

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷
C23F 11/10
C23F 11/18 C09K 5/20



[12] 发 明 专 利 说 明 书

[21] ZL 专利号 99812082.0

[45] 授权公告日 2004 年 10 月 6 日

[11] 授权公告号 CN 1170005C

[22] 申请日 1999. 10. 11 [21] 申请号 99812082. 0
[30] 优先权
[32] 1998. 10. 14 [33] EP [31] 98308380. 9
[86] 国际申请 PCT/IB1999/001659 1999. 10. 11
[87] 国际公布 WO2000/022189 英 2000. 4. 20
[85] 进入国家阶段日期 2001. 4. 13
[71] 专利权人 德士古发展公司
地址 美国纽约州
[72] 发明人 J - P · 梅斯 S · 利文斯
审查员 姜 鹏

[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 龙传红

权利要求书 2 页 说明书 11 页 附图 1 页

[54] 发明名称 用于在传热流体和发动机冷却剂中
保护轻金属的缓蚀剂和协同抑制剂
组合

[57] 摘要

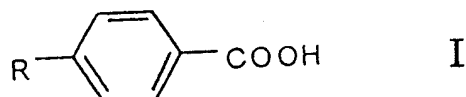
通过使用选择种类的脂族和芳族羧酸或其碱金属、铵或胺盐并结合氟化物和/或氟羧酸或其盐，可实现对发动机冷却剂和传热流体中的镁和铝合金的腐蚀保护。已经发现，这些组合物明显提高了冷却剂的高温镁腐蚀保护性能，因此可用于汽车发动机冷却剂体系。

I S S N 1 0 0 8 - 4 2 7 4

1. 一种缓蚀剂配方, 包含:
 - a) 0.1-15% 重量的一种或多种抑制剂, 所述抑制剂选自烷基苯甲酸、 C_5-C_{15} 脂族一元酸和 C_5-C_{15} 脂族二元酸、或其盐; 和
 - b) 0.005-5% 重量的氟化物和/或氟羧酸、或其盐。
2. 根据权利要求 1 所要求的缓蚀剂配方, 其中所述烷基苯甲酸是 4-叔丁基苯甲酸。
3. 根据权利要求 1 或 2 所要求的缓蚀剂配方, 其中所述 C_5-C_{15} 脂族一元酸选自辛酸、壬酸、癸酸、十一烷酸和 2-乙基己酸。
4. 根据权利要求 3 所要求的缓蚀剂配方, 其中所述 C_5-C_{15} 脂族一元酸是辛酸。
5. 根据权利要求 1 或 2 所要求的缓蚀剂配方, 其中所述 C_5-C_{15} 脂族二元酸选自癸二酸和十二烷二酸。
6. 根据权利要求 1 或 2 所要求的缓蚀剂配方, 它还包含烃基三唑。
7. 根据权利要求 6 所要求的缓蚀剂配方, 其中所述烃基三唑的存在量为 0.005-1.0% 重量。
8. 根据权利要求 6 所要求的缓蚀剂配方, 其中所述烃基三唑为甲基三唑或苯并三唑。
9. 根据权利要求 1 或 2 所要求的缓蚀剂配方, 其中所述氟羧酸以该酸的碱金属、铵或胺可溶性盐加入。
10. 根据权利要求 1 或 2 所要求的缓蚀剂配方, 它还包含选自碱金属硼酸盐、碱金属硅酸盐、碱金属苯甲酸盐、碱金属硝酸盐、碱金属亚硝酸盐、和碱金属钼酸盐的附加缓蚀剂。
11. 一种缓蚀性冷却剂浓缩物, 包含根据权利要求 1-10 中任何一项所要求的缓蚀剂和 80-99% 重量的液体醇防冻剂。
12. 根据权利要求 11 所要求的冷却剂浓缩物, 其被稀释到包含 10-90% 体积的水。
13. 一种传热流体配方, 包含:

a) 65-99 % 重量的水溶性液体醇防冻剂;

b) 0.1-15 % 重量的具有通式 I 的烷基苯甲酸或其盐:



