

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 978 783**

51 Int. Cl.:

C09K 23/00 (2012.01)

C09K 5/10 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **19.08.2021** **PCT/US2021/046592**

87 Fecha y número de publicación internacional: **24.02.2022** **WO22040372**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.08.2021** **E 21766794 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.03.2024** **EP 4196547**

54 Título: **Sistema, método y fluido orgánicos de transferencia de calor**

30 Prioridad:

20.08.2020 US 202063068199 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

20.09.2024

73 Titular/es:

THE LUBRIZOL CORPORATION (100.0%)
29400 Lakeland Boulevard
Wickliffe, Ohio 44092-2298, US

72 Inventor/es:

AGIRAL, ANIL;
BARTLETT, MELINDA E.;
JAYNE, DOUGLAS T.;
PASHKOVSKI, EUGENE y
SHORT, AMY L.

74 Agente/Representante:

SÁNCHEZ SILVA, Jesús Eladio

ES 2 978 783 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Sistema, método y fluido orgánicos de transferencia de calor

5 Antecedentes de la invención

La tecnología descrita se refiere a un sistema de transferencia de calor y un método de transferencia de calor que emplea una dispersión coloidal estable de a) un fluido de transferencia de calor oleaginoso dieléctrico no conductor, no acuoso y no miscible en agua, b) al menos una nanopartícula sólida y c) un tensioactivo. En particular, la tecnología se refiere a una dispersión coloidal estable con baja conductividad eléctrica, baja inflamabilidad y bajo punto de congelación que proporciona una excelente reducción de la temperatura máxima en un sistema de transferencia de calor, tal como el de enfriar un paquete de baterías o un sistema de energía de un vehículo eléctrico.

El funcionamiento de una fuente de energía genera calor. Un sistema de transferencia de calor, en comunicación con la fuente de energía, regula el calor generado y garantiza que la fuente de energía funcione a una temperatura óptima. El sistema de transferencia de calor generalmente comprende un fluido de transferencia de calor que facilita la absorción y disipación del calor de la fuente de energía. Los fluidos de transferencia de calor, que generalmente consisten en agua y glicol, pueden ser caros y propensos a congelarse. Los fluidos de transferencia de calor tradicionales también pueden presentar conductividades extremadamente altas, con frecuencia en el intervalo de 3000 microsiemens por centímetro ($\mu\text{S}/\text{cm}$) o más. Esta alta conductividad produce efectos adversos sobre el sistema de transferencia de calor al promover la corrosión de las partes metálicas, y también en el caso de fuentes de energía donde el sistema de transferencia de calor está expuesto a una corriente eléctrica, tal como en las células de combustible o similares, la alta conductividad puede conducir a un cortocircuito de la corriente eléctrica y a una descarga eléctrica.

Aunque los envases de baterías están diseñados para proporcionar altos niveles de seguridad y estabilidad, pueden surgir situaciones en las que una porción de un envase de baterías experimente una condición térmica local que genere un calor significativo. Cuando la temperatura es lo suficientemente alta y sostenida, la condición térmica local puede transformarse en una condición térmica fuera de control que afecta a amplias áreas del envase de baterías y, en ocasiones, todo el envase de baterías en determinadas circunstancias.

Los diseños actuales de envases de baterías incluyen un sistema de refrigeración integrado y aislado que dirige el refrigerante por todo el espacio cerrado. Cuando está en buenas condiciones de funcionamiento, el refrigerante del sistema de refrigeración no entra en contacto con los potenciales eléctricos protegidos en su interior. Sucede que en ocasiones ocurre una fuga y el refrigerante ingresa a partes no deseadas del espacio cerrado. Si el refrigerante es eléctricamente conductor, puede puentear terminales que tienen diferencias de potencial relativamente grandes. Ese puente puede iniciar un proceso de electrólisis en el que el refrigerante se electroliza y el refrigerante comenzará a hervir cuando se conduzca suficiente energía a la electrólisis. Esta ebullición puede crear la condición térmica local que puede conducir a la condición térmica fuera de control descrita anteriormente.

El documento WO 2020/023642 A1 describe un sistema de transferencia de calor y un método de transferencia de calor que emplea un fluido de transferencia de calor.

El documento US 2017/056851 A1 describe un líquido de dispersión de nanopartículas inorgánico y un método para producir el mismo.

El documento US 2008/302998 A1 describe un nanofluido que contiene nanopartículas de carbono, nanopartículas de óxido de metal y un tensioactivo en un fluido de transferencia térmica, y un método para producir el mismo.

El documento US 2013/0200299 A1 describe una nanocomposición térmicamente conductora y un método para fabricarla.

Existe la necesidad de un sistema y un método de transferencia de calor que emplee un fluido de transferencia de calor económico con una conductividad eléctrica y un punto de congelación bajos.

Sumario de la invención

La tecnología descrita, por lo tanto, resuelve el asunto de los problemas de seguridad en el enfriamiento de componentes eléctricos al proporcionar una dispersión coloidal estable que comprende (a) un fluido no conductor, no acuoso y no miscible en agua; (b) al menos una nanopartícula sólida, en donde el sólido comprende al menos uno de un óxido metálico, un carburo metálico y mezclas de los mismos; y (c) un tensioactivo.

La invención también proporciona un sistema de transferencia de calor, que comprende: (a) una dispersión coloidal estable como se ha definido anteriormente, y (b) un sistema de circulación para hacer circular la dispersión coloidal estable en estrecho contacto con los circuitos eléctricos.

La invención también proporciona un método para dispersar calor de componentes eléctricos en contacto con la dispersión coloidal estable que comprende: (a) proporcionar un sistema de transferencia de calor en estrecho contacto con los

componentes eléctricos, (b) hacer circular a través de dicho sistema de transferencia de calor una dispersión coloidal estable como se ha definido anteriormente, y (c) hacer funcionar los componentes eléctricos y el sistema de transferencia de calor.

También se proporciona un método para preparar una dispersión de nanopartículas sólidas en un fluido no conductor, no acuoso y no miscible en agua que comprende, que consiste esencialmente en, o que consiste en las etapas de 1) dispersar las nanopartículas sólidas en un alcohol con agitación, 2) mezclar el tensioactivo con el fluido no conductor, no acuoso y no miscible en agua, y 3) combinar la dispersión de 1) con la mezcla de 2) con agitación, lo que da como resultado que el tensioactivo extraiga las nanopartículas del alcohol y las introduzca en el fluido no conductor, no acuoso y no miscible en agua.

Descripción detallada de la invención

Diversas características y realizaciones preferidas se describirán a continuación a modo de ilustración no limitativa.

La tecnología descrita proporciona, entre otras cosas, una dispersión coloidal estable. La dispersión coloidal estable incluye a) un fluido no conductor, no acuoso y no miscible en agua, b) una nanopartícula sólida, seleccionada entre óxidos metálicos, carburos metálicos y mezclas de los mismos y c) un tensioactivo. Como se utiliza en la presente memoria, el término “un”, como en “una” nanopartícula sólida, o “un” tensioactivo o “un” fluido, no se limita a solo uno de los elementos indicados, sino que se usa para significar “al menos uno”, que incluye uno o más de los elementos indicados, así como dos o más, tres o más y así sucesivamente.

Fluido no conductor, no acuoso y no miscible en agua

Un componente de la tecnología descrita es un fluido no conductor, no acuoso y no miscible en agua (o “NCAMF” para abreviar). El fluido NCAMF puede seleccionarse de cualquiera de los aceites base de los Grupos I-V de las Directrices de Intercambiabilidad de Aceites Base del Instituto Americano del Petróleo (API) (2011), específicamente

Categoría de aceite base Azufre (%)	Saturados (%)	Índice de viscosidad
Grupo I	>0,03 y/o <90	de 80 a menos de 120
Grupo II	≤0,03 y ≥90	de 80 a menos de 120
Grupo III	≤0,03 y ≥90	≥120
Grupo IV	Todas las polialfaolefinas (PAO)	
Grupo V	Todos los demás no incluidos en los Grupos I, II, III o IV	

Los Grupos I, II y III son aceites base minerales. Se pueden usar otras categorías generalmente reconocidas de aceites base, incluso si no se identifican oficialmente por el API: Grupo II+, con referencia a materiales del Grupo II que tienen un índice de viscosidad de 110-119 y menor volatilidad que otros aceites del Grupo II; y Grupo III+, con referencia a materiales del Grupo III que tienen un índice de viscosidad mayor o igual a 130.

Aunque muchos fluidos NCAMF pueden funcionar en el método y/o el sistema, se ha encontrado que determinadas isoparafinas proporcionan una transferencia de calor particularmente mejorada.

Las isoparafinas (o aceites isoparafínicos) son compuestos de hidrocarburos saturados que contienen al menos una rama de hidrocarbilo, suficiente para proporcionar fluidez a temperaturas muy bajas y altas. Las isoparafinas de la invención pueden incluir aceites tanto naturales como sintéticos, aceite derivado de hidrocrackeo, hidrogenación e hidroacabado de aceites refinados, rerefinados o mezclas de los mismos.

Los fluidos NCAMF sintéticos pueden producirse mediante isomerización de hidrocarburos predominantemente lineales para producir hidrocarburos ramificados. Los hidrocarburos lineales pueden ser de origen natural, preparados sintéticamente o derivados de reacciones de Fischer-Tropsch o procesos similares. Las isoparafinas pueden derivar de cera hidroisomerizada y típicamente pueden ser hidrocarburos o ceras de Fischer-Tropsch hidroisomerizados. En una realización, los aceites pueden prepararse mediante un procedimiento sintético de gas a líquido Fischer-Tropsch, así como otros aceites gas a líquido.

