

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷
C10M141/10
C10M169/06



[12] 发 明 专 利 说 明 书

[21] ZL 专利号 98810458.X

/(C10M141/10,129:58,
135:18,
135:18,
137:10)(C10M169/06,
117:02,117:04,

[45] 授权公告日 2004 年 3 月 3 日

[11] 授权公告号 CN 1140617C

[22] 申请日 1998.10.21 [21] 申请号 98810458.X
[30] 优先权
[32] 1997.10.22 [33] EP [31] 97308380.1
[86] 国际申请 PCT/EP98/07018 1998.10.21
[87] 国际公布 WO99/20719 英 1999.4.29
[85] 进入国家阶段日期 2000.4.21
[71] 专利权人 国际壳牌研究有限公司
地址 荷兰海牙
[72] 发明人 R·A·弗莱彻
审查员 张建国

[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 王 杰
119:24,129:58,135:18,137:10)
(C10N10:04,10:12,
30:06,40:04,50:10)

权利要求书 1 页 说明书 20 页

[54] 发明名称 包含减摩添加剂整套配方的润滑组
合物和润滑脂

[57] 摘要
一种润滑组合物，其中包含与二硫代氨基甲酸
钼、环烷酸锌和一或多种金属二硫代磷酸盐组合的
基础油以及视具体情况而存在的一或多种其它金属
二硫代氨基甲酸盐。一种包含这类组合物与增稠
剂相组合的润滑脂，特别适于润滑等速万向节。

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

1. 一种润滑脂，其包括增稠剂和与之相结合的如下润滑组合物，该润滑组合物包含与二硫代氨基甲酸钼、环烷酸锌和一或多种金属二硫代磷酸盐相结合的基础油、以及任选地一或多种其它金属二硫代氨基甲酸盐；其中在二硫代氨基甲酸钼中的钼与金属二硫代磷酸盐总量的比值范围为 2:1 至 1:20，金属二硫代磷酸盐与环烷酸锌数量的比值范围为 0.85:10 至 0.85:0.05，二硫代氨基甲酸钼中的钼与环烷酸锌中的锌的比值范围为 15:1 至 1:4。

2. 权利要求 1 的润滑脂，其中含有 0.04 至 2.5wt% 来自二硫代氨基甲酸钼中的钼。

3. 权利要求 1 或 2 的润滑脂，其中含有 0.05 至 12.0wt% 环烷酸锌。

4. 权利要求 1、2 或 3 的润滑脂，其中含有总量为 0.1 至 10wt% 一或多种金属二硫代磷酸盐。

5. 权利要求 1 至 4 中任一项的润滑脂，其中所述增稠剂包括尿素类化合物。

6. 权利要求 1 至 5 中任一项的润滑脂在润滑组装等速万向节中的应用。

包含减摩添加剂整套配方的润滑组合物和润滑脂

本发明涉及润滑组合物，更特别是、但非仅限于含有这类组合物的润滑脂，更特别是、但非仅限于用于等速万向节如等速滑叉式万向节的润滑脂。

等速万向节在前置发动机/前轮驱动汽车、具有独立悬架的汽车、或在四轮驱动汽车中使用。等速万向节（CVJ）是特殊类型的万向节，它将驱动力由最终传动减速器以恒定转速传导到主动轮轴。等速万向节的两种主要类型是滑叉型和固定型等速万向节并且通常以适当的组合方式在机动车中使用。滑叉型等速万向节允许在轴向滑动，而固定型等速万向节不允许在轴向运动。当滑叉型万向节处于一定的角度并进行旋转时，所述滑叉型万向节的机械部件承受复杂的滚动和滑动运动，众所周知，对这些运动的摩擦阻力可使机动车辆产生振动、刺耳的噪音以及小幅滚动，在一些行车条件下尤为如此。这些噪音、振动和运动令机动车乘客感到不愉快。

因而，人们试图配制等速万向节润滑脂来改进其摩擦特性，从而减少滑叉型等速万向节内的摩擦力及车内承受的噪音和振动。一些研究表明，在这些噪音及振动与在一些实验室摩擦试验机上测量的摩擦系数之间存在可利用的相互关系。特别是，在一些研究中发现，SRV(Schwingungs Reibung und Verschleiss)实验室摩擦试验机（由Optimol 仪器公司制造）可提供对于开发低摩擦等速万向节润滑脂有用的指导，从而减少噪音和振动。