其中 R 是 C_1-C_8 烷基或第 7 主族元素;

c) 0.1-15 % 重量的 C_5-C_{15} 脂族一元或二元酸或其盐; 和

d) 0.005-5 % 重量的氟化氢和/或氟羧酸或其盐。

14. 根据权利要求 1-12 中任何一项所要求的缓蚀剂配方作为镁和/或铝缓蚀剂在传热流体和发动机冷却剂中的应用。

15. 一种抑制存在于内燃机冷却体系中的镁和/或铝的一般点蚀、缝隙腐蚀和沉积浸蚀腐蚀的方法, 包括将包含待抑制腐蚀的镁和/或铝的金属表面间歇地接触包含根据权利要求 1-10 中任何一项所定义的缓蚀剂配方的传热流体。

用于在传热流体和发动机冷却剂中保护轻金属 的缓蚀剂和协同抑制剂组合

本发明的背景

1. 本发明的领域

本发明涉及有助于发动机冷却剂和热交换流体中镁、镁-铝、铝-镁和铝合金的腐蚀保护组合物。已经发现，如果结合氟化物或氟羧酸或其盐，脂族一或二元酸或芳族羧酸、或其碱金属、铵或胺盐可为镁提供腐蚀保护，除了这些酸可向其它金属，如铝、铁、铜和焊剂提供保护。已经发现，这些酸或盐与氟化化合物的特定组合能够为镁提供协同腐蚀保护。视需要向这些组合体中加入烃基三唑和/或噻唑可提高腐蚀保护，尤其是对于铜合金、以及其它金属如铝。已经发现，氟化物和/或氟羧酸的存在能明显提高单个羧酸盐、羧酸盐的组合体、以及羧酸盐与烃基三唑和/或噻唑的组合体的高温镁腐蚀保护性能。

汽车发动机冷却体系包含各种金属，包括铜、焊剂、青铜、钢、铸铁、铝、镁、及其合金。由于存在各种离子以及高温、压力、和这些冷却体系中的流动速率，对这些金属进行腐蚀性侵蚀的可能性高。防腐产品在冷却体系内的存在可影响发动机燃烧室的传热，因此造成发动机过热和因过高金属温度的发动机元件破坏。一般参见 Fay, “抗冻和防冻流体”, Kirk-Othmer 化工技术百科全书 (1978), 3 卷, 79-95 页。因此，如果防腐产品在汽车冷却体系中的形成能够加以控制或消除，这一般是有利的。本发明的一个目的是提供一种可用于防止和控制包含各种金属，尤其是镁的汽车发动机冷却体系中的腐蚀的缓蚀剂。

提高汽车燃料经济的潮流已带来对轻质材料如铝和镁合金在发动机和冷却体系元件中应用的增加。但已经发现，点蚀和缝隙腐蚀在含铝和镁的冷却体系中尤其普遍。薄壁汽车散热管的点蚀可能导致管穿孔。也会出现在汽缸盖凹顶或冷却剂软管连接处的缝隙腐蚀。这两种

腐蚀种类可导致最终的冷却剂损失，随后发动机过热且元件破坏。也会产生其它形式的局部腐蚀，如来自防腐产品沉积的沉积侵蚀。

许多常用于汽车冷却体系的缓蚀剂调节剂没有提供针对存在于镁、铝和各种其它金属合金的点蚀、缝隙腐蚀、和沉积侵蚀腐蚀现象的合适保护。因此，如果这些局部腐蚀现象能够加以控制或消除，这将是特别有利的。本发明的另一目的是提供一种用于汽车冷却体系的缓蚀剂，它能够防止或控制镁的局部腐蚀。

所有用于汽车防冻剂/冷却剂配方的缓蚀剂由于防腐产品在冷却体系中的应用和堆积而逐渐消耗。因此，如果防腐产品在体系内的堆积以及随后的缓蚀剂消耗或变质能够加以控制或消除，这将是有益的。本发明的再一目的是提供一种比起传统用于防冻剂/冷却剂配方的缓蚀剂不易消耗或变质的缓蚀剂。