También pueden obtenerse isoparafinas adecuadas a partir de fuentes naturales renovables. Los aceites naturales (o bioderivados) se refieren a materiales derivados de un recurso biológico renovable, organismo o entidad, distintos de los materiales derivados del petróleo o materias primas equivalentes. Las fuentes naturales de aceite de hidrocarburo incluyen triglicéridos de ácidos grasos, triglicéridos hidrolizados o parcialmente hidrolizados o ésteres de triglicéridos transesterificados, tales como éster metílico de ácidos grasos (o FAME). Los triglicéridos adecuados incluyen, pero no se limitan a, aceite de palma, aceite de soja, aceite de girasol, aceite de colza, aceite de oliva, aceite de linaza y materiales relacionados. Otras fuentes de triglicéridos incluyen, pero no se limitan a algas, sebo

animal y zooplancton. Los hidrocarburos lineales y ramificados pueden obtenerse o extraerse de aceites vegetales e hidrorrefinarse y/o hidroisomerizarse de manera similar a los aceites sintéticos para producir isoparafinas.

Otra clase de aceites isoparafínicos incluye poliolefinas. Las poliolefinas se conocen bien en la técnica. En una realización, la poliolefina puede ser derivable (o derivar) de olefinas con 2 a 24 átomos de carbono. Por derivable o derivado se entiende que la poliolefina se polimeriza a partir de los monómeros de olefina polimerizables de partida que tienen el número indicado de átomos de carbono o mezclas de los mismos. En las realizaciones, la poliolefina puede ser derivable (o derivar) de olefinas con 3 a 24 átomos de carbono. En algunas realizaciones, la poliolefina puede ser derivable (o derivar) de olefinas con 4 a 24 átomos de carbono. En realizaciones adicionales, la poliolefina puede ser derivable (o derivar) de olefinas con 5 a 20 átomos de carbono. En otras realizaciones adicionales, la poliolefina puede ser derivable (o derivar) de olefinas con 6 a 18 átomos de carbono. En otras realizaciones adicionales, la poliolefina puede ser derivable (o derivar) de olefinas con 8 a 14 átomos de carbono. En realizaciones alternativas, la poliolefina puede ser derivable (o derivar) de olefinas con 8 a 12 átomos de carbono.

Frecuentemente, los monómeros de olefina polimerizables comprenden uno o más de propileno, isobuteno, 1-buteno, isopreno, 1,3-butadieno o mezclas de los mismos. Un ejemplo de una poliolefina útil es el poliisobutileno.

Las poliolefinas también incluyen poli- α -olefinas derivables (o derivadas) de α -olefinas. Las α -olefinas pueden ser lineales o ramificadas o mezclas de las mismas. Los ejemplos incluyen monoolefinas tales como propileno, 1-buteno, isobuteno, 1-penteno, 1-hexeno, 1-hepteno, 1-octeno, 1-noneno, 1-deceno, etc. Otros ejemplos de α -olefinas incluyen 1-deceno, 1-undeceno, 1-dodeceno, 1-trideceno, 1-tetradeceno, 1-pentadeceno, 1-hexadeceno, 1-heptadeceno, 1-octadeceno y mezclas de los mismos. Un ejemplo de una α -olefina útil es el 1-dodeceno. Un ejemplo de una poli- α -olefina útil es el polideceno.

La poliolefina también puede ser un copolímero de al menos dos olefinas diferentes, también conocido como copolímero de olefina (OCP). Estos copolímeros son preferiblemente copolímeros de α -olefinas que tienen de 2 a aproximadamente 28 átomos de carbono, preferiblemente copolímeros de etileno y al menos una α -olefina que tiene de 3 a aproximadamente 28 átomos de carbono, típicamente de fórmula $\text{CH}_2=\text{CHR}_1$ en donde R_1 es un radical alquilo de cadena lineal o de cadena ramificada que comprende de 1 a 26 átomos de carbono. Preferiblemente, R_1 en la fórmula anterior puede ser un alquilo de 1 a 8 átomos de carbono, y más preferiblemente puede ser un alquilo de 1 a 2 átomos de carbono. Preferiblemente, el polímero de olefinas es un copolímero de etileno-propileno.

Cuando el copolímero de olefina incluye etileno, el contenido de etileno está preferiblemente en el intervalo del 20 al 80 por ciento en peso, y más preferiblemente del 30 al 70 por ciento en peso. Cuando se emplean propileno y/o 1-buteno como comonómero o comonómeros con etileno, el contenido de etileno de dichos copolímeros es mucho más preferiblemente del 45 al 65 por ciento, aunque puede haber presentes contenidos de etileno superiores o inferiores.

El fluido NCAMF puede estar sustancialmente libre de etileno y polímeros del mismo. La composición puede estar completamente libre de etileno y polímeros del mismo. Por sustancialmente libre se entiende que la composición contiene menos de 50 ppm, o menos de 30 ppm, o incluso menos de 10 ppm o 5 ppm, o incluso menos de 1 ppm del material dado.

El fluido NCAMF puede estar sustancialmente libre de propileno y polímeros del mismo. El fluido NCAMF puede estar completamente libre de propileno y polímeros del mismo. Los polímeros de poliolefina preparados a partir de los monómeros de olefina mencionados anteriormente pueden tener un peso molecular promedio en número de 140 a 5000. Los polímeros de poliolefina preparados a partir de los monómeros de olefina mencionados anteriormente también pueden tener un peso molecular promedio en número de 200 a 4750. Los polímeros de poliolefina preparados a partir de los monómeros de olefina mencionados anteriormente también pueden tener un peso molecular promedio en número de 250 a 4500. Los polímeros de poliolefina preparados a partir de los monómeros de olefina mencionados anteriormente también pueden tener un peso molecular promedio en número de 500 a 4500. Los polímeros de poliolefina preparados a partir de los monómeros de olefina mencionados anteriormente también pueden tener un peso molecular promedio en número de 750 a 4000, medido mediante cromatografía de permeación en gel (GPC) con patrón de poliestireno. GPC con un patrón de poliestireno es el método estándar empleado para todo el M_n citado en esta referencia.

Pueden usarse mezclas de aceite mineral y aceites sintéticos, por ejemplo, aceites de polialfaolefina y/o aceites de poliéster.

El fluido NCAMF puede ser un compuesto de hidrocarburo saturado que contiene de 8 átomos de carbono hasta un máximo de 50 átomos de carbono y que tiene al menos una ramificación hidrocarbilo que contiene al menos un átomo de carbono. En una realización, el compuesto de hidrocarburo saturado puede tener al menos 10 o al menos 12 átomos de carbono. En una realización, el compuesto de hidrocarburo saturado puede contener de 14 a 34 átomos de carbono con la condición de que la cadena continua más larga de átomos de carbono no tenga más de 24 carbonos de longitud.

En las realizaciones, el fluido NCAMF puede tener una cadena continua más larga de átomos de carbono de no más de 24 carbonos de longitud.

En las realizaciones, el compuesto de hidrocarburo saturado puede ser un compuesto acíclico ramificado con un peso molecular de 140 g/mol a 550 g/mol medido mediante cromatografía de exclusión por tamaño (SEC también

denominada cromatografía de permeación en gel o GPC), cromatografía de líquidos, cromatografía de gases, espectrometría de masas, RMN o combinaciones de los mismos, o de 160 g/mol a 480 g/mol.

