



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 02829398.3

[43] 公开日 2005 年 7 月 13 日

[11] 公开号 CN 1639310A

[22] 申请日 2002.5.30 [21] 申请号 02829398.3

[86] 国际申请 PCT/US2002/016888 2002.5.30

[87] 国际公布 WO2003/106600 英 2003.12.24

[85] 进入国家阶段日期 2005.1.31

[71] 申请人 爱什兰股份有限公司

地址 美国肯塔基州

[72] 发明人 Z·张 F·E·洛克沃德

[74] 专利代理机构 上海专利商标事务所有限公司

代理人 周承泽

权利要求书 6 页 说明书 15 页

[54] 发明名称 用石墨纳米颗粒和碳纳米管提高液体热导率

[57] 摘要

本发明描述了热导率提高的液体组合物，大于其常规类似物 250%，以及制备这些液体的方法。组合物中至少包含油或水等液体介质，和提高液体热导率所需有效量的碳纳米材料。一种优选的碳纳米材料是高热导率石墨，其热导率优于所分散的纯液体，通过研磨，粉碎或自然形成，平均粒径小于 500 纳米，优选小于 200 纳米，最优选小于 100 纳米。通过一种或多种不同方法将石墨分散在液体中，包括超声处理，粉碎和化学分散。虽然还可以使用其他碳纳米材料，但是具有石墨结构的碳纳米管是另一种优选的碳纳米材料来源。为了获得长期稳定性，优选使用一种或多种化学分散剂。与不含碳纳米材料的液体相比，热导率的提高基本上正比于碳纳米材料(碳纳米管和/或石墨)的添加量。

1. 一种热导率提高的液体组合物，包括：
具有选定热导率的有效量纯溶液；
- 5 分散在所述纯溶液中的有效量碳纳米材料，所述碳纳米材料具有大于纯溶液的热导率；
有效量的至少一种化学分散剂。
2. 如权利要求1所述的组合物，其特征在于所述碳纳米管是单壁或多壁的，典型长径比是500-5000。
- 10 3. 如权利要求1所述的组合物，其特征在于所述碳纳米管经过表面处理，表面具有亲水性，方便分散在水性介质中。
4. 如权利要求所述的组合物，其特征在于所述分散剂能溶于所述液体介质中。
5. 如权利要求1所述的组合物，其特征在于所述液体介质选自石油馏出物和合成石油。
- 15 6. 如权利要求1所述的组合物，其特征在于所述化学分散剂是表面活性剂。
7. 如权利要求6所述的组合物，其特征在于所述表面活性剂选自离子性表面活性剂以及非离子性和离子性表面活性剂的混合物。
8. 如权利要求1所述的组合物，其特征在于所述分散剂是分散剂-清洁剂(DI)的添加剂组合。
- 20 9. 如权利要求1所述的组合物，其特征在于所述液体介质是水基溶液。
10. 如权利要求9所述的组合物，其特征在于所述分散剂是壬基苯氧基聚(乙烯氧)乙醇类表面活性剂。
12. 如权利要求1所述的组合物，其特征在于所述液体是凝胶或浆料形式的均匀分散液。
- 25 14. 如权利要求1所述的组合物，其特征在于所述液体是油脂。
15. 如权利要求1所述的组合物，其特征在于所述碳纳米材料包括碳纳米管和石墨纳米颗粒。
16. 如权利要求1所述的组合物，其特征在于所述碳纳米材料选自碳纳米管，石墨纳米颗粒以及它们的组合。
- 30 17. 如权利要求1所述的热导率提高液体组合物，其特征在于达到要求的热导率提高的碳纳米材料有效量不超过20重量%。

18. 如权利要求 1 所述的热导率提高液体组合物, 其特征在于达到要求的热导率提高的碳纳米材料有效量是 0.001 到 10 重量%。
19. 如权利要求 1 所述的热导率提高液体组合物, 其特征在于达到要求的热导率提高的碳纳米材料有效量是 0.01 到 5 重量%。
- 5 20. 如权利要求 1 所述的热导率提高液体组合物, 其特征在于含有一定量的油。
21. 如权利要求 1 所述的热导率提高液体组合物, 其特征在于含有一定量的水。
22. 如权利要求 1 所述的热导率提高液体组合物, 其特征在于碳纳米材料的有效量不超过 90 重量%。
- 10 23. 如权利要求 1 所述的热导率提高液体组合物, 其特征在于碳纳米材料的有效量不超过 10 重量%。
24. 如权利要求 1 所述的热导率提高液体组合物, 其特征在于碳纳米材料的有效量是 0.001 到 2.0 重量%。
- 15 25. 如权利要求 1 所述的热导率提高液体组合物, 其特征在于碳纳米材料的热导率大于 80W/m-K。
26. 如权利要求 1 所述的热导率提高液体组合物, 其特征在于碳纳米材料的热导率大于所述纯液体。
27. 如权利要求 1 所述的热导率提高液体组合物, 其特征在于所述纯液体包
- 20 括石油液体介质, 选自石油馏出物, 合成石油, 油脂, 凝胶, 油溶性聚合组合物及其混合物。
28. 如权利要求 1 所述的热导率提高液体组合物, 其特征在于所述纯液体选自 I 类(溶剂精炼矿物油), II 类(氢化裂解矿物油), III 类(重度氢化裂解加氢油), IV 类(聚 α 烯烃) 和 VI 类(酯, 环烷和聚烷基二醇) 及其混合物。
- 25 29. 如权利要求 1 所述的热导率提高液体组合物, 其特征在于所述纯液体选自合成烃油, 卤素取代烃油, 聚合和内聚烯烃, 聚丁烯, 聚丙烯, 丙烯-异丁烯共聚物, 氯化聚丁烯, 聚(1-辛烯), 聚(1-癸烯), 烷基苯, 十二烷基苯, 十四烷基苯, 二壬基苯, 二-(2-乙基己基) 苯, 多聚苯, 联苯, 三联苯, 烷基化多聚苯, 烷基化二苯醚和烷基化二苯硫及其混合物。
- 30 30. 如权利要求 1 所述的热导率提高液体组合物, 其特征在于所述纯液体包括选自苯二甲酸, 琥珀酸, 烷基琥珀酸和烯基琥珀酸, 马来酸, 壬二酸, 辛二

酸，癸二酸，富马酸，己二酸，烯基丙二酸的二羧酸，与选自丁醇，己醇，十二烷基醇，2-乙基己醇，乙二醇二乙醇单醚，丙二醇的醇的酯，己二酸二丁酯，癸二酸二(2-乙基己基)酯，富马酸二己酯，癸二酸二辛酯，壬二酸二异辛酯，壬二酸二异癸酯，苯二甲酸二辛酯，苯二甲酸二癸酯，癸二酸(dicicosyl)酯，亚油酸二聚物的2-乙基己基二酯，1摩尔癸二酸与2摩尔四甘醇和2摩尔2-乙基己酸反应形成的复合酯及其混合物。

