



# [12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 97193065.1

[45] 授权公告日 2004 年 1 月 21 日

[11] 授权公告号 CN 1135568C

[22] 申请日 1997.3.20 [21] 申请号 97193065.1

[30] 优先权

[32] 1996.3.21 [33] FR [31] 96/03517

[86] 国际申请 PCT/FR97/00491 1997.3.20

[87] 国际公布 WO97/35323 法 1997.9.25

[85] 进入国家阶段日期 1998.9.15

[71] 专利权人 STMI - 电离技术公司

地址 法国伊夫特

[72] 发明人 S·巴古伊斯 F·法维尔

J·-L·帕斯卡尔

J·-P·勒考特 F·达麦尔瓦尔

审查员 许国宽

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

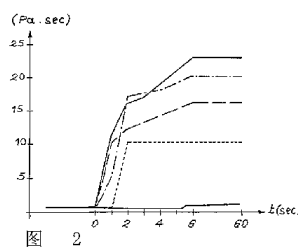
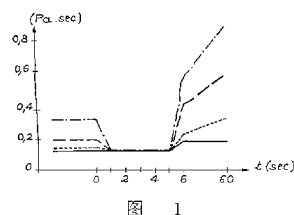
代理人 吴大建

权利要求书 5 页 说明书 22 页 附图 1 页

[54] 发明名称 消除污染物的有机矿物凝胶及其用于消除表面污染物的应用

[57] 摘要

本发明涉及用于消除表面污染物，特别是消除金属表面污染物的有机矿物除污凝胶，本发明的有机矿物凝胶包括粘性溶液，该粘性溶液包括矿物粘附剂和有机粘附剂(相互粘附剂)的混合物，所述的有机粘附剂选自水溶性有机聚合物和表面活性剂。使用有机粘附剂特别能够极大地改善凝胶的流动变特性，大大减少矿物用量，这样所产生的固体废物少。本发明还涉及消除金属表面上的污染物的方法，该方法在于将有机矿物凝胶涂覆到待消除污染物的表面上，将这种凝胶维持在所述表面上，主要通过冲洗再将表面上的凝胶除去。

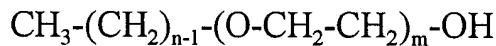


1. 一种消除污染物的有机矿物凝胶，所述的凝胶包括一种胶体溶液，该凝胶包括：

5 a) 粘附剂；

b) 消除污染物的活性剂，

其特征在于粘附剂 a)包括矿物粘附剂和有机粘附剂的混合物，所述的有机粘附剂选自如下公式的聚氧化乙烯醚：



10 其中 n 是 6—18 的整数，m 是 1—23 的整数。

2. 根据权利要求 1 所述的凝胶，其特征在于所述的矿物粘附剂选自硅石和氧化铝。

3. 根据权利要求 2 所述的凝胶，其特征在于所述的矿物粘附剂是重量含量为 1—15%的氧化铝。

15 4. 根据权利要求 1 所述的凝胶，其特征在于所述的矿物粘附剂是重量含量为 1—7%的硅石。

5. 根据权利要求 1 所述的凝胶，其特征在于所述的相互粘附剂的重量含量为 0.1-5%。

20 6. 根据权利要求 1 所述的凝胶，该凝胶称之为“酸性凝胶”，其特征在于所述的消除污染物的活性剂 b)包括无机酸。

7. 根据权利要求 6 所述的凝胶，其特征在于所述的无机酸选自盐酸，硝酸，硫酸，磷酸和它们的混合物。

8. 根据权利要求 6 所述的凝胶，其特征在于所述的无机酸的浓度为 1—10mol/l。

25 9. 根据权利要求 1 所述的凝胶，其特征在于所述的消除污染物的活性剂 b)包括矿物碱。

10. 根据权利要求 9 所述的凝胶，其特征在于所述的无机碱选自碳酸钠，碳酸钾和它们的混合物。

11. 根据权利要求 9 所述的凝胶，其特征在于所述的无机碱的浓度为

0.1—14mol/l。

12. 根据权利要求 1 所述的凝胶，该凝胶称之为“还原凝胶”，其特征在于所述的消除污染物的活性剂 b)包括还原剂。

13. 根据权利要求 12 所述的凝胶，其特征在于所述的还原剂在  $\text{pH} \geq 5$  的强碱中的标准电极势  $E_0$  低于 -600mV/ENH。

14. 根据权利要求 13 所述的凝胶，其特征在于所述的还原剂选自氢硼化物，亚硫酸盐，连二亚硫酸盐，硫化物，次磷酸盐，锌，联氨和它们的混合物。

15. 根据权利要求 13 所述的凝胶，其特征在于所述的活性剂 b)还包括浓度为 0.1—14mol/l 的无机碱。

16. 根据权利要求 12 所述的凝胶，其特征在于所述的还原剂的浓度为 0.1-4.5mol/l。

17. 根据权利要求 1 所述的凝胶，该凝胶称之为“氧化凝胶”，其特征在于所述的消除污染物的活性剂 b)包括氧化剂或该氧化剂的还原形式。

18. 根据权利要求 17 所述的凝胶，其特征在于所述的氧化剂在  $\text{pH} < 1$  的强酸中的标准电极势  $E_0$  高于 1400mV/ENH。

19. 根据权利要求 18 所述的凝胶，其特征在于所述的氧化剂选自  $\text{Ce}^{4+}$ ， $\text{Ag}^{2+}$ ， $\text{Co}^{3+}$ 和它们的混合物。

20. 根据权利要求 19 所述的凝胶，其特征在于所述的  $\text{Ce}^{4+}$ 为硝化铈形式，硫化铈形式或六硝酸根合铈二铵盐形式。

21. 根据权利要求 18 所述的凝胶，其特征在于所述的氧化凝胶除了包括氧化剂的还原形式，还包括一种能够使该氧化剂的还原形式氧化的化合物。

22. 根据权利要求 21 所述的凝胶，其特征在于所述的能够使氧化剂的还原形式氧化的化合物是碱金属的过硫酸盐。

23. 根据权利要求 18 所述的凝胶，其特征在于所述的活性剂 b)除了包括所述的氧化剂，还包括浓度为 1—10mol/l 的无机酸或无机碱。

24. 根据权利要求 23 所述的凝胶，其特征在于所述的无机酸选自

HNO<sub>3</sub>, HCl, H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 和它们的混合物。

25. 根据权利要求 18 所述的消除污染物的氧化凝胶, 其特征在于它包括胶体溶液, 该溶液包括:

0.6—1 mol/l, 优选为 1 mol/l 的(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>Ce(NO<sub>3</sub>)<sub>6</sub> 或 Ce(NO<sub>3</sub>)<sub>4</sub>;

5 2—3 mol/l, 优选为 2.88 mol/l 的 HNO<sub>3</sub>;

4—6 重量%, 优选为 5 重量%的硅石;

0.2—2 重量%, 优选为 1 重量%的聚氧乙烯醚。

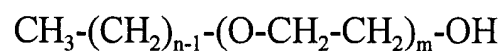
26. 根据权利要求 17 所述的凝胶, 其特征在于所述的氧化剂的浓度为 0.1—2mol/l。

10 27. 一种消除金属表面上的污染物的方法, 其特征在于它包括一种消除污染物的有机矿物凝胶涂覆到待消除污染物的表面上, 将这种凝胶在所述表面上维持足够的时间, 以便消除污染物和将已处理金属表面上的凝胶除去, 所述的凝胶包括一种胶体溶液, 该凝胶包括:

a) 粘附剂;

15 b) 消除污染物的活性剂,

其特征在于粘附剂 a)包括矿物粘附剂和有机粘附剂的混合物, 所述的有机粘附剂选自如下公式的聚氧化乙烯醚:



其中 n 是 6—18 的整数, m 是 1—23 的整数。

20 28. 根据权利要求 27 所述的方法, 其特征在于所述的矿物粘附剂选自硅石和氧化铝。

29. 根据权利要求 28 所述的方法, 其特征在于所述的矿物粘附剂是重量含量为 1—15%的氧化铝。

25 30. 根据权利要求 27 所述的方法, 其特征在于所述的矿物粘附剂是重量含量为 1—7%的硅石。

31. 根据权利要求 27 所述的方法, 其特征在于所述的相互粘附剂的重量含量为 0.1-5%。

32. 根据权利要求 27 所述的方法, 其特征在于所述凝胶称之为“酸性凝胶”, 所述的消除污染物的活性剂 b)包括无机酸。

33. 根据权利要求 32 所述的方法，其特征在于所述的无机酸选自盐酸，硝酸，硫酸，磷酸和它们的混合物。
34. 根据权利要求 32 所述的方法，其特征在于所述的无机酸的浓度为 1—10mol/l。
- 5 35. 根据权利要求 27 所述的方法，其特征在于所述的消除污染物的活性剂 b)包括矿物碱。
36. 根据权利要求 35 所述的方法，其特征在于所述的无机碱选自碳酸钠，碳酸钾和它们的混合物。
37. 根据权利要求 35 所述的方法，其特征在于所述的无机碱的浓度  
10 为 0.1—14mol/l。
38. 根据权利要求 27 所述的方法，其特征在于所述凝胶称之为“还原凝胶”，所述的消除污染物的活性剂 b)包括还原剂。
39. 根据权利要求 38 所述的方法，其特征在于所述的还原剂在  $\text{pH} \geq 13$  的强碱中的标准电极势  $E_0$  低于 -600mV/ENH。
- 15 40. 根据权利要求 39 所述的方法，其特征在于所述的还原剂选自氢硼化物，亚硫酸盐，连二亚硫酸盐，硫化物，次磷酸盐，锌，联氨和它们的混合物。
41. 根据权利要求 39 所述的方法，其特征在于所述的活性剂 b)还包括浓度为 0.1—14mol/l 的无机碱。
- 20 42. 根据权利要求 38 所述的方法，其特征在于所述的还原剂的浓度为 0.1-4.5mol/l。
43. 根据权利要求 27 所述的方法，其特征在于所述凝胶称之为“氧化凝胶”，所述的消除污染物的活性剂 b)包括氧化剂或该氧化剂的还原形式。
- 25 44. 根据权利要求 43 所述的方法，其特征在于所述的氧化剂在  $\text{pH} < 1$  的强酸中的标准电极势  $E_0$  高于 1400mV/ENH。
45. 根据权利要求 44 所述的方法，其特征在于所述的氧化剂选自  $\text{Ce}^{4+}$ ， $\text{Ag}^{2+}$ ， $\text{Co}^{3+}$ 和它们的混合物。
46. 根据权利要求 45 所述的方法，其特征在于所述的  $\text{Ce}^{4+}$ 为硝化铈

