(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 1624092 B
(45)授权公告日 2012.10.17

(21)申请号 200410085959.6

(22)申请日 2004.10.25

(30)优先权数据
10/693197 2003.10.24 US

(73)专利权人 雅富顿公司
地址 美国弗吉尼亚州

(72)发明人 M·T·德夫林 H·T·瑞安

(74)专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司 72001
代理人 刘维升 赵苏林

(51)Int.Cl.
C10M 137/04(2006.01)

(56)对比文件
WO 2002/092735 A1,2002.11.21, 实施例1-9,说明书第16页第5-13行,权利要求1-10,说明书第2页第14行至说明书第15页第34行。.

审查员 王涛

权利要求书 1 页 说明书 23 页

(54)发明名称

润滑剂组合物

(57)摘要

润滑剂组合物具有改进的耐腐蚀性能的润滑剂组合物,其包括含有含硫化合物的极压化合物,含有含磷化合物的耐磨化合物,亚烷基胺摩擦改性化合物,含有碱性氮的分散剂化合物,和根据需要可应用的稀释剂或基础油,其中除了稀释剂或基础油之外的任何化合物均可以相同或不同。这些润滑剂组合物提供改进的耐腐蚀和疲劳性能,可延长润滑部件,特别是在户外场合使用的润滑部件的使用寿命。

CN 1624092 B

1. 一种添加剂浓缩物，其包括：

a) 含有含硫化合物的极压化合物；

b) 含有含磷化合物的耐磨化合物；

c) 含有亚烷基胺化合物的摩擦改性化合物；

d) 含有碱性氮的分散剂化合物，其中该分散剂化合物是聚烯烃酰胺亚烷基胺；和

f) 较少量的稀释油，

其中 a)、b)、c) 和 d) 的任何化合物是相同或不同的化合物。

2. 一种润滑剂组合物，其包括：

a) 含有含硫化合物的极压化合物；

b) 含有含磷化合物的耐磨化合物；

c) 含有亚烷基胺化合物的摩擦改性化合物；

d) 含有碱性氮的分散剂化合物，其中该分散剂化合物是聚烯烃酰胺亚烷基胺；

f) 较少量的稀释油，和

e) 较大量的基础油，

其中 a)、b)、c) 和 d) 的任何化合物是相同或不同的化合物。

3. 一种制备组合物的方法，其包括将以下组分共混：

e) 基础油；

a) 含有含硫化合物的极压化合物；

b) 含有含磷化合物的耐磨化合物，该含磷化合物与含硫化合物相同或不同；

c) 含有亚烷基胺化合物的摩擦改性化合物，所述亚烷基胺化合物包括 N- 脂肪族烃基取代的三亚甲基二胺，其中 N- 脂肪族烃取代基包括至少一个直链脂肪烃基，没有炔不饱和度且具有约 14 至约 20 个碳原子；

d) 含有碱性氮的分散剂化合物，其中该分散剂化合物是聚烯烃酰胺亚烷基胺；和

f) 较少量的稀释油。

4. 一种润滑齿轮的方法，其包括使用权利要求 2 的润滑剂组合物作为所述齿轮的润滑剂。

5. 一种润滑的变速箱，其在变速箱中包括根据权利要求 4 的方法润滑的齿轮。

6. 用权利要求 2 的润滑剂组合物润滑的风力涡轮机齿轮组件。

7. 一种润滑风力涡轮机齿轮组件的方法，其包括使用权利要求 2 的润滑剂组合物作为所述齿轮组件的润滑剂。

润滑剂组合物

技术领域

[0001] 本发明主要涉及新型高应用性润滑剂组合物，更特别地，本发明涉及新型齿轮油添加剂浓缩物和可在长期使用中减少对润滑部件维护需求的含有该浓缩物的齿轮油。

背景技术

[0002] 含硫和磷的化合物通常用于防止磨损并改善润滑剂的荷载能力。但是含硫和磷的化合物缺点在于它们可能具有腐蚀性，这削弱了向其中加入它们的润滑剂的性能。

[0003] 在这种润滑剂的户外环境（包括湿的、潮湿的或湿润的环境）应用中，腐蚀也是更需要考虑的因素。例如，风力涡轮机应用正在吸引人们越来越多的兴趣，诸如那些在作为可再生能源的风力电站和风力电厂中使用的风力涡轮机。风－电涡轮发电机，也称为风力涡轮机，利用风中的能量转动转子（即，叶片和轮轴）。当空气流过风力涡轮机的转子时，转子旋转并驱动发电机的转轴以产生电力。风力涡轮机在全球的应用在不断增加，仅从 1998 年到 2001 年，由风力涡轮机产生的能量就增加了大约 3 倍。Pohlen，J.，“Lubricants for Wind PowerPlants”，NLGI Spokesman 67(2)，8-16，(2003)。使用这一传统风力涡轮机产生能量，通常在风力涡轮机的转子和发电机的转子之间设置一个变速箱。更特别地，变速箱将由风力涡轮机转子驱动的、以每分钟约 30 至 60 转旋转的低速轴与驱动发电机的高速轴联接起来，将转速提高到约 1200 至 1600rpm，该转速是大多数发电机产生电力所需的转速。这一变速方法在系统内会产生接近 2 百万 N*m 的扭矩。Pohlen，J.，“Lubricants for Wind Power Plants”，NLGI Spokesman67(2)，8-16，(2003)。这一高扭矩会将大量的应力施加在变速的风力涡轮机的齿轮和轴承上。因此，需要能提高风力涡轮机中轴承和齿轮疲劳寿命的风力涡轮机油。

[0004] 另外，风力涡轮机通常位于在风力最为充足的地点，包括海岸线和离岸处，还有内陆地区，这些地方会遇到雨水和／或湿气形式的水汽气氛。这些苛刻的环境可能对用于风力涡轮机的润滑剂提出了更多的性能要求。例如，风力涡轮设备的部件曝露在大气环境之下增加了风力涡轮机机械部件发生腐蚀的危险，而这种曝露又是其基本功能的一部分。另外，由于许多风力涡轮机位于边远地区，经常性地更换风力涡轮机油是不切实际的或成本太高，因此这些油需要比许多其它应用场合下的工业润滑剂更具氧化稳定性。另外，润滑液体极有可能被水污染。理想的风力涡轮机润滑油应当在水存在时防腐蚀，水解稳定，且可提高齿轮和轴承的疲劳寿命。由于这些要求，风力涡轮机制造商针对风力涡轮机油非常苛刻的疲劳寿命要求以及在水存在时进行性能测试的要求，正在研究开发新的润滑剂技术规格。

[0005] 已经开发出了无齿轮直接驱动的风力涡轮机，其优点在于需要维护的运动部件更少，但它们的缺点在于通常它们更重而且通常是开放模式，冷风可以穿过其中，这就增加了发生腐蚀的危险，特别是安装在离岸处时。无论如何，有时希望两种风力涡轮机同时存在。因此，提高变速风力涡轮机变速箱中的轴承和齿轮疲劳寿命的风力涡轮机油将会增加以最有效、可靠和低成本方式用于变速方案中的机会。

[0006] 更一般地，由于齿轮油在维护和维修间隔之间使用的周期往往越来越长，如在风力涡轮机中，以及汽车差速齿轮和类似装置中，因此，提供齿轮油添加体系通常是很重要的，这种添加体系能够在长期使用中提供改善的使用性能。而且，需要在长期运行中能够改善含硫和／或磷化合物的润滑液抗腐蚀性能的添加剂组合，特别是针对户外应用，比如在变速的风力涡轮机中。另外，在需要润滑油有可以接受的性能同时，还特别希望添加剂成本低廉，易于生产。

发明内容

[0007] 本发明提供含硫和磷化合物的组合物，其具有提高的抗腐蚀和疲劳性能。本发明的增强组合物包括润滑剂组合物和功能流体。

[0008] 在一个实施方案中，本发明提供添加剂体系，其可以在相当长的时间周期内、甚至在腐蚀危险可能会增加的户外应用当中使润滑剂组合物具有这些改进的抗腐蚀和疲劳性能。在本发明一个特别的实施方案中，改善的润滑剂组合物为齿轮油添加剂浓缩物和含硫和磷化合物的齿轮油。针对本文，术语“齿轮油”指工业和汽车用齿轮油的集合，而术语“润滑剂组合物”指添加剂浓缩物和成品润滑剂的集合。在本发明一个实施方案中，提供一种顶处理添加剂浓缩物，其包括：

[0009] a) 含有含硫化合物的极压化合物；

[0010] b) 含有含磷化合物的耐磨化合物；

[0011] c) 含有亚烷基胺的摩擦改性化合物；

[0012] d) 含有碱性氮的分散剂化合物；和

[0013] e) 稀释油，

[0014] 其中 a)、b)、c) 和 d) 的任何化合物可以是相同或不同的化合物。

[0015] 在一个特别的实施方案中，存在于添加剂浓缩物中的含有含硫化合物的极压化合物和含有含磷化合物的耐磨化合物是不同的化合物，而在另一个实施方案中它们是相同的多功能化合物。在另外一个实施方案中，含有亚烷基胺的摩擦改性化合物和含有碱性氮的分散剂化合物是不同的化合物，而在另一个实施方案中它们是相同的多功能化合物。