在这类等速万向节中通用的润滑脂的实例包括含有钙配合物皂作为增稠剂的润滑脂、含有锂皂作为增稠剂的润滑脂；含有锂配合物作为增稠剂的润滑脂；及含有聚脲作为增稠剂的润滑脂。然而，增稠剂也可以是包括粘土，和钙、钠、铝、和钡的脂肪酸皂在内的一系列物质中的一种。

在润滑脂中使用的基础油基本上是与油润滑所通常选择的类型相同的油。所述基础油可以是矿物和/或合成来源的。矿物来源的基础油可是矿物油，如通过溶剂精制或氢加工所制备的那些。合成来源的基础油通常是 C_{10-50} 烃聚合物，例如 α -烯烃的液体聚合物的混合物。它们还可以是通用的酯，如多元醇酯。所述基础油还可是这些油的混合物。优选地，基础油是由丹麦皇家/壳牌集团公司以名称“HVI”或“MVIN”出售的矿物来源油品、聚 α -烯烃、或其混合物。也可使用通过蜡的氢化异构化来制备的基础油类型、如由丹麦皇家/壳牌集团公司以名称“XHVI”（商标）出售的油品。

润滑脂优选含有 2 至 20wt%，更优选 5 至 20wt% 增稠剂。

锂皂增稠的润滑脂多年前就已被公众了解。通常，锂皂由 C_{10-24} 、优选 C_{15-18} 饱和或不饱和脂肪酸或其衍生物来制备。一种具体的衍生物是加氢蓖麻油，它是 12-羟基硬脂酸的甘油酯。

12-羟基硬脂酸是特别优选的脂肪酸。

用复合增稠剂增稠的润滑脂也已是公知的。除脂肪酸盐外，它们向增稠剂中引入络合剂，通常是低至中等分子量的酸或二元酸或其一种盐，如苯甲酸或硼酸或硼酸锂。

在润滑脂中用作增稠剂的尿素类化合物在其分子结构中包括脲基团（ $-\text{NHCONH}-$ ）。这些化合物根据脲链数包括单、二、或多脲化合物。

各种通用的润滑脂添加剂以这一应用领域通用的添加量被加入到润滑脂中以赋予所述润滑脂以一些所需的特性，如氧化稳定性、胶粘性、极压性能和腐蚀抑制性。适用的添加剂包括一或多种极压/抗磨剂，例如锌盐如二烷基或二芳基二硫代磷酸锌、硼酸盐、被取代的噻二唑、通过例如二烷氧胺与被取代的有机磷酸盐反应制备的氮/磷聚合化合物、磷酸胺、天然或合成来源的硫化鲸蜡油、硫化猪油、硫化酯、硫化脂肪酸酯、和相似的硫化物质、例如对应于通式 $(\text{OR})_3\text{P}=\text{O}$ （其中 R 为烷基、芳基或芳烷基）的有机磷酸酯、和三苯基硫逐磷酸酯（phosphorothionate）；一或多种高碱性含金属洗涤剂，如钙或镁的

烷基水杨酸盐或烷基芳基磺酸盐；一或多种无灰分散剂添加剂，如聚异丁烯基琥珀酸酐与胺或酯的反应产物；一或多种抗氧剂，如受阻酚或胺，例如苯基 α -萘胺、二苯基胺或烷基化二苯基胺；一或多种防锈添加剂如已视具体情况而定用钙中和了的氧化烃，烷基化苯磺酸钙盐，和烷基化苯石油磺酸钙盐、及琥珀酸衍生物，或摩擦改进添加剂；一或多种粘度指数改进剂；一或多种倾点下降剂；和一或多种胶粘剂。还可添加固体物质如石墨、微细分散的二硫化钼、滑石粉、金属粉末和各种聚合物如聚乙烯蜡来赋予特殊的性能。