形式，硫化铈形式或六硝酸根合铈二铵盐形式。

47. 根据权利要求 44 所述的方法，其特征在于所述的氧化凝胶除了包括氧化剂的还原形式，还包括一种能够使该氧化剂的还原形式氧化的化合物。

5 48. 根据权利要求 47 所述的方法，其特征在于所述的能够使氧化剂的还原形式氧化的化合物是碱金属的过硫酸盐。

49. 根据权利要求 44 所述的方法，其特征在于所述的活性剂 b)除了包括所述的氧化剂，还包括浓度为 1—10mol/l 的无机酸或无机碱。

10 50. 根据权利要求 49 所述的方法，其特征在于所述的无机酸选自 HNO<sub>3</sub>，HCl，H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>，H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 和它们的混合物。

51. 根据权利要求 44 所述的方法，其特征在于它包括胶体溶液，该溶液包括：

0.6—1 mol/l，优选为 1 mol/l 的(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>Ce(NO<sub>3</sub>)<sub>6</sub> 或 Ce(NO<sub>3</sub>)<sub>4</sub>；

2—3 mol/l，优选为 2.88 mol/l 的 HNO<sub>3</sub>；

15 4—6 重量%，优选为 5 重量%的硅石；

0.2—2 重量%，优选为 1 重量%的聚氧乙烯醚。

52. 根据权利要求 43 所述的方法，其特征在于所述的氧化剂的浓度为 0.1—2 mol/l。

20 53. 根据权利要求 27—52 任一项所述的方法，其特征在于利用喷枪的喷雾涂覆所述的凝胶。

54. 根据权利要求 27—52 任一项所述的方法，其特征在于将所述凝胶在所述表面上维持 10 分钟至 24 小时。

55. 根据权利要求 27—52 任一项所述的方法，其特征在于所述凝胶是酸性氧化凝胶，这种凝胶在所述表面上涂覆 2—5 小时。

25 56. 根据权利要求 27—52 任一项所述的方法，其特征在于通过冲洗将所述表面上的凝胶除去。

57. 根据权利要求 27—52 任一项所述的方法，其特征在于涂覆到所述表面上的凝胶为 100g-2000g/m<sup>2</sup>。

消除污染物的有机矿物凝胶及其用于消除表面污染物的应用

5

技术领域

本发明涉及的是用于消除表面放射性污染，特别是消除金属表面放射性污染的有机矿物凝胶。

背景技术

10 通过对金属表面进行处理，或者通过进行化学处理即可消除由放射元件对构件产生的放射性污染。

利用机械处理的方法所出现的问题在于会使构件表面或多或少产生变形，此外，很难对复杂形状的构件进行处理。

15 利用浸泡进行处理的方法主要在于用能够消除放射性污染合适活性剂溶液，特别是用在强浓酸中（例如硝酸或硫酸）能够稳定的 $Ce^{4+}$ 溶液，来除去固定到构件表面上的放射性元件，这些方法的问题在于会产生大量排放体，而以后需用很大的代价对这些排液进行浓缩处理。

另外，对于处理大尺寸的构件来讲，使用同样的浸泡方法存在一些问题，即难以将大尺寸的构件浸入，而且难以将大尺寸的构件完全浸泡在在反应溶液内。

20 因为消除污染的溶液只能通过浸泡处理尺寸有限的可拆卸的金属构件，也就是说，实际上这些只能用在可拆卸的放射设备范围内。

此外，通过喷射水溶液就地消除放射设备的污染时，由于与各构件的接触时间短，会产生大量的放射性污染，其效率也有限。

25 因此，曾建议利用粘附剂/胶化剂，特别是利用比面积大，单位颗粒尺寸小以及化学上为惰性的分散固体使含有活性剂的消除污染的溶液变粘。

在满足这些要求的固体中，氧化铝以及硅土一类的矿物载体在市场上是很多的，它们的特性有很大的差别，例如吸水性，疏水性，pH...，这些矿物载体看来是使溶液变粘/胶化的最好物质。

30 与溶液相反的是，雾化这些凝胶可以就地消除大金属表面上的污染，不需要将这些大金属水平放置，使这些大金属可以斜置甚至垂直放置。

因此消除放射性污染的凝胶可以看成包括普通矿物粘附剂的胶质溶液，例如氧化铝或硅石以及消除放射性污染物的活化剂，例如酸、碱、氧化剂、还原剂或它们的混合物，混合物根据表面污染物的性能和表面性能进行选择。

因此，用于不锈钢和铁素体钢的碱性凝胶对于消除不固定污染物具有脱脂特性。

用于不锈钢的凝胶不论在加热条件下还是在冷却条件下均可以消除固定放射性污染物。最好将还原凝胶剂用作氧化凝胶剂的补充成分，以及用作溶解加热时形成的氧化剂的物质，例如加压水反应器（REP）的初级回路中加热形成的氧化剂。

最后，用于铁素体钢的酸性凝胶可以消除冷却状态下的固定放射性污染物。法国专利文献FR-A-2380624中描述了用凝胶来消除构件放射性污染物。

在该文献中，所用的消除放射性污染物的凝胶由有机或矿物组分的胶体溶液构成，在有机或矿物组分中可以添加消除污染物的物质，例如添加盐酸，氯化亚锡，噻星和/或氟化钠。

尽管这些凝胶具有理想的结果，但它们仍有一些问题：它们只能消除构件表面上渗透厚度很薄的放射性物质，例如约 $1\mu\text{m}$ 的厚度。

法国专利文献FR-A-2656949描述的消除放射性污染物的氧化凝胶剂可以消除沉积在构件上的放射性元素以及渗透到表面中的放射性元素。

这种消除放射性污染物的凝胶由包括下列组分的胶性溶液组成：

- a) 8—25重量%的矿物凝胶剂，最好为硅基，而最好是干馏硅石或氧化铝，
- b) 3—10摩尔/升的矿物碱或矿物酸，和
- c) 0.1—1摩尔/升的氧化剂，例如 $\text{Ce}^{4+}$ ， $\text{Co}^{3+}$ 或 $\text{Ag}^{2+}$ ，其标准电极势或正常氧化还原电极势 $E_0$ 在浓酸（ $\text{pH}<1$ ）中或在使该氧化剂成为还原形式的酸中大于1400mV/ENH（氢的正常电极或称标准氢电极）。

而且，所述消除放射性污染物的凝胶还可以进一步包括0.1—1摩尔/升能够使该氧化剂的还原形式氧化的化合物d）。

在上述消除放射性污染物的凝胶中，具有组分b)和c)可以分别确保消除构件表面上形成的放射沉淀物以及消除因腐蚀产生的放射性现象，这种腐蚀受到将要消除污染物的表面控制。

但这种氧化凝胶对于粘附在合金表面上的金属氧化层没有足够的效果，合金

例如有奥氏体钢，因科镍合金600和Incoloy。

因此法国专利文献FR-A-2695839描述了一种消除放射性污染物的还原剂凝胶，这种凝胶可以消除粘附的金属氧化层，该凝胶包括：

- a) 20—30重量%的矿物凝胶剂，最好为氧化铝基的凝胶剂，
- 5 b) 0.1—14摩尔/升的矿物碱，例如NaOH或KOH，和
- c) 0.1—4.5摩尔/升的还原剂，其标准电极势或正常氧化还原电极势 $E_0$ 在强碱 ( $\text{pH} \geq 13$ ) 中低于 $-600\text{mV/ENH}$ ，强碱选自氢硼化物，亚硫酸盐，连二亚硫酸盐，硫化物，次磷酸盐，锌和联氨。

最好利用喷枪将凝胶喷射在表面（例如金属表面）上来涂覆凝胶，例如可以  
10 是50—160巴压力的压力喷枪，此外，在雾化以前摇晃凝胶，使凝胶均匀化。在进行合适的反应时间以后，先通过喷射水来冲刷凝胶，然后对产生的液体进行中和，倾析和过滤处理。

上述所有凝胶为碱性凝胶，酸性凝胶，还原凝胶或氧化凝胶，除了上面已经提到的优点以外，这些凝胶对于形状复杂的构件也有一些好处，特别是操作方便，单位面积雾化的化学反应物少，因而通过冲刷涂覆的凝胶所产生的液体少，  
15 这样很好地抑制与处理表面的接触时间，所以在消除放射性污染物时控制了腐蚀。此外，因为可以在远处对凝胶进行雾化，所以大大减少了负责净化放射性物质人员的试剂吸收的剂量。

现有技术中的主要凝胶由FEVDI公司（法国公司）生产，品名为“FEVDIRAD”  
20 的凝胶。

上述所有凝胶为酸性凝胶，碱性凝胶，还原凝胶或氧化凝胶，特别是对于氧化凝胶来讲，好处在于具有良好的腐蚀能力。

遗憾的是，这些凝胶不能承受因雾化引起的快速剪切，这种雾化是使用凝胶时最常用的方法。

25 因为，所有这些凝胶都含有矿物粘胶剂，特别是硅石的矿物粘胶剂，所述的硅石为亲水、疏水、碱性或酸性硅石，而所有这些凝胶都有流变性能，其特征表现在触变特性：当进行喷射时，粘度在剪切力下减少，因此就要在剪切停止以后调节凝胶，使其粘附到表面上。滞后的流变图体现了这种流体性能。

根本问题在于控制这种触变，以便能够最佳地喷射凝胶，使凝胶很好地粘附  
30 到需处理的表面上。加快恢复凝胶的性能，或进行局部或全部调整构成了凝胶喷

射的基本概念。

因为所谓调整就是要恢复胶化作用，因而要恢复所述表面上的粘性，短时间恢复凝胶的性能在于在喷射以后凝胶快速恢复足够的粘度，以便防止所有飞边。

5 不论上述凝胶或市场上供应的矿物粘胶剂的用量有多少，恢复时间总是很长。例如，对于不同用量的由DEGUSSA公司（德国公司）出售的亲水火成硅石和酸性的Cab-O-Sil® M5，恢复时间通常多于5秒，这显然太长了。

为使凝胶粘附到壁上，当然可以减少恢复足够粘性的时间，但这需要大大增加矿物用量。

10 喷射之前处于搅拌状态下的粘度是大的，但雾化就成了困难。此外，矿物用量的增加产生大量冲洗液体以及大量需处理的固体废物。

例如，现在一般用20Kg凝胶，利用冲洗液体进行过滤处理以后，会产生200升放射性废物。

因此，有必要改善现有凝胶的流变性能，这种凝胶包括仅为硅石或氧化铝基的凝胶/粘附剂，特别是需要有更短的恢复时间，从而在对系统进行储存时提高凝胶的调整能力，所述系统在搅拌过程中有足够的液体进行喷射。