2. 相关信息的描述

已经提出了具有较高腐蚀保护作用且寿命长的有机酸金属(OAT)冷却剂和热交换流体。含水和二醇浓缩物形式的OAT缓蚀剂包装可用于汽车、重负荷、海洋和工业场合。OAT缓蚀剂也可用于二次冷却体系和各种工业热交换流体。几篇美国 and 外国专利文献公开了羧酸、或这些酸的盐作为缓蚀剂在防冻剂和/或热交换流体组合物中的应用。这些组合物通过优化以保护铝和目前用于上述场合的其它材料。

已将各种缓蚀剂加入传热流体中以减少金属体系的腐蚀。例如，美国专利 4587028(Darden)公开了包含苯甲酸、二羧酸和硝酸盐的碱金属盐的非硅酸盐防冻剂配方。优选提供其它成分，包括碱金属氢氧化物、碱金属硝酸盐和芳族三唑，如甲苯基三唑或苯并三唑。美国专利 4647392(Darden 等人)公开了使用脂族一元酸或盐、烃基二元酸或盐和烃基三唑的缓蚀剂。美国专利 4657689(Darden)公开了包含脂族一元酸或盐、烃基二元酸或盐、烃基吡咯和特定的烃基碱金属磺酸盐的缓蚀剂。美国专利 5085791(Burns)公开了包含单独的环己烷酸缓蚀剂或结合其它缓蚀剂，尤其是癸二酸和甲苯基三唑的防冻剂组合物。环己烷酸包括环己基羧酸(甲酸)、环己基乙酸和环己基丙酸。环己烷酸

用于抑制铅焊剂和/或铝腐蚀。美国专利 4105405 (Wehle 等人) 公开了环己烷六羧酸缓蚀剂的应用。

JP-A-08-020763 (Seiken Kogaku Kogyo KK) 描述了一种在内燃机中用作冷却剂的流体，它包含二醇、水、镁化合物、烷基苯甲酸(如，对-叔丁基苯甲酸)和盐、十二烷二酸或盐和三唑或噻唑。

JP-A-08-085782 (Nippon Chem Kogyo KK) 描述了一种二醇基防冻剂组合物，包含十二烷二酸或盐、对-叔丁基苯甲酸或盐和三唑、以及硅酸盐、钼酸盐、苯甲酸盐或噻唑。该组合物没有胺、磷酸盐、硼酸盐和亚硝酸盐。

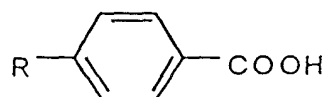
发动机制造商目前正在评估镁作为一种用于发动机和传热体系的材料的使用。传统的抑制剂包装不能向镁组分提供合适的腐蚀保护。一般来说，目前使用的 OAT 冷却剂仅有中度侵蚀性，但对镁的保护程度不够，尤其是在发动机工作时的高温下。以前的研究表明，比起传统的 OAT 冷却剂配方(美国专利 4851145 (van Neste) 中的表 I)，烷基苯甲酸(4-叔丁基苯甲酸)、脂族一元酸(辛酸)和烃基三唑(甲苯基三唑)的组合改进了对镁的腐蚀保护。EP-A-0229254 (Asahi Glass Co Ltd) 描述了一种包括电容器元件和浸渍到该元件中的电解质的电解质电容器，其中所述电解质包含溶解在有机溶剂中的氟羧酸或盐。

需要一种能够对镁组分提供高度腐蚀保护的冷却剂体系。

本发明的概述

本发明涉及一种防冻剂浓缩物组合物，包含一种或多种选自烷基苯甲酸、 C_5-C_{15} 一-或二元酸或其盐、以及氟化物和/或氟羧酸或其盐的抑制剂。

在芳族羧酸盐中，具有以下通式的烷基苯甲酸是优选的



其中 R 是 C_1-C_8 烷基或第 7 族元素，如 F。4-叔丁基苯甲酸(以下称作 PTBBA)是最优选的烷基苯甲酸，且当 R 是第 7 族元素时，4-氟苯甲酸是最优选的化合物。可以使用烷基苯甲酸的碱金属、铵或胺盐。最