研究表明，油溶性二硫代氨基甲酸钼(MoDTC) (PCH Mitchell, Wear 100(1984)281; H Isoyama and T Sakurai, 国际摩擦学 7(1974)151; E R Braithwaite and A B Greene, Wear 46(1978)405; and Y Yamamoto and S Gondo, Tribology Trans., 32 (1989)251)及其它有机钼化合物在含硫物质存在下(Y Yamamoto, S Gondo, T Kamakura and M Konishi, Wear 120(1987)51; Y Yamamoto, S Gondo, T Kamakura and N Tanaka, Wear 112(1986) 79; A B Greene and T J Ridson SAE Technical Paper 811187 Warrendale PA, 1981; and I Feag, W Perilstein and M R Adams ASLE Trans., 6(1963)60)可有效的减少摩擦和磨损。为了实现低摩擦，钼与硫结合(A. B. Greene and T. J. Ridson SAE Technical Paper 811187 Warrendale PA, 1981)以及可能有的磷(Y Yammoto, S Gondo, T Kamakura and M Konishi, Wear 120(1987)51)的存在看起来是必要条件。硫的来源可来自与钼化合物结合使用的添加剂(K Kubo, Y Hamada, K Moriki and M Kibukawa, 日本摩擦学杂志, 34(1989)307)，通常是二硫代磷酸锌(ZnDTP)，来自所使用的基础油(Y Yammoto, S Gondo, T Kamakura and N Tanaka, Wear 112(1986) 79)或经与钼化合物本身进行化学结合(MoDTC就是这种情况)。

然而，在文献中有许多其中向油中添加有机钼-硫化合物并不产生减摩作用的情况。与有机钼结合使用的硫的来源起着至关重要的作用；一些 ZnDTP 类型导致摩擦下降，而其它的则使摩擦上升(K Kubo, Y Hamada, K Moriki and M Kibukawa, 日本磨擦学杂志, 34(1989)307)。

在一项 NTN 研究 (SAE Technical Paper 871985; 《用于等速万向节与轮轴轴承应用的低摩擦与抗摩擦腐蚀润滑脂的开发》, Mkato and T Sato of NTN Toyo Co Ltd) 中发现, 当在聚脲基润滑脂中包含二硫代磷酸钼 (MoDTP) 及 ZnDTP 时, 摩擦得到最大程度减小。向聚脲润滑脂中添加 MoDTC 和 ZnDTP 导致摩擦降低幅度较小。

按照本发明, 已发现, 向 MoDTC 和金属二硫代磷酸盐的组合物中添加环烷酸锌可改进这些添加剂的摩擦性能。这种作用是意想不到的, 因为单独向二硫代氨基甲酸钼中添加环烷酸锌并不降低摩擦系数, 事实上表现出摩擦系数的上升。

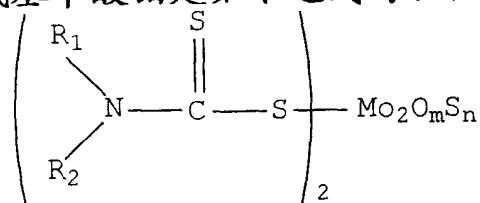
因此, 人们意外地发现, 二硫代氨基甲酸钼、金属二硫代磷酸盐及环烷酸锌的组合在润滑组合物、特别是润滑脂中作为减摩剂产生协同效应, 同时保持良好的低抗磨性能。针对二硫代氨基甲酸钼单独使用或与两种其它组分之一结合使用的试验表明减摩效果完全出人意料。

WO 97/03152 公开了一种润滑组合物, 其中包含基础油、二硫化钼、环烷酸锌和二硫代磷酸锌与视具体情况而存在的二硫代氨基甲酸钼。在这篇文献中没有透露能从中导出该发明化合物的组合物是一种良好的减摩剂的信息。

EP-A-0770668 涉及含有基础油、0.001~5.0% (质量) 选择的二硫代氨基甲酸钼、0.01~5.0% (质量) 选择的二硫代磷酸锌和 0.005~1.0% (质量) 选择的羧酸铜的润滑组合物。其中未教导使用环烷酸锌。

因此, 本发明的第一个方面提供一种润滑组合物, 其中包含基础油和作为减摩添加剂整套配方的二硫代氨基甲酸钼、环烷酸锌和一或多种金属二硫代磷酸盐与视具体情况而存在的一或多种其它金属二硫代氨基甲酸盐的组合形式。

优选地, 二硫代氨基甲酸钼是如下通式的硫化二硫代氨基甲酸钼:



其中在通式化结构中的四个可能的 R 基团 R_1 、 R_2 、 R_3 和 R_4 (仅示出了 R_1 和 R_2) 可相同或不同, R_1 - R_4 各为 C_1 - C_{30} 烃或氢。