这种改善必需由少量的矿物用量实现，所述用量最好明显少于现有技术的凝胶所用的矿物，以便使产生的固体废物最少。

最后，应当在不使腐蚀性能受到影响以及不使这些消除污染物的凝胶的其它性能受到影响的条件下来改善这些流变性能。

20 具体地说，所得到的消除污染物的因数应当至少等于现有凝胶的消除污染物的因数。

### 发明内容

所以本发明的目的在于提供一种消除污染物的凝胶，这种凝胶特别满足上述所有要求。

25 根据本发明，利用消除放射性污染物的有机矿物凝胶就可以达到上述目的和其它目的，所述的凝胶由胶体溶液构成，该凝胶包括：

- a) 粘附剂或称粘合剂；
- b) 消除污染物的活性剂，

30 其特征在于粘附剂a)包括矿物粘附剂和有机粘附剂(相互粘附剂)的混合物，所述的有机粘附剂选自水溶性有机聚合物和表面活性剂。

根据本发明,令人吃惊的是,除了矿物粘附剂以外,在消除污染物的凝胶的粘附剂中掺有有机粘附剂(相互粘附剂)可以大大改善凝胶的流变性能,大幅度地减少这类凝胶的矿物用量,而且不会使这些凝胶的腐蚀性能和其它性能受到影响。

5 减少矿物量可以减少伴随产生的固体废物。

用本发明的凝胶所得到的消除污染物的因数完全可与现有技术的类似凝胶比拟,甚至比现有技术的还好,所述现有技术的类似凝胶也就是含有相同的消除污染物凝胶,但没有相互粘附剂。

所做成的污染物消除剂的效率决不会因在本发明的凝胶中存在相互粘附剂而  
10 受到影响。

例如,上述本发明的称作“酸性氧化凝胶”的凝胶的腐蚀性能决不会因为添加相互粘附剂而减弱。

此外,这些凝胶可以在非常长的时间内保证它们的特征结构,而且这些凝胶特别便于利用冲洗除去凝胶,并减少冲洗引起的排放液体。

15 最后,所用反应物很容易得到,其费用低廉,本发明的凝胶还可在工厂中进行批量生产。

在将成分 a),也就是粘附剂/粘接剂添加到水溶液中即可得到本发明的凝胶,上述粘附剂/粘接剂包括矿物粘附剂和有机粘附剂的混合物。

矿物粘附剂通常是不易氧化的矿物粘附剂,而且不受消除污染物的活性成分  
20 b)的影响,这种粘附剂最好有较高的比面积,例如大于  $100\text{m}^2/\text{g}$ 。

根据本发明,由于两种粘附剂(矿物粘附剂和相互粘附剂)之间的协同作用,将粘附剂 a)中掺入有机粘附剂即可大幅度地减少为保证凝胶的形成所需要的矿物粘附剂的浓度,这种凝胶的粘度足以使其在构件表面上形成涂层,而构件并不一定水平设置,它可以垂直或倾斜设置。

25 通常,凝胶的粘度达  $10^{-3}$ — $10^{-1}\text{Pa}\cdot\text{sec}$  较佳,在使用过程中以  $10^{-2}\text{Pa}\cdot\text{sec}$  最佳,也就是说,要处于强的剪切力下,以便保证能够方便地利用喷枪的喷射将凝胶涂到构件的表面上。

根据本发明,与现有技术的粘附剂只含有矿物粘附剂的凝胶不同的是,该矿物粘附剂的含量例如通常至少可以减少到 20% 以下(重量),例如还可以为 1—  
30 15% (重量), 1-8% 较佳(重量), 甚至 1-7% (重量) 时为最佳,例如 4-6

% (重量), 特别是5% (重量)。

在氧化铝的情况下, 矿物粘附剂含量例如可以减少到1—15% (重量), 1—8% 较佳 (重量), 甚至1—7% (重量) 时为最佳, 例如4—6% (重量), 特别是5% 溶液 (重量)。

- 5 在硅石的情况下, 矿物粘附剂含量例如可以减少到8% (重量) 以下, 例如1—7% (重量), 通常为4—6% (重量), 例如是5% 溶液 (重量)。

这种含量只是作为例子给出的, 它主要取决于矿物粘附剂和消除污染物所用的活性剂。

- 对于类似的凝胶, 本发明凝胶的矿物用量总是比只含有矿物粘附剂的相同凝  
10 胶的少得多。

矿物粘附剂/粘接剂可以是以氧化铝  $Al_2O_3$  为基的, 通过高温下水解以后得到矿物粘附剂/粘接剂。对于常用的矿物粘附剂/粘接剂可以列举有市场供应的商标为“Alumine C”的产品。

- 矿物粘附剂/粘接剂也可以是以硅石为基的, 这种硅石可以是亲水硅石, 疏  
15 水硅石, 碱性硅石, 例如由 RHONE-POULENC 公司出售的品名为“TIXOSIL 73”的硅石, 或 RHONE-POULENC 公司出售的品名为“TIXOSIL 331”和“TIXOSIL 38AB”的硅石。

- 在酸性硅石中, 可以例举有 Nissan 化学工业公司 (日本公司) 出售的品名为“SNOWTEX 0”和“SNOWTEX 0L”的液体硅石, 以及 Degussa 公司出售的  
20 品名为“Cab-O-Sil”的硅石, 例如“Cab-O-Sil” M5, “Cab-O-Sil” H5 和“Cab-O-Sil” EH5。

在这些硅石中, 比面积为  $200m^2/g$  的酸性亲水的“Cab-O-Sil” M5 的火成硅石较佳, 这种硅石的结果很好, 也就是说, 用最少矿物用量得到最大的粘接特性, 特别是当它用在称作“氧化凝胶”的凝胶中时更是如此。

- 25 根据本发明的基本特征, 除了上述矿物粘附剂之外, 粘附剂 a) 还包括有机粘附剂。

这种有机粘附剂也称作“相互粘附剂”, 它通常选自水溶性聚合物和表面活性剂。

这种聚合物或表面活性剂应当满足与核装置中的使用有关的某些条件。

- 30 所述聚合物或表面活性剂既不应该有硫, 也不应该有卤素, 该聚合物或表面

活化剂的存在对整体有机物用量产生最少影响，该聚合物或表面活性剂在具有消除污染物的活性剂 b) 时非常耐用：例如，能够很好地耐酸和/或耐氧化。此外，它在通常为 0—50°C 的区域内应当具有热稳定性能。最后，对于矿物粘附剂，特别是对于硅石来讲，它具有很好的亲和性。