[0016] 在另一个实施方案中，齿轮油润滑剂组合物含有大量的润滑粘度的油和少量的上述添加剂浓缩物。

[0017] 在一个实施方案中，本发明实施方案的润滑剂组合物可用作润滑齿轮油，其具有延长的使用寿命，甚至在严酷的户外环境当中。本发明实施方案的润滑剂组合物提供高度的可应用性和增强的耐磨和疲劳寿命性能，尽管其中存在硫和磷基化合物，它们预期会对润滑剂组合物的抗腐蚀和疲劳寿命产生负面影响。但是，令人吃惊地发现，本发明实施方案的润滑剂组合物中进一步加入摩擦改性的亚烷基胺和含有碱性氮的分散剂化合物的组合可以协同地改善润滑剂组合物的耐腐蚀性能，从而有效地抑制这种趋势。如本文所述的实验研究所表明，已经发现在润滑剂组合物中加入摩擦改性的亚烷基胺和含有碱性氮的分散剂化合物可以抑制腐蚀的发生，与此同时仍然可提供有用的摩擦和疲劳寿命性能。本发明润滑剂组合物有助于防止磨损、点蚀、剥落、划痕并促进更长的齿轮寿命和平滑的齿轮变换，同时防止腐蚀、氧化和起泡。

[0018] 本文所述实施方案中的润滑剂组合物可用于工业和汽车齿轮油及其他润滑应用。

例如，其可用于润滑风力涡轮机变速箱的机械部件。该润滑剂组合物还可用于汽车、重型卡车和公共汽车的人力操纵传动和后轴中。它们特别适用于长维护周期的齿轮油应用中，如风力涡轮机的齿轮箱、汽车差速齿轮和类似装置。本发明实施方案的添加剂浓缩物和组合物还可用于功能流体，如汽车传动流体中。

[0019] 本发明一般涉及含有含硫化合物和含磷化合物、或同时具有两者的化合物的组合物，该组合物还含有摩擦改性亚烷基胺化合物和含有碱性氮的分散剂化合物，它们作为不同的化合物或作为单一的多功能化合物协同地作用以改善润滑剂组合物的耐腐蚀性和疲劳性能。本发明润滑剂组合物包括添加剂浓缩物和成品润滑剂。这些润滑剂组合物可用于例如齿轮油添加剂浓缩物和齿轮油。其他功能流体，如汽车传动流体，也可引入本发明组合物。本发明一个非限定性实施方案涉及很好地适用于风力涡轮机应用和类似装置的齿轮油的开发，所述的装置通常配置于湿的、潮湿的或湿润的环境中。

[0020] 如本文所述，已经进行的实验研究表明水污染和油氧化会增加润滑油的腐蚀性并降低它们形成保护膜的可能性。这些流体性能的改变会显著降低油提高疲劳寿命的能力。本文所述实验结果根据 FZG 测试中对点蚀故障的预计时间确定了膜的形成与润滑剂的摩擦性能对疲劳寿命计算值之间的相关性。本发明润滑剂可通过降低摩擦、形成用来降低粗糙接触次数的膜和控制腐蚀来提高疲劳寿命。由于疲劳寿命与流体降低摩擦、成膜和防止腐蚀的能力相关，因此本发明将讨论水污染和氧化对这些临界流体性质的影响。

[0021] 但是，应当理解，本发明的润滑剂具有广泛的应用，包括工业和汽车齿轮油应用。润滑剂特别适用于齿轮油应用，其中需要或非常希望改善疲劳性能和延长工作寿命，如在风力涡轮机的齿轮箱和汽车差速齿轮应用中。

[0022] 含硫极压剂（化合物 a））

[0023] 本发明润滑剂组合物含有至少一种含硫极压 (EP) 剂。可有多种含硫极压剂适用于本发明。适合用于这一用途的组合物包括硫化的动物或植物脂或油，硫化的动物或植物脂肪酸酯，全部或部分酯化的三价或五价磷酸的酯，硫化烯烃（参见，例如，美国专利 2,995,569 ;3,673,090 ;3,703,504 ;3,703,505 ;3,796,661 ;3,873,545 ;4,119,549 ;4,119,550 ;4,147,640 ;4,191,659 ;4,240,958 ;4,344,854 ;4,472,306 和 4,711,736），二烃基多硫化物（参见，例如，美国专利 2,237,625 ;2,237,627 ;2,527,948 ;2,695,316 ;3,022,351 ;3,308,166 ;3,392,201 ;4,564,709 ；和英国专利 1,162,334），硫化的狄尔斯－阿尔德加合物（参见，例如，美国专利 3,632,566 ;3,498,915 ;和 Re 27,331），硫化的双环戊二烯（参见，例如，美国专利 3,882,031 和 4,188,297），脂肪酸酯和单不饱和烯烃的硫化或共硫化的混合物（参见，例如，美国专利 4,149,982 ;4,166,796 ;4,166,797 ;4,321,153 ;4,481,140），脂肪酸、脂肪酸酯和 α－烯烃的共硫化混合物（参见，例如，美国专利 3,953,347），官能取代的二烃基多硫化物（参见，例如，美国专利 4,218,332），硫代－醛，硫代－酮及其衍生物（如，酸、酯、亚胺或内酯）（参见，例如，美国专利 4,800,031 ;和 PCT 国际申请公开 WO88/03552），表硫化合物（参见，例如，美国专利 4,217,233），含硫乙缩醛衍生物（参见，例如，美国专利 4,248,723），萜烯和无环烯的共硫化混合物（参见，例如，美国专利 4,584,113），硫化的硼酸盐化合物（参见，例如，美国专利 4,701,274），和烯烃多硫化物产品（参见，例如，美国专利 4,795,576）。上述专利的公开内容引入于此作为参考。

[0024] 可用作含硫极压组份的优选物质是含硫有机化合物，其中含硫基团直接连接到碳

上或连接到更多的硫上。

[0025] 这种试剂特别优选的一类通过烯烃（如异丁烯）与硫的反应制备。产物，例如，硫化的异丁烯，优选硫化的聚异丁烯，典型的硫含量为 10-55wt％，优选 30-50wt％。多种其他烯烃或不饱和烃如异丁烯二聚体或三聚体，可用于形成这种试剂。

[0026] 这种试剂特别优选的另一类为多硫化物，由一或多种通式 R_a-S_x-R_b 代表的化合物组成，其中 R_a 和 R_b 为烃基，各自优选含有 3 至 18 个碳原子，而 x 的优选范围为 2 至 8，更优选为 2 至 5，特别是 3。烃基可为各种不同的类型，如烷基、环烷基、烯基、芳基或芳烷基。优选叔烷基多硫化物，如二叔丁基三硫化物和包括二叔丁基三硫化物的混合物（如，主要或全部由三、四和五硫化物组成的混合物）。其他有用的二烃基多硫化物的实例包括二戊基多硫化物、二壬基多硫化物、双十二烷基多硫化物和二苄基多硫化物等。

[0027] 在一个实施方案中，含硫极压剂含有至少 25wt％的硫。在一个实施方案中，添加至成品齿轮油中的所述 EP 剂的量将足以在成品齿轮油中提供至少 1000ppm 的硫，更优选 1000 至 20,000ppm 的硫，最优选 2000 至 12,000ppm 的硫。

[0028] 用于本文时，术语“烃取代基”或“烃基”通常是指其本领域技术人员所公知的普通含义。特别地，其指这样的基团，即，基团有一个碳原子直接连接到分子的其他部分并且该基团主要具有烃特性。烃基的实例包括：

[0029] (1). 烃取代基，即，脂肪族（如，烷基或烯基），脂环族（如，环烷基，环烯基）取代基，和芳族、脂族和脂环族取代的芳香取代基，及环状取代基，其中所述环通过分子的另一部分完成（例如，两个取代基共同形成一个脂环基）；

[0030] (2). 取代的烃取代基，即，含有非烃基的取代基，在本发明文本中，这种非烃基不会改变占支配地位的烃取代基（如，卤素（特别是氯和氟），羟基，烷氧基，巯基，烷基巯基，硝基，亚硝基，和砜基）；

[0031] (3). 杂取代基，即这样的取代基，其主要具有烃的性质，同时，在本发明文本中，在由碳原子组成的环或链中含有不同于碳的原子。杂原子包括硫、氧、氮，并包括如吡啶基，呋喃基，噻吩基和咪唑基的取代基。

[0032] 通常，烃基中每十个碳原子将出现不超过两个，优选不多于一个的非烃取代基；典型的是，烃基中不出现非烃取代基。

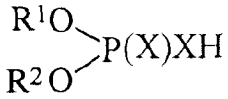
[0033] 含磷耐磨剂（化合物 b)）

[0034] 本发明润滑剂组合物含有至少一种热稳定的含磷耐磨剂。适合的含磷耐磨剂包括油溶性胺盐或磷酸酯的胺加成物，如美国专利 5,354,484、5,763,372 和 5,942,470 中所教导的。含磷耐磨剂还可为环戊二烯与硫代磷酸的反应产物。

[0035] 胺盐或磷酸酯加成物可通过磷酸酯与氨或碱性氮化合物（如胺）的反应制备。盐可独立地形成，然后可将磷酸酯的盐加入润滑组合物中。

[0036] 用于制备本发明胺盐的磷酸酯可由下式表示

[0037]



(I)

[0038] 其中 R^1 为氢或烃基，R^2 为烃基，两个 X 基均为 O 或 S。

[0039] 制备含有 (I) 的组合物的优选方法包括使至少一个具有通式 ROH 的羟基化合物与

具有式 P_2X_5 的磷化合物反应，其中 R 为烃基而 X 为 O 或 S。此方式得到的含磷化合物是磷化合物的混合物，且根据所选磷反应试剂的种类（即，P_2O_5 或 P_2S_5），所述混合物通常是单和双烃基取代的磷和 / 或二硫磷酸的混合物。