优选, $m + n = 4$, 且 m 和 n 可是或不是整数。

优选, $R_1 - R_4$ 各自独立地代表 C_{1-24} 伯或仲烷基、 C_{6-26} 环烷基、或 C_{6-30} 芳基或烷基芳基、或氢。

可选择 $R_1 - R_4$ 来影响 MoDTC 的溶解度。

在金属二硫代磷酸盐和/或金属二硫代氨基甲酸盐中的金属优选独立地选自锌、钼、锡、锰、钨和铋。

优选, 一或多种金属二硫代磷酸盐是选自二烷基-、二芳基或烷基芳基二硫代磷酸锌, 一或多种金属二硫代氨基甲酸盐是选自二烷基-、二芳基或烷基芳基二硫代氨基甲酸锌, 其中二硫代磷酸盐和/或二硫代氨基甲酸盐中的任何烷基部分是直链的或支链的, 并优选含 1 至 12 个碳原子。

本发明还提供一种润滑脂, 其中包含与本发明润滑组合物相结合的增稠剂。

在本发明的润滑脂中, 二硫代氨基甲酸钼中的钼与金属二硫代磷酸盐总量的重量比值优选为 2: 1 到: 20, 金属二硫代磷酸盐与环烷酸锌的重量比值范围为 0.85: 10 至 0.85: 0.05, 二硫代氨基甲酸钼中的钼与环烷酸锌中的锌的重量比值范围为 15: 1 至 1: 4。

更优选地, 对于油溶性二硫代氨基甲酸钼, 二硫代氨基甲酸钼中的钼与金属二硫代磷酸盐的重量比值范围为 0.8: 1.7 至 0.14: 1.7, 金属二硫代磷酸盐与环烷酸锌的重量比值范围为 0.85: 4.8 至 0.85: 0.6, 二硫代氨基甲酸钼中的钼与环烷酸锌中的锌的重量比值范围为 5: 1 至 1: 1.6。

更优选地, 对于油不溶性二硫代氨基甲酸钼, 二硫代氨基甲酸钼中的钼与金属二硫代磷酸盐的重量比值范围为 1: 1 至 1: 6.2, 金属二硫代磷酸盐与环烷酸锌的重量比值范围为 0.85: 4.8 至 0.85: 0.6, 二硫代氨基甲酸钼中的钼与环烷酸锌中的锌的重量比值范围为 10.3: 1 至 1: 0.8。

上述环烷酸锌通常代表由所选择的原油馏分经使该馏分一般与氢氧化钠溶液反应、随后酸化并提纯而制备的环烷酸的复杂混合物。优

选地，在与锌化合物反应之前，环烷酸的分子量范围为 150 - 500，更优选 180 - 330。优选地，环烷酸锌混合物中的锌元素含量为 1 - 25%，更优选 5 - 20%，最优选 9.0 - 15.4%。

本发明的润滑脂优选地含有 0.04 至 2.5wt%(Mo) 来自二硫代氨基甲酸钼的钼，对于油溶性的二硫代氨基甲酸钼，更优选，0.08 至 0.6 wt%(Mo)，而对于油不溶性的二硫代氨基甲酸钼，为 0.08 至 1.4 wt%(Mo)。优选其进一步含有总量为 0.1 至 10wt%，更优选 0.3 至 3.5wt% 所述一或多种金属二硫代磷酸盐。再者，其含有 0.05 至 12.0wt%，更优选 0.3 至 3.5wt% 环烷酸锌。

本发明的减摩添加剂不必含有二硫化钼。再有，优选地本发明润滑组合物不含显著数量的二硫化钼。更具体来说，优选所述润滑组合物含有少于 0.5wt% 二硫化钼，更优选少于 0.3wt%，最优选不含二硫化钼。