- 5 Los aceites minerales frecuentemente contienen estructuras cíclicas, es decir, compuestos aromáticos o cicloparafinas, también denominados naftenos. En una realización, la isoparafina comprende un compuesto de hidrocarburo saturado libre o sustancialmente libre de estructuras cíclicas. Por sustancialmente libre, se entiende que hay menos del 1 % en moles de estructuras cíclicas en el aceite mineral, o menos del 0,75 % en moles, o menos del 0,5 % en moles, o incluso menos del 0,25 % en moles. En algunas realizaciones, el aceite mineral está completamente libre de estructuras cíclicas.
- 10 También se ha encontrado que determinados aceites de éster y aceites de éter también proporcionan una transferencia de calor particularmente mejorada cuando se usan como los fluidos de transferencia de calor oleaginosos dieléctricos en el método descrito.
- 15 Los ésteres adecuados para usar como fluidos de transferencia de calor oleaginosos dieléctricos incluyen ésteres de ácidos monocarboxílicos con alcoholes monohídricos; diésteres de dioles con ácidos monocarboxílicos y diésteres de ácidos dicarboxílicos con alcoholes monohídricos; ésteres de polioles de ácidos monocarboxílicos y poliésteres de alcoholes monohídricos con ácidos policarboxílicos; y mezclas de los mismos. Los ésteres pueden agruparse ampliamente en dos categorías: sintéticos y naturales.
- 20 Los ésteres sintéticos adecuados como fluidos de transferencia de calor oleaginosos dieléctricos pueden comprender ésteres de ácido monocarboxílico (tal como ácido neopentanoico, ácido 2-etilhexanoico) y ácidos dicarboxílicos (p. ej., ácido ftálico, ácido succínico, ácidos alquilsuccínicos y ácidos alquenilsuccínicos, ácido maleico, ácido azelaico, ácido subérico, ácido sebácico, ácido fumárico, ácido adípico, dímero de ácido linoleico, ácido malónico, ácidos alquilmalónicos y ácidos alquenilmalónicos) con cualquier variedad de alcoholes monohídricos (p. ej., alcohol butílico, alcohol pentílico, alcohol neopentílico, alcohol hexílico, alcohol octílico, alcohol iso-octílico, alcohol nonílico, alcohol decílico, alcohol isodecílico, alcohol dodecílico, alcohol tetradecílico, alcohol hexadecílico, alcohol 2-etilhexílico, etilenglicol, monoéter de dietilenglicol y propilenglicol). Los ejemplos específicos de estos ésteres incluyen adipato de dibutilo, sebacato de di(2-etilhexilo), fumarato de di-n-hexilo, sebacato de dioctilo, azelato de diisooctilo, azelato de diisodecilo, ftalato de dioctilo, ftalato de didecilo, sebacato de dieicosilo, el diéster de 2-etilhexilo del ácido linoleico dímero y el éster complejo formado al hacer reaccionar un mol de ácido sebácico con dos moles de tetraetilenglicol y dos moles de ácido 2-etilhexanoico. Otros ésteres sintéticos incluyen los fabricados a partir de ácidos monocarboxílicos C₅ a C₁₂ y polioles y éteres de poliol tales como neopentilglicol, trimetilolpropano, pentaeritritol, dipentaeritritol y tripentaeritritol. Los ésteres también pueden ser monoésteres de ácidos monocarboxílicos y alcoholes monohídricos.
- 30
- 35 Los ésteres naturales (o bioderivados) se refieren a materiales derivados de un recurso biológico renovable, organismo o entidad, distintos de los materiales derivados del petróleo o materias primas equivalentes. Los ésteres naturales adecuados como fluidos de transferencia de calor oleaginosos dieléctricos incluyen triglicéridos de ácidos grasos, triglicéridos hidrolizados o parcialmente hidrolizados, o ésteres de triglicéridos transesterificados, tales como éster metílico de ácidos grasos (o FAME). Los triglicéridos adecuados incluyen, pero no se limitan a, aceite de palma, aceite de soja, aceite de girasol, aceite de colza, aceite de oliva, aceite de linaza y materiales relacionados. Otras fuentes de triglicéridos incluyen, pero no se limitan a, algas, sebo animal y zooplancton.
- 40
- 45 Otros fluidos oleaginosos adecuados incluyen aceites aromáticos alquilados (tales como naftaleno alquilado), aceites minerales nafténicos de baja viscosidad y aceites de (poli)éter. Los polímeros de óxido de alquileo e interpolímeros y derivados de los mismos, y aquellos en los que los grupos hidroxilo terminales se han modificado, por ejemplo, por esterificación o eterificación, constituyen otras clases de aceites lubricantes sintéticos conocidos que pueden usarse. Los ejemplos de aceites base de (poli)éter incluyen dietilenglicol dibutil éter.
- 50
- Nanopartícula sólida
- La dispersión coloidal estable incluye al menos una nanopartícula sólida o una mezcla de nanopartículas sólidas.
- Las nanopartículas sólidas pueden incluir tanto nanopartículas metálicas como nanopartículas no metálicas.
- 55 Para nanopartículas metálicas, el metal de las nanopartículas metálicas sólidas puede incluir un metal alcalinotérreo, por ejemplo, magnesio, calcio, estroncio y bario.
- 60 El metal de las nanopartículas metálicas sólidas puede incluir un metal de transición, por ejemplo, escandio, itrio, titanio, circonio, hafnio, vanadio, niobio, tántalo, cromo, molibdeno, tungsteno, manganeso, tecnecio, renio, hierro, rutenio, osmio, cobalto, rodio, iridio, níquel, paladio, platino, cobre, plata, oro, cinc y cadmio.
- El metal de las nanopartículas metálicas sólidas puede incluir un metal de la serie de lantánidos o de la serie actínida, por ejemplo, lantano, cerio, praseodimio, neodimio, prometio, samario, europio, gadolinio, terbio, disprosio, holmio, erbio, tulio, iterbio, lutecio, torio, protactinio y uranio).

El metal de las nanopartículas metálicas sólidas puede incluir un metal de transición posterior, por ejemplo, aluminio, galio, indio, talio, estaño, plomo, bismuto y polonio.

El metal de las nanopartículas metálicas sólidas puede incluir un metaloide, por ejemplo, boro, silicio, germanio y antimonio.

En determinadas realizaciones, el metal puede incluir aluminio. En las realizaciones, el metal puede incluir hierro. El metal también puede incluir rutenio. El metal puede incluir cobalto. El metal puede incluir rodio. El metal puede incluir níquel. El metal puede incluir paladio. El metal puede incluir platino. El metal puede incluir plata. El metal puede incluir oro. El metal puede incluir cerio. El metal puede incluir samario. El metal puede incluir tungsteno.

Las nanopartículas metálicas sólidas pueden estar presentes en su forma pura, o, como óxido, carburo o mezcla de cualquiera de estos materiales o combinación de materiales.

Por ejemplo, las nanopartículas de metal sólidas pueden ser óxido de hierro (p. ej., Fe_2O_3 , Fe_3O_4), óxido de cobalto (p. ej., CoO), óxido de cinc (p. ej., ZnO), óxido de cerio (p. ej., CeO_2) y óxido de titanio (p. ej., TiO_2). El óxido de boro (p. ej., B_2O_3) es otra nanopartícula metálica sólida que puede emplearse. El óxido de aluminio (p. ej., Al_2O_3) es otra nanopartícula metálica sólida que puede emplearse. El óxido de magnesio (p. ej., MgO) es otra nanopartícula metálica sólida que puede emplearse. El óxido de tungsteno (p. ej., W_2O_3 , WO_2 , WO_3 , W_2O_5) es otra nanopartícula metálica sólida que puede emplearse.

Los ejemplos de nanopartículas metálicas sólidas de carburo metálico pueden incluir carburo de hierro (p. ej. Fe_3CH_4), carburo de cobalto (p. ej., CoC , Co_2C , Co_3C), carburo de cinc (p. ej., ZnC), carburo de cerio (p. ej., CeC_2) y carburo de titanio (p. ej., TiC). El carburo de boro (p. ej., B_4C) es otra nanopartícula metálica sólida que puede emplearse. El carburo de aluminio (p. ej., Al_4C_3) es otra nanopartícula metálica sólida que puede emplearse. El carburo de tungsteno (p. ej., WC) es otra nanopartícula metálica sólida que puede emplearse.

Las nanopartículas sólidas también pueden incluir nanopartículas sólidas no metálicas. Dichas nanopartículas sólidas no metálicas pueden estar presentes en forma de óxidos, carburos, nitruros o mezcla de cualquiera de estos materiales o combinación de materiales. Por ejemplo, las nanopartículas sólidas no metálicas pueden ser óxido de grafeno.

La nanopartícula sólida puede tener un tamaño de partícula D50 inferior a 1000 nm. En algunas realizaciones, las nanopartículas sólidas pueden tener un tamaño de partícula D50 inferior a 700 nm. La nanopartícula sólida puede tener un tamaño de partícula D50 inferior a 500 nm. La nanopartícula sólida puede tener un tamaño de partícula D50 inferior a 250 nm. La nanopartícula sólida puede tener un tamaño de partícula D50 inferior a 100 nm. La nanopartícula sólida puede tener un tamaño de partícula D50 inferior a 75 nm. La nanopartícula sólida puede tener un tamaño de partícula D50 inferior a 50 nm. La nanopartícula sólida puede tener un tamaño de partícula D50 de 0,01 nm a 1000 nm. La nanopartícula sólida también puede tener un tamaño de partícula D50 de 0,1 nm a 100 nm. La nanopartícula sólida puede tener un tamaño de partícula D50 de 1 nm a 75 nm. La nanopartícula sólida puede tener un tamaño de partícula D50 de 10 nm a 50 nm. Los tamaños de partícula D50 se pueden medir mediante dispersión de luz dinámica según la norma ASTM E 2490-09(2015).

La nanopartícula sólida puede tener una relación de aspecto promedio de 1 a 5000. Como se utiliza en la presente memoria, la “relación de aspecto promedio” se refiere a la relación promedio de la longitud de las partículas en una mezcla de nanopartículas con respecto a la anchura de las partículas en la mezcla. El término “promedio” pretende significar que todas y cada una de las relaciones de aspecto pueden estar presentes, pero que la relación de aspecto promedio sobre el agregado está en el intervalo descrito. El método de medición para determinar la longitud y el ancho de la relación de aspecto promedio no es crítico siempre que se use el mismo método de medición para ambas mediciones. La nanopartícula sólida también puede tener una relación de aspecto promedio de 1 a 2500. La nanopartícula sólida también puede tener una relación de aspecto promedio de 1 a 1000. La nanopartícula sólida también puede tener una relación de aspecto promedio de 1 a 500. La nanopartícula sólida también puede tener una relación de aspecto promedio de 1 a 250. La nanopartícula sólida también puede tener una relación de aspecto promedio de 1 a 100. La nanopartícula sólida también puede tener una relación de aspecto promedio de 1 a 50. La nanopartícula sólida también puede tener una relación de aspecto promedio de 1 a 25. La nanopartícula sólida también puede tener una relación de aspecto promedio de 1 a 10. La nanopartícula sólida también puede tener una relación de aspecto promedio de 10 a 5000. La nanopartícula sólida también puede tener una relación de aspecto promedio de 25 a 5000. La nanopartícula sólida también puede tener una relación de aspecto promedio de 50 a 5000. La nanopartícula sólida también puede tener una relación de aspecto promedio de 100 a 5000. La nanopartícula sólida también puede tener una relación de aspecto promedio de 250 a 5000. La nanopartícula sólida también puede tener una relación de aspecto promedio de 500 a 5000. La nanopartícula sólida también puede tener una relación de aspecto promedio de 1000 a 5000. La nanopartícula sólida también puede tener una relación de aspecto promedio de 2500 a 5000.