31. 如权利要求1所述的热导率提高液体组合物，其特征在于所述纯液体选自 C_5 到 C_{12} 单羧酸与多元醇和多羟基醚，例如新戊二醇，三羟甲基丙烷，季戊四醇，二季戊四醇，三季戊四醇及其混合物制成的酯。

10 32. 如权利要求1所述的热导率提高液体组合物，其特征在于所述纯液体选自 100°C 时的粘度高达100厘沱的聚 α 烯烃。

33. 如权利要求1所述的热导率提高液体组合物，其特征在于所述纯液体选自合成基油酯添加剂，包括多元醇酯，二酯，二脂肪族二酯或烷基羧酸，壬二酸二-2-乙基己基酯，己二酸二-异癸基酯，己二酸二-十三烷基酯及其混合物。

15 34. 如权利要求1所述的热导率提高液体组合物，其特征在于所述纯液体选自二酯，包括二羧酸的脂肪族二酯，烷基二羧酸的二烷基脂肪族二酯，壬二酸二-2-乙基己基酯，壬二酸二-异癸酯，壬二酸二-十三烷基酯，己二酸二-异癸酯，己二酸二-十三烷基酯及其混合物。

20 35. 如权利要求1所述的热导率提高液体组合物，其特征在于所述纯液体选自硫化度小于0.03，饱和度大于或等于90，粘度指数大于或等于120的氢化油。

36. 如权利要求1所述的热导率提高液体组合物，其特征在于所述纯液体是 100°C 时的粘度为2到60厘沱的氢化油。

37. 如权利要求1所述的热导率提高液体组合物，其特征在于所述纯液体是含量高达99体积%的氢化油。

25 38. 如权利要求1所述的热导率提高液体组合物，其特征在于所述纯液体选自水基溶液，包括醇及其衍生物。

39. 如权利要求1所述的热导率提高液体组合物，其特征在于所述纯液体选自水基溶液，包括乙二醇，丙二醇，甲醇，乙醇，丙醇，异丙醇及其组合。

30 40. 如权利要求1所述的热导率提高液体组合物，其特征在于所述分散剂选自含亲脂性烃基和极性官能化亲水性基团的物质。

41. 如权利要求1所述的热导率提高液体组合物，其特征在于所述极性官能

化亲水性基团选自羧酸, 酯, 胺, 酰胺, 亚胺, 酰亚胺, 羟基, 醚, 环氧化物, 磷, 酯羧基, 酸酐或腈。

42. 如权利要求 1 所述的热导率提高液体组合物, 其特征在于所述分散剂是常用于石油工业的无灰分散剂, 选自 N-取代聚异丁烯基琥珀酰亚胺和琥珀酸酯, 烯丙基甲基丙烯酸酯-乙烯基吡咯烷酮共聚物, 甲基丙烯酸烷基酯-甲基丙烯酸二烷基氨基乙酯共聚物, 甲基丙烯酸烷基酯-聚乙二醇甲基丙烯酸酯共聚物和聚硬脂酰胺。

43. 如权利要求 1 所述的热导率提高液体组合物, 其特征在于所述分散剂是油基分散剂, 选自烷基琥珀酰亚胺, 琥珀酸酯, 高分子量胺, Mannich 碱衍生物, 磷酸衍生物, 聚异丁烯基琥珀酰亚胺-聚乙烯聚胺, 聚异丁烯基琥珀酸酯, 聚异丁烯基羟苄基-聚乙烯聚胺和双-羟丙基磷酸酯。

44. 如权利要求 1 所述的热导率提高液体组合物, 其特征在于所述分散剂的有效量是 0.001 到 30 重量%。

45. 如权利要求 1 所述的热导率提高液体组合物, 其特征在于所述分散剂的有效量是 0.5 到 20 重量%。

46. 如权利要求 1 所述的热导率提高液体组合物, 其特征在于所述分散剂的有效量是 2 到 6 重量%。

47. 如权利要求 1 所述的热导率提高液体组合物, 其特征在于所述纳米材料的有效量是 0.0001 到 50 重量%。

48. 如权利要求 1 所述的热导率提高液体组合物, 其特征在于所述分散剂选自高分子聚胺分散抑制剂组合, 高分子量琥珀酰亚胺分散抑制剂组合, 含油高分子量琥珀酰亚胺和酯的混合分散剂, 双-琥珀酰亚胺, 壬基苯氧基聚(乙烯氧), OLOA 9061 分散剂, LUBRIZOL 4999 分散剂, LUBRIZOL 9802A 分散剂, LUBRIZOL 9802AC 分散剂, INFINEUM C9231 分散剂, INFINEUM C9232 分散剂, INFINEUM C9235 分散剂, LUBRIZOL QS154250 分散剂。

49. 如权利要求 1 所述的热导率提高液体组合物, 其特征在于包含有效量的粘度改进剂, 选自烯烃共聚物(OCP), 聚甲基丙烯酸酯(PMA), 氢化苯乙烯-二烯(STD), 苯乙烯-聚酯(STPE)聚合物和烯烃共聚物。

50. 如权利要求 1 所述的热导率提高液体组合物, 其特征在于包含有效量的至少一种倾点抑制剂, 选自烷基萘, 丙烯酸共聚物, 聚甲基丙烯酸酯, 聚延胡索酸酯, 苯乙烯酯, 低聚烷基苯酚, 苯二甲酸酯, 乙烯乙酸乙烯酯共聚物和其他混合碳氢聚合物。