[0040] 用于制备本发明磷酸酯的羟基化合物特征为分子式 ROH，其中 R 为烃基。与磷化合物反应的羟基化合物可以包括式 ROH 的羟基化合物的混合物，其中烃基 R 含有约 1 至 30 个碳原子。但是需要最终制得的取代的磷酸酯的胺盐可溶于本发明润滑组合物中。通常，R 基应含有至少 2 个碳原子，通常是 3 至 30 个碳原子。

[0041] R 基可为脂肪族或芳香族，如烷基、芳基、烷基芳基、芳基烷基和脂环族烃基。可用的式 ROH 的羟基化合物包括，例如，乙醇、异丙醇、正丁醇、戊醇、己醇、2- 乙基 - 己醇、壬醇、十二烷基醇、硬脂醇、戊基酚、辛基酚、壬基酚、甲基环己醇、烷基化萘酚等。

[0042] 优选的醇 ROH 为脂肪醇，更特别是，含有至少约 4 个碳原子的伯脂肪醇。由此，可用于本发明的优选的单羟基醇 ROH 包括戊醇、1- 辛醇、1- 癸醇、1- 月桂醇、1- 十四烷醇、1- 十六烷醇、1- 十八烷醇、油醇、亚油醇、亚麻仁醇、叶绿醇、蜂醇、月桂醇、肉豆蔻醇、鲸蜡醇、硬脂醇和山俞醇。本发明也考虑市售的醇（包括混合物），且这些市售的醇可含有少量未在此指出的醇，尽管未在此指出，但它们并不损害本发明的主要目的。

[0043] 反应中羟基化合物 ROH 与磷试剂 P_2X_5 的摩尔比范围为约 1 ： 1 至约 4 ： 1，优选比例为 3 ： 1。反应可通过简单地将两种反应物在升高的温度下混合进行，如高于约 50℃的温度，一直到任意的试剂或希望的产品的组合物温度。优选，温度介于约 50℃和 150℃之间，且最经常低于约 100℃。反应可在溶剂存在下进行，它有利于温度的控制和反应物的混合。溶剂可为任意的惰性流体物质，两种反应物之一或者两种都可溶于其中，或者产物在其中可溶。这样的溶剂包括苯、甲苯、二甲苯、正己烷、环己烷、萘、乙醚、卡必醇、丁醚、二氧六环、氯苯、硝基苯、四氯化碳或氯仿。

[0044] 上述反应的产物是酸性的，但其化学结构还不确切。然而有证据表明，产物是酸性磷酸酯的混合物，主要含有磷酸（或硫代 - 或二硫代磷酸）的单酯和双酯，酯基是由醇 ROH 衍生来的。

[0045] 本发明的胺盐可以通过上述磷酸酯（如由分子式 I 代表的磷酸酯）与至少一种氨基化合物的反应制备，所述氨基可为伯氨基或仲氨基。优选，与取代的磷酸反应形成胺盐的胺是伯烃基胺，具有通式 R′ NH_2，其中 R′ 是含有高达约 150 个碳原子的烃基，且更经常地为含有约 4 至约 30 个碳原子的脂肪族烃基。

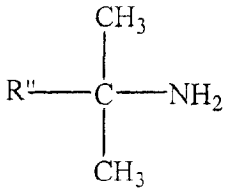
[0046] 在一个优选实施方案中，用于制备本发明胺盐的烃基胺是在烃基中含有约 4 至约 30 个碳原子的伯烃基胺，更优选在烃基中含有约 8 至约 20 个碳原子。烃基可以是饱和或不饱和的。饱和伯胺的代表例是已知为脂肪族伯脂肪胺、且市场上称为“Armeen ®”伯胺（可得自 AkzoNobel Chemicals，Chicago I11.）的那些。典型的脂肪胺包括烷基胺，如正己胺、正辛胺、正癸胺、正十二烷基胺、正十四烷基胺、正十五烷基胺、正十六烷基胺、正十八烷基胺（硬脂胺）等。这些 Armeen 伯胺有蒸馏级和工艺级。蒸馏级可提供更纯的反应产物，在使用工艺级胺的反应中将形成希望的酰胺和酰亚胺。同样适合的有混合脂肪胺，如 Akzo 的 Armeen-C、Armeen-O、Armeen-OL、Armeen-T、Armeen-HT、Armeen-S 和 Armeen-SD。

[0047] 在另一个优选实施方案中，本发明组合物的胺盐衍生自烷基含有至少约 4 个碳原子的叔脂肪伯胺。对于大部分而言，它们衍生自烷基总共具有少于约 30 个碳原子的烷基

胺。

[0048] 通常，叔脂肪伯胺是如下分子式表示的单胺：

[0049]



[0050] 其中R″为含1至约30个碳原子的烃基。这种胺的实例有叔丁基胺、叔己基伯胺、1-甲基-1-氨基环己烷、叔辛基伯胺、叔癸基伯胺、叔十二烷基伯胺、叔-十四烷基伯胺、叔-十六烷基伯胺、叔-十八烷基伯胺、叔-二十四烷基伯胺、叔-二十八烷基伯胺。

[0051] 本发明也可使用胺的混合物。此类胺混合物的例子有“Primene81R″，其为C_{11}-C_{14}叔烷基伯胺的混合物，和“Primene JM-T”，其为C_{18}-C_{22}叔烷基伯胺的类似的混合物（两者均得自Rohm and Haas公司）。叔烷基伯胺及其制备方法为本领域普通技术人员所公知，因此，不需要进一步的讨论。用于本发明的叔烷基伯胺及其制备方法参见美国专利2,945,749，其在此方面的教导引入本文作为参考。

[0052] 烃链含有烯烃不饱和度的伯胺也是非常有用的。因此，根据链的长度，R′和R″基团可含有一或多个烯烃不饱和度，通常每10个碳原子不多于一个双键。代表性的胺为十二碳烯基胺、9-十四碳烯基胺、9-十六碳烯基胺、9-十八碳烯基胺、9,12-十八碳二烯基胺。这样的不饱和胺也可以商品名Armeen获得。

[0053] 仲胺包括具有两个上述烷基的二烷基胺，包括以Armeen ® -2C和Armeen ® -2HT名称销售的脂肪仲胺，还有混合的二烷基胺，其中R′是脂肪胺而R″为低级烷基（1-9个碳原子），如甲基、乙基、正丙基、异丙基、丁基等，或R″可以是带有其他非反应性或极性取代基（CN、烷基、烷氧羰基、酰胺、醚、硫醚、卤素、亚砜、砜）的烷基，从而所述的基团的烃特性基本不被破坏。脂肪族多胺二胺包括单或二烷基、对称或非对称的乙二胺、丙二胺（1,2或1,3）和与上述类似的多胺。适合的市售脂肪多胺可得自Akzo Nobel，商标名为Duomeen ®。适合的多胺包括Duomeen C(N-可可基-1,3-二胺基丙烷)、Duomeen S(N-大豆烷基三亚甲基二胺)、Duomeen T(N-牛脂-1,3-二氨基丙烷)、或DuomeenOL(N-油基-1,3-二氨基丙烷)。

[0054] 油溶性胺盐可通过将上述磷酸酯与上述胺在室温或高于室温的温度下混合制备。通常，在室温下混合至多约一小时的时间足矣。与磷酸酯反应以形成本发明盐的胺量至少为每当量磷酸约一当量胺（基于氮），当量比通常为约1。

[0055] 制备这种胺盐的方法是公知的，在文献中已有报道。参见，例如，美国专利2,063,629；2,224,695；2,447,288；2,616,905；3,984,448；4,431,552；5,354,484；Pesin等人在Zhurnal ObshcheiKhimii，第31卷，第8期，2508-2515页（1961）的文章；和PCT国际申请公开号WO 87/07638。

[0056] 或者，在一个优选实施方案中，形成齿轮油浓缩物或调配齿轮油本身时，盐可在酸性磷酸酯与上述胺混合时在原位形成。例如，用作防锈剂的伯烃基胺可加入到含酸性磷酸酯的齿轮添加剂浓缩物中以形成磷酸酯的胺盐。

[0057] 在成品润滑剂中含磷化合物的通常用量应足以在其中提供约100至约500ppm的

磷。

[0058] 亚烷基胺摩擦改性剂（化合物 c））

[0059] 在一个非限定性实施方案中，亚烷基胺摩擦改性剂是长链烷基亚烷基胺。非限定性的此类摩擦改性剂是 N- 脂肪族烃基取代的三亚甲基二胺，其中 N- 脂肪族烃取代基是至少一个直链脂肪烃基，没有炔不饱和度且具有约 14 至 20 个碳原子。摩擦改性剂化合物可以单一种类化合物使用或以不同种类这类化合物的混合物形式使用。摩擦改性剂化合物之间的主要差异在于落在上述集合之内的具体烃取代基的组成。这种摩擦改性剂化合物的非限定性实例为 N- 油基 - 三亚甲基二胺。该化合物市售品为 Akzo Chemical Company 以商标 Duomeen-O 提供的商品。其他适合的商品包括 N- 牛脂 - 三亚甲基二胺 (Duomeen T) 和 N- 可可基 - 三亚甲基二胺 (Duomeen C)。

[0060] 含有碱性氮的分散剂化合物（化合物 d））

[0061] 用于本发明的含碱性氮的分散剂包括烃基琥珀酰亚胺；烃基琥珀酰胺；烃基取代的琥珀酸的混合酯 / 酰胺，通过由烃基取代的琥珀酰基化试剂逐步反应或与醇和胺、和 / 或氨基醇的混合物反应而形成；烃基取代的苯酚、甲醛、多胺的 Mannich 缩合产物；如通过高分子量脂肪或脂环卤代物与胺（如聚亚烷基多胺，及羟基取代的多胺，还有聚氧化烯多胺）反应形成的胺分散剂。这些分散剂可单独使用或以其混合物的形式使用。这些分散剂化合物适合的例子包括美国专利 5,612,295 所述或引用的那些，该专利的描述引入于此作为参考。