优选的碱金属盐是钾和钠。

能够提供腐蚀保护的脂族羧酸可以是任何的 C_5-C_{15} 脂族一元酸或二元酸或所述酸的碱金属、铵或胺盐。庚酸、辛酸、壬酸(或其异构体)、及其混合物是优选的一元酸。癸酸和十一烷酸提供良好的保护作用,但高级烷基酸在水中的溶解度有限。在二元酸中,十二烷二酸提供相当良好的镁保护。在萘基羧酸中,1-萘基羧酸是优选的羧酸。

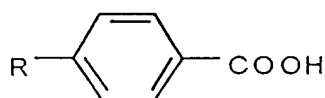
已经发现,一种或多种上述酸与氟化化合物的组合能够产生协同作用以提高镁保护。PTBBA 与辛酸的组合是特别优选的。壬酸和癸酸是良好的辛酸替代物。没有用烃基三唑配制的组合物具有良好的镁保护,或烃基三唑的含量低于 0.2% 重量。向这些组合中加入烃基三唑能够预期地产生附加的铜作用。发现对其它金属,尤其是对铝的腐蚀保护性能得到提高。

已经发现,通过将氟化物或氟羧酸盐加入脂族羧酸或烷基苯甲酸或烷基苯甲酸与优选一元酸的优选增效组合,可明显提高该配方的高温腐蚀保护性能。最尤其是,这些体系提高了对镁腐蚀的保护作用。

本发明的详细描述

本发明首先确定了一组特定的脂族和芳族羧酸盐,它们在与氟化物和/或氟羧酸或其盐结合使用时能够提高腐蚀保护作用。

在芳族羧酸盐中,具有以下通式的烷基苯甲酸是优选的:



其中 R 是 C_1-C_8 烷基。在本发明中,4-叔丁基苯甲酸(PTBBA)是优选的。可以使用烷基苯甲酸的任何碱金属、铵或胺盐以形成烷基苯甲酸盐;但碱金属是优选的。最优选的碱金属盐是钾和钠。在萘基羧酸中,1-萘基羧酸是优选的羧酸。

能提供腐蚀保护的脂族羧酸可以是任何的 C_5-C_{15} 脂族一元酸或二元酸或所述酸的碱金属、铵或胺盐。这些包括一种或多种以下的酸或其异构体: 庚酸、辛酸、和壬酸、及其异构体是优选的一元酸。癸酸和

十一烷酸提供良好的保护，但高级烷基酸在水中的溶解度有限。在二元酸中，十二烷酸提供相当良好的镁保护。

一种或多种上述芳族羧酸盐与一种或多种脂族羧酸盐、以及与氟化物的组合产生一种协同作用以保护镁合金。如果使用烃基三唑组分如芳族三唑或烷基取代的芳族三唑如苯并三唑或甲苯基三唑，可增加对铜的保护。还可观察到提高对其它金属，尤其是铝的保护作用。单独对于镁保护，可视需要使用烃基三唑。

目前尤其是对于镁合金，特别是在高温下，能够结合一种羧酸或结合多种酸的增效混合物如脂族羧酸盐与烷基苯甲酸(例如，如上所述)的组合以提供优异的协同腐蚀保护的其它抑制剂是氟化物。单独使用时，氟化物提供非常低的保护程度。本发明的一个重要方面是，氟化物如氟化物和/或氟羧酸盐在结合脂族羧酸盐或烷基苯甲酸时产生一种协同作用，明显减少尤其是镁在高温下的腐蚀。该氟化物可作为氟化氢和/或氟羧酸或所述酸的碱金属、铵或胺可溶性盐加入配方中。

本发明的缓蚀剂组合通常大多作为内燃机的冷却剂用于防冻剂配方。其它用途可包括液压流体、含水切割油、油漆、可溶性油、金属切割流体、飞机除冰装置、和润滑脂。在这些用途中，脂族酸和烷基苯甲酸盐可用金属氢氧化物(包括钠、钾、锂和钡)形成。