所述增稠剂优选包括尿素类化合物，普通的锂皂或复合锂皂。优选尿素类化合物是聚脲化合物。适当的增稠剂是润滑脂技术领域公知内容。

本发明还提供了润滑等速万向节的方法，其中包括用本发明的润滑脂来组装所述万向节。

本发明还提供装有本发明润滑脂的等速万向节。

优选地，所述等速万向节一般是滑叉型等速万向节，但可例如包括高速万向节，其可包括固定或滑叉型的等速万向节，或虎克万向节。

在添加剂整套配方中所使用的二硫代氨基甲酸钼 (MoDTC) 通常是油不溶性的，在润滑脂中其可呈微细分散的固体形态。

然而，在使用时固体分散添加剂可从润滑脂中分离。含有固体添加剂的润滑脂已在一些苛刻的高温/高速等速万向节试验中经历到这种效应。固体从润滑脂中离心分离的这一潜在问题在处于通常以很高的旋转速度 (4 - 6000rpm) 运行的高速螺旋桨轴应用中的万向节中尤为严重。使用全部为油溶性的添加剂整套配方的润滑脂不会产生这种问题。

为了给出良好的减摩作用，一般需要高钼和高硫含量。但高钼和硫含量增加了所述组合物的不溶性。

本发明的另一方面因而提供一种润滑组合物，其中包括基础油和一种油溶性减摩添加剂整套配方，所述整套配方含有二硫代氨基甲酸钼、环烷酸锌及一或多种金属二硫代磷酸盐的组合物。

使用全油溶性低摩擦整套配方可开发用于高速应用的等速万向节润滑脂，而不会有固体添加剂离心分离和分离的危险。另外，在等速滑叉型万向节应用中，可使用粘稠润滑脂，其在使用时保持适当的稠度并提供高的润滑穿透能力。

使用有效的全油溶性低摩擦整套配方可开发用于高速螺旋桨轴应用中的万向节润滑脂。它还可用于滑叉型万向节应用中的润滑组合物中使用，从而产生具有高润滑穿透能力的等速万向节润滑脂。视具体情况而定，可向所述添加剂整套配方中引入一或多种其它金属的二硫代氨基甲酸盐。此外，所述添加剂还可包括非油溶性组分。

优选在润滑脂中使用减摩添加剂组合物，其中包括基础油和增稠剂，所述增稠剂优选是锂皂、锂配合物、或尿素类化合物。

这类润滑脂优选独立地含有呈现如本发明第一方面优选特征中指出的类型、优选数量及优选相对数量的组分。

现在参照实施例对本发明进行叙述。

实施例

添加剂和基础润滑脂

表 1 详细列出了在商业上可得到的一些主要的二硫代氨基甲酸钼 (MoDTC) 化合物。具有高钼含量的两种 MoDTC 化合物 (MoDTC (3) 和 MoDTC (4)) 是固体，且多半不溶于油。

在实施例中使用的其它添加剂是： -

ZnDTP (1)	主要是二硫代磷酸锌 (ZnDTP)；大部分是异丁基 ZnDTP
ZnDTP (2)	一种在矿物油中的大部分为异丁基 ZnDTP (1) 的 85wt% 溶液

ZnNa (1)	环烷酸锌溶液 (8% 锌); 在矿物油中含有约 60% 环烷酸锌
磷酸胺/硫代磷酸盐	磷酸胺/硫代磷酸盐混合物, 在矿物油中的 50wt% 稀释液。
硫化烯烃	高度硫化的烯烃 (43% 硫)
ZnDTC	二戊基二硫代氨基甲酸锌 (6% 锌)

主要是通过将所述添加剂包含在完全配制的聚脲润滑脂 (PUG) 中来进行分析。添加剂整套配方中也可引入锂皂和锂配合物增稠的基础润滑脂, 及半合成双脲润滑脂。润滑脂的细节在相关数据表的注脚中给出。

摩擦系数和磨损的测量

对于所有摩擦和磨损测量, 使用来自 Optimol 仪器公司的摆动 SRV 摩擦试验机, 具有在平面重叠表面上的 10mm 球作为试样几何形状 (test geometry)。在确定的测试条件下操作 2 小时后记录摩擦系数。所述确定的测试条件是 300 牛顿负荷、摆动频率 50 赫兹、行程 1.5mm、设定温度 100°C。

通过使用光学计数线 (optical graticule) 在各两小时阶段结束时测量球上磨痕的直径来评价磨损。

结果列于表 2-13 中。

开发油溶性基于 MoDTC 的配剂

实施例 1-5

MoDTC (2) 与 MoDTC (1) 之间的对比

为提供对若干种商业润滑脂 (实施例 1-5) 摩擦系数测量结果的对比基准, 在表 2 中列出了参比润滑脂 (RG)。

实施例 8-39

在 PUG 润滑脂中将与 ZnDTP 结合的 MoDTC (2) 和 MoDTC (1) 的摩擦性能进行对比 (表 3, 实施例 8-11)。摩擦系数一般是高的 (对比表 2 中 RG)。对于 4% MoDTC (1)/1.5% ZnDTP (2) 的组合 (实施例 11), 记