En general, la nanopartícula sólida puede seleccionarse para que tenga una conductividad térmica mayor que la conductividad térmica del fluido NCAMF mencionado anteriormente. En algunas realizaciones, la dispersión coloidal estable puede incluir una nanopartícula sólida que tiene una conductividad térmica mínima de más de 5 W/m-K. En algunas realizaciones, la dispersión coloidal estable puede incluir una nanopartícula sólida que tiene una conductividad térmica de 10 W/m-K o mayor. En algunas realizaciones, la dispersión coloidal estable puede incluir una nanopartícula sólida que tiene una conductividad térmica de 30 W/m-K o mayor. En algunas realizaciones, la dispersión coloidal estable puede incluir una nanopartícula sólida que tiene una conductividad térmica de 250 W/m-K o mayor. En algunas realizaciones, la dispersión coloidal estable puede incluir una nanopartícula sólida que tiene

una conductividad térmica de 500 W/m-K o mayor. En algunas realizaciones, la dispersión coloidal estable puede incluir una nanopartícula sólida que tiene una conductividad térmica de 1000 W/m-K o mayor. Como se utiliza en la presente memoria, la conductividad térmica puede medirse mediante ASTM D 7896-19.

La dispersión coloidal estable puede incluir la al menos una nanopartícula sólida a una concentración del 0,5 al 40 % en peso basado en el peso de la dispersión coloidal. En algunas realizaciones, la dispersión coloidal estable puede incluir la al menos una nanopartícula sólida a una concentración del 0,75 al 35 % en peso. En algunas realizaciones, la dispersión coloidal estable puede incluir la al menos una nanopartícula sólida a una concentración del 1 al 30 % en peso. En las realizaciones, la dispersión coloidal estable puede incluir la al menos una nanopartícula sólida a una concentración del 1,25 al 25 % en peso. En algunas realizaciones, la dispersión coloidal estable puede incluir la al menos una nanopartícula sólida a una concentración del 0,5 al 10 % en peso. En algunas realizaciones, la dispersión coloidal estable puede incluir la al menos una nanopartícula sólida a una concentración del 0,75 al 8 % en peso. En algunas realizaciones, la dispersión coloidal estable puede incluir la al menos una nanopartícula sólida a una concentración del 0,1 al 6 % en peso. En algunas realizaciones, la dispersión coloidal estable puede incluir la al menos una nanopartícula sólida a una concentración del 10 al 40 % en peso. En algunas realizaciones, la dispersión coloidal estable puede incluir la al menos una nanopartícula sólida a una concentración del 15 al 35 % en peso. En algunas realizaciones, la dispersión coloidal estable puede incluir la al menos una nanopartícula sólida a una concentración del 20 al 30 % en peso.

Sin embargo, cuando se dosifica la nanopartícula sólida, se debe tener cuidado de no exceder las restricciones de la constante dieléctrica para la dispersión coloidal estable. Generalmente, esto no será un problema, excepto cuando se emplean nanopartículas sólidas más conductoras, tales como nanopartículas sólidas en forma de metales puros, y generalmente a altos niveles, tales como el 10 % en peso o más. Cuando exista preocupación, la dispersión coloidal estable puede formularse y analizarse la constante dieléctrica de la dispersión.

Tensioactivo

La dispersión coloidal estable incluye al menos un tensioactivo. Los tensioactivos son bien conocidos en la técnica. Los expertos en la técnica reconocerán instantáneamente que un tensioactivo incluye tanto una porción oleófila, que confiere solubilidad del tensioactivo en un fluido oleaginoso, como una porción polar, que permite que el tensioactivo se escinda en partículas.

De hecho, los tensioactivos de la presente tecnología incluirán tanto una cadena principal de hidrocarbilo que transmite solubilidad en el fluido no conductor, no acuoso y no miscible en agua, como una porción polar que puede asociarse con la al menos una nanopartícula sólida y mantener las partículas dispersas en el fluido.

Los tensioactivos pueden incluir, por ejemplo, tensioactivos aniónicos, tensioactivos catiónicos, tensioactivos no iónicos, tensioactivos anfóteros y dispersantes.

En una realización, el tensioactivo puede ser un tensioactivo aniónico. Se describen ejemplos no limitantes de tensioactivos aniónicos en McCutcheon's Detergents and Emulsifiers, edición norteamericana, 1998, publicado por Allured Publishing Corporation; y McCutcheon's, Functional Materials, edición norteamericana (1992). El tensioactivo aniónico puede ser cualquiera de los tensioactivos aniónicos conocidos o usados previamente en la técnica de las composiciones de tensioactivos acuosos. Los tensioactivos aniónicos adecuados incluyen, pero no se limitan a, salicilatos, alquil sulfatos, alquil éter sulfatos, alquilsulfonatos, alcarilo sulfonatos, α -olefina-sulfonatos, alquilamida sulfonatos, alcarilpoliéter sulfatos, alquilamidoéter sulfatos, alquil monogliceril éter sulfatos, alquil monoglicérido sulfatos, alquil monoglicérido sulfonatos, alquil succinatos, alquil sulfosuccinatos, alquil sulfosuccinatos, alquil éter sulfosuccinatos, alquil amidosulfosuccinatos; alquil sulfoacetatos, alquil fosfatos, alquil éter fosfatos, alquil éter carboxilatos, alquil amidoétercarboxilatos, N-alquilaminoácidos, N-acil aminoácidos, alquil péptidos, N-acil tauratos, alquil isetionatos, sales carboxilato en donde el grupo acilo se deriva de ácidos grasos; y las sales de metal alcalino, metal alcalinotérreo, amonio, amina y trietanolamina de los mismos.

En un aspecto, el resto catiónico de las sales mencionadas anteriormente se selecciona entre sales de sodio, potasio, calcio, magnesio, amonio, mono-, di- y trietanolamina y sales de mono-, di- y tri-isopropilamina. Los grupos alquilo y acilo de los tensioactivos aniónicos mencionados anteriormente pueden contener de 6 a aproximadamente 24 átomos de carbono. Los grupos alquilo y acilo de los tensioactivos aniónicos mencionados anteriormente pueden contener de 8 a 22 átomos de carbono. En algunas realizaciones, los grupos alquilo y acilo de los tensioactivos aniónicos mencionados anteriormente pueden contener de 12 a 18 átomos de carbono. Los grupos alquilo y acilo pueden estar saturados o insaturados. Los grupos arilo en los tensioactivos se pueden seleccionar entre fenilo o bencilo. Los tensioactivos que contienen éter expuestos anteriormente pueden contener de 1 a 10 unidades de óxido de etileno y/o óxido de propileno por molécula de tensioactivo en un aspecto, y de 1 a 3 unidades de óxido de etileno por molécula de tensioactivo en otro aspecto.

Otros ejemplos de tensioactivos aniónicos adecuados incluyen, pero no se limitan a, las sales de sodio, potasio, litio, calcio, magnesio y amonio de laureth sulfato, trideceth sulfato, myreth sulfato, pareth sulfato C12-C13, pareth sulfato C12-C14 y pareth sulfato C12-C15, etoxilados con 1, 2, 3, 4 o 5 moles de óxido de etileno; lauril sulfato de sodio, potasio, litio, magnesio, amonio y trietanolamina, sulfato de coco, sulfato de tridecilo, sulfato de miristilo, sulfato de cetilo, sulfato de cetearilo, sulfato de estearilo, sulfato de oleilo y sulfato de sebo, lauril sulfosuccinato disódico, laureth sulfosuccinato disódico, cocoil isetionato de sodio, sulfonato de olefina C12-C14 de sodio, laureth-6 carboxilato de sodio, metil cocoil taurato de sodio, cocoil glicinato

de sodio, miristil sarcocinato de sodio, dodecilbenceno sulfonato de sodio, alquilbenceno sulfonato de calcio y/o magnesio, cocoil sarcosinato de sodio, cocoil glutamato de sodio, miristil glutamato de potasio, monolauril fosfato de trietanolamina y jabones de ácidos grasos, incluidas las sales de sodio, potasio, amonio y trietanolamina de ácidos grasos saturados e insaturados que contienen de aproximadamente 8 a aproximadamente 22 átomos de carbono.

Los tensioactivos catiónicos pueden ser cualquiera de los tensioactivos catiónicos conocidos o usados previamente en la técnica de las composiciones de tensioactivos acuosos. Los tensioactivos catiónicos útiles pueden ser uno o más de los descritos, por ejemplo, en McCutcheon's Detergents and Emulsifiers, edición norteamericana, 1998, supra, y Kirk-Othmer, Encyclopedia of Chemical Technology, 4ª ed., vol. 23, págs. 478-541, en la medida en que dichos tensioactivos sean solubles en el fluido NCAMF. Las clases adecuadas de tensioactivos catiónicos incluyen, pero no se limitan a, alquilaminas, alquilimidazolininas, aminas etoxiladas, compuestos cuaternarios y ésteres cuaternizados. Además, los óxidos de alquilamina pueden funcionar como tensioactivo catiónico a un pH bajo.

Los tensioactivos de alquilamina pueden ser sales de alquilaminas grasas primarias, secundarias y terciarias C₁₂-C₂₂, sustituidas o no sustituidas, y sustancias denominadas a veces "amidoaminas". Los ejemplos de alquilaminas y sales de las mismas no limitantes incluyen dimetilcocamina, dimetilpalmitamina, dioctilamina, dimetilestearamina, dimetilsojaamina, sojaamina, miristilamina, tridecilamina, etilestearilamina, N-sebopropano diamina, estearilamina etoxilada, dihidroxi-etil-estearilamina, araquidilbehenilamina, dimetil lauramina, clorhidrato de estearilamina, cloruro de sojaamina, formiato de estearilamina, dicloruro de N-sebopropano diamina y amodimeticona.

Los ejemplos no limitantes de amidoaminas y sales de las mismas incluyen estearamido propil dimetilamina, citrato de estearamidopropil dimetilamina, palmitamidopropil dietilamina y lactato de cocamidopropil dimetilamina.

Los ejemplos no limitantes de tensioactivos de alquilimidazolina incluyen alquil hidroxietil imidazolina, tal como estearil hidroxietil imidazolina, cocohidroxietil imidazolina y etil hidroximetil oleil oxazolina.