51. 如权利要求 1 所述的热导率提高液体组合物，其特征在于包含有效量的防锈剂和氧化抑制剂。
52. 如权利要求 1 所述的热导率提高液体组合物，其特征在于包含有效量的脱乳剂。
- 5 53. 如权利要求 1 所述的热导率提高液体组合物，其特征在于包含有效量的泡沫抑制剂。
54. 如权利要求 1 所述的热导率提高液体组合物，其特征在于包含有效量的密封溶胀剂。
55. 一种提高液体组合物热导率的方法，包括以下步骤：
- 10 选择具有一定热导率的纯液体；
选择碳纳米材料；
将热导率大于纯液体的碳纳米材料分散在所述纯液体中；
加入至少一种化学分散剂。
56. 如权利要求 55 所述提高液体组合物热导率的方法，其特征在于包括对所述分散的纳米材料溶液进行预剪切的步骤。
- 15 57. 如权利要求 56 所述提高液体组合物热导率的方法，其特征在于所述预剪切步骤选自通过喷嘴产生湍流，通过高压喷油器产生湍流，超声处理装置及其组合，获得稳定的粘度。
58. 一种提高液体组合物热导率的方法，包括以下步骤：
- 20 选择具有一定热导率的纯液体；
选择碳纳米材料；
选择至少一种化学分散剂；
将分散剂溶解在纯液体中，形成液体介质；
将碳纳米颗粒加入液体介质中，同时进行搅拌或超声处理。
- 25 59. 如权利要求 58 所述提高液体组合物热导率的方法，其特征在于包括对分散的纳米材料溶液进行预剪切的步骤。
60. 如权利要求 59 所述提高液体组合物热导率的方法，其特征在于所述预剪切步骤选自通过喷嘴产生湍流，通过高压喷油器产生湍流，超声处理装置及其组合，获得稳定的粘度。
- 30 61. 一种提高液体组合物热导率的方法，包括以下步骤：
选择具有一定热导率的纯液体；

选择碳纳米材料；

选择至少一种化学分散剂；

将碳纳米材料溶解在纯液体中，形成液体介质；

将化学分散剂加入液体介质中，同时进行搅拌或超声处理。

- 5 62. 如权利要求 61 所述提高液体组合物热导率的方法，其特征在于包括对分散的纳米材料溶液进行预剪切的步骤。

63. 如权利要求 62 所述提高液体组合物热导率的方法，其特征在于所述预剪切步骤选自通过喷嘴产生湍流，通过高压喷油器产生湍流，超声处理装置及其组合，获得稳定的粘度。

用石墨纳米颗粒和碳纳米管提高液体热导率

5 发明背景

本申请是政府项目，能源部合同号 W031-109-ENG-38 的一部分。政府对本发明具有一定权利。

技术领域

10 将具有一定热导率的碳纳米材料分散在作为介质的液体中，能够制得热导率提高的液体。用物理和化学处理方法实现分散。描述了制造方法并确定了液体组合物，说明使用选定的分散剂和混合方法，将碳纳米材料分散在水相和/或石油液体介质中，形成稳定的碳纳米材料分散液，能够获得提高的热导率。

15 现有技术

各种类型的润滑剂和冷却剂在设备和制造方法中被用来消除多余热量和其他目的。通常，水是最优选的散热剂，但是为扩大其工作范围，有时要添加乙二醇和/或丙二醇等防冻剂，其含量一般大于 10 体积%，例如，汽车冷却剂一般是 50-70%乙二醇的水溶液。防冻液的热导率只是水的 2/3 左右。又由于各种原因，不能在许多过程和应用中使用水，而使用一种油，例如矿物油，聚 α 烯烃油，酯合成油，氧化乙烯/氧化丙烯合成油，聚亚烷基二醇合成油等。这些油的热导率在室温下一般是 0.1 到 0.7W/m-K，作为传热剂时的可比热导率是 0.61W/m-K，比水差。通常这些油具有许多其他重要功能，被仔细调配成精确规格，用于磨擦，磨损性能，低温性能等目的。设计者经常会期望一种比普通油热导率更高的液体，但又必须限制其属于油类，因为该液体还必须满足许多其他参数的要求。

25 石墨固体在润滑剂等液体中的应用是众所周知的。石墨作为减摩剂被加入液体中，也可以承担一部分加载在工作液体上的负载，从而有助于减轻对工作部件表面的损坏；然而在常规应用中，石墨的热导性能并不是重要的考虑因素。

30 虽然已有很多关于含石墨润滑剂的专利文件，如美国专利 6169059，但都没有明确依靠石墨来提高液体热导率的。

虽然含石墨的汽车发动机油一度实现了商业化（ARCO 石墨），但是用石墨作为油中传热促进材料的潜力还尚未利用。所用石墨的粒径（1 到几微米左右）大于本发明中的粒径。结果是，被混入上述汽车发动机油的石墨，在液体中具有强烈的沉淀倾向。这种粒径的石墨也会明显影响液体的磨擦和磨损特性，迄今为止一直被用来降低磨擦和提高液体的磨损性能，例如，用于金属加工液体中。在再循环系统的润滑剂中使用石墨不是很常见的，部分原因是，美国国家航空和宇宙航行局的文件认为，石墨会在有限流动区域内因密集接触“而堆积”，从而导致润滑剂匮乏。从未就石墨粒径对该现象的影响进行过研究。而且，现有技术参考文献中也没有说明使用平均粒径小于 500 纳米的石墨颗粒能够提高液体的热导率。

碳纳米管是由碳原子形成的一种新颖纳米材料，具有不同于其他形式碳材料的特性。它具有均匀的原子结构，很高的长径比，和异常的机械性能（强度和柔性），非常适合作为复合材料和其他结构材料中的增强纤维。

碳纳米管的特征是，一般具有包括碳纳米纤维的坚硬多孔碳三维结构，高表面积和高孔隙率，低体积密度，少量微孔和增强的压碎强度。本方法适用于含有或不含无定形碳的纳米管。

术语“纳米纤维”是指横截面（例如有棱的角状纤维）或直径（例如圆形的）小于 1 微米的长形结构。该结构可以是中空或实心的。因此，该术语包括“巴基管”和“纳米管”。术语纳米纤维也指各种纤维，特别是直径很小的碳纤维，包括纤丝，晶须，纳米管，巴基管等。由于其尺寸和形状的原因，在混入结构中时能提供很大的表面积。而且，制得的这些纤维可以具有很高的纯度和均匀性。优选本发明所用的纳米纤维直径小于 1 微米，较优选小于约 0.5 微米，更优选小于 0.1 微米，最优选小于 0.05 微米。碳纳米管一般是具有几纳米到几十纳米直径的中空石墨管，以分散的纤维或纳米纤维聚集物形式存在。

术语“内部结构”是指集合体的内部结构，包括纤维相对取向，纤维取向多样性及其总体平均，纤维彼此接近度，因为纤维之间的缝隙和空间所产生的空穴或孔隙，以及由于空穴和/或孔隙的连通所形成流动管道或通道的尺寸，形状，数量和取向。该结构还可以包括与组成集合体的聚集颗粒的尺寸，空间和取向有关的特性。术语“相对取向”是指单个纤维或聚集体相对于其他纤维的方向（即，对准的或不对准的）。纤维或集合体取向的“多样性”和“总体平均”是指结构内纤维取向的范围（相对于结构外表面的对准情况和方向）。