录到低于等同的 MoDTC(2) 配剂 (实施例 10) 的摩擦系数, 但在试验趋于结束时该系数上升。

在 PUG 中与 MoDTC(2) 形成的添加剂组合形式

任意选择在表 3 中使用的 ZnDTP 和 MoDTC 的比例, 应理解, 这些数值对于低摩擦来说不大可能是最佳的。为建立用这种组合物可达到的最小摩擦系数, ZnDTP(2) 的含量比例从 0% 至 50% 之间变化 (表 4 实施例)。单独使用 MoDTC(2) 产生相当低的摩擦系数, 但这些数值仍明显高于 RG 的数值 (表 2)。

表 5 表明, 使用一种可供选择替代的锌添加剂, 即 ZnNa(1) 与 MoDTC(2) 的组合形式不产生低的摩擦。

表 6 表明了含有全部三种添加剂的添加剂混合物中改变 MoDTC(2)、ZnNa(1) 和 ZnDTP 的比例对摩擦和磨损的影响。摩擦系数和磨损与这三种添加剂的比例相关。通过保持 ZnNa(1): ZnDTP(2) 比例恒定为 2: 1, 同时使 MoDTC(2) 的含量在 0% 到 12% 间改变, 进一步研究最佳含量 (表 7)。表 6 和 7 表明当 MoDTC(2)、ZnNa(1) 和 ZnDTP(2) 的比例约为 4: 2: 1 时, 摩擦和磨损均经历一最小值。

表 8 表明添加剂整套配方总量在 3.5% 至 14% 之间变化产生的影响。

在最佳化整套配方中引入 MoDTC(3) 产生的影响

表 9 表明, MoDTC(3) 可添加到新添加剂整套配方中, 而不会损失摩擦性能。在很不同的基础流体中配制实施例 39 时也发现了这一现象。1.3% MoDTC(3) 含有与 8% MoDTC(2) 基本相同数量的元素钼。在钼含量相同的基础上 MoDTC(2) 看起来比 MoDTC(3) 更有效。

添加低成本极压添加剂对摩擦的影响

极压添加剂可提高在更苛刻的等速万向节应用中的持久性。为测试对这类添加剂的耐受力, 在整套配方含量为 7% 数值 (4% MoDTC(2)) 的 PUG 中添加 1.5% 硫化烯烃和 1.5% 磷酸胺/硫代磷酸盐。

在锂皂和锂复合基润滑脂中引入新整套配方

在 PUG 中进行上述的所有最佳化工作。为说明所述添加剂整套配方

对其它润滑脂增稠剂类型的适用性，将在新添加剂整套配方中的三种添加剂 MoDTC (2)、ZnNa (1) 和 ZnDTP (2) 引入到锂皂和锂复合基润滑脂中（表 11）。该表对两种润滑脂进行详细说明。

实施例 39

表 12 表明，所述添加剂整套配方可引入到基础油组成很不同的聚脲润滑脂中，而不会降低摩擦和磨损性能。MoDTC (3) 本身是一种具有适用的极压性能的添加剂，从这一表中可见，引入 MoDTC (3) 对润滑脂的 SRV 摩擦和磨损性能无不良影响。

如上所述，本发明的润滑脂配剂还可包含一或多种赋予所述配剂以一些所需特性的添加剂。具体地，可含有其它极压/抗磨添加剂，如硼酸盐、取代的噻二唑、聚合的氮/磷化合物、磷酸胺、硫化酯和三苯基硫逐磷酸酯。

ZnDTC

为进行对比，测量在聚脲润滑脂中含 3wt% 二硫代氨基甲酸锌、1.5wt% 二硫代磷酸锌（ZnDTP (2)）和 2wt% 环烷酸锌（ZnNa (1)）、并还含有 0.5wt% 抗氧化剂的组合物的摩擦系数。所述组合物的摩擦系数为 0.122。