Los ejemplos no limitantes de aminas etoxiladas incluyen cocopoliamina de PEG, amina de sebo de PEG-15 y quaternium-52.

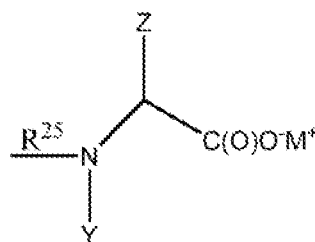
Entre los compuestos de amonio cuaternario útiles como tensioactivos catiónicos, algunos corresponden a la fórmula general: (R²⁰R²¹R²²R²³N⁺)E⁻, en donde R²⁰, R²¹, R²² y R²³ se seleccionan independientemente de un grupo alquilo que tiene de 1 a aproximadamente 22 átomos de carbono, o un grupo aromático, alcoxi, polioxialquileo, alquilamido, hidroxialquilo, arilo o alquilarilo que tiene de 1 a aproximadamente 22 átomos de carbono en la cadena alquilo; y E es un anión formador de sal tal como los seleccionados entre halógeno, (p. ej., cloruro, bromuro), acetato, citrato, lactato, glicolato, fosfato, nitrato, sulfato y alquilsulfato. Los grupos alifáticos pueden contener, además de átomos de carbono e hidrógeno, enlaces éter, enlaces éster y otros grupos tales como grupos amino. Los grupos alifáticos de cadena más larga, por ejemplo, los de aproximadamente 12 carbonos o más, pueden estar saturados o insaturados. En un aspecto, los grupos arilo se seleccionan de fenilo y bencilo.

Los ejemplos de tensioactivos de amonio cuaternario incluyen, pero no se limitan a, cloruro de cetiltrimetilamonio, cloruro de cetilpiridinio, cloruro de dicetil dimetil amonio, cloruro de dihexadecil dimetil amonio, cloruro de estearil dimetil bencil amonio, cloruro de dioctadecil dimetil amonio, cloruro de dieicosil dimetil amonio, cloruro de didocosil dimetil amonio, cloruro de dihexadecil dimetil acetato de amonio, cloruro de behenil trimetil amonio, cloruro de benzalconio, cloruro de bencetonio y cloruro de di(cocoalquil) dimetil amonio, cloruro de disebodimetil amonio, cloruro de di(sebo hidrogenado) dimetilamonio, acetato de di(sebo hidrogenado) dimetilamonio, metilsulfato de disebodimetilamonio, fosfato de disebodipropilamonio y nitrato de disebodimetilamonio.

A pH bajo, los óxidos de amina pueden protonarse y comportarse de manera similar a las N-alquilaminas. Los ejemplos incluyen, pero no se limitan a, óxido de dimetildodecilamina, óxido de oleildi(2-hidroxietil)amina, óxido de dimetiltetradecilamina, óxido de di(2-hidroxietil)-tetradecilamina, óxido de dimetilhexadecilamina, óxido de behenamina, óxido de cocamina, óxido de deciltetradecilamina, óxido de dihidroxietil C₁₂-C₁₅ alcoxiopropilamina, óxido de dihidroxietil cocamina, óxido de dihidroxietil lauramina, óxido de dihidroxietil estearamina, óxido de dihidroxietil amina de sebo, óxido de amina de palmiste hidrogenado, óxido de amina de sebo hidrogenado, óxido de hidroxietil hidroxipropil C₁₂-C₁₅ alcoxiopropilamina, óxido de lauramina, óxido de miristamina, óxido de cetilamina, óxido de oleamidopropilamina, óxido de oleamina, óxido de palmitamina, óxido de lauramina PEG-3, óxido de dimetil lauramina, óxido de trifosfonometilamina de potasio, óxido de amidopropilamina de soja, óxido de cocamidopropilamina, óxido de estearamina, óxido de seboamina y mezclas de las mismas.

El término "tensioactivo anfótero", como se usa en la presente descripción, también pretende abarcar tensioactivos bipolares, que son bien conocidos por los formuladores expertos en la técnica como un subconjunto de tensioactivos anfóteros. Se describen ejemplos no limitantes de tensioactivos anfóteros McCutcheon's Detergents and Emulsifiers, edición norteamericana, supra, y McCutcheon's, Functional Materials, edición norteamericana, supra. Los ejemplos adecuados incluyen, pero no se limitan a, aminoácidos (por ejemplo, N-alquil aminoácidos y N-acil aminoácidos), betaínas, sultaínas y alquil anfocarboxilatos.

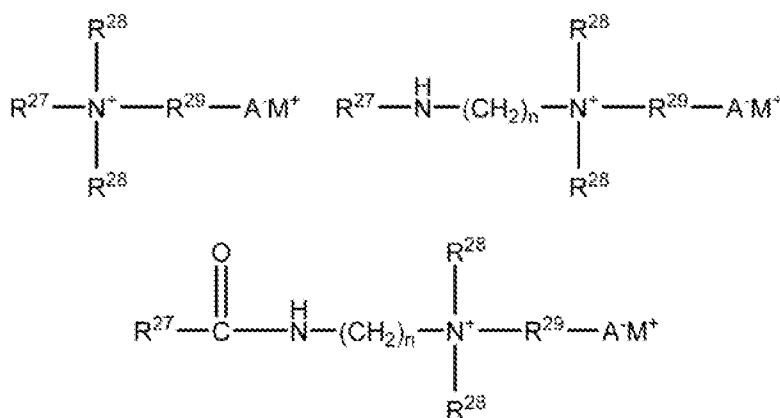
Los tensioactivos basados en aminoácidos adecuados en la práctica de la presente invención incluyen tensioactivos representados por la fórmula:



en donde R^{25} representa un grupo hidrocarburo saturado o insaturado que tiene de 10 a 22 átomos de carbono o un grupo acilo que contiene un grupo hidrocarburo saturado o insaturado que tiene de 9 a 22 átomos de carbono, Y es hidrógeno o metilo, Z se selecciona entre hidrógeno, $-\text{CH}_3$, $-\text{CH}(\text{CH}_3)_2$, $-\text{CH}_2\text{CH}(\text{CH}_3)_2$, $-\text{CH}(\text{CH}_3)\text{CH}_2\text{CH}_3$, $-\text{CH}_2\text{C}_6\text{H}_5$, $-\text{CH}_2\text{C}_6\text{H}_4\text{OH}$, $-\text{CH}_2\text{OH}$, $-\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_3$, $-(\text{CH}_2)_4\text{NH}_2$, $-(\text{CH}_2)_3\text{NHC}(\text{NH})\text{NH}_2$, $-\text{CH}_2\text{C}(\text{O})\text{O}^-\text{M}^+$, $-(\text{CH}_2)_2\text{C}(\text{O})\text{O}^-\text{M}^+$. M es un catión formador de sal. En un aspecto, R^{25} representa un radical seleccionado entre un grupo alquilo C_{10} a C_{22} lineal o ramificado, un grupo alquenilo C_{10} a C_{22} lineal o ramificado, un grupo acilo representado por $\text{R}^{26}\text{C}(\text{O})-$, en donde R^{26} se selecciona entre un grupo alquilo C_9 a C_{22} lineal o ramificado, un grupo alquenilo C_9 a C_{22} lineal o ramificado. En un aspecto, M^+ es un catión seleccionado entre cationes de sodio, potasio y amonio, así como la sal de amonio de mono, di y trietanolamina (TEA).

Los tensioactivos de aminoácidos pueden derivarse de la alquilación y acilación de α -aminoácidos tales como, por ejemplo, alanina, arginina, ácido aspártico, ácido glutámico, glicina, isoleucina, leucina, lisina, fenilalanina, serina, tirosina y valina. Los tensioactivos representativos de aminoácidos de N-acilo son, pero no se limitan a, las sales de mono y di-carboxilato (p. ej., sodio, potasio, amonio y TEA) de ácido glutámico N-acilado, por ejemplo, cocoil glutamato de sodio, lauroil glutamato de sodio, miristoil glutamato de sodio, palmitoil glutamato de sodio, estearoil glutamato de sodio, cocoil glutamato disódico, estearoil glutamato disódico, cocoil glutamato de potasio, lauroil glutamato de potasio y miristoil glutamato de potasio; las sales de carboxilato (p. ej., sodio, potasio, amonio y TEA) de alanina N-acilada, por ejemplo, cocoil alaninato de sodio y TEA lauroil alaninato; las sales de carboxilato (p. ej., sodio, potasio, amonio y TEA) de glicina N-acilada, por ejemplo, cocoil glicinato de sodio y cocoil glicinato de potasio; las sales de carboxilato (p. ej., sodio, potasio, amonio y TEA) de sarcosina N-acilada, por ejemplo, lauroil sarcosinato de sodio, cocoil sarcosinato de sodio, miristoil sarcosinato de sodio, oleoil sarcosinato de sodio y lauroil sarcosinato de amonio; y mezclas de los tensioactivos anteriores.

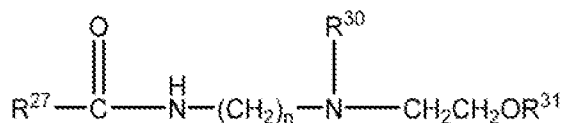
Las betaínas y sultaínas útiles en la presente invención se seleccionan entre alquil betaínas, alquilamino betaínas y alquilamido betaínas, así como las correspondientes sulfobetaínas (sultaínas) representadas por las fórmulas:



en donde R^{27} es un grupo alquilo o alquenilo C_7 - C_{22} , cada R^{28} es independientemente un grupo alquilo C_1 - C_4 , R^{29} es un grupo alquileo C_1 - C_5 o un grupo alquileo C_1 - C_5 sustituido con hidroxí, n es un número entero de 2 a 6, A es un grupo carboxilato o sulfonato y M es un catión formador de sal. En un aspecto, R^{27} es un grupo alquilo C_{11} - C_{18} o un grupo alquenilo C_{11} - C_{18} . En un aspecto, R^{28} es metilo. En un aspecto, R^{29} es metileno, etileno o hidroxipropileno. En un aspecto, n es 3. En un aspecto adicional, M se selecciona entre cationes de sodio, potasio, magnesio, amonio y la sal de amonio de mono, di y trietanolamina. Se pueden utilizar mezclas de las betaínas y sultaínas anteriores.