5 在比较好的有机水溶性聚合物中，可以例举有丙烯酸的聚合物以及它与丙烯酸酰胺的共聚合物。

这些聚合物在凝胶中的含量可以非常少，例如 0.1—5%（重量），0.1—2% 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65 70 75 80 85 90 95 100 105 110 115 120 125 130 135 140 145 150 155 160 165 170 175 180 185 190 195 200 205 210 215 220 225 230 235 240 245 250 255 260 265 270 275 280 285 290 295 300 305 310 315 320 325 330 335 340 345 350 355 360 365 370 375 380 385 390 395 400 405 410 415 420 425 430 435 440 445 450 455 460 465 470 475 480 485 490 495 500 505 510 515 520 525 530 535 540 545 550 555 560 565 570 575 580 585 590 595 600 605 610 615 620 625 630 635 640 645 650 655 660 665 670 675 680 685 690 695 700 705 710 715 720 725 730 735 740 745 750 755 760 765 770 775 780 785 790 795 800 805 810 815 820 825 830 835 840 845 850 855 860 865 870 875 880 885 890 895 900 905 910 915 920 925 930 935 940 945 950 955 960 965 970 975 980 985 990 995 1000 1005 1010 1015 1020 1025 1030 1035 1040 1045 1050 1055 1060 1065 1070 1075 1080 1085 1090 1095 1100 1105 1110 1115 1120 1125 1130 1135 1140 1145 1150 1155 1160 1165 1170 1175 1180 1185 1190 1195 1200 1205 1210 1215 1220 1225 1230 1235 1240 1245 1250 1255 1260 1265 1270 1275 1280 1285 1290 1295 1300 1305 1310 1315 1320 1325 1330 1335 1340 1345 1350 1355 1360 1365 1370 1375 1380 1385 1390 1395 1400 1405 1410 1415 1420 1425 1430 1435 1440 1445 1450 1455 1460 1465 1470 1475 1480 1485 1490 1495 1500 1505 1510 1515 1520 1525 1530 1535 1540 1545 1550 1555 1560 1565 1570 1575 1580 1585 1590 1595 1600 1605 1610 1615 1620 1625 1630 1635 1640 1645 1650 1655 1660 1665 1670 1675 1680 1685 1690 1695 1700 1705 1710 1715 1720 1725 1730 1735 1740 1745 1750 1755 1760 1765 1770 1775 1780 1785 1790 1795 1800 1805 1810 1815 1820 1825 1830 1835 1840 1845 1850 1855 1860 1865 1870 1875 1880 1885 1890 1895 1900 1905 1910 1915 1920 1925 1930 1935 1940 1945 1950 1955 1960 1965 1970 1975 1980 1985 1990 1995 2000 2005 2010 2015 2020 2025 2030 2035 2040 2045 2050 2055 2060 2065 2070 2075 2080 2085 2090 2095 2100 2105 2110 2115 2120 2125 2130 2135 2140 2145 2150 2155 2160 2165 2170 2175 2180 2185 2190 2195 2200 2205 2210 2215 2220 2225 2230 2235 2240 2245 2250 2255 2260 2265 2270 2275 2280 2285 2290 2295 2300 2305 2310 2315 2320 2325 2330 2335 2340 2345 2350 2355 2360 2365 2370 2375 2380 2385 2390 2395 2400 2405 2410 2415 2420 2425 2430 2435 2440 2445 2450 2455 2460 2465 2470 2475 2480 2485 2490 2495 2500 2505 2510 2515 2520 2525 2530 2535 2540 2545 2550 2555 2560 2565 2570 2575 2580 2585 2590 2595 2600 2605 2610 2615 2620 2625 2630 2635 2640 2645 2650 2655 2660 2665 2670 2675 2680 2685 2690 2695 2700 2705 2710 2715 2720 2725 2730 2735 2740 2745 2750 2755 2760 2765 2770 2775 2780 2785 2790 2795 2800 2805 2810 2815 2820 2825 2830 2835 2840 2845 2850 2855 2860 2865 2870 2875 2880 2885 2890 2895 2900 2905 2910 2915 2920 2925 2930 2935 2940 2945 2950 2955 2960 2965 2970 2975 2980 2985 2990 2995 3000 3005 3010 3015 3020 3025 3030 3035 3040 3045 3050 3055 3060 3065 3070 3075 3080 3085 3090 3095 3100 3105 3110 3115 3120 3125 3130 3135 3140 3145 3150 3155 3160 3165 3170 3175 3180 3185 3190 3195 3200 3205 3210 3215 3220 3225 3230 3235 3240 3245 3250 3255 3260 3265 3270 3275 3280 3285 3290 3295 3300 3305 3310 3315 3320 3325 3330 3335 3340 3345 3350 3355 3360 3365 3370 3375 3380 3385 3390 3395 3400 3405 3410 3415 3420 3425 3430 3435 3440 3445 3450 3455 3460 3465 3470 3475 3480 3485 3490 3495 3500 3505 3510 3515 3520 3525 3530 3535 3540 3545 3550 3555 3560 3565 3570 3575 3580 3585 3590 3595 3600 3605 3610 3615 3620 3625 3630 3635 3640 3645 3650 3655 3660 3665 3670 3675 3680 3685 3690 3695 3700 3705 3710 3715 3720 3725 3730 3735 3740 3745 3750 3755 3760 3765 3770 3775 3780 3785 3790 3795 3800 3805 3810 3815 3820 3825 3830 3835 3840 3845 3850 3855 3860 3865 3870 3875 3880 3885 3890 3895 3900 3905 3910 3915 3920 3925 3930 3935 3940 3945 3950 3955 3960 3965 3970 3975 3980 3985 3990 3995 4000 4005 4010 4015 4020 4025 4030 4035 4040 4045 4050 4055 4060 4065 4070 4075 4080 4085 4090 4095 4100 4105 4110 4115 4120 4125 4130 4135 4140 4145 4150 4155 4160 4165 4170 4175 4180 4185 4190 4195 4200 4205 4210 4215 4220 4225 4230 4235 4240 4245 4250 4255 4260 4265 4270 4275 4280 4285 4290 4295 4300 4305 4310 4315 4320 4325 4330 4335 4340 4345 4350 4355 4360 4365 4370 4375 4380 4385 4390 4395 4400 4405 4410 4415 4420 4425 4430 4435 4440 4445 4450 4455 4460 4465 4470 4475 4480 4485 4490 4495 4500 4505 4510 4515 4520 4525 4530 4535 4540 4545 4550 4555 4560 4565 4570 4575 4580 4585 4590 4595 4600 4605 4610 4615 4620 4625 4630 4635 4640 4645 4650 4655 4660 4665 4670 4675 4680 4685 4690 4695 4700 4705 4710 4715 4720 4725 4730 4735 4740 4745 4750 4755 4760 4765 4770 4775 4780 4785 4790 4795 4800 4805 4810 4815 4820 4825 4830 4835 4840 4845 4850 4855 4860 4865 4870 4875 4880 4885 4890 4895 4900 4905 4910 4915 4920 4925 4930 4935 4940 4945 4950 4955 4960 4965 4970 4975 4980 4985 4990 4995 5000 5005 5010 5015 5020 5025 5030 5035 5040 5045 5050 5055 5060 5065 5070 5075 5080 5085 5090 5095 5100 5105 5110 5115 5120 5125 5130 5135 5140 5145 5150 5155 5160 5165 5170 5175 5180 5185 5190 5195 5200 5205 5210 5215 5220 5225 5230 5235 5240 5245 5250 5255 5260 5265 5270 5275 5280 5285 5290 5295 5300 5305 5310 5315 5320 5325 5330 5335 5340 5345 5350 5355 5360 5365 5370 5375 5380 5385 5390 5395 5400 5405 5410 5415 5420 5425 5430 5435 5440 5445 5450 5455 5460 5465 5470 5475 5480 5485 5490 5495 5500 5505 5510 5515 5520 5525 5530 5535 5540 5545 5550 5555 5560 5565 5570 5575 5580 5585 5590 5595 5600 5605 5610 5615 5620 5625 5630 5635 5640 5645 5650 5655 5660 5665 5670 5675 5680 5685 5690 5695 5700 5705 5710 5715 5720 5725 5730 5735 5740 5745 5750 5755 5760 5765 5770 5775 5780 5785 5790 5795 5800 5805 5810 5815 5820 5825 5830 5835 5840 5845 5850 5855 5860 5865 5870 5875 5880 5885 5890 5895 5900 5905 5910 5915 5920 5925 5930 5935 5940 5945 5950 5955 5960 5965 5970 5975 5980 5985 5990 5995 6000 6005 6010 6015 6020 6025 6030 6035 6040 6045 6050 6055 6060 6065 6070 6075 6080 6085 6090 6095 6100 6105 6110 6115 6120 6125 6130 6135 6140 6145 6150 6155 6160 6165 6170 6175 6180 6185 6190 6195 6200 6205 6210 6215 6220 6225 6230 6235 6240 6245 6250 6255 6260 6265 6270 6275 6280 6285 6290 6295 6300 6305 6310 6315 6320 6325 6330 6335 6340 6345 6350 6355 6360 6365 6370 6375 6380 6385 6390 6395 6400 6405 6410 6415 6420 6425 6430 6435 6440 6445 6450 6455 6460 6465 6470 6475 6480 6485 6490 6495 6500 6505 6510 6515 6520 6525 6530 6535 6540 6545 6550 6555 6560 6565 6570 6575 6580 6585 6590 6595 6600 6605 6610 6615 6620 6625 6630 6635 6640 6645 6650 6655 6660 6665 6670 6675 6680 6685 6690 6695 6700 6705 6710 6715 6720 6725 6730 6735 6740 6745 6750 6755 6760 6765 6770 6775 6780 6785 6790 6795 6800 6805 6810 6815 6820 6825 6830 6835 6840 6845 6850 6855 6860 6865 6870 6875 6880 6885 6890 6895 6900 6905 6910 6915 6920 6925 6930 6935 6940 6945 6950 6955 6960 6965 6970 6975 6980 6985 6990 6995 7000 7005 7010 7015 7020 7025 7030 7035 7040 7045 7050 7055 7060 7065 7070 7075 7080 7085 7090 7095 7100 7105 7110 7115 7120 7125 7130 7135 7140 7145 7150 7155 7160 7165 7170 7175 7180 7185 7190 7195 7200 7205 7210 7215 7220 7225 7230 7235 7240 7245 7250 7255 7260 7265 7270 7275 7280 7285 7290 7295 7300 7305 7310 7315 7320 7325 7330 7335 7340 7345 7350 7355 7360 7365 7370 7375 7380 7385 7390 7395 7400 7405 7410 7415 7420 7425 7430 7435 7440 7445 7450 7455 7460 7465 7470 7475 7480 7485 7490 7495 7500 7505 7510 7515 7520 7525 7530 7535 7540 7545 7550 7555 7560 7565 7570 7575 7580 7585 7590 7595 7600 7605 7610 7615 7620 7625 7630 7635 7640 7645 7650 7655 7660 7665 7670 7675 7680 7685 7690 7695 7700 7705 7710 7715 7720 7725 7730 7735 7740 7745 7750 7755 7760 7765 7770 7775 7780 7785 7790 7795 7800 7805 7810 7815 7820 7825 7830 7835 7840 7845 7850 7855 7860 7865 7870 7875 7880 7885 7890 7895 7900 7905 7910 7915 7920 7925 7930 7935 7940 7945 7950 7955 7960 7965 7970 7975 7980 7985 7990 7995 8000 8005 8010 8015 8020 8025 8030 8035 8040 8045 8050 8055 8060 8065 8070 8075 8080 8085 8090 8095 8100 8105 8110 8115 8120 8125 8130 8135 8140 8145 8150 8155 8160 8165 8170 8175 8180 8185 8190 8195 8200 8205 8210 8215 8220 8225 8230 8235 8240 8245 8250 8255 8260 8265 8270 8275 8280 8285 8290 8295 8300 8305 8310 8315 8320 8325 8330 8335 8340 8345 8350 8355 8360 8365 8370 8375 8380 8385 8390 8395 8400 8405 8410 8415 8420 8425 8430 8435 8440 8445 8450 8455 8460 8465 8470 8475 8480 8485 8490 8495 8500 8505 8510 8515 8520 8525 8530 8535 8540 8545 8550 8555 8560 8565 8570 8575 8580 8585 8590 8595 8600 8605 8610 8615 8620 8625 8630 8635 8640 8645 8650 8655 8660 8665 8670 8675 8680 8685 8690 8695 8700 8705 8710 8715 8720 8725 8730 8735 8740 8745 8750 8755 8760 8765 8770 8775 8780 8785 8790 8795 8800 8805 8810 8815 8820 8825 8830 8835 8840 8845 8850 8855 8860 8865 8870 8875 8880 8885 8890 8895 8900 8905 8910 8915 8920 8925 8930 8935 8940 8945 8950 8955 8960 8965 8970 8975 8980 8985 8990 8995 9000 9005 9010 9015 9020 9025 9030 9035 9040 9045 9050 9055 9060 9065 9070 9075 9080 9085 9090 9095 9100 9105 9110 9115 9120 9125 9130 9135 9140 9145 9150 9155 9160 9165 9170 9175 9180 9185 9190 9195 9200 9205 9210 9215 9220 9225 9230 9235 9240 9245 9250 9255 9260 9265 9270 9275 9280 9285 9290 9295 9300 9305 9310 9315 9320 9325 9330 9335 9340 9345 9350 9355 9360 9365 9370 9375 9380 9385 9390 9395 9400 9405 9410 9415 9420 9425 9430 9435 9440 9445 9450 9455 9460 9465 9470 9475 9480 9485 9490 9495 9500 9505 9510 9515 9520 9525 9530 9535 9540 9545 9550 9555 9560 9565 9570 9575 9580 9585 9590 9595 9600 9605 9610 9615 9620 9625 9630 9635 9640 9645 9650 9655 9660 9665 9670 9675 9680 9685 9690 9695 9700 9705 9710 9715 9720 9725 9730 9735 9740 9745 9750 9755 9760 9765 9770 9775 9780 9785 9790 9795 9800 9805 9810 9815 9820 9825 9830 9835 9840 9845 9850 9855 9860 9865 9870 9875 9880 9885 9890 9895 9900 9905 9910 9915 9920 9925 9930 9935 9940 9945 9950 9955 9960 9965 9970 9975 9980 9985 9990 9995 10000 10005 10010 10015 10020 10025 10030 10035 10040 10045 10050 10055 10060 10065 10070 10075 10080 10085 10090 10095 10100 10105 10110 10115 10120 10125 10130 10135 10140 10145 10150 10155 10160 10165 10170 10175 10180 10185 10190 10195 10200 10205 10210 10215 10220 10225 10230 10235 10240 10245 10250 10255 10260 10265 10270 10275 10280 10285 10290 10295 10300 10305 10310 10315 10320 10325 10330 10335 10340 10345 10350 10355 10360 10365 10370 10375 10380 10385 10390 10395 10400 10405 10410 10415 10420 10425 10430 10435 10440 10445 10450 10455 10460 10465 10470 10475 10480 10485 10490 10495 10500 10505 10510 10515 10520 10525 10530 10535 10540 10545 10550 10555 10560 10565 10570 10575 10580 10585 10590 10595 10600 10605 10610 10615 10620 10625 10630 10635 10640 10645 10650 10655 10660 10665 10670 10675 10680 10685 10690 10695 10700 10705 10710 10715 10720 10725 10730 10735 10740 10745 10750 10755 10760 10765 10770 10775 10780 10785 10790 10795 10800 10805 10810 10815 10820 10825 10830 10835 10840 10845 10850 10855 10860 10865 10870 10875 10880 10885 10890 10895 10900 10905 10910 10915 10920 10925 10930 10935 10940 10945 10950 10955 10960 10965 10970 10975 10980 10985 10990 10995 11000 11005 11010 11015 11020 11025 11030 11035 11040 11045 11050 11055 11060 11065 11070 11075 11080 11085 11090 11095 11100 11105 11110 11115 11120 11125 11130 11135 11140 11145 11150 11155 11160 11165 11170 11175 11180 11185 11190 11195 11200 11205 11210 11215 11220 11225 11230 11235 11240 11245 11250 11255 11260 11265 11270 11275 11280 11285 11290 11295 11300 11305 11310 11315 11320 11325 11330 11335 11340 11345 11350 11355 11360 11365 11370 11375 11380 11385 11390 11395 11400 11405 11410 11415 11420 11425 11430 11435 11440 11445 11450 11455 11460 11465 11470 11475 11480 11485 11490 11495 11500 11505 11510 11515 11520 11525 11530 11535 11540 11545 11550 11555 11560 11565 11570 11575 11580 11585 11590 11595 11600 11605 11610 11615 11620 11625 11630 11635 11640 11645 11650 11655 11660 11665 11670 11675 11680 11685 11690 11695 11700 11705 11710 11715 11720 11725 11730 11735 11740 11745 11750 11755 11760 11765 11770 11775 11780 11785 11790 11795 11800 11805 11810 11815 11820 11825 11830 11835 11840 11845 11850 11855 11860 11865 11870 11875 11880 11885 11890 11895 11900 11905 11