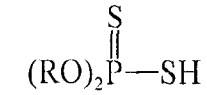
[0062] 在一个实施方案中，含碱性氮的分散剂可以是烃基琥珀酰亚胺，烃基琥珀酯 - 酰胺或多胺、甲醛和烃基酚的 Mannich 碱，其中烃取代基为加氢或未加氢的聚烯烃基，优选为聚丙烯或异丁烯基，其数均分子量（由凝胶渗透色谱测量）为 250 至 10,000，更优选 500 至 5,000，最优选 750 至 2,500。在一个非限定性实施方案中，含碱性氮的分散剂化合物是聚烯烃酰胺亚烷基胺。

[0063] 在一个非限定性优选实施方案中，含碱性氮的分散剂包括烯基琥珀酰亚胺。用作本发明化合物 d) 的含碱性氮的分散剂化合物，其适合的市售来源包括，例如，聚丁烯基琥珀酰亚胺无灰分散剂，其作为 Ethyl 公司的 HiTEC ® -633 可商购获得。其他适合的烯基琥珀酰亚胺包括美国专利 5,612,295 所述和确认的，其描述引入于此作为参考。

[0064] 多功能化合物

[0065] 虽然在本发明中，极压化合物、耐磨化合物、摩擦改性化合物和分散剂化合物往往作为单独的一类进行描述，但应理解为在本发明的润滑剂组合物中可使用多功能化合物，它以单一类型化合物的形式赋予一或多种这些不同的功能。例如，有含硫和磷的化合物，它们可使润滑组合物具有耐磨和极压效果。例如，此类中热稳定的含硫和磷的化合物包括双环戊二烯和硫代磷酸的反应产物，本文中也称为双环戊二烯二硫代酸酯。适用于制备耐磨剂的硫代磷酸具有以下通式：

[0066]



[0067] 其中 R 为具有 2 至 30 个、优选 3 至 18 个碳原子的烃基。在一个优选实施方案中，R 包括含有 3 至 18 个碳原子的烃基混合物。二硫代噻二唑是这类磷耐磨化合物的非限定性

实例。

[0068] 双环戊二烯二硫代酸酯可通过将双环戊二烯与二硫代磷酸在足以使硫代酸与双环戊二烯反应的温度下混合一段时间而制备。典型的反应时间范围从30分钟到6小时，尽管本领域技术人员可以很容易地确定适合的反应条件。反应产物可进行传统的反应后处理，包括真空汽提和过滤。

[0069] 其他适合的多功能含硫和磷的化合物包括磷取代的二巯基噻二唑，如美国专利4,107,168中所述的那些，其内容引入于此作为参考。还有其它适合的多功能含硫和磷的化合物，包括含硫磷酸酯反应产物，如美国专利5,443,744中所述的那些，其内容引入于此作为参考。另外的适合的多功能含硫和磷的化合物包括至少一种含氮化合物、至少一种含磷化合物和至少一种含单或二硫化物的烷醇的反应产物，如美国专利5,443,744中所述的那些，其内容引入于此作为参考。另外适合的多功能含硫和磷的化合物包括如美国专利5,573,696所述，通过O,O-二烃基二硫代磷酸与具有20至30个碳原子的单环氧化物或其混合物或植物油环氧化物反应，之后使反应产物与五氧化二磷反应以制备酸性磷酸酯中间物，再用至少一种胺中和所生成的产物而得的，该文献的内容引入于此作为参考。

[0070] 稀释油（化合物e））

[0071] 本发明的添加剂浓缩物优选含有适合的稀释剂。稀释剂典型地以少量存在于浓缩物中。在一个优选实施方案中，其为具有适当粘度的油性稀释剂。这种稀释剂可来自天然的或合成的来源，或是其混合物。优选使用矿物油作为顶处理添加剂浓缩物的稀释剂。矿物（烃的）油包括石蜡基、环烷基、柏油基及混合基油。合成油包括聚烯烃油（特别是加氢的α烯烃低聚物）、烷基化芳烃、聚烯烃氧化物、芳香酯和羧酸酯（特别是双酯）等。稀释剂可以是轻烃基基油，可以是天然的或合成的。

[0072] 通常，稀释剂在100℃的粘度范围为约1至约40cSt，优选在100℃为约2至约15cSt。在一个特别的实施方案中，稀释油是在100℃时粘度为约6cSt的100中性矿物油。

[0073] 润滑剂的基础油（原料油）

[0074] 用于形成本发明齿轮油的基础油，也称为基料，可为任何适合的天然或合成油或其混合物，前提是润滑剂具有适用于齿轮应用的粘度。基础油的天然来源包括具有润滑粘度的、衍生自石油、沥青砂、煤、页岩等的烃油，以及天然油（如菜籽油等）。合成油原料包括例如聚α-烯烃油(PAO，如加氢或未加氢的α-烯烃低聚物）、加氢的聚烯烃、烷基化芳烃、聚丁烯、二羧酸酯的烷基酯、二羧酸酯的混合酯、多醇酯、聚乙二醇、聚苯基醚、碳酸或磷酸的烷基酯、聚硅酮、氟化烃油及其混合物。聚α-烯烃，例如，其在100℃典型的粘度范围为2至约100cSt，优选4至8cSt。它们可以是，例如，具有2至16个碳原子的支链或直链α-烯烃的低聚物，特定的例子包括聚丙烯、聚异丁烯、聚1-丁烯、聚1-己烯、聚1-辛烯和聚1-癸烯。包括均聚物、互聚物和混合物。

[0075] 在一个实施方案中，所用矿物油基料例如是通用的和溶剂精制的石蜡基中质和轻质原料、加氢精制的石蜡族中质和轻质原料、环烷基油、气缸油等，包括直接使用油和搀合油。在一个更特别的实施方案中，可使用的合成基础原料为例如聚α-烯烃与合成二酯的搀合物，其重量比(PAO：酯）范围为约95：5至约50：50。

[0076] 基础油粘度范围通常为（但不需要总是）SAE50至约SAE250，更通常为约SAE70至约SAE140。

[0077] 适合用于本发明的基料油可通过多种不同工艺制备，非限制性地包括蒸馏、溶剂精制、加氢处理、低聚、酯化和再精炼。例如，聚 α－烯烃 (PAO) 包括 α－烯烃加氢的低聚物，最重要的低聚方法是自由基法、齐格勒 (ziegler) 催化法和阳离子 Friedel-Crafts 催化法。

[0078] 这些类型的基础油中的一些由于其所具有的特定的性能，例如生物降解性、高温稳定性或不可燃性可以加以使用。在其他组合物中，出于易得性或低价考虑，优选其他类型的基础油。因此，技术人员将认识到，尽管在本发明润滑组合物中可使用多种上述基础油，但它们在每一种应用中并不必定彼此等价。

[0079] 添加剂浓缩物配方

[0080] 本发明实施方案的添加剂浓缩物通常含有少量稀释剂，其余的主要量由本文所述的主要添加剂组成，即，含硫极压剂，含磷耐磨剂，亚烷基胺摩擦改性剂和含碱性氮分散剂化合物。通常，根据如下表 I 所示的一个实施方案，添加剂浓缩物包括如下浓度（重量百分比）的主要添加剂。

[0081] 表 I

	通常范围	优选范围
含硫极压剂	15-40%	25-35%
含磷耐磨剂	10-40%	25-35%
亚烷基胺摩擦改性剂	2-25%	10-20%
含碱性氮的分散剂化合物	15-60%	25-40%

[0082] 在另一个实施方案中，使用含硫和磷的多功能化合物，如上述一或多种类型，其使用量为约 25-80wt%，优选约 50-70wt%，同时赋予极压和耐磨性能，用以代替产生这些相应功能的单独的化合物，组合物的其余部分与上述相同。

[0083] 用于齿轮油时，添加剂浓缩物通常由稀释剂和本文所述的另外的添加剂调配而成，以使其在 100℃的动力学粘度至少为 12cSt。

[0084] 在一个优选实施方案中，调配的添加剂浓缩物是均相的油溶性组合物。用于本文时，“油溶性”指所讨论的物质可溶解于或稳定分散于基础油中，其最小浓度至少满足本文所述应用的需要。优选，物质在基础油中的溶解度或分散度超过该最小浓度。但是，该名词不意味着该物质必须以任何比例溶解或分散在基础油中。

[0085] 成品润滑剂配方

[0086] 本发明的成品润滑剂通常含有大量润滑粘度油和少量上述添加剂浓缩物。典型地，在齿轮油应用中，润滑剂组合物将包含上述基础油作为主组份。在一个实施方案中，成品润滑剂包含约 90 至约 98wt%的基础油，而油溶性添加剂浓缩物则占成品润滑剂的约 10 至约 2wt%。在一个特定的非限定性实施方案中，油溶性添加剂浓缩物在成品润滑剂中的含量为约 3.5 至约 6.0wt%，而基础油则构成成品润滑剂的剩余部分。

[0087] 通常，成品润滑剂在基础油原料中包括下表 II 所示的如下浓度（重量百分比）的主要添加剂。

[0088] 表 II

	通常范围	优选范围
含硫极压剂	0.5-2.5%	0.7-1.7%
含磷耐磨剂	0.2-2.0%	0.5-1.3%
亚烷基胺摩擦改性剂	0.1-1.0%	0.2-0.8%
含碱性氮的分散剂化合物	0.5-3.5%	1.0-2.5%

