应于所述保持装置的耐高温衬里。

## 罐式堆芯熔化物保持装置

### 技术领域

本发明涉及一种用于比如在核电站非常严重的事故中可能发生的堆芯熔化的罐式（槽式）保持装置。尽管核电站的制造者和操作者认为这种严重事故极其不可能发生，但显然无论如何应该采取适当的防范措施来应对这种不测事件。

### 背景技术

在切尔诺贝利核反应堆中发生的事故表明主要问题存在于吸收、补偿或排出由堆芯熔化物产生的巨大热量，而不毁坏整个电站从而释放核辐射。

近年来已经开发了新型的反应堆。这些反应堆包括所谓的球床反应堆。燃料棒由其中插有铀芯块的网球状的石墨球代替。这些石墨球不应加热至超过1600 °C。

这些新型的反应堆还包括所谓 EPR（欧洲压水堆，European Pressure Reactor）。在[www.framatome-anp.com](http://www.framatome-anp.com)下可找到详细资料。

### 发明内容

本发明基于这样的基本原理，提供一种在不太可能发生的堆芯融化事故中同时满足以下功能的保持装置：

- 该保持装置保持熔化物并防止其不受控制地散布
- 该保持装置吸取来自熔化物的热而不过度冷却
- 该保持装置提供限定的空间，熔化物能够随后转移到核电站的辅助部分。

为了能够满足这些不同的任务，根据本发明的保持装置包括外包层，该外包层的内侧包括多层式衬里，其中所述衬里从内至外包括：整体牺牲层，模制部件层，和所述包层与由所述模制部件构成的层之间的整体填充层。换言之，衬里包括至少三个不同的层，它们也完成不同的任务。至少两层由耐火材料、

尤其是陶瓷材料构成。保持装置直接布置在包含燃料元件的相关反应堆压力壳的下方。据此，压力壳可以伸入保持罐内。

在堆芯熔化物从反应堆压力壳中流出时，内侧上的牺牲层首先得以与所形成的熔融体相接触。堆芯熔化物的温度 $>2000^{\circ}\text{C}$ 。

尽管牺牲层可以由耐高于 $1000^{\circ}\text{C}$ 或高于 $1500^{\circ}\text{C}$ 的温度的材料构成，但显然牺牲层，正如其名，被极热的堆芯熔化物腐蚀或毁坏。这不仅是要考虑到的而且实际上是特别希望的。因此牺牲层不必是耐火的（=耐高温）。首先熔融体温度开始显著降低，现在它是堆芯熔化物（燃烧元件材料以及燃料元件的外壳）与牺牲层的混合物。与此同时整个混合物的密度与堆芯熔化物的密度相比减小了。

在本发明中，目的是形成这样一种材料的牺牲层，该材料在与堆芯熔化物相接触时不仅吸收集聚的热量而且引起吸热反应，即消耗额外热量的反应。这样包含在保持装置中的熔融体温度就被进一步降低。

根据一个实施例，牺牲层由常规构造的混凝土或具有高氧化铝（ $\text{Al}_2\text{O}_3$ ）含量的混凝土，即所谓耐火混凝土。

该牺牲层位于所谓模制部件层的前面，该模制部件层例如由陶瓷粘合的模制部件构成。这些模制部件，例如砖或板，能够组装成稳定的墙和门，并用来形成热和机械稳定层。基于氧化锆的材料尤其是有利的，因为它们能经受住高温并具有高的机械强度。 $\text{ZrO}_2$ 所占重量百分比 $\geq 90\%$ 的材料可用来生产前述模制部件。维也纳的RHI公司，销售商标为ZETTRAL 95 GR的这种包含氧化锆的砖。主要原料成分是部分稳定的 $\text{ZrO}_2$ 。砖由陶瓷粘合，并且除了重量百分比为约93%的 $\text{ZrO}_2$ 以外，还包含重量百分比为约4%的 $\text{MgO}$ 和约1.5%的 $\text{SiO}_2$ （除了通常的杂质以外）。它们的体积密度为 $4.4\text{ g/cm}^3$ （根据EN 993-1测得）。室温下的压缩强度（根据EN 993-5）为约 $110\text{ N/mm}^2$ 。开口孔隙度（根据EN 993-1测得）为约18%（体积百分比）。热数据如下：线膨胀系数（ $1600^{\circ}\text{C}$ ）为0.8%。对于根据EN 993-8的压力负荷测试， $T_{0.5}$ 值为约 $1650^{\circ}\text{C}$ 。