表 1

一些市售有机钼化合物的物理和化学特性

	MoDTC (1)	MoDTC (2)	MoDTC (3)	MoDTC (4)
基本化学类型	MoDTC	MoDTC	MoDTC	MoDTC
钼含量 % (质量)	4.5	4.9	27.5	29.0
硫含量 % (质量)	5.7	存在	28.0	25.0
熔点 °C	液体	液体	272	251

表 2

一些市售滑叉型万向节润滑脂 (RG) 的 SRV 摩擦性能

参考润滑脂增稠剂类型	摩擦系数
1 聚脲	0.098
2 聚脲	0.070
3 钙配合物	0.120
4 钙配合物	0.100
5 锂皂	0.130

表 3

在 PUG 中 MoDTC (2) 和 MoDTC (1) 与 ZnDTP (2) 的混合物的摩擦性能的对比

	摩擦系数	磨痕直径 (mm)
测试润滑脂		
8 1.5 % ZnDTP (2) 8 % MoDTC (2)	0.123	0.63
9 1.5 % ZnDTP (2) 8 % MoDTC (1)	0.123	0.59
10 1.5 % ZnDTP (2) 4 % MoDTC (2)	0.108	0.54
11 1.5 % ZnDTP (2) 4 % MoDTC (1)	0.085	0.56

PUG 基础润滑脂组成

增稠剂: - 4, 4' 双 (硬脂酰脲基) 二苯基甲烷 (12%)。

添加剂： - 0.5% 二苯胺， 0.1% 硫化烯烃， 1.0% 磺酸钡

基础油： - HVI 160B: HVI 650: : 3: 1

ZnDTP (2)

表 4

向在 PUG 中的 8% MoDTC (2) 中添加 ZnDTP (2) 所产生的影响

	摩擦系数	磨痕直径 (mm)
测试润滑脂		
12 8% MoDTC (2) 0% ZnDTP (2)	0.065	0.53
13 8% MoDTC (2) 1.0% ZnDTP (2)	0.115	0.60
8 8% MoDTC (2) 1.5% ZnDTP (2)	0.125	0.63
14 8% MoDTC (2) 3% ZnDTP (2)	0.095	0.52
15 8% MoDTC (2) 4% ZnDTP (2)	0.085	0.52

表 5

向在 PUG 中的 8 % MoDTC (2) 中渐增添加 ZnNa (1) 所产生的影响

	摩擦系数	磨痕直径 (mm)
测试润滑脂		
12 8 % MoDTC (2) 0 % ZnNa (1)	0.065	0.53
16 8 % MoDTC (2) 0.5 % ZnNa (1)	0.075	0.59
17 8 % MoDTC (2) 1 % ZnNa (1)	0.070	0.59
18 8 % MoDTC (2) 2 % ZnNa (1)	0.075	0.55
1 8 % MoDTC (2) 4 % ZnNa (1)	0.073	0.57

表 6

改变在 PUG 中的 MoDTC (2) / ZnDTP (2) / ZnNa (1) 添加剂混合物中 ZnDTP (2) 和 ZnNa (1) 的含量所产生的影响

	摩擦系数	磨痕直径 (mm)
测试润滑脂		
13 8 % MoDTC (2) 0 % ZnNa (1) 1 % ZnDTP (2)	0.115	0.60
20 8 % MoDTC (2) 1 % ZnNa (1) 1 % ZnDTP (2)	0.083	0.65
21 8 % MoDTC (2) 4 % ZnNa (1) 1 % ZnDTP (2)	0.093	0.67
22 8 % MoDTC (2) 0 % ZnNa (1) 4 % ZnDTP (2)	0.085	0.52
23 8 % MoDTC (2) 2 % ZnNa (1) 4 % ZnDTP (2)	0.057	0.45
24 8 % MoDTC (2) 4 % ZnNa (1) 4 % ZnDTP (2)	0.060	0.45

表 7

向在 PUG 中的比例为 2: 1 的 ZnNa(1)和 ZnDTP(2)中渐增添加
MoDTC(2)所产生的影响

	摩擦系数	磨痕直径 (mm)
测试润滑脂		
25 0 % MoDTC(2) 4 % ZnNa(1) 2 % ZnDTP(2)	0.113	0.56
26 4 % MoDTC(2) 4 % ZnNa(1) 2 % ZnDTP(2)	0.057	0.41
27 8 % MoDTC(2) 4 % ZnNa(1) 2 % ZnDTP(2)	0.058	0.46
28 12 % MoDTC(2) 4 % ZnNa(1) 2 % ZnDTP(2)	0.093	0.72