[0089] 在另外一个实施方案中，使用如上所述的用于引入极压和耐磨性质的多功能含硫和磷化合物来代替用于引入这些功能的单独化合物，上述多功能含硫和磷化合物的使用量为约 0.7-2.5wt%，优选约 1.2-3.0wt%，与此同时，组合物的剩余部分仍与上述相同。

[0090] 对于齿轮油应用来说，润滑剂通常用基础油和本文所述的其他添加剂进行调配，使其在 100℃具有至少 12cSt 的动力学粘度。本发明润滑剂组合物可用添加剂浓缩物进行顶处理以得到多功能的性能（即，同时具有工业的和汽车的应用）。

[0091] 本文中，“极压化合物”通常指润滑物质，它可以经受齿轮齿上的重负载；“耐磨化合物”是一种物质，其通常用于减少由于表面相对运动引起的从物体工作表面物质的损失；“摩擦改性剂”或“摩擦改性”物质通常指能够加强油的性能以保持润滑能力的物质；而“分散剂”通常指将分散的相在分散介质中向不同方向分散的物质。这些添加剂用在油中的量至少足以分别引入各自的性能。但是，可以理解，尽管本文所述各种添加剂偶而参考其所关联的各种功能进行描述，如上文所定义，但该功能可以是同一组份所贡献或引入的其他功能中的一种，且以上定义不应被解释为将各种添加剂强制性地限定为单一功能。例如，本文中“摩擦改性”的亚烷基胺和含碱性氮的“分散剂”的性能是这些化合物提供的示例性的、非限定性的功能特性，且这些化合物在润滑组合物中共存时得到的协同作用不依赖于这些特性而是对这些特性的补充。

[0092] 其他添加剂

[0093] 本发明成品润滑剂和添加剂浓缩物可含有少量的各种不同的其他传统添加剂，以分担其带来的功能。它们包括例如消泡剂、破乳剂、抗氧剂、铜腐抑制剂、防锈剂、倾点下降剂、清洗剂、染料、金属去活剂、补充摩擦改性剂和稀释剂等等。但是，补充添加剂必须不干扰亚烷基胺摩擦改性剂和含碱性氮分散剂的抗腐蚀效果。

[0094] 适用于本发明的消泡剂包括适当粘度的硅油、单硬脂酸甘油酯、聚乙二醇棕榈酸酯、三烷基单硫代磷酸酯、磺化蓖麻油酸酯、苯甲酰丙酮、甲基水杨酸酯、甘油单油酸酯、甘油双油酸酯和聚丙烯酸酯。消泡剂的使用浓度通常最高为添加剂浓缩物的约 1%。

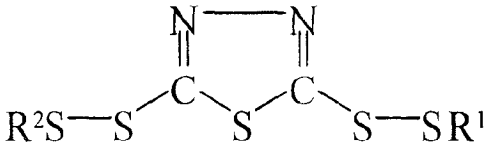
[0095] 可用的破乳剂包括烷基苯磺酸酯、聚乙烯氧化物、聚丙烯氧化物、油溶性酸的酯等。这些添加剂的使用浓度通常最高为添加剂浓缩物的约 3%。

[0096] 铜腐抑制剂包括噻唑类、三唑类和噻二唑类。实例包括苯并三唑、甲苯三唑、辛基三唑、癸基三唑、十二烷基三唑、2-巯基苯并噻唑、2,5-二巯基-1,3,4-噻二唑、2-巯基-5-烃基硫代-1,3,4-噻二唑、2-巯基-5-烃基二硫代-1,3,4-噻二唑、2,5-双（烃基硫代）-1,3,4-噻二唑、和 2,5-双（烃基二硫代）-1,3,4-噻二唑。优选化合物是 1,3,4-噻

二唑，特别是 2- 烃基二硫代 -5- 巯基 -1,3,4- 噻二唑和 2,5- 双（烃基二硫代）-1,3,4- 噻二唑，它们中的大部分可得自市售商品。其他适合的铜腐抑制剂包括醚胺；聚环氧乙烷化化合物，如环氧乙烷化的胺，环氧乙烷化的酚和环氧乙烷化的醇；咪唑啉；等。参见，例如，美国专利 3,663,561 和 4,097,387。其在浓缩物中典型的浓度最高为约 3%。优选铜腐抑制剂包括无灰二烷基噻二唑。市售无灰二烷基噻二唑的一个实例是 HiTEC® 4313 阻蚀剂，得自 Ethyl Corporation。

[0097] 适用于本发明实践的二烷基噻二唑具有如下通式：

[0098]



[0099] 其中 R^1 是具有 6 至 18 个碳原子的烃取代基；R^2 是具有 6 至 18 个碳原子的烃取代基；且可与 R^1 相同或不同。优选，R^1 和 R^2 有约 9 至 12 个碳原子，最优选 R^1 和 R^2 各自有 9 个碳原子。

[0100] 在本发明范围内，也可使用式 (I) 二烷基噻二唑与单烷基噻二唑的混合物。这种单烷基噻二唑出现在取代基 R^1 或 R^2 为 H 的情况下。

[0101] 齿轮油配方中可使用的抗氧剂包括酚化合物，胺，亚磷酸盐，等。通常在浓缩物中至多为约 5% 的量足矣。本发明组合物可含有一或多种抗氧剂，例如，一或多种酚类抗氧剂，受阻酚抗氧剂，另外的硫化烯烃，芳香胺抗氧剂，仲芳香胺抗氧剂，硫化酚抗氧剂，油溶性铜化合物及其混合物。

[0102] 适合的示例性化合物包括 2,6- 二叔丁基苯酚、叔丁基化苯酚的液体混合物、2,6- 二叔丁基 -4- 甲基苯酚、4,4′ - 亚甲基双 (2,6- 二叔丁基苯酚)、2,2′ - 亚甲基双 (4- 甲基 -6- 叔丁基苯酚)、混合的亚甲基桥联聚烷基苯酚、4,4′ - 硫代双 (2- 甲基 -6- 叔丁基苯酚)、N,N′ - 二仲丁基 -p- 亚苯基二胺、4- 异丙基氨基联苯基胺、烷基化联苯基胺和苯基 - α - 萘基胺。

[0103] 在胺类抗氧剂中，油溶性芳香仲胺；芳香仲单胺；及其他是适合的。适合的芳香仲单胺包括联苯胺，含有 1 至 2 个烷取代基的烷基联苯胺，其中各烷基含有至多约 16 个碳原子；苯基 - α - 萘胺，含有一或两个烷基或芳烷基的烷基或芳烷基取代的苯基 - α - 萘胺，各烷基具有至多约 16 个碳原子；含有一或两个烷基或芳烷基的烷基或芳烷基取代的苯基 - α - 萘胺，各烷基具有至多约 16 个碳原子，可得自 Goodyear 公司的商品名为“Wingstay100”及得自 Uniroyal 公司的商品的烷基化对苯二胺，及相似化合物。

[0104] 酚类抗氧剂中，适合的化合物包括邻 - 烷基化的酚化合物，例如，2- 叔丁基酚、2,6- 二叔丁基酚、4- 甲基 -2,6- 二叔丁基酚、2,4,6- 三叔丁基酚，和各种相似物和同族物或其混合物；一或多种部分硫化的酚类化合物，如美国专利 6,096,695 中所述，其公开内容引入于此作为参考；美国专利 3,211,652 所述的亚甲基桥联的烷基酚，其公开内容引入于此作为参考。

[0105] 抗氧剂可任选包括在完全调配的本发明成品润滑剂组合物中，浓度为约 0.00 至约 5.00wt%，更优选约 0.01wt% 至约 1.00wt%。

[0106] 防锈剂可用于本发明实践中。它们可以是单一的化合物或化合物的混合物，具有

抑制铁金属表面腐蚀的性质。这样的物质包括油溶性单羧酸，如 2- 乙基己酸、月桂酸、肉豆蔻酸、棕榈酸、油酸、亚油酸、亚麻酸、二十二烷酸、蜡酸等，和油溶性多羧酸，包括二聚和三聚酸，如由妥尔油脂肪酸、油酸、亚油酸等制备的二聚或三聚酸。其他适合的防腐蚀剂包括烯基琥珀酸，其中烯基含有 10 或更多个碳原子如，例如，四丙烯基琥珀酸、十四烯基琥珀酸、十六烯基琥珀酸等；长链 α，Ω- 二羧酸，分子量范围为 600 至 3000；及其他类似物质。此类产品目前可得自各种商品来源如，例如，Humco Chemical Division ofWitco Chemical Corporation 的商品名为 HYSTRENE 的产品和 EmeryChemical 公司商品名为 EMPOL 的二聚体和三聚体酸。另一类有用的酸性腐蚀抑制剂是烯基琥珀酸与醇（如聚乙二醇）的半酯，其中烯基具有 8 至 24 个碳原子。用于本发明特别优选的防锈剂包括本文所述的作为磷酸酯盐的胺部分的伯或仲胺化合物，及所述胺与其他上述防锈剂的混合物。当磷酸酯的胺盐用作本发明的含磷耐磨剂时，不需要向齿轮油配合物中添加额外的含胺防锈剂。在一个优选实施方案中，伯和仲胺将向调配的齿轮油中引入 40 至 125ppm 的氮（以重量计），无论其被归类于防锈剂，还是耐磨剂系统的一部分或者是两者的结合。