可以用碳纤维形成坚硬的集合体或制造成 3.5 到 7. 纳米范围的直径。本申请中所称纤丝，巴基管，纳米管和晶须是与作为商用增强材料的连续碳纤维有区别的。与比较大但是不可避免地具有有限长径比的纳米纤维相比，连续碳纤维的长径比（长度/直径）至少是 10^4 ，通常是 10^6 甚至更大。连续纤维的直径也远大于纤丝直径，一般大于 1.0 微米，通常是 5 到 7 微米。连续碳纤维是通过有机前体纤维的高温分解制成的，有机前体纤维通常是人造丝，聚丙烯腈（PAN）和沥青。因此，其结构中可能包含杂原子。“所制得”连续碳纤维的石墨性质是不同的，但是可以随后对其进行石墨化处理步骤。如果石墨平面的石墨化度，取向和结晶度存在差别的话，则可能存在的杂原子，甚至衬底直径中的绝对差也会导致对连续纳米纤维化学性质的预测很差。碳纳米纤丝是直径小于 1.0 微米的蠕形碳沉积物，优选小于 0.5 微米，更优选小于 0.2 微米，最优选小于 0.05 微米。它们以各种形式存在，通过在金属表面对各种含碳气体进行催化分解而制得。

碳纳米管通常是直径为几纳米到几十纳米的中空石墨细管。碳纳米管以多种形式存在。纳米纤维可以是分散的纤维或纳米纤维聚集物的形式。前者导致具有相当均匀特性的结构。后者导致两层结构，其整体宏观结构中包括结合在一起形成多孔物质的纳米纤维聚集颗粒，和单个聚集颗粒中的缠绕纳米纤维微观结构。例如，一种碳纤丝的特征是，具有基本恒定的直径，长度是直径的 5 倍，催化生长，多重，基本连续的有序碳原子层组成的有序外区（有序碳原子层的外径是大约 3.5 和 70 纳米）和清晰的内核区。各个层和核心都基本同心地位于纤丝圆柱轴周围。纤丝中基本不含热解沉积的碳，纤丝的直径等于有序外区的外径。

而且，适用于本方法的碳纤维是一种圆柱碳纤维，其特征是具有 3.5 和约 70 纳米之间基本恒定的直径，长度是直径的大约 5 倍，包括多重有序碳原子层的外区和清晰的内核区，各个层和核心都同心地位于纤丝圆柱轴的周围。优选整个纤丝中基本不含热裂碳外层。这里用术语“圆柱形”表示宽泛几何概念，即表面一条直线平行于一固定直线移动，并与一曲线相交形成的表面。圆形或椭圆形是圆柱形多种可能曲线中的两种。纤丝的内核区可以是中空的，或者可能含有其有序性不如外区的碳原子。这里用“有序碳原子”表示其 c 轴基本垂直于纤丝圆柱轴的石墨畴。在一个实施方式中，纤丝长度是直径的大约 20 倍。在另一个实施方式中，纤丝直径在大约 7 和 25 纳米之间。在另一个实施方式

中，内核区的直径大于约 2 纳米。

将纳米管分散在有机和水相介质中是一个很大的挑战。纳米管倾向于发生聚集，形成聚集体，从分散液中分离出来。

5 有些工业应用要求一种制备选定纳米材料在液体介质中稳定分散液的方法。例如，Strumban 的美国专利提出了表面活性剂和油介质的用途；但是，其颗粒是 0.01 微米的 Cu-Ni-Sn-Zn 合金颗粒，其悬浮液能在大约 30 天的有限时间内保持稳定。而且，其所用的表面活性剂不包括常用于润滑剂工业的分散剂。

Uchida 等人的美国专利 5560898 提出了含有表面活性剂的水相液体介质；但是，其分散液的稳定性根本不重要，因为在分散时进行了离心。

10 Shibuta 的美国专利 5853877 提出将解缠结的纳米管分散在极性溶剂中，形成具有分散剂等添加剂的涂布组合物；但是没有提供获得稳定分散液的方法。

Tennent 等人的美国专利 6099965 使用捏合机在液体介质中混合分散剂和其他反应剂，但是没有说明如何保持分散液的稳定性。

15 美国专利 5165909 提到了碳纳米管在材料中提供热导性的可能；但是，该专利中没有提供所制备碳纤丝热导率的实际测量方法，因此根据石墨结构对热导率的推断是一般性和推论性的。具有高热导率的大块石墨可以从 POCO GRAPHITE 作为热导率大于 100W/m-K 的石墨泡沫获得，也可以从具有高热导率的碳化物获得。必须通过各种方法将这些大块材料破碎成纳米尺寸的粉末，才能用于本发明中。

20

发明概述

在本发明中，通过将一定热导率 (W/m-K) 的碳纳米材料分散在作为液体溶剂介质或载体的纯液体中，制备热导率提高的液体。通过物理和化学处理方
25 法，使纳米材料分散在液体介质中，制得热导率高于纯液体的液体组合物。

本发明提供了热导率大于常规类似物达 250% 的液体组合物，以及制造这些液体的方法。组合物中至少包括油或水等液体介质，以及提高液体热导率所需有效量的颗粒。石墨是高热导率石墨，其热导率优于要被分散的纯液体，进行研磨，粉碎，或者天然获得，平均粒径小于 500 纳米，优选小于 200 纳米，最
30 优选小于 100 纳米。通过一种或多种不同方法，将石墨分散在液体中，包括超声处理，粉碎和化学分散。具有石墨结构的碳纳米管是另一种优选的碳纳米材

料来源，不过其他纳米材料也是可以接受的。为了获得长期稳定性，优选使用一种或多种化学分散剂。与不含碳纳米材料的液体相比，其热导率的增加正比于碳纳米材料的添加量。

5 本发明提供了一种含有不超过 90%碳纳米材料的液体。在纳米材料负载不超过 20 重量%，较优选是 0.001 到 10 重量%，更优选是 0.01 到 2.5 重量%的范围内获得非常好的结果。在本发明中，含有不超过 2.5 重量%碳纳米材料的纳米管/纳米颗粒在油中的稳定分散液能令人吃惊地提高液体的热性质。优选添加至少一种或多种化学分散剂和/或表面活性剂，获得长期稳定性。本发明中的术语“分散剂”是指向介质中添加的表面活性剂，能促进非常细的固体颗粒，
10 通常是胶体尺寸的颗粒形成的均匀分散液。在润滑剂工业中，通常用术语“分散剂”描述长链油溶性或油分散性化合物，能够起到分散发动机中所形成“低温淤渣”的作用。本发明中的术语“表面活性剂”是指任何能在溶解于液体时降低其表面张力，或者降低两种液体或液体与固体之间界面张力的化合物。包括但不限于由两种组分形成的长链分子：亲水组分和亲脂组分。亲水和亲脂
15 组分是指分子中分别对水和对油具有亲合力的组分。表面活性剂和分散剂这两个术语在本发明大多数情况下可以互换使用。本发明含颗粒的液体具有大于纯液体的热导率，这时术语“纯”是指加入颗粒之前的液体。液体中可以有加入的任何化学试剂，或者加其它类型的颗粒，使其具有要求的特性，例如减摩剂，抗磨损剂或抗蚀剂，清洁剂，抗氧化剂等。而且，本发明中的术语液体具有宽
20 泛定义，包括浆料，凝胶，油脂，泡沫和有机或水相介质中的液晶相，乳剂和微乳剂。