Los ejemplos de betaínas adecuadas incluyen, pero no se limitan a, lauril betaína, miristil betaína, coco betaína, oleil betaína, cocohexadecil dimetilbetaína, lauril amidopropil betaína, cocoamidopropil betaína (CAPB) y cocamidopropil hidroxisultaína, y mezclas de las mismas.

Los alquilanfocarboxilatos tales como los alquilanfocetatos y alquilanfopropionatos (carboxilatos mono y disustituidos) pueden representarse por la fórmula:



en donde R^{27} es un grupo alquilo o alquenoilo $\text{C}_7\text{-C}_{22}$, R^{30} es $-\text{CH}_2\text{C}(\text{O})\text{O}^-\text{M}^+$, $-\text{CH}_2\text{CH}_2\text{C}(\text{O})\text{O}^-\text{M}^+$ o $-\text{CH}_2\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_2\text{SO}_3^-\text{M}^+$, R^{31} es hidrógeno o $-\text{CH}_2\text{C}(\text{O})\text{O}^-\text{M}^+$, y M es un catión seleccionado entre sodio, potasio, magnesio, amonio y la sal de amonio de mono-, di- y trietanolamina.

Los alquilanfocarboxilatos ilustrativos incluyen, pero no se limitan a, cocoanfocacetato de sodio, lauroanfocacetato de sodio, capriolfanfocacetato de sodio, cocoanfodiacetato de disodio, lauroanfodiacetato de disodio, capriolfanfodiacetato de disodio, cocoanfodipropionato de disodio, lauroanfodipropionato de disodio, capriolfanfodipropionato de disodio y capriolfanfodipropionato de disodio.

Se describen ejemplos no limitantes de tensioactivos no iónicos en McCutcheon's Detergents and Emulsifiers, edición norteamericana, 1998, supra; y McCutcheon's Functional Materials, Norteamérica, supra. Los ejemplos adicionales de tensioactivos no iónicos se describen en la patente US-4.285.841, de Barrat y col., y en la patente US-4.284.532, de Leikhim y otros. Los tensioactivos no iónicos tienen típicamente una porción hidrofóbica, tal como un grupo alquilo de cadena larga o un grupo arilo alquilado, y una porción hidrófila que contiene varios grados de etoxilación y/o propoxilación (por ejemplo, de 1 a aproximadamente 50) restos etoxi y/o propoxi. Los ejemplos de algunas clases de tensioactivos no iónicos que pueden usarse incluyen, pero no se limitan a, alquilfenoles etoxilados, alcoholes grasos etoxilados y propoxilados, polietilenglicoléteres de metilglucosa, polietilenglicoléteres de sorbitol, copolímeros de bloque de óxido de etileno-óxido de propileno, etoxilados, ésteres de ácidos grasos, productos de condensación de óxido de etileno con aminas o amidas de cadena larga, productos de condensación de óxido de etileno con alcoholes y sus mezclas.

Los tensioactivos no iónicos adecuados incluyen, por ejemplo, polisacáridos de alquilo, etoxilatos de alcohol, copolímeros de bloques, etoxilatos de aceite de ricino, etoxilatos de alcohol cetoleílico, etoxilatos de alcohol cetearílico, etoxilatos de alcohol decílico, etoxilatos de dinonilfenol, etoxilatos de dodecilfenol, etoxilatos de dodecilfenol, etoxilatos de extremos rematados derivados, alcanolamidas etoxiladas, ésteres de etilenglicol, alcanolamidas de ácidos grasos, alcoxilatos de alcoholes grasos, etoxilatos de alcohol laurílico, etoxilatos de alcohol mono-ramificado, etoxilatos de nonilfenol, etoxilatos de octilfenol, etoxilatos de oleilamina, alcoxilatos de copolímeros aleatorios, etoxilatos de ácido esteárico, etoxilatos de esterilamina, etoxilatos de ácidos grasos de aceite de sebo, etoxilatos de amina de sebo, etoxilatos de tridecanol, dioles acetilénicos, polioxietilen sorbitoles y sus mezclas. Varios ejemplos específicos de tensioactivos no iónicos adecuados incluyen, entre otros, metil gluceth-10, diestearato de metil glucosa PEG-20, sesquiestearato de metil glucosa PEG-20, ceteth-8, ceteth-12, dodoxinol-12, laureth-15 Aceite de ricino PEG-20, polisorbato 20, estearato-20, polioxietilen-10 cetil éter, polioxietilen-10 estearil éter, polioxietilen-20 cetil éter, polioxietilen-10 oleil éter, polioxietilen-20 oleil éter, un nonilfenol etoxilado, octilfenol etoxilado, octilfenol etoxilado dodecilfenol etoxilado o alcohol graso ($\text{C}_6\text{-C}_{22}$) etoxilado, que incluye de 3 a 20 restos de óxido de etileno, éter isohexadecílico de polioxietileno-20, laurato de glicerol de polioxietileno-23, estearato de glicerilo de polioxietileno-20, éter de metil glucosa de PPG-10, éter de metil glucosa-20, monoésteres de sorbitán polioxietilen-20, aceite de ricino polioxietilen-80, polioxietilen-15 tridecil éter, polioxietilen-6 tridecil éter, laureth-2, laureth-3, laureth-4, aceite de ricino PEG-3, dioleato de PEG 600, dioleato PEG 400, poloxámeros tales como poloxámero 188, polisorbato 21, polisorbato 40, polisorbato 60, polisorbato 61, polisorbato 65, polisorbato 80, polisorbato 81, polisorbato 85, caprilato de sorbitán, cocoato de sorbitán, diisosteato de sorbitán, dioleato de sorbitán, diestearato de ácido graso de sorbitán, éster, isosteato de sorbitán, laurato de sorbitán, oleato de sorbitán, palmitato de sorbitán, sesquiosteato de sorbitán, sesquiosteato de sorbitán, sesquiosteato de sorbitán, estearato de sorbitán, triisosteato de sorbitán, trioleato de sorbitán, triestearato de sorbitán, undecilenato de sorbitán o sus mezclas.

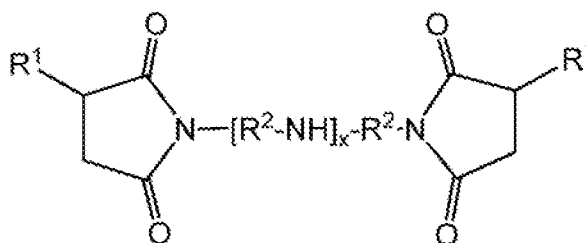
También pueden emplearse tensioactivos no iónicos de alquil glicósidos y generalmente se preparan haciendo al reaccionar un monosacárido, o un compuesto hidrolizable a un monosacárido, con un alcohol tal como un alcohol graso en un medio ácido. Por ejemplo, las patentes US-5.527.892 y 5.770.543 describen alquilglucósidos y/o métodos para su preparación. Los ejemplos adecuados están disponibles comercialmente con los nombres de Glucopon™ 220, 225, 425, 600 y 625, PLANTACARE® y PLANTAPON®, todos los cuales están disponibles en Cognis Corporation de Ambler, Pensilvania, EE. UU.

En otro aspecto, los tensioactivos no iónicos incluyen, pero no se limitan a, glucósidos de metilo alcoxilados tales como, por ejemplo, metil gluceth-10, metil gluceth-20, PPG-10 metil glucosa éter y PPG-20 metil glucosa éter, disponibles en Lubrizol Advanced Materials, Inc., con los nombres comerciales, Glucam® E10, Glucam® E20, Glucam® P10 y Glucam® P20, respectivamente; y los glucósidos de metilo alcoxilados modificados hidrofóticamente, tales como dioleato de metil glucosa PEG 120, trioleato de metilglucosa PEG-120 y sesquiestearato de metilglucosa PEG-20, disponibles en Lubrizol Advanced Materials, Inc., con los nombres comerciales, Glucamate® DOE-120, Glucamate™ LT y Glucamate™ SSE-20, respectivamente, también son adecuados. Otros metilglucósidos alcoxilados modificados hidrofóticamente ejemplares se describen en las patentes US-6.573.375 y 6.727.357.

Otros tensioactivos no iónicos útiles incluyen siliconas solubles en agua tales como Dimeticona PEG-10, Dimeticona PEG-12, Dimeticona PEG-14, Dimeticona PEG-17, Dimeticona PPG-12, Dimeticona PPG-17 y formas derivatizadas/funcionalizadas de las mismas tales como Bis-PEG/PPG-20/20 Dimeticona Bis-PEG/PPG-16/16 PEG/PPG-16/16 Dimeticona, PEG/PPG-14/4 Dimeticona, PEG/PPG-20/20 Dimeticona, PEG/PPG-20/23 Dimeticona y Perfluorononilcarboxidecil Dimeticona PEG-10.

Por dispersantes, se entiende aditivos dispersantes poliméricos, que generalmente son polímeros basados en hidrocarburos que contienen la porción polar como parte de, o asociada con, una porción que contiene ácido o anhídrido del aditivo. Estos dispersantes pueden describirse como ácido carboxílico, sustituido con poliolefina, éster, amida o imidas.