[0107] 也可包括补充的摩擦改性剂以提供例如有限的滑动性能，或增强的 positraction 性能。这些摩擦改性剂通常可以包括例如含钼化合物，如羧酸钼、钼酰胺、硫代磷酸钼和硫代氨基甲酸钼等。其他适当的摩擦改性剂包括脂肪胺或乙氧基化的脂肪胺；脂肪族脂肪酰胺；乙氧基化的脂肪族醚胺；脂肪族羧酸；甘油酯；脂肪族羧酸酯 - 酰胺和脂肪咪唑啉；脂肪叔胺，其中脂肪族基团通常包含约 8 个以上的碳原子，这样使得该化合物适于油溶。同样适合的是由一或多种脂肪族琥珀酸或酸酐与氨或其他伯胺反应形成的脂肪族取代的丁二酰亚胺。

[0108] 可以使用的稀释剂包括本发明之前所述的类型，在此引入其作为参考。

[0109] 在一个实施方案中，本发明的润滑剂组合物可以包含，或者选择性地基本不含通用的无灰分散剂，如羧酸类无灰分散剂、曼尼希碱分散剂和对这些类型进行后处理得到的分散剂，以及分散剂粘度指数改性剂和分散剂倾点下降剂。这些可以从本发明的润滑剂组合物中消除的无灰分散剂包括聚胺丁二酰亚胺、烯基丁二酸与含 1-20 个碳原子和 1-6 个羟基的醇形成的酯和二酯、烯基丁二酸酯 - 酰胺混合物和曼尼希分散剂。

[0110] 本发明的润滑剂组合物适合于防止齿轮齿的成脊、齿面点蚀、蚀损、熔结、散裂和过度磨损，或者其他的表面损坏和有害沉积，并且在高扭矩条件下轴承滚柱不产生过度的磨损、点蚀或腐蚀。

[0111] 根据本发明的实施方案，成品润滑剂可以具有不同的主要粘度级，这一粘度级是根据如 SAE J306 Automotive Gear 和 LubricantViscosity Classification 中所定义的 ASTMD2983，用达到 150000cp 粘度的最高温度表示。

[0112] 本发明使用的术语“重量％”，除非另有陈述，意指所述组分占整个组合物重量的百分数。

[0113] 具体实施方式

[0114] 给出以下实施例来举例说明本发明，但是本发明并不意味着局限于此。在以下实施例中，除非另外指明，份数为重量份数。

[0115] 实施例

[0116] 制备一系列制剂来检测各种添加剂对于油制剂的摩擦与腐蚀性能的影响。

[0117] 润滑剂添加剂说明

[0118] 将各种不同的表面活性剂加入到工业油中来研究其对抗腐蚀、氧化稳定性、和疲劳性能的影响。这些添加剂可以分成四大类：极压剂 (EP)、耐磨化合物 (AW)、摩擦改性剂 (FM) 和分散剂 (DISP)。

[0119] 在实施例中，检测两种 EP 化合物：EP1，烯烃硫化物，具体而言是 Ethyl 公司的 HiTEC ® -313；和 EP2，烷基多硫化物，是 Elf Atochem 公司的 TPS-44。

[0120] 检测了三种 AW 化合物：AW1，烷基二硫代噻二唑，是 Ethyl 公司的 HiTEC ® -4313；AW2，硫代磷酸烷基酯，是 Ethyl 公司的 HiTEC ® -511T；AW3，硫代磷酸烷基酯与烷基胺的混合物，是 Ethyl 公司的 HiTEC ® -833。

[0121] 检测了三种 FM 化合物：FM1，长链烷基磷酸酯，是 Ethyl 公司的 HiTEC ® -059；FM2，二硫代氨基甲酸酯，是 R.T.Vanderbilt 有限公司的 Molyvan ® -822；FM3，长链烷基亚烷基胺，是 Akzo 化学公司的 Duomeen-O。

[0122] 也检测了 DISP 化合物：DISP1，聚烯烃酰胺亚烷基胺，Ethyl 公司的 HiTEC ® -633。

[0123] 在实施例 1 中，成品油中 EP1 的存在浓度为 1.33 重量%。在实施例 2-26 中，EP、AW 和 FM 在各个流体中的浓度分别是 1.5、1.0 和 0.5 重量%。在实施例 11-18 及 23-26 中，DISP 在成品油中的存在浓度为 1.0 重量%。在所有其他的实施例中，添加剂的浓度列于实施例中。实施例中列出的所有油均在上述添加剂浓度下，在 85 ： 15 重量：重量的 PAO(BP 油公司的 Durasyn 168 和 Durasyn 174) 与酯 (Uniqema 公司的 Priolube-3970) 的混合物中混合，成品油还包含 0.45 重量%的标准工业防锈 / 抗氧剂包装，Ethyl 公司的 HiTEC ® -2590A。

[0124] 测试方案

[0125] 使用 Ball Rust Test(BRT) 和改性 DIN51802 方法测定所制备的各种油制剂的耐腐蚀性能。在 BRT 中，将滚珠浸在油中。使饱和有酸性杂质的空气在 49℃鼓泡通过油 18 小时。反应 18 小时之后，将滚珠从受试油中取出，用光散射技术定量测量滚珠的腐蚀量。反射光的量记为平均灰度值 (AGV)。新的未腐蚀的滚珠的 AGV 大约为 140。全都腐蚀后滚珠的 AGV 结果低于 20。耐腐蚀性能优良的油，其 AGV 大于 50。在改进的 DIN51802 方法中，将两个轴承洗涤、干燥并根据 DIN51802 冷却，然后在室温下浸到试验油中。在从轴承上排油 1 小时之后，将轴承置于 SKF Emcor 试验机中。之后使罩中充满 10 毫升试验油和 10 毫升 0.5%的 NaCl 溶液。此后使轴承在 80rpm 的速率下运行 164 小时。试验后，对轴承的腐蚀进行分级，0 级相当于没有腐蚀，5 级是给油打出的最差级别。在盐水的存在下可以防止轴承腐蚀的油，其改进的 DIN51802 测试结果为 1 或更低。在实施例中，对每一种流体给出两个改进的 DIN51802 结果，因为对两种轴承进行了测试。油必须具有良好的 BRT 和可以接受的改进的 DIN51802 性能。

[0126] 下表中概括出了对各种不同的油制剂进行的 Ball Rust Test(BRT) 和改进的 DIN51802 方法的试验结果。为了进行这些实验，我们认为 BRT 数值结果大于 50 是可以接受的，改进的 DIN51802 数值结果≤ 1 是可以接受的。各种不同的运行分组在不同的表中，以便可以在表明结果时提出相应的对每一试验组结果的评述。表中，符号“-”意思是“无”。

[0127] 表 1

实施例（油样号）	EP	AW	FM	DISP	BRT (AGV)	改进的 DIN 51802
1	EP1	--	--	--	26	5,5
2	EP1	AW1	FM1	--	20	2,2
3	EP1	AW2	FM1	--	21	2,2
4	EP1	AW3	FM1	--	17	0,0*
5	EP2	AW1	FM1	--	20	0,0*
6	EP2	AW2	FM1	--	16	0,0*
7	EP1	AW3	FM2	--	15	3,3
8	EP1	AW1	FM2	--	13	0,0*
9	EP2	AW2	FM2	--	27	4,5
10	EP2	AW3	FM2	--	20	3,3

[0128] 实施例 1 表明了含 EP1 的流体的 BRT 和改进的 DIN51802 结果。从难以接受的低 BRT 和改进的 DIN51802 结果可见，该流体的耐腐蚀性能非常差。实施例 2-10 表明了含有不同表面活性剂的油，这些表面活性剂可能会影响油的耐腐蚀性能。腐蚀结果被认为“可以接受”的，在表中标以“*”。在实施例 2-10 的油中使用的所有 EP、AW 和 FM 组合的 BRT 结果都非常差 (AGV ＜ 30)。只有实施例 4、5、6 和 8 的油分别具有可接受的改进的 DIN51802 结果。

[0129] 表 2

实施例（油样号）	EP	AW	FM	DISP	BRT (AGV)	改进的 DIN 51802
11	EP1	AW1	FM1	DISP1	24	3,4
12	EP1	AW3	FM1	DISP1	14	0,0*
13	EP2	AW1	FM1	DISP1	26	3,4
14	EP2	AW2	FM1	DISP1	20	1,2
15	EP1	AW1	FM2	DISP1	21	5,5
16	EP1	AW2	FM2	DISP1	17	2,3

17	EP2	AW2	FM2	DISP1	21	2,2
18	EP2	AW3	FM2	DISP1	16	0,1*

[0130] 实施例 11-18 表明加入分散剂不会改善含 FM1 或 FM2 的油的 BRT 性能。所有实施例 11-18 的油，其 BRT 结果均低于 30，只有实施例 12 和 18 的油分别具有可接受的改进的 DIN51802 结果。

[0131] 表 3

实施例（油样号）	EP	AW	FM	DISP	BRT (AGV)	改进的 DIN 51802
19	EP1	AW1	FM3	--	42	0,0*
20	EP1	AW3	FM3	--	110*	2,2
21	EP2	AW2	FM3	--	44	0,0*
22	EP2	AW3	FM3	--	22	1,2

[0132] 实施例 19-22 表明，使用 FM3 代替 FM1 或 FM2 会提高 BRT 结果。实施例 19、20 和 21 的油，其 BRT 结果分别大于 40，而含 FM1 或 FM2 的流体，其 BRT 结果全部低于 30（实施例 2-18）。然而，只有实施例 20 的油具有可接受的 BRT 结果，但改进的 DIN51802 结果却很差。