在本发明的一个优选实施方案中，上述缓蚀剂可以与液体醇防冻剂的混合物来使用，形成一种可用于内燃机冷却体系的新的防冻剂/冷却剂浓缩物组合物。该冷却剂浓缩物组合物优选包含：80-99%重量的水溶性液体醇防冻剂；0.01-15，优选0.1-5%重量的上述烷基苯甲酸/盐和/或脂族羧酸/盐组分和0.005-5，优选0.01-1%重量的氟化氢和/或氟羧酸盐。除了上述组分之一，烃基三唑可视需要以0.005-1，优选0.1-0.3%重量来使用。

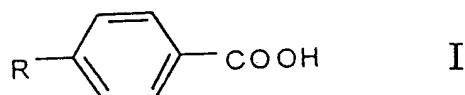
在本发明中，上述冷却剂的液体醇防冻剂组分包括二醇如乙二醇、二甘醇、丙二醇、二亚丙基二醇和二醇单醚如乙二醇、二甘醇、丙二醇和二亚丙基二醇的甲基、乙基、丙基和丁基醚。乙二醇和丙二醇是特别优选的防冻剂组分。在本发明的上述冷却剂浓缩物组合物中，可

以使用浓度为 0.01-15.0 % 重量, 优选 0.1-5.0 % 重量的附加二羧酸, 优选十二烷二酸。也可使用浓度为 0.01-5.0 % 重量的其它的常规缓蚀剂, 如碱金属硼酸盐、硅酸盐、苯甲酸盐、硝酸盐、亚硝酸盐、钼酸盐或烃基三唑。

在本发明的另一实施方案中, 使用 10-90 % 体积, 优选 25-75 % 体积的水稀释上述缓蚀冷却剂浓缩物组合物。在本发明的另一实施方案中, 上述缓蚀剂组合体可用于其它防冻剂的水溶液, 如有机酸盐溶液。乙酸盐、甲酸盐和丙酸盐是特别优选的。

在本发明的另一实施方案中, 提供一种传热流体。该传热流体包含:

- a) 65-99 % 重量的水溶性液体醇防冻剂;
- b) 0.1-15 % 重量的具有通式 I 的烷基苯甲酸或其盐:



其中 R 是 $\text{C}_1\text{-C}_8$ 烷基或第 7 主族元素;

- c) 0.1-15 % 重量的 $\text{C}_5\text{-C}_{15}$ 脂族一元或二元酸或其盐; 和
- d) 0.005-5 % 重量的氟化氢和/或氟羧酸或其盐。

实施例

本发明方法通过以下实施例进一步说明, 但无意于限定本发明的范围。

对比例

实施例 A(对比例)

制备出包含主要量的乙二醇、3 % 重量 2-乙基己酸的防冻剂配方。

实施例 B(对比例)

制备出包含主要量的乙二醇、0.2 % 重量甲苯基三唑的防冻剂配方。

实施例 C(对比例)

制备出包含主要量的乙二醇、0.2 % 重量 HF(在水中的 50 % 重量)的防冻剂配方。

实施例 D(对比例)

制备出包含主要量的乙二醇、3 % 重量庚酸的防冻剂配方。

实施例 E(对比例)

制备出包含主要量的乙二醇、3%重量辛酸的防冻剂配方。

实施例 F(对比例)

制备出包含主要量的乙二醇、3%重量十二烷酸的防冻剂配方。

实施例 G(对比例)

制备出包含主要量的乙二醇、3%重量癸二酸的防冻剂配方。

实施例 H(对比例)

制备出包含主要量的乙二醇、3%重量辛酸、0.2%重量 TTZ 的防冻剂配方。

实施例 I(对比例)

制备出包含主要量的乙二醇、3%重量 PTBBA、0.2%重量 TTZ 的防冻剂配方。

实施例 J(对比例)

制备出包含主要量的乙二醇、1.5%重量 PTBBA、1.5%重量辛酸、0.2%重量 TTZ 的防冻剂配方。

实施例 K(对比例)