如上所述，优选的碳纳米材料限于热导率高于纯液体的任何石墨纳米材料。例如，油的热导率大约是 0.2W/m-K；防冻剂（水和醇和/或二醇混合物）的热导率通常大约是 0.4W/m-K；水的热导率大约是 0.6W/m-K。对于大多数应用而言，所选择的碳纳米管或石墨纳米颗粒形式的碳纳米材料具有大于
25 80W/m-K 的热导率。优选的碳纳米材料是碳纳米管。

含有碳纳米材料的分散液中还可以含有大量一种或多种其他化合物，例如聚合物，抗磨损剂，减摩剂，抗蚀剂，清洁剂，金属钝化剂，抗氧化剂等，这些化合物并不能帮助分散，但是能够使分散液稠化，或者产生其他要求的液体
30 特征。

而且，可以在湍流，例如喷嘴或高压喷油器，或超声装置中，对分散的纳

米材料溶液产生预剪切作用，获得稳定的粘度。当使用高长径比的碳纳米管作为碳纳米材料来源时这可能是需要的，因为会使液体稠化，但是在暴露于发动机等湍流中时会减小粘度。

5 优选实施方式说明

本发明提供了碳纳米材料在液体介质中的分散液，与相同介质的传统液体相比具有更高的热导率。

10 优选的碳纳米材料是碳纳米管，纳米管可以是单壁或多壁的，其直径通常是1-500纳米。更优选其直径是10-30纳米左右。管的长度是亚微米和微米级的，通常是500纳米到500微米。更优选长度是1微米到100微米。管的长径比可以是几百到几千，更优选是500到5000。可以对纳米管的表面进行化学处理，获得一定程度的亲水性，也可不对其进行处理。其他可以接受的碳纳米材料可以从Decatur, Texas, POCOFOAM的PocoGraphite, Inc.获得的POCOFOAM，这是一种高热导率泡沫石墨，其热导率是100到150W/m-K。为了用于本发明，
15 必须将其粉碎成很细的粉末，化学分散和物理分散在选定液体中，然后球磨或采用其他方法使平均粒径小于500纳米。研磨获得颗粒的粒径越小越好。总的来说，可以使用高热导率的任何石墨，只要能够通过粉碎，研磨和其他化学与物理方法，使最终石墨颗粒的平均粒径小于500纳米即可。

20 油基料

石油液体介质可以是任何石油馏出物或合成石油油料，油脂，凝胶或油溶性聚合组合物。更一般是用于润滑剂工业中的矿物基料或合成基料，例如I类（溶剂精炼矿物油），II类（氢化裂解矿物油），III类（重度氢化裂解加氢油，有时称为合成或半合成油），IV类（聚 α 烯烃），和VI类（酯，环烷及其他）。

25 优选聚 α 烯烃，合成酯和聚烷基二醇。

合成润滑油包括烃油和卤素取代烃油，例如聚合和内聚烯烃（例如，聚丁烯，聚丙烯，丙烯-异丁烯共聚物，氯化聚丁烯，聚（1-辛烯），聚（1-癸烯）等，及其混合；烷基苯（例如十二烷基苯，十四烷基苯，二壬基苯，二-（2-乙基己基）苯等）；多聚苯（例如联苯，三联苯，烷基化多聚苯等），烷基化
30 二苯醚和烷基化二苯硫和衍生物，其类似物和同族物等。

另一类已知的合成油是烯化氧聚合物和内聚物及其衍生物，其中的端羟基

已被酯化改性或醚化改性。

另一类适用的合成油包括二羧酸（例如苯二甲酸，琥珀酸，烷基琥珀酸和烯基琥珀酸，马来酸，壬二酸，辛二酸，癸二酸，富马酸，己二酸，烯基丙二酸等）与各种醇（例如丁醇，己醇，十二烷基醇，2-乙基己基醇，乙二醇二乙二醇单醚，丙二醇等）的酯。这些酯的具体例子包括己二酸二丁酯，癸二酸二（2-乙基己基）酯，富马酸二-己酯，癸二酸二辛酯，壬二酸二异辛酯，壬二酸二异癸酯，苯二甲酸二辛酯，苯二甲酸二癸酯，癸二酸(dicicosyl)酯，亚油酸二聚物的2-乙基己基二酯，1摩尔癸二酸与2摩尔四甘醇和2摩尔2-乙基己酸反应形成的复合酯，和类似物。

10 适合于作为合成油的酯还包括从 C_5 到 C_{12} 的单羧酸和多元醇与多羟基醚，例如新戊二醇，三羟甲基丙烷，季戊四醇，二季戊四醇，三季戊四醇等制成的物质。其他合成油包括含磷酸的液体酯（例如磷酸三甲苯酯，磷酸三辛酯，癸基磷酸的二乙酯等），聚合四氢呋喃和类似物。

适用于本发明的聚 α 烯烃(PAO)包括BP Amoco Corporation出售的DURASYN液体，Exxon-Mobil Chemical Company（以前的Mobil Chemical Company）出售的SHF液体，和Ethyl Corporation出售的ETHYLFLO或ALBERMARLE。PAO包括Ethyl Corporation，“Albermarle Corporation”出售的ETHYL-FLOW系列，包括ETHYL-FLOW 162，164，166，168和174，这些物质具有大约2到460厘沱的不同粘度。

20 Exxon-Mobil Chemical Company的MOBIL SHF-42，Quantum Chemical Company的EMERY 3004和3006能够作为其他聚 α 烯烃基料。例如，EMERY 3004聚 α 烯烃在212° F（100°C）具有3.86厘沱（cSt）的粘度，在104° F（40°C）具有16.75厘沱的粘度。其粘度指数是125，倾点是-98° F，闪点大约是432° F，燃点大约是478° F。而且，EMERY 3006聚 α 烯烃在212° F具有5.88厘沱的粘度，在104° F具有31.22厘沱的粘度。粘度指数是135，倾点是-87° F。