[0133] 表 4

实施例（油样号）	EP	AW	FM	DISP	BRT (AGV)	改进的 DIN 51802
23	EP1	AW2	FM3	DISP1	86*	0,1*
24	EP1	AW3	FM3	DISP1	125*	0,1*
25	EP2	AW1	FM3	DISP1	110*	0,0*
26	EP2	AW3	FM3	DISP1	121*	0,1*

[0134] 代表本发明实施方案的实施例 23-26 的这些结果表明，FM3 和 DISP1 的组合得到的润滑油既具有可接受的 BRT，又具有可接受的改进的 DIN51802 耐腐蚀结果。

[0135] 补充实验

[0136] 对于实施例 19-26 的样品油测试了其另外的性能，用来研究其在水中的耐腐蚀性、疲劳性能和氧化稳定性能。为了进行比较，用商购的、但不含本发明组合的 EP、AW、FM 和 DISP 添加剂的工业油添加剂包，在作为基础油的 PAO 与酯的混合物中调制出两种对比油。这些对比工业油命名为 C1 和 C2。对 C1 来说，使用的添加剂包包括 3wt％的 HiTEC ® 4313，9wt％的 HiTEC ® 833，和 29wt％的 HiTEC ® 633，以及 59wt％的标准工业防锈 / 抗氧剂包，HiTEC ® 2590A，这些均是从 Ethyl 公司得到的。提到的前两种组分是已知的耐磨化合

物，而第三种则是已知的分散剂组分。这一对比油不含极压化合物或摩擦改性剂。对于C2来说，使用的添加剂包包括72wt％的HiTEC ® 313，4wt％的HiTEC ® 4313和24wt％的标准工业防锈／抗氧剂包，HiTEC ® 2590A，这些均是从Ethyl公司得到的。前两种组分是已知的耐磨化合物，在C2的油中没有加入分散剂或摩擦改性剂。这些对比添加剂包C1和C2加入到基础油中的量分别是0.76wt％和1.85wt％。基础油与实施例19-26中使用的基础油相同。

[0137] 也在更严酷的条件下研究了实施例19-26的油样性能，其中每一试验油样在试验之前都进行了改性，使其中进一步包括0.5wt％的蒸馏水。

[0138] 补充试验方案

[0139] 使用PCS Instruments公司的High Frequency ReciprocatingRig(HFRR)测量边缘摩擦系数。边缘摩擦是在不锈钢球与不锈钢板之间测量的。将球在20Hz下在1毫米的路径长度下振荡通过不锈钢板，施加的负载是4.0N。测量在100℃下进行。这些试验条件的选择用于将试验过程中形成油膜的可能降到最小。与摩擦系数测量相关的标准偏差列在适当的表中。

[0140] 使用光学干涉测量法测量接触区域中油膜的形成。用于进行这一测量的适当的方法参见Johns ton G.等人的文章，“The Measurementand Study of Very Thin Lubricant Films In ConcentratedContacts”，Tribol.Trans.，34，187-194(1991)；Hamrock B.等人的文章，“Isothermal Elastohydrodynamic Lubrication ofPoint Contacts：Part III-Fully Flooded Results”，ASME J Lubr.Techn.，99(2)，264-276(1977)，其描述在此引入作为参考。

[0141] 在该方法中，不锈钢球与玻璃盘接触。球与盘之间的负载大约为17N，这导致约0.5GPa的接触压。接触压使得球与盘彼此弹性适应。将球浸于油中，并且当球旋转时，油被拉伸通过形成油膜的接触区。在此记录的膜厚是在100℃、夹带速率为1.0米／秒的条件下测量的。与膜厚测量相关的标准偏差列在适当的表中。

[0142] 使用压力差向扫描量热仪(PDSC)和ASTM D 2893氧化试验评价试验油的氧化稳定性。参见例如Hsu S.等人，D.B.的“Evaluation ofAutomotive Crankcase Lubricants by Differential ScanningCalorimetry”，SAE论文号821252(1982)。在PDSC试验中，将0.8毫克样品置于试验池中，用空气加压到100psi。试验池的温度以10℃／小时的速率增加，直到检测出放热反应。记录该反应的起始温度。在D2893试验中，在95℃下将油氧化600小时，而不是标准的312小时，以便增加试验的严酷性。与新鲜及氧化油的动态粘度一起，由D2893测定氧化油的膜厚与边缘摩擦系数。

[0143] 使用流体的边缘摩擦、膜厚及耐腐蚀性能计算FZG点蚀试验的疲劳寿命。进行这一计算的方法参见，例如Li S.等人的文章，“Investigation of Fatigue Modes In the FZG Pitting Test”，SAE论文号2003-01-3222(2003)，其描述在此引入作为参考。与预期点蚀寿命的计算相关的标准偏差列在适当的表中。

[0144] 最后，以本发明先前所述的方式进行Ball Rust Test(BRT)和改进的DIN51802试验方法。

[0145] 实施例19-26的油的耐腐蚀性能

[0146] 下表5表明对试验油测量的耐腐蚀性能。

[0147] 表 5

实施例 （油样号）	BRT [AGV] 标准偏差＝ +/-5 未加入水	BRT [AGV] 标准偏差＝ +/-5 加入 0.5%的水	改进的 DIN51802 锈蚀级别 加入 0.5%的盐水
C1	26	13	5,5
C2	26	16	5,5
24	125	33	0,1
23	86	13	0,1
20	110	14	2,2
19	42	19	0,0
26	121	52	1,1
25	110	40	0,0
22	22	12	1,2
21	44	14	0,0

[0148] 表 5 表明了含与不含 0.5%蒸馏水的油的 BRT 试验结果。工业油 (C1 和 C2) 在不存在水时在 BRT 中不会控制腐蚀（这两种流体的 AGV 均为 26)。另一方面，实施例 20、23、24、25 和 26 的试验油尤其具有优良的耐腐蚀性能，如 BRT 试验结果所示。水的存在被认为影响油在 BRT 试验防止腐蚀的能力。例如，对于实施例 24 的油来说，在不存在水的情况下，其 AGV 结果是 125，而当在油中加入水时，则为 33。所有的试验油均形成稳定的乳液，因为在与水共混后立即形成乳液，并且在共混后乳液会保留数周。乳液的形成表明，油中的某些表面活性剂存在于水 - 油界面上。如果这些表面活性剂在 BRT 试验中保留在水 - 油界面上，则它们将不能增加在金属球上用来防止腐蚀的成膜。

[0149] 表 5 还示出了 DIN51802 试验轴承的锈蚀级别。对于每一种油来说有两个结果，这是因为进行了两次 DIN51802 试验。两种对比油 C1 和 C2 在 DIN51802 试验中性能很差（两种油的锈蚀级别均为 5)。相反，实施例的油所有的锈蚀级别均为 2 或以下。对于某些油（即实施例 19、21 和 22) 来说，BRT 结果差（即，AGV 低于 45)，而 DIN51802 级别却很好。BRT 应该是比 DIN51802 试验条件更严酷的试验，因为在 BRT 中向油中加入了强酸，而在 DIN51802 试验中仅向油中加入了盐水。实施例 25 和 26 的油是在 BRT 试验中 AGV 控制最好、在 DIN51802 试验中锈蚀控制最好的实验油（在水的存在下或无水的情况下 AGV 大于 40，DIN51802 级别为 1 或更低）。

[0150] 下表 6 表明了在不存在水的情况下，对对比工业油与实验油测定的膜厚与边缘摩

擦系数值。这两种物理性能与BRT试验的AGV还用于计算FZG点蚀试验中预期的点蚀疲劳小时数，作为疲劳寿命的度量。结果示于下表6中。

[0151] 表6

实施例（油样号）	膜厚 100℃ ;1m/s [nm] 标准偏差＝ +/-5nm	边缘摩擦系数 100℃ 标准偏差＝ +/-0.003	FZG试验中预期的点蚀疲劳小时数 标准偏差＝ +/-10hrs.
C1	134	0.105	91
C2	138	0.115	80
24	127	0.075	164
23	137	0.104	118
20	130	0.081	154
19	130	0.125	57
26	131	0.084	154
25	129	0.124	82
22	124	0.089	101
21	138	0.112	93

[0152] 由表6结果可以看出，试验油的膜厚差别非常之小。实施例21和23的油所形成的膜在任意试验油中最厚（分别138纳米和137纳米）。试验油的边缘摩擦系数有变化，这被认为可能是由于它们用不同的表面活性剂（AW和EP）配制的缘故。

[0153] 每种油边缘摩擦与AGV结果的不同被认为导致在表6所示的预期的点蚀小时数中形成差异。实施例19的油，边缘摩擦系数最高（0.125，参见表6）而AGV很低（42，参见表5），预期的点蚀小时数最差（57小时，参见表6）。实施例24的油，边缘摩擦系数最低（0.075）而AGV很高（125），却具有最高的预期点蚀小时数（164小时）。此外，还有几种试验油，即实施例20、24和26，比起两种对比油C1和C2来说，它们明显具有更好的预期疲劳寿命（分别为164、154和154小时）。

[0154] 水对实施例19-26的膜厚、边缘摩擦性能及疲劳寿命的影响

[0155] 下表7示出了在0.5％的水存在下，试验油的膜厚、边缘摩擦系数及预期的点蚀疲劳小时数。

[0156] 表7

实施例（油样号）	膜厚 100℃ ;1m/s [nm] 标准偏差＝ +/-5nm	边缘摩擦系数 100℃ 标准偏差＝ +/-0.003	FZG 试验中预期的点蚀疲劳小时数 标准偏差＝ +/-10hrs.
C1	127	0.103	78
C2	106	0.104	47
24	127	0.087	112
23	124	0.086	102
20	95	0.083	63
19	100	0.085	69
26	126	0.091	111
25	106	0.107	50
22	115	0.091	79
21	110	0.088	77