最好为 0.5—1% (重量)。

不论消除污染物的凝胶如何, 也就是说不论消除污染物的凝胶中所用的消除污染物的活性剂如何, 本发明的粘附剂 a) 都可以用在消除污染物的凝胶中。

粘附剂特别适用于纯矿物粘附剂的场所, 所述的纯矿物粘附剂用在现有技术  
5 的用于消除污染物的任一种凝胶中, 例如 FR-A-2380624, FR-A-2656949 和 FR-A-2695839 中所描述的凝胶中。

已经发现消除污染物的凝胶根据消除污染物的活性剂 b) 具有不同的特性; 通常将凝胶分成所述的碱性凝胶, 酸性凝胶, 还原凝胶以及氧化凝胶。

这样, 本发明的消除污染物的凝胶的用于消除污染物的活化剂 b) 中含有酸,  
10 最好是矿物酸, 矿物酸最好选自盐酸, 硝酸, 硫酸, 磷酸和它们的混合物。

酸的浓度通常为 1—10mol/l, 最好为 3—10mol/l。

这种称作“酸性凝胶”的凝胶特别适用于在冷却状态下消除固定在铁素体钢上的污染物。

在这种酸性凝胶中, 矿物粘附剂最好是硅石, 相互粘附剂最好是聚氧化乙烯  
15 醚。

本发明的消除污染物的凝胶的用于消除污染物的活性剂 b) 中含有碱, 最好是选自苏打或碳酸钠, 钾碱或碳酸钾和它们的混合物的矿物碱。

碱的浓度通常为 0.1—14mol/l。

这种称作“碱性凝胶”的凝胶具有理想的除油特性, 它特别适用于消除固定  
20 在不锈钢和铁素体钢上的污染物。

在这种碱性凝胶中, 矿物粘附剂最好是氧化铝。

本发明的消除污染物的凝胶的用于消除污染物的活化剂 b) 中还可含有还原剂, 这种还原剂例如可以是象 FR-A-2695839 文献中描述的还原剂, 在该文献中, 所用的还原剂是其标准电极势  $E_0$  在强碱中 (pH(13) 低于 -600mV/ENH (氢的正常电极或标准氢电极) 的还原剂。  
25

作为这些还原剂的例子可以例举有氢硼化物, 亚硫酸盐, 连二亚硫酸盐, 硫化物, 次磷酸盐, 锌, 联氨和它们的混合物。

当使用氢硼化物, 亚硫酸盐, 连二亚硫酸盐, 硫化物或次磷酸盐时, 它们通常为金属盐状态, 例如为碱金属盐, 例如钠盐。

30 当还原剂使用的是氢硼化钠时, 胶态溶液的 pH 值最好大于或等于 14, 以便使

氢硼化物保持稳定状态。

还原剂例如是 FR-A-2695839 文献中描述的还原剂，这些还原剂通常与矿物碱结合，矿物碱例如是浓度通常为 0.1-14mol/l 的 NaOH 或 KOH，还原剂的浓度通常为 0.1-4.5mol/l。

5 在这种还原剂中，矿物粘附剂最好为氧化铝基。

这种称作“还原凝胶”的凝胶通常用作补充物，以及用作象上面所述的氧化凝胶的替换物。

这种凝胶主要能够使表面粘附的金属氧化层弱化，并可除去这些氧化层，所述的金属例如是奥氏体钢，因科镍合金和 Incoloy，它们形成高压水反应器  
10 (REP) 的第一回路，这类反应器对消除污染物的氧化凝胶的反应不灵敏。

本发明的消除污染物的凝胶的消除污染物的活化剂 b) 还包括氧化剂。

这些氧化剂的例如可以是象 FR-A-2656949 文献中描述的氧化剂，在该文献中，所用的氧化剂是其标准电极势  $E_o$  在强酸中 (pH<1) 高于 1400mV/ENH 的氧化剂，也就是说，氧化能量高于高锰酸盐的能量。

15 作为这些氧化剂的例子可以例举有  $Ce^{4+}$ ， $Co^{3+}$  和  $Ag^{2+}$  以及它们的混合物。

因为对应于这些氧化剂的氧化还原力偶具有如下数值：



20 当待消除污染物的表面是金属表面时，例如是贵合金，贵合金例如是不锈钢 304 和 316L，因科镍合金和 Incoloy 时，使用这些大能量的氧化剂特别合适。

此外，这些氧化剂也可以使某些不易溶解的粘性氧化物氧化，这些粘性氧化物例如有  $PuO_2$ ，以便使它们转变成例如  $PuO_2^{2+}$  的可溶形式。

在本发明的用于消除污染物的凝胶中，还可以用还原形式的氧化剂，例如可  
25 以在将能够使这种还原形式氧化的化合物添加到凝胶中的条件下，或在将凝胶与另一种凝胶或与另一种粘性溶液选配的条件下使用  $Ce^{3+}$ ， $Co^{2+}$ ， $Ag^+$ ，所述的粘性溶液包括能够使这种氧化剂的还原形式氧化的化合物。

能够使这种氧化剂的还原形式氧化的化合物例如可以由碱金属的过硫酸盐构成。

30 在这些氧化剂中最好的是铈 ( $Ce^{4+}$ )，这些氧化剂通常与矿物碱，或为了稳

定性与矿物酸进行选配,所述的矿物酸例如是 HCl,  $H_3PO_4$ ,  $H_2SO_4$ , 最好是浓度通常为 1—10mol/l, 较好为 3—10mol/l, 最限为 2—3mol/l, 例如 2.88mol/l 的  $HNO_3$ , 氧化剂的浓度通常为 0.1—2mol/l, 较好为 0.6—1.5mol/l, 该浓度最好为 1mol/l。

- 5 当氧化剂使用的是阳离子, 例如  $Ce^{4+}$ ,  $Ag^{2+}$  或  $Co^{3+}$  时, 推荐这种氧化剂的形式为盐的形式, 例如硝酸盐, 硫酸盐等, 但它也可以是电解形式或电离形式的氧化剂。

这些氧化凝胶最好含有电解形式或电离形式存在的铈 ( $Ce^{4+}$ )、硝酸铈  $Ce(NO_3)_4$  形式的铈 ( $Ce^{4+}$ ) 或六硝酸根合铈二铵盐  $(NH_4)_2Ce(NO_3)_6$ , 因为在浓硝酸中硝  
10 与铈 ( $Ce^{4+}$ )<sup>4+</sup> 之间的相互不稳定性, 所以最好含有后一种化合物。

硝酸使铈氧化到  $Ce^{4+}$ , 以使其稳定, 该硝酸参与腐蚀, 除此之外, 还保证维持在粘接溶液中, 也就是说保证维持在构成金属合金的过渡金属的配位氧代硝酸基的溶液中。

这类凝胶例如包括矿物粘附剂, 最好是硅石, 例如含量最好为 4—6% (重  
15 量) 的 “Cab-O-Sil” M5, 例如重量为 5%, 而且包括有机粘附剂, 最好是聚氧化乙烯剂, 例如含量最好为 0.2—2% (重量) 的  $C_6E_2$ ,  $C_{10}E_3$  或  $C_{12}E_4$  式的聚氧化乙烯醚, 例如含量为 1%。

这样, 本发明的消除污染物的氧化凝胶的典型例子由粘接溶液构成, 该粘接溶液包括:

- 20 0.6—1.5mol/l, 较好为 1mol/l 的  $(NH_4)_2Ce(NO_3)_6$  或  $Ce(NO_3)_4$ ;  
2—3mol/l, 较好为 2.88mol/l 的  $HNO_3$ ;  
4—6 重量%, 最好为 5 重量%的硅石;  
0.2—2 重量%, 最好为 1 重量%的聚氧乙烯醚。

上述消除污染物的凝胶主要可以用于消除金属表面上的污染物, 在现有装置  
25 中定期保养的效果与拆除核装置的效果同样好。

本发明的凝胶例如可以用于消除箱, 燃料储存容器, 手套盒等上的污染物。

本发明的目的还在于消除金属表面上的污染物的方法, 该方法包括在待消除污染物的表面上涂覆本发明的消除污染物的凝胶, 将该凝胶维持在所述表面上足够的  
30 10 小时较佳, 最好为 2 至 5 小时, 再通过冲洗或机械方法进行处理, 将金属表面上

的凝胶除去。

在待消除污染物的表面上沉积的凝胶用量一般为  $100-2000\text{g}/\text{m}^2$ ，较理想的是  $100-1000\text{g}/\text{m}^2$ ，最好是  $200-800\text{g}/\text{m}^2$ 。

- 显然，当在连续不同的步骤中每次用同一种凝胶或性能不同的一些凝胶时，
- 5 可以反复处理多次，每个步骤都包括涂覆凝胶，将该凝胶维持在所述表面，再通过例如冲洗或机械方法将表面上的凝胶除去。

同样，也可以在待处理的成批表面上进行处理，或可以根据表面某些需要进行强化处理的特定位置处的辐射吸收剂量 ( $\text{mRad}/\text{h}$ )，在部分表面上进行处理，例如这种表面的形状复杂。