25 其他令人满意的聚 α 烯烃是Uniroyal Inc.出售的SYNTON PAO-40，它是40厘沱的聚 α 烯烃。

能够设想，还能使用从Chevron-Texaco Corporation的分支机构Gulf Oil Chemicals Company购得的Gulf Synfluid 4厘沱PAO，该物质在很多方面都与EMERY 3004很相似。从Mobil Chemical Corporation购得的MOBIL SHF-41 PAO在很多方面也与EMERY 3004相似。

特别适用的聚 α 烯烃在 100°C 具有不超过 100 厘沱的粘度，更优选其粘度是 2 和 10 厘沱。

5 最优选的合成基料油酯添加剂是多元醇酯和二酯，例如烷基羧酸的二脂肪族二酯，如壬二酸二-2-乙基己基酯，己二酸二-异癸酯和己二酸二-十三烷基酯，从 Emery Chemicals 购得的 EMERY 2960，如 Waynick 的美国专利 4859352 所述。其他适用的多元醇酯是由 Mobil Oil 制造的。MOBIL 多元醇酯 P-43，含有两个醇的 NP343 和 Hatco Corp. 2939 是特别优选的。

使用了二酯和其他合成油作为液体润滑剂中矿物油的替代品。二酯具有出众的低温流动特性和很好的氧化裂解耐受性。

10 二酯油包括二羧酸的脂肪族二酯，或者二酯油可以包括烷基二羧酸的二烷基脂肪族二酯，例如壬二酸二-2-乙基己基酯，壬二酸二-异癸酯，壬二酸二-十三烷基酯，己二酸二-异癸酯，己二酸二-十三烷基酯。例如，壬二酸二-2-乙基己基酯可以是来自 Emery Chemicals 购得的 EMERY 2958。

同样适用的多元醇酯，还有从 Emery Group of Henkel Corporation 购得的 EMERY 2935, 2936 和 2939，从 Hatco Corporation 购得的 HATCO 2352, 2962, 15 2925, 2938, 2939, 2970, 3178 和 4322 多元醇酯，如 Ohtani 等人在美国专利 5344579 中所述，和从 Exxon-Mobil Chemical Company 购得的 MOBIL ESTER P 24。可以使用二羧酸，二醇和一元酸或单羟基醇反应制成的酯，例如从 Quantum Chemical Corporation 购得的 EMERY 2936 合成润滑剂基料和从 Exxon-Mobil 20 Chemical Company 购得的 MOBIL P 24。多元醇酯对氧化和水解具有很好的稳定性。本发明所用的多元醇酯优选具有大约-100°C 或低于-40°C 的倾点，在 100°C 时具有大约 2 到 100 厘沱的粘度。

氢化油是经过氢化作用的矿物油，或者在特殊条件下氢化裂解除去不利化学组合物和杂质之后制得的具有合成油组分和特性的基料油。通常，美国石油 25 学会将氢化油定义为 III 类基料油，硫含量小于 0.03，饱和度大于或等于 90，粘度指数大于或等于 120。最适用的矿物油在 100°C 时具有 2 到 60 厘沱的粘度。氢化油通常能提供优于不含合成油基料的发动机油的性能。氢化油可以作为本发明的唯一基料油组分，提供优于传统矿物油基料的性能，或者作为矿物油和/或合成油的混合料。这种油的一个例子是 YUBASE-4。

30 与另一种传统合成油组合使用时，例如含油聚 α 烯烃或酯的物质，或者与矿物油组合使用时，氢化油在基料油组合物的含量可以高达 99 体积%，较优选

是大约 10 到 80 体积%，更优选是 20 到 60 体积%，最优选是 10 到 30 体积%。

在本发明中，可以混入 I 类或 II 类的矿物油基料作为浓缩物的一部分，或者作为添加浓缩物的基料。优选的矿物油基料是 100° F 时 SABOLT UNIVERSAL 粘度为 325 SUS 的溶剂精炼油 ASHLAND 325 Neutral，和 100° F 时 SABOLT
5 UNIVERSAL 粘度为 100 SUS 的溶剂精炼油 ASHLAND 100 Neutral，都由 Marathon Ashland Petroleum 制造。

其他可用的石油基液体组合物包括粘度范围在大约 20-400 厘沱的石蜡油，石蜡族和 MVI 环烷油。优选的石蜡油包括从 Witco Corporation, Arco Chemical Company, PSI 和 Penreco 购得的产品。优选的石蜡族油包括从 Exxon-Mobil
10 Chemical Company 获得的 API I 类和 II 类油，从 Shell Chemical Company 获得的 HVI 中性油，和从 Arco Chemical Company 获得的 II 类油。优选的 MVI 环烷油包括从 Equilon Enterprises and San Joaquin Refining 获得的溶剂萃取油，从 Equilon Enterprises and Ergon Refining 获得的氢化处理油，和 Calumet 出售的 HYDROCAL 和 CALSOL 环烷油，如 Oldiges 的美国专利 5348668
15 中所述。

最后，还可以提高植物油的热导率，作为本发明的液体介质。

水相介质

优选的水相介质是水，或者是任何水基溶液，包括醇或其衍生物，例如乙
20 二醇，丙二醇，或任何水溶性无机盐，例如钼酸盐，硝酸盐，亚硝酸盐，甲醇，乙醇，丙醇，异丙醇及其组合，或者有机化合物，例如芳香族和/或脂肪族羧酸，特别是短链单羧酸和二羧酸。这些溶液通常作为抗冻组分，可以包括其他抗蚀添加剂，其中分散有碳纳米材料，提高其热性能。

25 分散剂

用于润滑剂工业的分散剂

润滑剂工业中所用的分散剂通常能够分散汽油和柴油发动机中形成的“低温淤渣”，也可以是“无灰分散剂”，或者含有金属原子。因为它们是很好的烟灰分散剂，所以适用于本发明中，烟灰是由发动机曲轴箱产生的无定形碳颗粒与灰尘和油脂的混合物。
30

常用于汽车工业中的无灰分散剂包括亲脂烃基和极性官能化亲水基团。极

性官能化基团可以是羧酸盐，酯，胺，酰胺，亚胺，酰亚胺，羟基，醚，环氧化物，磷，酯羧基，酸酐或腈。亲脂基团可以是低聚或聚合性的，通常含有 70 到 200 个碳原子，保证具有油溶性。用各种试剂进行处理引入极性官能团的碳氢聚合物包括先用马来酸酐或硫化磷或氯化磷处理聚异丁烯等聚烯烃，或者进行热处理，然后用聚胺，胺，氧化乙烯等进行处理所制得的产物。