[0157] 对于除实施例 24 的油外的所有流体来说，水使得膜厚降低。例如，对比油 C2 的膜厚在不存在水时为 138 纳米，在水存在下为 106 纳米。当在其中加入水时，这些流体的边缘摩擦系数也有明显的变化。当向其中加入水时，实施例 24 的油的摩擦系数从 0.075 增加到 0.087。相反，对于实施例 23 的油来说，摩擦系数由 0.104 降低到 0.086。根据以上参考并指明的 Li 等人所述的疲劳寿命预测模型，膜厚降低，疲劳寿命应该降低，摩擦降低，疲劳寿命应该增加。因此，为了评价这些流体的性能，我们需要比较它们的预期疲劳寿命。除了预期疲劳寿命低的实施例 19 的油之外，所有的油当向其中加入水时，其预期疲劳寿命均降低。在某些情况下水的效果是十分明显的，例如，实施例 20 的油的预期疲劳寿命由不存在水时的 154 小时降低到水存在时的 63 小时。

[0158] 实施例 19-26 的油的氧化稳定性

[0159] 表 8 示出了在 D2983 试验前后，用 PDSC 和 KV100 测得的试验油的氧化起始温度。

[0160] 表 8

实施例（油样号）	起始温度（℃）	KV100 新鲜油 [cSt]	KV100 氧化油 [cSt]	KV100 的变化百分数
C1	230	23.53	24.03	2%

C2	238	23.06	23.68	3
24	252	23.01	23.95	4
23	252	23.44	23.73	1
20	245	22.71	23.62	4
19	248	23.03	23.24	1
26	250	22.08	24.38	10
25	243	22.36	23.96	7
22	235	22.06	23.74	8
21	238	22.42	23.75	6

[0161] 除了实施例 21 和 22 的油之外，所有试验的风力涡轮机油均比比较工业油 C1 和 C2 具有更高的氧化起始温度。更重要的是，所有油的氧化起始温度均高于 230℃，这说明这些流体具有优异的氧化控制，参见例如以上参考并指出的 Hsu 等人的出版物。表 8 示出了新鲜油和试验油在 D2893 试验结束时的 100℃动态粘度 (KV100)，以及试验过程中发生的 KV100 的增加百分比。对于实施例 26 的油来说，其 KV100 增加最多，为 10％，这表明，甚至在严酷的条件下，所有的油也都能控制氧化。

[0162] 虽然研究的所有油都能控制氧化，但油的氧化并不会影响它们的成膜与摩擦降低性能。

[0163] 下表 9 示出了在 D2983 试验中氧化后油的膜厚、摩擦系数以及预期的疲劳寿命。本发明进行的 D2983 试验运行 600 小时，而不是典型的 312 小时。

[0164] 表 9

实施例 （油样号）	膜厚 100℃ ;1m/s [nm] 标准偏差＝ +/-5nm	边缘摩擦系数 100℃ 标准偏差＝ +/-0.003	FZG 试验中预期的 点蚀疲劳小时数 标准偏差＝ +/-10hrs.
C1	114	0.106	58
C2	117	0.114	50
24	124	0.098	123
23	107	0.109	65
20	107	0.097	93

19	100	0.100	53
26	127	0.105	114
25	113	0.104	91
22	99	0.097	50
21	115	0.107	64

[0165] 当油氧化时，所有油的成膜性能均保持相同或降低。例如，新鲜油C1的膜厚为134纳米（参见表6），而氧化后C1的膜厚则为114纳米。实施例24新鲜油的膜厚为127纳米，但当实施例24的油氧化后，则为124纳米，这基本上与新鲜油的结果相等。当油氧化时，油的摩擦性能提高或降低取决于流体中存在的添加剂。实施例24的油的摩擦系数在该油氧化时从0.075增加到0.098。相反，实施例25的油，其摩擦系数在该油氧化时却从0.124降低到0.104。由氧化引起的膜厚与摩擦的变化导致大多数流体的预期疲劳寿命降低。实施例25的油是一例外，因为该油的预期点蚀小时数在氧化前后基本相等（分别为82小时对91小时），因为与预期点蚀小时数计算有关的标准偏差在这些研究中为+/-10小时。

[0166] 统计分析

[0167] 使用实施例19-26的结果进行统计分析，以便对这些制剂中使用的EP、AW、和DISP的效果给以定量。统计分析使用的一般原则是线性回归与对几个独立变量进行回归，例如参见Brownlee K.的文章，STATISTICAL THEORY AND METHODOLOGY IN SCIENCE ANDENGINEERING，John Wiley and Sons，Inc.，第11和13章，1960年，其描述在此引入作为参考。使用这些回归分析，将含有每一添加剂的各种不同油的预期点蚀小时数平均，得到相对于各种添加剂的总平均值，并把这些值与其他添加剂的结果进行比较。含有AW2的新鲜油的预期点蚀小时数的总平均值为143小时（参见表10中对AW2的结果）。类似地，可以计算出含有AW1、AW3和其他添加剂的油的总平均值，并示于表10中。表10的结果表明，（平均起来），可以预计，含有AW2的新鲜油疲劳寿命将比AW1提高37小时(143-106)，比AW3提高73小时(143-70)。在含有杂质水的油中，AW1和AW2的性能没有什么差别，预计这些添加剂能比AW3提高约30小时的疲劳寿命。对于氧化后的油，预计AW2可以将疲劳寿命，相对于AW1来说提高30小时，相对于AW3来说，提高23小时。类似的比较表明，在新鲜油中EP1是优选的，但是在含有水杂质的油或氧化的油中，EP1和EP2的性能没有统计学差别。同样，在计算预期的疲劳寿命时标准偏差为+/-10小时。最后，向油中加入分散剂，会将新鲜的、污染有水的和氧化的油的疲劳寿命分别提高29、22和33小时。

[0168] 表10

添加剂	新鲜油的预期点蚀小时数总平均值	含有杂质水的油的预期点蚀小时数总平均值	氧化油的预期点蚀小时数总平均值
AW1	106	90	65

AW2	143	91	95
AW3	70	60	72
EP1	123	87	84
EP2	108	79	80
无分散剂	101	72	65
分散剂	130	94	98

[0169] 表 11 中示出了另外的分析，其表明，对于含与不含分散剂且含 FM1、FM2 和 FM3 的油来说，就平均 BRT 结果而言，在 FM3 与 DISP1 之间存在协同效应。这些平均结果是与实施例 1 中油的 BRT 进行比较的。AGV 测量的标准偏差为 +/-5 个单位。因此，对于含 FM1 或 FM2 的流体来说，平均 BRT 结果都不好或者基本上等于不含 FM 或分散剂的实施例 1 的 BRT 结果。此外，向含 FM1 或 FM2 的油中加入分散剂不会提高 BRT 结果。使用 FM3 将 BRT 结果提高了 107％ (54-26/26)。出人意料的是，一起使用 FM3 和 DISP1 会将 BRT 结果提高 327％ (111-26/26)。对于 FM3 和 DISP1 的组合来说，预期的 BRT 增加百分比为 107％，这一增加仅针对 FM3 才观察到，因为当与其他 FM 一起加入到流体中时，DISP1 不会提高 BRT 结果。因此，由于 FM3 与 DISP1 的组合，在 BRT 结果方面有意想不到的提高。含有不同 FM 的油的平均结果示于下表 11。

[0170] 表 11

FM/ 分散剂组合	Avg. 中使用的实施例	来自 BRT 的平均 AGV	与实施例 1 相比增加的％
无 / 无	1	26	--
FM1/ 无	2-6	19	降低
FM1/DISP1	11-14	21	降低
FM2/ 无	7-10	19	降低
FM2/DISP1	15-18	19	降低
FM3/ 无	19-22	54	107
FM3/DISP1	23-24	111	327

[0171] 关于下表 12，制备并对实施例 27-30 的油进行测试，它们代表本发明的实施方案。实施例 27-30 示出了有效的 FM3 和 DISP1 的不同浓度。在实施例 23-26 中，FM3 和 DISP1 的浓度分别为 0.5wt％和 1.0wt％。因此，FM3 与 DISP1 的比例为 0.50。实施例 27-30 表明，FM3 与 DISP1 的比例可以低达 0.13，此时 FM3 与 DISP1 的组合依然有效。实施例 23-30 还

表明，FM3 与 DISP1 的组合可以与各种 EP 和 AW 化合物一起使用。

[0172] 表 12

实施例（油样号）	EP	EP wt%	AW3 wt%	FM3 wt%	DISP1 wt%	FM3/DISP1 的比例	BRT (AGV)	改进的 DIN 51802
27	EP1	1.5	1.00	0.50	1.5	0.33	108	0,0
28	EP1	1.0	0.75	0.35	1.5	0.23	106	0,0
29	EP2	1.5	1.00	0.50	2.5	0.20	117	0,0
30	EP2	1.0	0.60	0.25	2.0	0.13	59	0,0

[0173] 工业实用性

[0174] 除了其他齿轮传动的装置应用，风力涡轮机工业需要用于变速箱的改进的润滑配方。本发明提供一种改进的齿轮油，其对水稳定，氧化稳定，并且很好地适合于该应用及其他齿轮传动的装置、以及其他润滑剂与功能流体应用场合。

[0175] 上述公开中引用的各种专利与出版物的公开内容就象它完全在此陈述那样引入本发明中作为参考。

[0176] 虽然为了解释本发明的原理已经完全阐明并叙述了优选实施方案，但本领域技术人员应当理解，在不背离所附权利要求所述的本发明范围的情况下，可以对其进行改进与改变。