- 10 特别是在第一次涂覆凝胶之前，还可以利用水或水溶液对需消除污染物的表面进行冲洗，水和水溶液最好处于高压下，以便使待消除污染物的表面清洁和/或除油。

例如，消除污染物的方法可以包括下面的连续步骤，这和 FR-A-2695839 文献中描述的相同：

- 15 1) 在待消除污染物的表面上涂覆本发明的消除污染物的还原凝胶，将该凝胶维持在所述表面上 10 分钟至 5 小时，冲洗已处理的金属表面，以便除去凝胶。
- 2) 在处理的表面上涂覆在酸性介质中的氧化凝胶，将该凝胶维持在所述表面上 30 分钟至 5 小时，冲洗已处理的金属表面，以便除去凝胶。

消除污染物的方法或者可以包括如下步骤：

- 20 在待处理的表面上喷射碱溶液一段时间，例如喷射 30 分钟；  
用水冲洗；

在处理的表面上涂覆在酸性介质中的氧化凝胶，将该凝胶维持在所述表面上 30 分钟至 5 小时，最好维持 2 小时；

用水冲洗。

- 25 接触时间可以在很大的范围内变化，该接触时间还与消除污染物的活化剂的性能以及“相互粘接”凝胶的性能有关。例如，对于包括表面活化剂（例如相互粘接剂）的酸性氧化凝胶来讲，它的接触时间在 30 分钟至 5 小时，最好为 2—5 小时。

对于还原凝胶来讲，其接触时间最好为 10 分钟至 5 小时。

- 30 可以利用传统方法，例如利用喷枪喷射、利用浸泡和滴落、利用包装或通过

刷子将凝胶涂覆到待消除污染物的金属表面上。最好利用喷枪（无空气压缩机）进行例如高压喷射/雾化涂覆凝胶，所述喷枪和喷射器相当，压力为 10—200kg/cm<sup>2</sup>，例如为 10—160kg/cm<sup>2</sup>，例如还可以是 50—100kg/cm<sup>2</sup>。

最好利用冲洗来除去处理表面上的凝胶，也可以利用其它方法，例如利用机械方法或利用气体喷射，例如高压空气喷射来除去凝胶。

为了进行冲洗，通常利用脱矿水或利用其中所用的凝胶可以溶解或所用的凝胶会因水而形成可分开除去的膜的水溶液进行冲洗。

可以在高压下，也就是说例如在 10—160kg/cm<sup>2</sup> 的压力下进行冲洗。

根据本发明的更有效的特征，因为本发明的凝胶包括例如硅石的矿物粘附剂和例如表面活性剂的有机粘附剂构成的组合物，而这些凝胶可以将它们的组织保存很长时间，即保存期长达 48 小时和以上，所以很容易进行表面冲洗，即可以在低压下进行冲洗，例如 15kg/cm<sup>2</sup> 的低压，甚至可以在没有压力的情况下进行冲洗，这种冲洗要求少量的例如 10 升/m<sup>2</sup> 脱矿水（脱矿质水/去掉矿质的水）等。

当进行消除污染物的工作时，冲洗以后所规定的排液中的矿物（例如消除污染物的过程中，燃料储存容器水中的 SiO<sub>2</sub> 和 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 的含量）含量减少，即使本发明的凝胶中含有少量的矿物，冲洗处理次数仍然减少。

另外由于本发明产生的排液量大幅度减少，而此排液量主要由冲洗排液量所确定。

反之，现有技术中的没有相互粘接剂的凝胶，例如只含有硅石而无表面活性剂的凝胶在使用很短时间以后变干，碎裂，很难对它们进行冲洗，而且需要大量的高压水。为此会产生大量的排液。

然后要对冲洗排放液进行合适的处理，例如在用酸性凝胶时用碳酸钠对排液进行中和。

然后，通常要对排液进行固—液分离，例如利用套筒式过滤器进行过滤，从而得到排放液体和固体废物，因为本发明的凝胶的矿物用量很少，所以固体废物也很少。

这样，由于本发明凝胶的矿物用量比只有矿物粘附剂的现有技术的凝胶的用量少 3—4 倍，所以所含的固体废物（例如在过滤器上）也少 3—4 倍。

在某些情况下，本发明凝胶中的矿物用量很少，以致于可以在没有进行任何预处理的情况下将冲洗的排液送到蒸发器。

利用很简单的方法，例如将粘附剂 a) 添加到组分 b) 的水溶液，例如消除污染物的活性剂中即可制得本发明的消除污染物的凝胶。通常在有机粘附剂（相互粘接剂）以前添加例如硅石的矿物粘附剂。

本发明的凝胶通常可以储存很长时间，但是，虽然某些表面活性剂的化学惰性较好，但化学惰性是受时间限制的，例如当存在象  $Ce^{4+}$  的氧化剂时就是这样。

当这些表面活性剂掺入到凝胶中时，这些表面活性剂因有很强的溶解性而迅速均质化。最好在使用凝胶以前很短时间内就应将凝胶加到溶液中，以便使效果最佳。

本发明的其它特征和优点在阅读了结合附图对仅作为非限定性例子的实施例作的描述以后将会更清楚，其中：

#### 附图说明

图 1 是现有技术的粘度（用 Pa. sec 表示）和各种凝胶的恢复时间之间的关系，现有技术的粘附剂只包括重量含量分别为 6%（实线），8%（点线），10%（虚线）和 12%（混合线）的“Cab-O-Sil” M5。

图 2 是本发明的粘度（用 Pa. sec 表示）和各种凝胶的恢复时间之间的关系，本发明的粘附剂是分别包括重量含量为 6% 的“Cab-O-Sil”和 Texipol (1%) 的组合物（点线），重量含量为 5% 的“Cab-O-Sil”和  $C_{12}E_4$  (1%) 的组合物（虚线），重量含量为 5% 的“Cab-O-Sil”和  $C_{10}E_3$  (1%) 的组合物（混合线），以及重量含量为 5% 的“Cab-O-Sil”和  $C_6E_2$  (1%) 的组合物（上面的实线）的。

同时表示的一条曲线给出的是粘度与只有 10% “Cab-O-Sil” 作为粘附剂（下面的实线）的凝胶的恢复时间之间的关系。

#### 具体实施方式

##### 实施例 1

在测量了不同时间下的粘度以后我们已经研究了现有技术的水溶凝胶的流变特性，其中时间 0 为开始喷射凝胶的时间。

这些结果得到表示各个曲线的图 1 的支持，图 1 的曲线给出了粘度与各种凝胶的恢复时间之间的关系，这些凝胶的粘附剂只包括矿物粘附剂，即含量分别为 6%，8%，10% 和 12% 的“Cab-O-Sil” M5 的硅石。

我们发现不管这些凝胶的“Cab-O-Sil” M5 的含量有多少，即使硅石的含量很多，恢复时间总是超过 5 秒，因而恢复时间很长。

## 实施例 2

在测量了不同时间下的粘度以后我们已经研究了本发明的凝胶的流变特性，其中时间 0 为开始喷射凝胶的时间。

5 这些结果得到表示各个曲线的图 2 的支持，图 2 的曲线给出了粘度与各种凝胶的恢复时间之间的关系，本发明的这些凝胶的粘附剂包括矿物粘附剂（“Cab-O-Sil”的硅石）和表面活性剂（“C<sub>6</sub>E<sub>2</sub>”，“C<sub>10</sub>E<sub>3</sub>”或“C<sub>12</sub>E<sub>4</sub>”）或聚合物（“Texipol”）的组合物，表面活性剂或聚合物每次的重量含量 1%。

为了进行比较，图 2 中还有已经在图 1 上作出的曲线，该曲线表示粘度与只有 10% “Cab-O-Sil” 作为粘附剂的凝胶的恢复时间之间的关系。

10 图 2 的曲线表明本发明制备的各种凝胶的流动性得到了很大的改善。本发明的凝胶在大剪切力下的弱小粘度(t=0)仍比图 1 所示的现有技术的凝胶的低，该粘度小于 0.1Pa. sec。

所以根据本发明由粘附剂的组合物制备的凝胶和现有技术的凝胶一样，也是处于搅拌状态，有足够的液体进行喷射。

15 而除此之外，根据本发明由粘附剂的组合物制备的凝胶具有自调整能力，这种能力以完全意想不到的大比例增大。

在静止状态，根据本发明由硅石粘附剂和表面活性剂或聚合物的“相互粘接剂”的组合物制备的凝胶的粘度大幅度增加，即使聚合物或表面活性剂的浓度很少（1%）也是如此。

20 在静止状态，根据本发明由重量含量为 5% 的 “Cab-O-Sil” 和重量含量为 1% 的表面活化剂 C<sub>6</sub>E<sub>2</sub> 的组合物制备的凝胶的粘度增加了高达 50 倍，以达到 20—25Pa. s。

图 2 的曲线表示本发明凝胶的还原时间很少，本发明凝胶基本在瞬时就能进行自调整，这样就能在处理表面上具有基本直接的粘附力。

25 在凝胶中除有矿物粘附剂之外还掺有专用的有机粘附剂（相互粘接剂），所以本发明粘附剂的流变特性得到了改善，伴随这种改善的是大幅度减少了矿物粘附剂的含量。掺有少到 5% 硅石（重量）的本发明凝胶的流变特性比掺有相同数量的硅石而没有有机相互粘附剂的现有技术的凝胶好许多。

因此可以讲是矿物粘附剂和相互粘附剂之间的真实协同作用。

30 如果希望制备特性和现有技术的没有相互粘附剂的凝胶的特性相同的凝胶，

实际上可以减少矿物粘附剂的含量，例如少于1%的硅石，甚至是少于0.1%的硅石。

由于本发明凝胶的矿物含量很少，所以废物量也很少。

### 实施例3

- 5 该实施例与制备本发明的氧化凝胶有关，作为消除污染物的活化剂来讲，这种凝胶包括氧化剂，这种氧化剂是铈 ( $Ce^{4+}$ )，而作为有机粘附剂（相互粘附剂），这种凝胶包括聚氧化乙烯醚或水溶的聚合物。

在不活跃的条件下，也就是说在型号为316L的奥氏体不锈钢(其成分为70%的铁，17%的铬，11%的镍和2%的钼)的金属板上没有放射污染物时，进行腐  
10 蚀实验。

为了制备1公斤凝胶，在脱矿以后的水中加入如下组分制备实验凝胶：

370g 由Aldrich公司提供的六硝酸根合铈二铵盐  $(NH_4)_2Ce(NO_3)_6$ ，其浓度为1mol/l；

105ml 的65%硝酸，这种硝酸由Aldrich公司提供，即其  $NHO_3$  的浓度为  
15 2.88mol/l；

50g 或60g 由Degussa公司提供的“Cab-O-Sil”M5，即硅石根据凝胶的重量浓度为5%或6%；

10g 由SCOTT BATER公司提供的TEXIPOL 63—510，其重量浓度为1%。

或者根据Aldrich公司提供的10g  $C_6E_2$  类型的二乙二醇己醚的聚氧乙烯醚，或  
20 Seppic公司提供的  $C_{10}E_3$ ，或Aldrich公司提供的  $C_{12}E_4$  (称作“BRIJ 30”)进行制备。