表 8
(在 PUG 中) 改变 MoDTC (2): ZnNa (1): ZnDTP (2) 整套配方的
添加剂总量所产生的影响

	添加剂总量	摩擦系数	磨痕直径 (mm)
测试润滑脂			
29 2 % MoDTC (2) 1 % ZnNa (1) 0.5 % ZnDTP (2)	3.5 %	0.085	0.52
30 4 % MoDTC (2) 2 % ZnNa (1) 1.5 % ZnDTP (2)	7.5 %	0.058	0.47
27 8 % MoDTC (2) 4 % ZnNa (1) 2 % ZnDTP (2)	14 %	0.058	0.46

表 9
在聚脲基础润滑脂中实验润滑脂配剂的摩擦系数

	27	32	31
添加剂整套配方 (质量 %) : -			
MoDTC (3)	-	1.3	1.3
MoDTC (2)	8.0	-	8.0
ZnDTP (2)	2.0	2.0	2.0
ZnNa (1)	4.0	4.0	4.0
钼含量 (质量 %)	0.39	0.36	0.75
SRV 摩擦	0.058	0.073	0.056
磨痕直径 (mm)	0.46	0.51	0.46

表 10

向在 PUG 中的新的整套配方中添加极压添加剂所产生的影响

	摩擦系数	磨痕直径 (mm)
测试润滑脂		
33 4 % MoDTC (2) 2 % ZnNa (1) 1 % ZnDTP (2)	0.048	0.58
34 4 % MoDTC (2) 2 % ZnNa (1) 1 % ZnDTP (2) 1.5 % 硫化烯烃	0.055	0.52
35 4 % MoDTC (2) 2 % ZnNa (1) 1 % ZnDTP (2) 1.5 % 磷酸胺/硫代磷酸盐	0.055	0.58

表 11

向锂皂和锂复合基润滑脂中添加新添加剂整套配方所产生的影响

	摩擦系数	磨痕直径(mm)
测试润滑脂		
36 93% 锂皂 4% MoDTC(2) 2% ZnNa(1) 1% ZnDTP(2)	0.050	0.49
37 93% 锂配合物 4% MoDTC(2) 2% ZnNa(1) 1% ZnDTP(2)	0.045	0.43

锂皂基础润滑脂增稠剂： - 9.15% 氢化蓖麻油、1.12% LiOH·H₂O,

基础油组成： - MVIN 170(80%), HVI 170(5%), HVI 105(15%)

添加剂整套配方： - 0.5%二苯胺

锂复合基润滑脂

添加剂整套配方： 2% Vulkanox HS, 1%Irganox L101

基础油组成： 50%HVI-160B, 50HVI 650

增稠剂组成(份数)： 7.7%氢化蓖麻油脂肪酸

2.2% 硼酸

2.6% LiOH·H₂O

1.5%烷基水杨酸钙

1.5%辛酸钙

表 12

在 PUG 中添加（实施例 39）或不添加（实施例 38）MoDTC(3)情况
下的 SRV 摩擦

	38	39
添加剂整套配方（质量%）： -		
磺酸钡	1.0	1.0
ZnDTP(1)	1.0	1.0
ZnNa(1)	2.0	2.0
MoDTC(2)	4.0	4.0
MoDTC(3)	-	2.0
基础油组成： 60 % XHVI 5.2, 30 % HVI 60, 10 % MVIN 170		
抗氧化剂： 二苯胺		
SRV 摩擦		
摩擦系数： -	0.050	0.053
磨痕直径 mm： -	0.40	0.48

表 13
在 PUG 中具有 MoDTC(3) 的实验润滑脂配剂的摩擦系数

	实施例 41	实施例 42	实施例 43	实施例 44	实施例 45	实施例 46
主要添加剂 (质量%) :						
MoDTC(3)	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
ZnDTP(2)	-	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
ZnNa(1)	-	-	2.0	-	1.0	2.0
ZnDTC	-	-	-	1.5	1.5	1.5
SRV 摩擦	0.138	0.065	0.053	0.075	0.053	0.050
基础油组成:						
	75% HVI 160B					
	25% HVI 650					
	抗氧化剂 0.5%					