在这些无灰分散剂中，常用于石油工业中的物质包括 N-取代聚异丁烯基琥珀酰亚胺和琥珀酸酯，烯丙基甲基丙烯酸酯-乙烯基吡咯烷酮共聚物，烷基甲基丙烯酸酯-二烷基氨基乙基甲基丙烯酸酯共聚物，烷基甲基丙烯酸酯-聚乙二醇甲基丙烯酸酯共聚物和聚硬脂酰胺。本申请中最重要的优选油基分散剂包括烷基琥珀酰亚胺，琥珀酸酯，高分子量胺，Mannich 碱和磷酸衍生物。一些具体例子是聚异丁烯基琥珀酰亚胺-聚乙烯聚胺，聚异丁烯基琥珀酸酯，聚异丁烯基羟苯基-聚乙烯聚胺，双羟丙基磷酸酯。例如，双琥珀酰亚胺是基于聚丁烯和胺的分散剂，适用于油基分散液，可以从 Infineum, USA, L.P. 以商品名 INFINEUM C9231, INFINEUM C9232 和 INFINEUM C9235 获得。C9231 是硼酸化的，C9232 和 C9235 则不是；但都是胺与聚合物比例不同的双琥珀酰亚胺。

可以将分散剂与润滑剂工业中所用的其他添加剂混合，形成“分散剂-清洁剂 (DI)” 添加剂组合，例如 LUBRIZOL™ 9802A 和/或浓缩组合 (LUBRIZOL™ 9802AC)，这是具有高分子量琥珀酰亚胺和以酯类分散剂作为活性组分的混合分散剂，其中还含有大约 5 到 9.9 重量%的烷基二硫代磷酸锌，1 到 4.9 重量%的取代苯酚，1 到 4.9 重量%的磺酸钙和 0.1 到 0.9 重量%的二苯胺；可以将整个 DI 组合用作碳纳米材料分散液的分散剂。

另一种优选的分散剂组合是 LUBRIZOL OS#154250，其中含有大约 20 到 29.9 重量%的聚烯烃酰胺烯烃胺，0.5 到 1.5 重量%的烷基亚磷酸酯，大约 1.1 重量%的磷酸和 0.1 到 0.9 重量%的二苯胺，其主要活性组分认为是聚异丁烯基琥珀酰亚胺和琥珀酸酯。另一种优选的分散剂组合是用于柴油发动机的高分子量琥珀酰亚胺 DI 组合 LUBRIZOL™ 4999，其中也含有大约 5 到 9.9 重量%的烷基二硫代磷酸锌。

其他种类的分散剂

本发明中还可以使用低 HLB 值 (通常小于或等于 8) 的表面活性剂或者表面活性剂混合物，优选是非离子性的，或者是非离子性与离子性物质的混合物。

用于水基碳纳米材料分散液，特别是碳纳米管分散液的分散剂应该具有高 HLB 值（通常小于或等于 10），优选使用壬基苯氧基聚（乙烯氧）乙醇（nonylphenoxy poly(ethylenoxy)ethanol）类表面活性剂。

在水基和油基情况下，分散剂应该是可溶于或可分散于液体介质中的。

- 5 分散剂含量可以是 0.001 到 30%，较优选 0.5 到 20%，更优选 1.0 到 8.0%，最优选 2 到 6 重量%。

- 碳纳米管或石墨纳米颗粒的含量可以是 0.0001 到 50 重量%，只要能获得选定液体介质要求的热性能提高即可。对于实际应用而言，碳纳米材料的有效量通常是 0.01 到 20%，更优选是 0.02 到 10%，最优选是 0.05 到 5%。配方中的
10 剩余部分是选定的介质，包括油，水，或提供润滑性，抗蚀性，粘度或类似性质所必需的化学添加剂的组合。

可以认为在本发明中，分散剂通过吸附在碳纳米管表面发挥作用。

其他化合物

- 15 分散液中还可以含有大量一种或多种其他化合物，优选是聚合物，这些化合物并不是为了分散目的，而是为了达到稠化或其他要求的液体特征。

- 用于润滑剂工业的增粘剂可以用于本发明的油介质中，包括烯烃共聚物（OCP），聚甲基丙烯酸酯（PMA），氢化苯乙烯-二烯（STD）和苯乙烯-聚酯（STPE）聚合物。烯烃共聚物是从乙烯和丙烯混合物通过钒基 Ziegler-Natta
20 催化反应制得的类似橡胶材料。苯乙烯-二烯聚合物是通过苯乙烯和丁二烯或异戊二烯的阴离子聚合反应制备的。聚甲基丙烯酸酯是通过烷基甲基丙烯酸酯的自由基聚合反应制备的。苯乙烯-聚酯聚合物的制备方法是：先使苯乙烯和马来酸酐共聚，然后用醇的混合物对中间体进行酯化。

- 可以用于本发明水相介质或油介质的其他化合物包括：丙烯酸聚合物，例
25 如聚丙烯酸和聚丙烯酸钠，乙烯氧化物的高分子量聚合物，例如从 Union Carbide 购得的 Polyox WSR，纤维素化合物，例如羧甲基纤维素，聚乙烯基醇（PVA），聚乙烯基吡咯烷酮（PVP），黄原胶和瓜尔豆角，多糖，烷醇酰胺，聚酰胺的胺盐，例如从 King Industries 购得的 DISPARLON AQ 系列，疏水改性氧化乙烯氨酯（例如，从 Rohmax 获得的 ACRY SOL 系列），硅酸酯，和填料，
30 例如云母，氧化硅，纤维素，木粉，粘土（包括有机粘土）和纳米粘土，和树脂聚合物，例如聚乙烯基丁缩醛树脂，聚氨酯树脂，丙烯酸树脂和环氧树脂。

用于润滑剂的其他化学添加剂，例如倾点抑制剂，也可以用于本发明中。大多数倾点抑制剂都是有机聚合物，不过一些非聚合物也是有效的。商用倾点抑制剂包括烷基萘，聚甲基丙烯酸酯，聚延胡索酸酯，苯乙烯酯，低聚烷基苯酚，苯二甲酸酯，乙烯乙酸乙烯酯共聚物和其他混合的碳氢聚合物。这些添加剂的处理含量通常比较低。在几乎所有情况下，都具有一个最佳浓度，高于或低于这个值都会使倾点抑制剂变得不太有效。