Los dispersantes típicos incluyen alquénilsuccinimidas de cadena larga N-sustituidas, que tienen una variedad de estructuras químicas que incluyen, típicamente,



donde cada R¹ es independientemente un grupo alquilo, frecuentemente un grupo poliisobutileno con un peso molecular (M_n) de 500-5000 basado en el precursor de poliisobutileno, y R² son grupos alqueno, comúnmente grupos etileno (C₂H₄). Tales moléculas se derivan comúnmente de la reacción de un agente acilante de alquénilo con una poliamina, y es posible una amplia variedad de enlaces entre los dos restos además de la estructura de imida simple mostrada anteriormente, que incluye una variedad de amidas y sales de amonio cuaternario. En la estructura anterior, la porción de amina se muestra como una alquénipoliamina, aunque también pueden usarse otras mono y poliaminas alifáticas y aromáticas. También, es posible una variedad de modos de enlace de los grupos R¹ en la estructura de imida, que incluya varios enlaces cíclicos. La relación de los grupos carbonilo del agente acilante con respecto a los átomos de nitrógeno de la amina puede ser de 1:0,5 a 1:3, y en otros casos de 1:1 a 1:2,75 o de 1:1,5 a 1:2,5. Los dispersantes de succinimida se describen más completamente en las patentes US-4.234.435 y US-3.172.892 y en el documento EP 0355895.

Por ejemplo, dichos dispersantes pueden producirse por reacción de un polialquileno C3-C6 (p. ej., polipropileno, poliisobutileno, polipentileno, poliheptileno, con mayor frecuencia poliisobutileno) o un derivado del mismo (p. ej., un derivado clorado) con un mono o un α,β ácido dicarboxílico insaturado o anhídrido del mismo (tal como anhídrido maleico o anhídrido succínico) para producir un compuesto de polialquileno C3-C6 acilado. Los compuestos de polialquileno acilado pueden usarse sin funcionalización adicional, o pueden hacerse reaccionar con una amina, tal como una amina primaria o una poliamina, tal como una amina de polietileno, para producir el dispersante. Los ejemplos de compuestos de polialquileno acilados incluyen anhídrido poliisobutenil succínico (también llamado PIBSA).

El dispersante de poliisobutileno se puede obtener a partir de un proceso asistido por cloro, una reacción de eno térmica (generalmente que implica un polímero con alto contenido de vinilideno) o un proceso de injerto de radicales. El método de acilación y los parámetros de proceso puede dar como resultado poliisobutileno sustituido con entre uno y dos grupos acilo, preferiblemente ácido succínico o equivalentes funcionales.

Otra clase de dispersante incluye ésteres de alto peso molecular. Estos materiales son similares a las succinimidas descritas anteriormente, excepto que se pueden considerar que han sido preparadas mediante la reacción de un agente acilante de hidrocarbilo y un alcohol alifático polihídrico tal como glicerol, pentaeritritol o sorbitol. Dichos materiales se describen con más detalle en la patente US-3.381.022.

Otra clase de dispersante sin cenizas son las polialquilen poliaminas aciladas del tipo descrito del tipo descrito en la patente US-5.330.667.

Otra clase de dispersantes sin cenizas son los poliésteres de ácidos grasos de cadena larga sustituidos con hidroxí, tales como ácido 12-hidroxiesteárico y ésteres, amidas y sales de amina y amonio de los mismos. El poliéster puede ser un producto de reacción de un ácido carboxílico de cadena larga que contiene al menos un grupo hidroxilo y un compuesto que tiene un átomo de oxígeno o nitrógeno capaz de condensarse con dicho ácido y que además tiene un grupo amino terciario. El producto de reacción puede formarse añadiendo el ácido carboxílico graso y el compuesto que tiene un átomo de oxígeno o nitrógeno capaz de condensarse con dicho ácido en cualquier orden. Como se utiliza en la presente memoria, la expresión "ácido carboxílico de cadena larga" usado en relación con el poliéster significa un ácido con una cadena de carbono de 8 a 22, o de 10 a 22 átomos de carbono, también llamados ácidos carboxílicos grasos.

En algunas realizaciones, el ácido hidroxicarboxílico usado en la preparación del poliéster puede ser ácido 12-hidroxiesteárico, ácido ricinoleico, ácido 12-hidroxidodecanoico, ácido 5-hidroxidodecanoico, ácido 5-hidroxidecanoico, ácido 4-hidroxidecanoico, ácido 10-hidroxiundecanoico o combinaciones de los mismos.

5 El dispersante de poliéster se puede hacer reaccionar adicionalmente con un compuesto de nitrógeno u oxígeno que contiene un grupo amino terciario capaz de cuaternizarse. El compuesto que tiene un átomo de oxígeno o nitrógeno capaz de condensarse con dicho ácido y que además tiene un grupo amino terciario comprende N,N-dietiletilendiamina, N,N-dimetiletilendiamina, N,N-dibutyletilendiamina, N,N-dimetil-1,3-diaminopropano, N,N-dietil-1,3-diaminopropano, N,N-dimetilaminoetanol, N,N-dietilaminoetanol, o combinaciones de los mismos.

10 El peso molecular promedio en número (Mn) del dispersante de poliéster puede ser de 500 a 3000, o de 700 a 2500.

Otra clase de dispersante sin cenizas son las bases de Mannich. Estos son materiales que se forman mediante la condensación de un fenol sustituido con alquilo de alto peso molecular, una alquilenpoliamina, y un aldehído, tal como formaldehído. Se describen con más detalle en la patente US-3.634.515.

15 Otros dispersantes incluyen aditivos dispersantes poliméricos, los cuales pueden ser polímeros basados en hidrocarburos, los cuales contienen funcionalidad polar para impartir características de dispersancia al polímero.

20 Los dispersantes también pueden tratarse posteriormente mediante la reacción con cualquiera de una variedad de agentes. Entre estos se encuentran urea, tiourea, dimercaptotiadiazoles, disulfuro de carbono, aldehídos, cetonas, ácidos carboxílicos, anhídridos succínicos sustituidos con hidrocarburos, nitrilos, epóxidos, compuestos de boro y compuestos de fósforo. Las referencias que detallan dicho tratamiento se enumeran en la patente US-4.654.403.

25 Los dispersantes también pueden cuaternizarse mediante reacción con un agente cuaternizante, tal como sulfatos de dialquilo, haluros de bencilo, carbonatos sustituidos con hidrocarbilo; epóxidos de hidrocarbilo en combinación con un ácido, o mezclas de los mismos.

30 El nivel de tensioactivo en la dispersión dependerá de varias variables, incluido el tipo de tensioactivo, el tipo de fluido NCAMF y el tipo y cantidad de nanopartículas sólidas. Sin embargo, en la mayoría de las realizaciones, el tensioactivo puede incluirse a un nivel de aproximadamente 0,1 a aproximadamente 2 veces la concentración de la al menos una nanopartícula sobre una base en peso. En algunos casos, el tensioactivo puede incluirse a un nivel de aproximadamente 0,08 a aproximadamente 1,5 veces la concentración de la al menos una nanopartícula sobre una base en peso. El tensioactivo también puede incluirse a un nivel de aproximadamente 0,1 a aproximadamente 1, o aproximadamente 0,2 a aproximadamente 0,75 veces la concentración de la al menos una nanopartícula sobre una base en peso.

Dispersión coloidal estable

40 La formulación exacta de las dispersiones coloidales estables depende de los sistemas en los que se emplearán las dispersiones, y las propiedades deseadas necesarias para ese sistema. Por ejemplo, la conductividad térmica, la viscosidad, el punto de inflamación y las propiedades dieléctricas de la dispersión serán diferentes si se emplea la dispersión para enfriar un paquete de baterías en un automóvil frente al enfriamiento de una granja de servidores informáticos.

45 La dispersión coloidal estable se puede formular eligiendo primero al menos un fluido no conductor, no acuoso y no miscible en agua que tenga las propiedades dieléctricas, el punto de inflamación y la viscosidad deseados para la aplicación elegida. Al menos una nanopartícula sólida puede elegirse con las propiedades térmicas y de conductividad deseadas para la aplicación elegida y añadirse al fluido no conductor, no acuoso y no miscible en agua.

50 Una vez que se ha seleccionado el al menos un fluido no conductor, no acuoso y no miscible en agua y al menos una nanopartícula sólida, se puede seleccionar al menos un tensioactivo para la adición a la dispersión. La dispersión coloidal estable se puede preparar entonces según técnicas estándar conocidas en la técnica de preparación de dispersión. Por ejemplo, la dispersión coloidal estable se puede preparar mediante una mezcla simple del tensioactivo y nanopartículas en el fluido no conductor, no acuoso y no miscible en agua.

55 Sin embargo, se ha descubierto para sorpresa de los inventores, que preparar la dispersión mediante un método de dos etapas da como resultado una dispersión más estable. El método de dos etapas implica dispersar primero las nanopartículas en un alcohol, tal como alcohol isopropílico con agitación. Los alcoholes adecuados pueden incluir, por ejemplo, cualquier alcohol C₁ a C₁₀ o mezclas de los mismos, pero preferiblemente un alcohol C₁ a C₅ o mezclas de los mismos, y más preferiblemente un alcohol C₁ a C₃ o mezclas de los mismos. Un alcohol adecuado puede ser propanol o isopropanol. Sin pretender imponer ninguna teoría, se cree que el pH más alto del alcohol proporciona cierta estabilización electrostática a la mezcla, lo que da como resultado una dispersión de las nanopartículas en el alcohol.

60 Se prepara una mezcla del tensioactivo y el fluido no conductor, no acuoso y no miscible en agua. La dispersión de nanopartículas en el alcohol se combina luego con la mezcla preparada del tensioactivo en el fluido no conductor, no acuoso y no miscible en agua. La combinación se agita, lo que da como resultado que el tensioactivo extraiga las nanopartículas del alcohol y las introduzca en el fluido no conductor, no acuoso y no miscible en agua.