这种砖以前仅用在特殊的玻璃罐中，并且已经在本发明范围内发现新的应用。

相邻的模制部件可以通过互锁元件（例如已知的槽舌连接）相互连接。

为了提高模制部件层总体上的稳定性，有利的是借助连接元件或锚件至少

将单独的模制部件固定到保持装置的外包层。这些的例子披露于 EP 1 124 094 A1 和 DE 44 20 294 C2 中，其公开内容引用于此。

这在外包层为金属包层的情况下尤其适用，这种情况将在下文中讨论。

根据本发明，在保持装置的模制部件层和外包层之间设置至少另一层。该所谓填充层由整体式混合物 (composition) 形成，其可由具有高度导热率的材料构成。这样促进和加速了从位于填充层前面的模制部件层的热量散失。导热率应该例如为  $\geq 5 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ 。如果有相当大量的牺牲混凝土，填充层的导热率就不那么重要，甚至可以  $< 5 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ 。

用于填充层的合适材料为含碳的耐火陶瓷块。碳可以以例如石墨的形式存在。不过基于含 SiC 的混合物的填充层也是合适的。

对于其他应用，基于  $\text{ZrO}_2$ ， $\text{Al}_2\text{O}_3$ ， $\text{MgO}$  或它们的混合物的耐高温填充层也是有利的。这种混合物可以例如由  $\text{ZrO}_2$  粉末和粘合剂制成。它们可以由振动装置大量地处理而不会有缩孔，但也能形成为捣实混合物。如果使用液体粘合剂，那么将通过对填充层的热预处理排出含有的任何水分。

如上所述，保持装置的外包层可以是金属包层。该包层可至少部分地位于 (另一) 混凝土罐中，该混凝土罐包围和支撑整个保持装置。

不过包层也可以至少部分地由 (任选地也是耐高温的) 陶瓷材料构成，例如前述类型的材料。这些材料也包括混凝土。模制部件层与包层之间的任何连接元件都适合于固定在或固定至包层的陶瓷材料中。

在正在进行的设计和规划工作的范围内，单个层的以下厚度已被证明是合适的：

- 牺牲层：20 - 80 cm，尤其是 35 - 65 cm，例如 45 - 55 cm。
- 模制部件层：10 - 40 cm，尤其是 15 - 30 cm，例如 16 - 25 cm。
- 填充层：1 - 10 cm，尤其是 2 - 8 cm，例如 4 - 6 cm。
- 混凝土罐：直到几米。

在本发明的范围内提供杯式或罐式保持装置是可能的，反应堆压力壳与燃料元件一起伸入该装置中，该装置具有排放区，如果必要该排放区可以打开以便能将堆芯熔化物或堆芯熔化物/牺牲层混合物转移到辅助装置。根据一个实施例，罐式保持装置为此包括在门中的塞子 (或调节阀)，其可以打开或熔化，并引导熔融体进入使熔融体经其通到安全壳的通道。在此，至少从属于保持装置

的通道能够同样地由耐高温的衬里形成，如与保持装置有关地所述。由于熔融体在保持装置中以及可能在通道中冷却，因而安全壳不需要耐火衬里。

### 具体实施方式

下文将通过举例更详细地说明本发明。

讨论的出发点是核电站发生堆芯熔化，虽然这是极不可能的，在该核电站中反应堆压力壳伸入到根据本发明的保持装置中。

堆芯熔化物首先由罐式保持装置捕获。放射性熔融体开始与牺牲层的材料接触。根据计算，堆芯熔化物在与牺牲层接触后的100分钟内“消耗”了70-90%的牺牲层；牺牲层熔化且与此同时由此形成的混合熔融体得以冷却。所得到的混合熔融体的成分和温度相应地改变。

根据设计计算，混合熔融体中的 $\text{UO}_2$ 和 $\text{ZrO}_2$ 的含量稳定地下降，但是混合熔融体的例如 $\text{SiO}_2$ 和 $\text{CaO}$ 的含量上升（其中， $\text{UO}_2$ 和 $\text{ZrO}_2$ 是堆芯熔化物的组成部分， $\text{SiO}_2$ 和 $\text{CaO}$ 是牺牲层的主要组成部分）。

此外，由于使用根据本发明的罐，能够预计混合熔融体的温度下降量为每小时约 $100^\circ\text{C}$ 。

这里在本发明范围内讨论了耐高温材料，这些材料应理解为在任何情况下耐受 $>1000^\circ\text{C}$ 温度、优选高于 $1500^\circ\text{C}$ 的材料，除非另外声明。没有上限。所述的基于 $\text{ZrO}_2$ 的模制部件能够抵抗大于 $1900^\circ\text{C}$ 的温度，并且抵抗 $1900^\circ\text{C}$ 的温度下的熔融体达至少3小时。