因此表面活性剂的重量浓度为1%。

将制备的凝胶涂覆到待处理的钢板上，涂覆厚度为1mm，也就是说在每平方米待处理表面上涂覆1kg凝胶。

25 利用称重校正腐蚀结果。

在该实施例中所用的铈为1mol/l，这样对于1mm厚的凝胶，平均在一个小时以内可以为钢板减厚1微米。

下面的表1精确地说明用各种凝胶时对型号为316L的新不锈钢板所消除的物质质量，其中铈 ( $Ce^{4+}$ ) 1M 的浓度不变。

相互粘合剂	矿物含量 (重量)	期限	凝胶量 (kg/cm <sup>2</sup> )	时间	腐蚀 ( $\mu$ m)
C <sub>6</sub> E <sub>2</sub> 1%	5% Cab-0-Sil	1天	1.12	2h	1.2
C <sub>6</sub> E <sub>2</sub> 1%	5% Cab-0-Sil	1天	1.26	2h	1.2
C <sub>6</sub> E <sub>2</sub> 1%	5% Cab-0-Sil	1天	1.40	2h	1.6
C <sub>10</sub> E <sub>3</sub> 1%	5% Cab-0-Sil, 没有 Ce	1天	0.99	1h	0
C <sub>10</sub> E <sub>3</sub> 1%	5% Cab-0-Sil	20分钟	1.04	1h	1.1
C <sub>10</sub> E <sub>3</sub> 1%	5% Cab-0-Sil	1天	0.7	2h	0.9
C <sub>10</sub> E <sub>3</sub> 1%	5% Cab-0-Sil	5天	1.53	2h	0.3
C <sub>12</sub> E <sub>4</sub> 1%	5% Cab-0-Sil	2天	1.62	1h	1.3
C <sub>12</sub> E <sub>4</sub> 1%	5% Cab-0-Sil	2天	1.21	2h	1.5
C <sub>12</sub> E <sub>4</sub> 1%	5% Cab-0-Sil	2天	1.24	7h	1.5
Texipol 1%	6% Cab-0-Sil	26天	0.7	30min	0.8
Texipol 1%	6% Cab-0-Sil	26天	0.97	2h	1
Texipol 1%	6% Cab-0-Sil	26天	1.55	1h	1.3
Texipol 1%	6% Cab-0-Sil	26天	0.74	2h	0.9

腐蚀掉的合金量取决于凝胶中所用铈 (Ce<sup>4+</sup>) 含量, 因为所有这些数值都是可比较的, 所以这十分正常。

- 5 这些结果表明, 在本发明的氧化凝胶中具有活性剂或聚合物完全不会妨碍溶解物质溶解在这些胶凝的溶液中。

#### 实施例 4

在与实施例 3 相同的条件下对型号为 316L 的金属板进行腐蚀实验。实验凝胶的公式如下:

- 10 (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub> Ce (NO<sub>3</sub>)<sub>6</sub> 1 摩尔 (M),  
HNO<sub>3</sub> 2.88 摩尔  
重量为 5% 的 SiO<sub>2</sub> “Cab-0-Sil” M5,

重量为1%的 $C_6E_2$ 、 $C_{10}E_3$ 或 $C_{12}E_4$ 形式的聚氧化乙烯醚。

作为比较，粘性较差的氧化凝胶的活性剂包括1摩尔六硝酸根合铈二铵盐，硝酸2.88摩尔，而氧化凝胶的相互粘附剂包括8%重量的“Cab-O-Sil” M5，但是相互粘附剂没有用作对比实验。

- 5 需要强调指出的是，现有技术的这种凝胶的流变特性较差，这样就不易喷射凝胶。

所涂覆的凝胶厚度约为1mm，即每平方米表面上涂覆1kg凝胶。腐蚀效果由称重进行核实。

- 10 下面的表2精确地说明对型号为316L的不锈钢板所消除的物质质量，所述不锈钢板通常是市场上供应的材料。

表 2

样品	相互粘合剂	Cab-O-Sil 矿物 含量(重量)	凝胶量 kg/m <sup>2</sup>	时间 小时	腐蚀 $\mu$ m
1	无表面活性剂	8	1.10	1	0.4
2	无表面活性剂	8	1.12	2	1
3	无表面活性剂	8	1.14	5	1.4
4	无表面活性剂	8	1.13	24	1.5
5	$C_6E_2$ 1%	5	1.11	1	0.4
6	$C_6E_2$ 1%	5	1.10	2	0.9
7	$C_6E_2$ 1%	5	1.13	5	1.2
8	$C_6E_2$ 1%	5	1.11	24	1.2
9	$C_{10}E_3$ 1%	5	1.20	1	0.4
10	$C_{10}E_3$ 1%	5	1.12	2	0.8
11	$C_{10}E_3$ 1%	5	1.1	5	1.2
12	$C_{10}E_3$ 1%	5	1.10	24	1.2
13	$C_{12}E_4$ 1%	5	1.10	1	0.4
14	$C_{12}E_4$ 1%	5	1.10	2	0.8
15	$C_{12}E_4$ 1%	5	1.10	5	1.3
16	$C_{12}E_4$ 1%	5	1.11	24	1.3

表2中例举的腐蚀数据表明,不论试验什么样的凝胶,对于每平方米为1.1kg的凝胶来讲,产生的腐蚀基本相同,平均:

1小时0.4微米,

2小时0.9微米,

5 5小时和24小时1.2微米。

应当留意接触5小时和24小时以后凝胶的状态:

样品4,没有表面活性剂

在接触5小时和24小时以后,“凝胶”保持桔红色,并保持其具有 $Ce^{4+}$ 物质的特性。在24小时结束时,凝胶完全干燥开裂,所以难以对板材进行冲洗,板材表面具有“纹”面。

样品8,1%的 $C_6E_2$

在接触5小时以后,因为过渡金属尚具有配位氧化物或氧代硝酸基,所以凝胶如果不是出现淡蓝色,那么凝胶就没有任何颜色。

在24小时以后,即使重量少了25%,但仍保持凝胶的结构,与没有表面活性剂的凝胶相比,对板材的清洗要容易得多,而且清洗板材时每平方米只需要10升低压水。

样品12,1%的 $C_{10}E_3$ 和样品16,1%的 $C_{12}E_4$

在24小时结束时,凝胶的重量即使少了27%,这些凝胶仍有一些残留的黄颜色,但它们并没有开裂。它们仍保持凝胶的结构,它们的冲洗仍很方便。

20 这种现象由下面的所有结果产生:

在没有表面活性剂的凝胶中,即使腐蚀量很大,接触24小时也不能消耗所有的 $Ce^{4+}$ 。此外,出现冲洗的问题。

5小时以后,具有表面活性剂的凝胶没了桔红颜色表示所有 $Ce^{4+}$ 都还原到 $Ce^{3+}$ 了。

25 另外,涂覆时间到达以后,由产生的腐蚀量确认停止腐蚀。因此将接触时间延长到5小时以上似乎是无用的。

此外,用少量的水,也就是说每平方米用10升以下的低压水很容易冲洗凝胶。

30 对于相同量的腐蚀来讲,侵蚀5小时以后,具有表面活性剂(无色)的凝胶和没有表面活性剂(桔红色)的凝胶之间存在颜色差别,这种差别表明有一部分

Ce<sup>4+</sup>氧化了表面活性剂。这有利于限定因表面活性剂的降解所造成的 DCO 排液。

注意：对具有相同量的凝胶的第 5 个样品进行第二次侵蚀表明腐蚀量为 0.9 μm，而第一次涂覆时用一小时的减量为 0.4 μm。因此，由于自然氧化，每小时产生的腐蚀约为 1 μm，这和上述实施例 3 的相符。

- 5 连续对该同一板件侵蚀四次后显示出的腐蚀量为：0.9-1-1.1 和 0.9 μm。不论使用何类凝胶或有无表面活性剂，总能得到相同的结果。

#### 实施例 5

该实施例涉及的是制备本发明的凝胶，这种凝胶的矿物粘附剂包括重量为 5 %或 6%的硅石“Cab-O-Sil”，而凝胶的有机粘附剂（相互粘接剂）包括重量为  
10 0.7 或 1%的 C<sub>6</sub>E<sub>2</sub>，而凝胶的氧化剂包括 1mol/l 的六硝酸根合铈二铵盐和 2.88mol/l 的 HNO<sub>3</sub>。

涂覆条件与上述实施例 3 和 4 的条件相同，但腐蚀实验在氧化的 316L 型的板材上进行。

利用 W.N.Rankin 在“Decontamination processes for waste glass  
15 canisters. Nuclear technology, vol.59, 1982”中所述的方法，在气流环境中用 600℃的炉子对类似于实施例 3 和 4 的板材进行加热，制备成上述样品。

该热处理使不锈钢表面上形成一层化合物氧化层，氧化层的厚度和形态均适于处在钢材的需消除污染物的表面上。

下面的表 3 精确地说明用各种凝胶时对型号为 316L 的不锈钢板所消除的物质  
20 量，其中钢板经 600℃的温度加热氧化 4 天（氧化层是均匀的）。

表 3

样品	相互粘合剂	Cab-O-Sil 矿物 含量(重量)	凝胶量 kg/m <sup>2</sup>	时间 小时	腐蚀 μ m
20	无表面活性剂	8	1.11	2	1.6
21	无表面活性剂	8	1.11	5	2.2
22	无表面活性剂	8	1.11	24	2.6
23	C <sub>6</sub> E <sub>2</sub> 1%	5	1.07	2	0.6
24	C <sub>6</sub> E <sub>2</sub> 1%	5	1.09	5	1.4
25	C <sub>6</sub> E <sub>2</sub> 1%	5	1.11	24	2.3

下面的表 4 精确地说明型号为 316L 的不锈钢板所消除的物质质量，其中钢板经

600°C的温度加热氧化2天，钢板表面上的氧化层是不均匀的。

表 4

样品	相互粘合剂	Cab-O-Sil 矿物 含量(重量)	凝胶量 kg/m <sup>2</sup>	时间小时	腐蚀 μm
26	C <sub>6</sub> E <sub>2</sub> 1%	5	1.08	1	1.1
27	C <sub>6</sub> E <sub>2</sub> 1%	5	1.08	2	1.6
28	C <sub>6</sub> E <sub>2</sub> 0.7%	6	1.09	1	0.6
29	C <sub>6</sub> E <sub>2</sub> 0.7%	6	1.10	2	1.6
30	C <sub>6</sub> E <sub>2</sub> 0.7%	6	1.11	5	2.0