制备出包含主要量的乙二醇、1.5%重量 PTBBA、1.5%重量辛酸、0.02%重量 TTZ 的防冻剂配方。

实施例 L(对比例)

制备出包含主要量的乙二醇、1.5%重量 PTBBA、1.5%重量辛酸的防冻剂配方。

实施例 M(对比例)

制备出包含主要量的乙二醇、1.5%重量 PTBBA、1.5%重量辛酸、0.5%重量 2-乙基己酸、0.2%重量 TTZ 的防冻剂配方。

实施例 N(对比例)

制备出包含主要量的乙二醇、1.5%重量 PTBBA、1.5%重量辛酸、0.1%重量五水合硅酸钠、0.2%重量 TTZ 的防冻剂配方。

本发明的实施例**实施例 1**

制备出包含主要量的乙二醇、1.5%重量 PTBBA、1.5%重量 OA、0.2%重量 HF(在水中的 50%重量)、0.2%重量 TTZ 的防冻剂配方。

实施例 2

制备出包含主要量的乙二醇、3%重量 PTBBA、0.2%重量 HF 的防冻剂配方。

实施例 3

制备出包含主要量的乙二醇、3%重量 OA、0.2%重量 HF 的防冻剂配方。

实施例 4

制备出包含主要量的乙二醇、3%重量庚酸、0.2%重量 HF 的防冻剂配方。

实施例 5

制备出包含主要量的乙二醇、1.5%重量 PTBBA、1.5%重量氟苯甲酸的防冻剂配方。

实施例 6

制备出包含主要量的乙二醇、1.5%重量 PTBBA、1.5%重量辛酸、0.2%重量癸二酸、0.2%重量氟化钠、0.2%重量 TTZ 的防冻剂配方。

添加剂体系汇总于表 1。

人们熟知,金属或金属合金的耐腐蚀性同时取决于其钝化氧化物保护膜稳定性、及其重新钝化金属或合金表面上的活性腐蚀区域的能力。另一方面,腐蚀速率与电流密度有关。一项基于周期电位动力极化并描述于 CEBELCOR(Centre Belge d'Etude de la corrosion)出版物 Rapports Techniques,147 卷,R.T.272(1984 年八月)的快速周期极化扫描(RCP)技术可用于确定金属或合金对局部腐蚀的敏感性。RCP 技术测量给定金属和合金的破裂或点蚀电势(E_r)、重新钝化电势(E_p)和电流密度(I_a)。 E_r 是给定材料的钝化膜破裂时的电势,且直接与该材料在特定环境中的点蚀倾向有关。 E_p 是材料的活性腐蚀区域在给定环境中重新钝化时的电势。 I_a 是电流密度,用于度量一般的腐蚀速率。 I_a 越高,腐蚀速率越高。 E_r 、 E_p 和 I_a 使用银参比电极和由经受腐蚀侵蚀的材料构成的工作电极来测定。 E_r 值越高(越惰性),给定防冻剂配方更有效地防止点蚀引发和进行。类似地,较高(越惰性)的 E_p 值表示,特定的缓蚀剂配方更能够重新钝化已有凹坑和裂缝。另一方面, I_a 值越高腐蚀进行越快,特定缓蚀剂不太有效地保护某种金属或合金。

RCP 测试步骤可描述如下：将待测试金属(工作电极)的抛光试样浸渍在给定防冻剂浓缩物配方在硬 ASTM 腐蚀水中的 30% 体积溶液；该水包含 148 毫克/升硫酸钠、165 毫克/升氯化钠、138 毫克/升碳酸氢钠(ASTM 1384 腐蚀水)以及 364 毫克/升的一水合氯化钙。

极化这样进行：在 2 毫伏/秒的扫描速率下，极化至电势达到 E_r 。极化电流的迅速增加导致随着保护性钝化膜破裂而达到 E_r 。如果电流达到预定的最大值，扫描方向与反向至更阴性的电势。重新钝化电势 E_p 在 RCP 扫描的最终阶段来确定。