由 Bellefonte, Pennsylvania 的 Supeleo Inc. 制造的 Acryloid 3008 丙烯酸共聚物是适用于本发明的倾点抑制剂。

本发明中还可以使用其他用于润滑剂的化学添加剂，例如防锈剂和抗氧化剂，脱乳剂，消泡剂和密封溶胀剂。

物理搅拌

物理混合包括高切变混合，例如使用高速混料机，均化器，微流化器，KADY 研磨机，胶体磨等；高冲击混合，例如粉碎机，球磨机和砾磨机；还有超声处理方法。

超声处理是本发明中最优选的物理方法，因为与其他所述方法相比，它对碳纳米材料，特别是碳纳米管，和结构造成的破坏比较小。超声处理可以在槽型超声发生器中进行，或者使用尖端型超声发生器。更优选使用高能输出的尖端超声发生器。在中高仪器强度下超声处理不超过 30 分钟，通常是 10 到 20 分钟，能获得更好的均匀性。

可以采用任何适用的已知干法或湿法研磨方法，将原料混合物粉碎。一种研磨方法包括：在本发明液体混合物中粉碎原料混合物，获得浓缩物，然后在上述分散剂的帮助下，将粉碎产物进一步分散在液体介质中。但是，粉碎或研磨会降低碳纳米管的平均长径比。

在溶液中形成碳纳米材料稳定分散液的方法包括两个步骤。首先为碳纳米材料和介质选择合适的分散剂，碳纳米材料包括纳米管或石墨纳米颗粒，将分散剂溶解在液体介质中形成溶液，然后将碳纳米管或石墨纳米颗粒加入含有分散剂的溶液中，同时对溶液进行搅拌，球磨或超声处理，或者组合的物理方法处理。

30

实施例

这里所述的具体组合物，方法或实施例仅是对本发明的说明。根据本发明的说明，这些组合物，方法或实施例的变化对本领域技术人员而言是显而易见的，因此属于本发明内容的一部分。本发明对参考文献的引用包括在说明书中的引用，还包括其说明书的全部。

实施例 1

组分	说明	重量%
碳纳米管	未经表面处理，长径比 2000，直径 25 纳米，长度 50 微米	2.5
分散剂	高分子量聚胺 DI 组合 ORONITE (OLOA 9061)	4.88
液体溶剂	聚(α 烯烃)，6 厘沱	92.62
超声处理	FISHER SCIENTIFIC 550 Sonic Dismembrator, 15 分钟	

如实施例 1 中所述，对含有提高热导率纳米管的液体（分散剂和溶剂的溶液），所述分散液的热导率是 0.380W/m-K，与之对比的是，不含提高热导率纳米管的液体（分散剂和溶剂的溶液）的热导率是 0.146W/m-K。

实施例 2

组分	说明	重量%
碳纳米管	未经表面处理，长径比 2000，直径 25 纳米，长度 50 微米	0.1
分散剂	用于柴油发动机的高分子量琥珀酰亚胺 DI 组合 LUBRIZOL™ 4999	4.8
液体溶剂	聚(α 烯烃)，6 厘沱	95.1
超声处理	FISHER SCIENTIFIC 550 Sonic Dismembrator, 15 分钟	

实施例 3

组分	说明	重量%
碳纳米管	未经表面处理，长径比 2000，直径 25 纳米，长度 50 微米	0.1
分散剂	混合分散剂（高分子量琥珀酰亚胺和酯类分散剂）DI 组合 LUBRIZOL™ 9802A	4.8
液体溶剂	聚(α 烯烃)，6 厘沱	95.1
超声处理	FISHER SCIENTIFIC 550 Sonic Dismembrator, 15 分钟	

实施例 4

组分	说明	重量%
碳纳米管	未经表面处理, 长径比 2000, 直径 25 纳米, 长度 50 微米	0.10
分散剂	双-琥珀酰亚胺分散剂 (INFINEUM C9231)	4.80
液体溶剂	聚(α 烯烃), 6 厘沱	95.10
超声处理	FISHER SCIENTIFIC 550 Sonic Dismembrator, 15 分钟	

实施例 5

组分	说明	重量%
碳纳米管	未经表面处理, 长径比 2000, 直径 25 纳米, 长度 50 微米	0.10
分散剂	双-琥珀酰亚胺分散剂 (INFINEUM C9232)	4.80
液体溶剂	聚(α 烯烃), 6 厘沱	95.10
超声处理	FISHER SCIENTIFIC 550 Sonic Dismembrator, 15 分钟	

5 实施例 6

组分	说明	重量%
碳纳米管	未经表面处理, 长径比 2000, 直径 25 纳米, 长度 50 微米	0.10
分散剂	双-琥珀酰亚胺分散剂 (INFINEUM C9235)	4.80
液体溶剂	聚(α 烯烃), 6 厘沱	95.10
超声处理	FISHER SCIENTIFIC 550 Sonic Dismembrator, 15 分钟	

实施例 7

组分	说明	重量%
碳纳米管	未经表面处理	0.10
分散剂	壬基苯氧基聚(乙烯氧)乙醇, 支链的	5.00
液体溶剂	水	94.90
超声处理	FISHER SCIENTIFIC 550 Sonic Dismembrator, 15 分钟	

10 实施例 1-7 中的分散液是非常均匀的, 能在一年内不显示分离或聚集的任何迹象。

实施例 8

组分	说明	重量%
石墨纳米颗粒	球磨后的 POCOFOAM	2.0
分散剂	Lubrizol OS#154250	7.55
粘度指数提高剂和其他化学试剂	聚烷基甲基丙烯酸酯, ACRYLOID 3008 丙烯酸共聚物和红色染料	10.9
液体溶剂	III类基料油	79.55
超声处理	FISHER SCIENTIFIC 550 Sonic Dismembrator, 15 分钟	

在实施例 8 中, 通过粉碎和研磨高热导率石墨泡沫材料 (热导率为 100 到 150W/m-K) POCOFOAM 达到要求的纳米粒径范围, 制得石墨颗粒。先将其研磨成粗颗粒, 然后与分散剂和其他化学试剂一起分散在油溶液中。在卧式研磨机中研磨分散液。对经过研磨的最终分散液进行超声处理, 获得均匀性。

如实施例 8 所示, 上述分散液, 含有提高热导率石墨颗粒的液体热导率是 0.175W/m-K, 与之对比的是, 不含提高热导率石墨颗粒的基料液体 (分散剂, 粘度指数提高剂和溶剂的溶液) 热导率是 0.140W/m-K。

上述具体说明的目的主要是为了清楚理解本发明, 而不是为了进行限定, 因为其改进之处对阅读了本说明的本领域技术人员而言是显而易见的, 能够在权利要求的原理和范围内进行。因此, 本发明并不受上述特定例子的限制。相反, 要覆盖的在权利要求的原理和范围内。