5 上面的实施例3—5表明，根据本发明，通过在氧化凝胶中使用相互粘接剂，除了流变性能得到意想不到的改进以及矿物用量减少以外，表面活性剂的存在对凝胶的腐蚀能力只有很小的影响，因为表面活性剂只消耗一小部分Ce<sup>4+</sup>。

在腐蚀期间，与没有表面活性剂的情况相反的是，凝胶的结构得到了保存，不论腐蚀还是被腐蚀，都可保证物质具有最佳的扩散性能。此外，冲洗也很方便。

10 另外，凝胶的腐蚀会少许改变板材表面的状态和成分。

下面的实施例表示本发明凝胶的应用以及现有凝胶的应用。

#### 实施例6

在该实施例中，利用本发明的方法消除型号为316L的不锈钢容器的污染物，容器的容量为500m<sup>3</sup>，也就是说需要消除污染物的表面积为120m<sup>2</sup>。

15 所用的本发明的氧化凝胶具有如下成分：

“Cab-O-Sil” M5:	5%
相互粘接剂（聚乙烯酯“C <sub>6</sub> E <sub>2</sub> ”）:	1%
Ce <sup>4+</sup> :	0.5 摩尔 (M)
HNO <sub>3</sub> :	10 摩尔 (M)

20 消除污染物的步骤包括：

在容器表面上喷射碱溶液，对该表面的喷射保持2小时；

用水冲洗；

用15kg/cm<sup>2</sup>压力的喷枪喷射上述本发明的酸性氧化凝胶，以便在表面上沉积

1kg/m<sup>2</sup>的凝胶，并使该凝胶在所述表面上保持 12 小时；

用 15kg/cm<sup>2</sup>的低压水进行冲洗；

用与上述相同的条件进行第二次喷射凝胶，即表面上的凝胶为 1kg/m<sup>2</sup>，喷射时间为 2 小时；

5 用 15kg/cm<sup>2</sup>的低压水进行冲洗。

确定处理前后表面上的剂量。

表面上的起始剂量为 557mRad/h，而其最后剂量为 4mRad/h。

同时还确定消除污染物的因数 FD，该因数表示起始剂量与最后剂量之间的比值，FD 约为 140。

10 实施例 7（比较实施例）

消除污染物的研究所用的不锈钢容器与实施例 6 的相同，但是所用的氧化凝胶是 FEVDI 公司生产的型号为“FERDIRAD OX”的商品，其成分为：

“Cab-O-Sil” M5: 15%

Ce<sup>4+</sup> : 0.5 摩尔 (M)

15 HNO<sub>3</sub>: 10 摩尔 (M)

消除污染物的处理步骤和条件都与实施例 6 的相同，所不同的是，当为了去除凝胶进行冲洗时，应当用 150—300kg/cm<sup>2</sup>的很高压力，而不是低压。

所得到的消除污染物的因数是 140。

但是，除了利用冲洗去除凝胶要远比上述实施例的困难以外，去除凝胶还需要非常大的压力，而且冲洗后的排液量也非常大；根据本发明的实施例，当以后要冲洗的排液进行过滤时，因有机矿物而使矿物用量减少 3 倍以后所得到的固体废物要比对现有技术实施例中的凝胶冲洗排液进行过滤所产生的固体废物少 3 倍。

实施例 8:

25 在该实施例中，利用本发明的方法消除三个型号为 316L 的不锈钢手套箱的污染物，这三个箱的污染物主要是铀，铯，钚和锶。

这些手套箱需要消除污染物的总面积为 26m<sup>2</sup>。

所用的本发明的酸性氧化凝胶具有与实施例 6 相同的成分，即：

“Cab-O-Sil” M5: 5%

30 相互粘接剂（聚乙烯醚“C<sub>6</sub>E<sub>2</sub>”）: 1%

- $Ce^{4+}$  : 0.5 摩尔 (M)  
 $HNO_3$ : 10 摩尔 (M)
- 消除污染物的步骤包括:
- 雾化喷射碱溶液 15 分钟;
- 5 用水冲洗;
- 用  $15kg/cm^2$  压力的喷枪喷射上述本发明的酸性氧化凝胶, 以便一共沉积 80kg 的氧化凝胶, 并使该凝胶在所述表面上保持 2 小时;
- 用低压水进行冲洗;
- 测量所述表面上的剂量;
- 10 按照上述测量的剂量, 均匀地对各个特定位置第二次喷射氧化凝胶, 即总共喷射 10kg。凝胶在所述表面上的这些部位保持 2 小时;
- 用低压水进行冲洗。
- 确定处理前后表面上的剂量。
- 表面上的起始剂量为 3Rad/h, 而其最后剂量为 2—20mRad/h。
- 15 消除污染物的因数约为 150。
- 实施例 9 (比较实施例)
- 消除污染物所用的不锈钢手套箱与实施例 8 的相同, 但是所用的氧化凝胶是 FEVDI 公司生产的型号为“FERDIRAD OX”的商品, 其成分为:
- “Cab-O-Sil” M5: 15%
- 20  $Ce^{4+}$  : 0.5 摩尔 (M)
- $HNO_3$ : 10 摩尔 (M)
- 消除污染物的处理步骤和条件都与实施例 8 的相同, 所不同的是, 当为了去除凝胶进行冲洗时, 应当用  $150-300kg/cm^2$  的很高压力, 而不是用低压。
- 所得到的消除污染物的因数是 150。
- 25 但是, 除了利用冲洗去除凝胶要远比上述实施例的难以外, 去除凝胶还需要非常大的压力, 而且冲洗后的排液量也非常大; 根据本发明的实施例, 当以后要对冲洗的排液进行过滤时, 因有机矿物而使矿物用量减少 3 倍以后所得到的固体废物要比对现有技术实施例中的凝胶冲洗排液进行过滤所产生的固体废物少 3 倍。

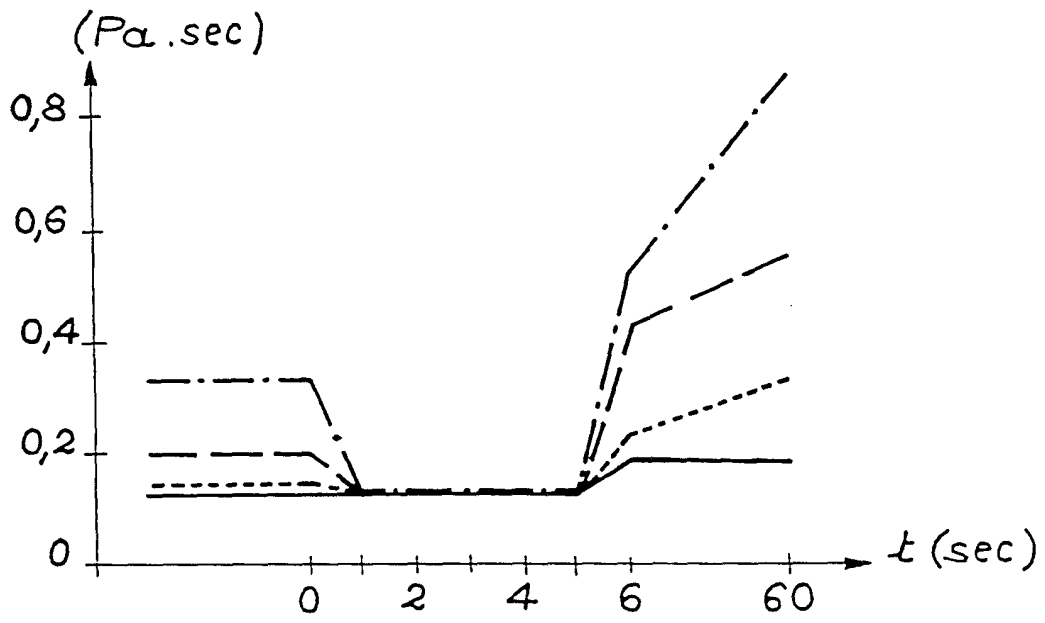


图 1

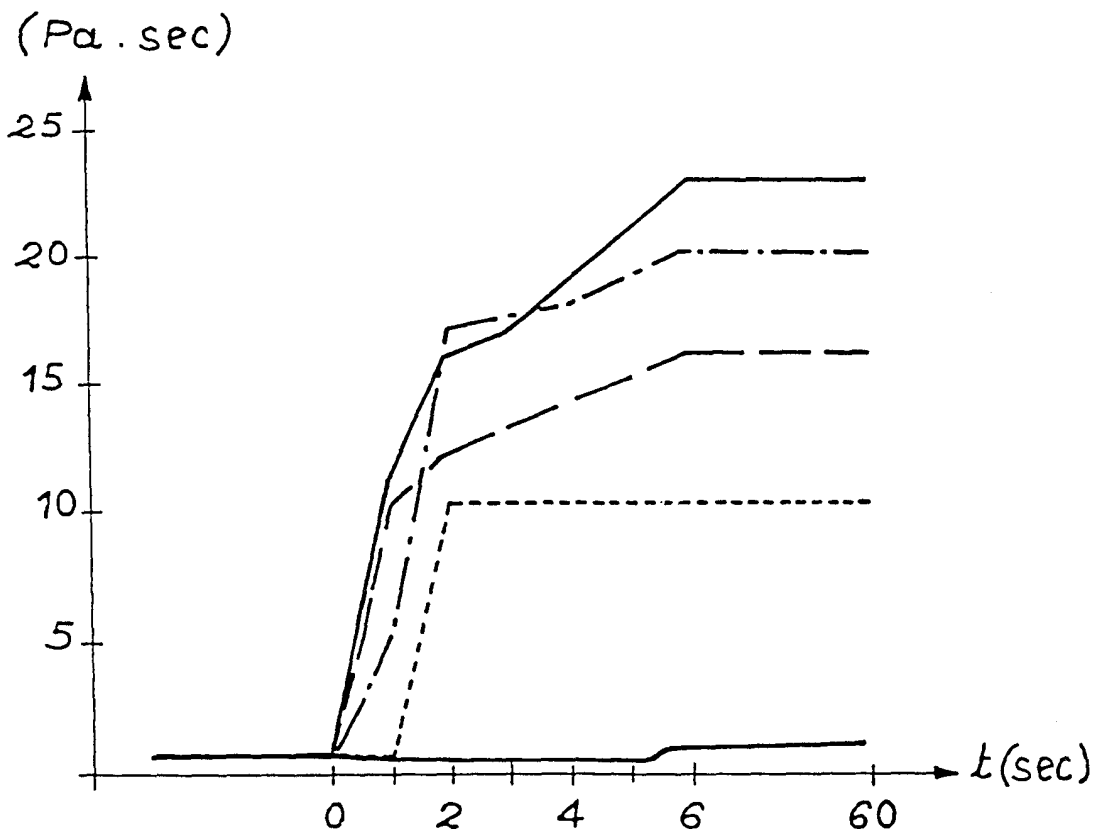


图 2