表 2 给出了 RCP 测量的结果，其中针对镁、铝和铜使用了本发明的组合物；测量 E_r 、 E_p 和 I_a 。本发明实施例(1-6)中发现腐蚀速率适当降低。

ASTM D4340 测试是一种标准测试方法，包括用于评估发动机冷却剂在可能存在于铝缸盖发动机的传热条件下，对抗铝铸造合金腐蚀的效力的实验室筛选步骤。就本申请而言，使用镁合金替代铝铸造合金。热流贯穿常用于发动机缸盖并在 193kPa 压力下暴露于发动机冷却剂的铸造镁合金而形成。镁试样的温度保持在 135℃ 且测试持续 1 周。冷却剂防止镁在传热条件下腐蚀的效力根据测试试样的重量变化以及视觉外观来评估。按照测试方法，组装一个传热腐蚀装置。镁试样的直径为 6.5 厘米且厚度为 1.3 厘米。通过插入测试试样中热电偶孔的热电偶来加热该体系。测试基于溶解在 750 毫升蒸馏水或去离子水的 165 毫克辐射级氯化钠来进行。然后加入 250 毫升的测试冷却剂。该量足以用于 2 次测试。

已经发现，在 ASTM D4340 中针对镁评估的高温腐蚀保护作用通过氟化合物，优选氟化物和/或氟羧酸盐的协同作用而进一步明显提高。镁试样的照片在图 1 中给出。对比例(C)给出了具有深度点蚀和沉积侵蚀的非常严重的侵蚀。实施例 H、I 和 J 给出了具有少许侵蚀和一些沉积物的各种等级。在实施例 1-6 中，氟化合物的加入明显提供腐蚀保护且明显减少形成沉积物。

表 1

实施例	一元酸				二元酸		烷基苯甲酸	甲苯基三唑	硅酸盐	氟化合物	
	2-EHA	HHA	OA	SA	DDA	PTBBA				HF	FC
A	3%										
B								0.2%			
C										0.2%	
D		3%									
E			3%								
F					3%						
G				3%							
H			3%					0.2%			
I						3%		0.2%			
J			1.5%			1.5%		0.2%			
K			1.5%			1.5%		0.02%			
L			1.5%			1.5%					
M	0.5%		1.5%			1.5%		0.2%			
N			1.5%			1.5%		0.2%	0.1%		
1			1.5%			1.5%		0.2%		0.2%	
2						3%				0.2%	
3			3%							0.2%	
4			3%							0.2%	
5						1.5%					1.5%
6			1.5%	0.2%		1.5%		0.2%		0.2%	

表 2
RCP 测量以确定缓蚀剂效果 (E_r, E_p 单位 MV, I_a 单位 $\mu A/cm^2$)

实施例	镁				铝				铜			
	E_r	E_p	I_a	E_r	E_p	I_a	E_r	E_p	E_r	E_p	I_a	I_a
A	-1130	*	90	-260	*	35	830	-10			20	
B	-1120	*	100	-400	-520	25	640	60			0.9	
C	750	*	1000	-500	-750	20	120	100			20	
D	-240	*	100	1390	460	50	900	-10			3	
E	<2400	*	100	<2400	*	20	*	*			*	
F	-440	*	100	960	*	30	920	*			3	
G	-1100	*	100	340	*	40	900	*			6	
H	>2400	-220	40	1420	580	30	*	*			*	
I	>2400	*	35	-340	-520	20						
J	>2400	-1120	20	>2400	*	20	1750	1500			1	
K	>2400	*	30	>2400	*	15	1600	1200			2	
M	2200	700	30	>2400	*	15	1300	1000			1	
N	>2400	780	30	>2400	*	20	1320	1040			2	
1	2300	-70	30	>2400	>2400	20	1810	1320			2	
2	>2400	-1000	20									
3	700	*	30	300	-700	10						
4	>2400	700	20	1400	*	10						
5	200	*	100	1020	*	30						
6	300	*	30	200	*	30						

重新钝化电势 E_p 不能测得

图 1: ASTM D4340 测试之后的测试试样的图片