En el método de dos etapas, la agitación puede realizarse mediante cualquier método de agitación conocido, tal como una mezcla o agitación simple. Se ha descubierto que la mezcla simple funciona bien para la etapa inicial de dispersar las nanopartículas en el alcohol, y que el tratamiento con ultrasonidos funciona bien para ayudar a la extracción de las nanopartículas del alcohol al tensioactivo.

La constante dieléctrica (también llamada permitividad relativa) es una característica importante de un fluido de transferencia de calor para un sistema de refrigeración por inmersión. Para evitar problemas con fugas de corriente eléctrica, la dispersión coloidal estable puede tener una constante dieléctrica de 10,0 o menos medida según la ASTM D924. La constante dieléctrica de la dispersión coloidal estable también puede ser de 7,5 o inferior medida según ASTM D924. La constante dieléctrica de la dispersión coloidal estable también puede ser de 5 o inferior medida según ASTM D924. La constante dieléctrica de la dispersión coloidal estable también puede ser de 4,0 o inferior medida según ASTM D924.

La dispersión coloidal estable también puede tener una viscosidad cinemática medida a 100 °C de al menos 0,7 mpas (0,7 cst) o al menos 0,9 mpas (0,9 cst) o al menos 1,1 mpas (1,1 cst) o de 0,7 a 7,0 mpas (0,7 a 7,0 cst) o de 0,9 a 6,5 mpas (0,9 a 6,5 cst) o incluso de 1,1 a 6,0 mpas (1,1 a 6,0 cst) medida según ASTM D445_100. Para una familia química y una potencia de bomba dadas, los fluidos de mayor viscosidad son menos eficaces para retirar el calor, dada la mayor resistencia al flujo.

Los fluidos de transferencia de calor de inmersión deben fluir libremente a temperaturas muy bajas. En una realización, la dispersión coloidal estable puede tener un punto de fluidez de al menos -50 °C o al menos -40 °C, o al menos -30 °C medido según ASTM D5985. En una realización, la dispersión coloidal estable puede tener una viscosidad absoluta de no más de 900 mpas (900 cP) a -30 °C, o no más de 500 mpas (500 cP) a -30 °C, o no más de 100 mpas (100 cP) a -30 °C, medida según ASTM D2983.

La dispersión coloidal estable puede tener un punto de inflamación de al menos 50 °C medida según ASTM D56, o al menos 60 °C, o al menos 75 °C, o al menos 100 °C.

Se ha descubierto que determinadas combinaciones de tensioactivo y fluido NCAMF dan como resultado suspensiones particularmente estables. Por ejemplo, la combinación de tensioactivos con grupos de cabeza de poliamina succinimida usados en disolvente de isoparafina, o el uso de grupos de cabeza de sulfosuccinato en disolventes de éster, por ejemplo, o grupos de cabeza de ácido hidroxisteárico en disolventes de éter.

En una realización, se proporciona una dispersión coloidal estable que tiene a) un hidrocarburo líquido, diéster de hidrocarbilo líquido o poliéster, o mezclas de los mismos, con una viscosidad cinemática a 100 °C de 0,7 a 7,0 mpas (0,7 a 7,0 cst) medida según ASTM D445_100, b) una nanopartícula de óxido de aluminio y c) al menos un tensioactivo que tiene un grupo de cabeza polar que incluye al menos una amina alifática, poliamina o una combinación de las mismas. El tensioactivo puede tener una cadena principal que incluya una poliolefina de Mn 250 a 5000 Daltons. Más particularmente, la cadena principal de poliolefina del tensioactivo puede incluir polímeros y copolímeros de etileno. La cadena principal de poliolefina también puede incluir alfa-olefinas superiores. La cadena principal también puede incluir isobutileno, o dienos conjugados de 4 o más átomos de carbono. La cadena principal de poliolefina también puede ser una combinación de cualquiera de los anteriores.

Método de refrigeración

La tecnología descrita proporciona un método para enfriar los componentes eléctricos sumergiendo los componentes eléctricos en un baño que comprende la dispersión coloidal estable y haciendo funcionar los componentes eléctricos.

Los componentes eléctricos incluyen cualquier dispositivo electrónico que utilice energía y genere energía térmica que deba disiparse para evitar que los dispositivos electrónicos se sobrecalienten. Los ejemplos incluyen componentes electrónicos de aviones, componentes electrónicos de ordenadores tales como microprocesadores, fuentes de alimentación ininterrumpida (UPS), componentes electrónicos de potencia (tales como IGBT, SCR, tiristores, condensadores, diodos, transistores, rectificadores). Otros ejemplos incluyen inversores, convertidores de CC a CC, cargadores, inversores de cambio de fase, motores eléctricos, controladores de motores eléctricos, transmisiones, KERS (sistemas de recuperación de energía cinética) e inversores de CC a CA.

Aunque se han proporcionado varios ejemplos de componentes eléctricos, el fluido de transferencia de calor puede emplearse en cualquier ensamblaje o para cualquier componente eléctrico para proporcionar un fluido de transferencia de calor mejorado con un rendimiento a baja temperatura sin aumentar significativamente la conductividad eléctrica y la inflamabilidad potencial de la mezcla.

El método será particularmente útil en la transferencia de calor desde sistemas de baterías, tales como los de un vehículo eléctrico, tal como un coche eléctrico, un camión o incluso un vehículo de transporte público electrificado, como un tren o un tranvía. La pieza principal de los componentes eléctricos en el transporte electrificado son frecuentemente los módulos de batería, que pueden incluir una o más células de batería apiladas entre sí para construir el módulo de batería. Cada célula de la batería puede generar calor durante las operaciones de carga y descarga, o puede transferirse a las células de la batería durante las condiciones de apagado del vehículo eléctrico como resultado de condiciones ambientales relativamente

extremas (es decir, calor). Por lo tanto, el módulo de batería incluirá un sistema de transferencia de calor para gestionar térmicamente los módulos de batería en una gama completa de condiciones ambientales y/o de funcionamiento. De hecho, el funcionamiento de los módulos de batería puede ocurrir durante el uso y el drenaje de la energía de los mismos, tal como en el funcionamiento del módulo de batería, o durante la carga del módulo de batería. Con respecto a la carga, el uso del fluido de transferencia de calor puede permitir la carga del módulo de batería hasta al menos el 75 % de la capacidad de batería total restaurada en un período de tiempo de menos de 15 minutos.

Similarmente, los componentes eléctricos en el transporte electrificado pueden incluir células de combustible, células solares, paneles solares, células fotovoltaicas y similares que requieren refrigeración mediante el fluido de transferencia de calor. Dicho transporte electrificado también puede incluir motores de combustión interna tradicionales como, por ejemplo, en un vehículo híbrido.

El transporte electrificado también puede incluir motores eléctricos como componentes eléctricos. Los motores eléctricos pueden emplearse en cualquier lugar a lo largo de la línea de transmisión de un vehículo para hacer funcionar, por ejemplo, transmisiones, ejes y diferenciales. Dichos motores eléctricos pueden refrigerarse mediante un sistema de transferencia de calor que emplea el fluido de transferencia de calor.

El método puede incluir proporcionar un sistema de transferencia de calor que contenga componentes eléctricos que requieran refrigeración. El sistema de transferencia de calor incluirá, entre otras cosas, un baño en el que los componentes eléctricos pueden situarse de manera que permitan que los componentes eléctricos estén en comunicación fluida directa con la dispersión coloidal estable. El baño estará en comunicación fluida con un depósito de fluido de transferencia de calor que contiene la dispersión coloidal estable y un intercambiador de calor.

Los componentes eléctricos pueden funcionar junto con el funcionamiento del sistema de transferencia de calor. El sistema de transferencia de calor puede funcionar, por ejemplo, haciendo circular la dispersión coloidal estable a través del sistema de transferencia de calor.

Por ejemplo, el sistema de transferencia de calor puede incluir medios para bombear dispersión coloidal estable enfriada desde el depósito de fluido de transferencia de calor al baño, y para bombear dispersión coloidal estable calentada fuera del baño a través del intercambiador de calor y de regreso al depósito de fluido de transferencia de calor. De esta manera, mientras se hacen funcionar los componentes eléctricos, el sistema de transferencia de calor también se puede hacer funcionar para proporcionar una dispersión coloidal estable enfriada a los componentes eléctricos para absorber el calor generado por los componentes eléctricos y para retirar la dispersión coloidal estable que ha sido calentada por los componentes eléctricos que se enviarán al intercambiador de calor para su refrigeración y recirculación de regreso al depósito de fluido de transferencia de calor.

Un sistema de gestión térmica según se describe en el presente documento puede retirar el calor a una velocidad que permita la carga rápida de una batería. El objetivo de potencia para la carga de alta velocidad incluye 120-600 kW. El calor generado durante la carga o el funcionamiento del sistema eléctrico es de un mínimo de 10 kw.

Diversas realizaciones de las composiciones descritas en el presente documento pueden comprender opcionalmente uno o más aditivos de rendimiento adicionales. Estos aditivos de rendimiento adicionales pueden incluir uno o más retardadores de llama, supresores de humo, antioxidantes, supresores de combustión, desactivadores de metales, aditivos de flujo, inhibidores de corrosión, inhibidores de espuma, desemulsionantes, depresores del punto de fluidez, agentes de expansión de sellos y cualquier combinación o mezcla de los mismos. Típicamente, el aceite lubricante completamente formulado contendrá uno o más de estos aditivos de rendimiento, y frecuentemente un paquete de múltiples aditivos de rendimiento. En una realización, uno o más aditivos adicionales pueden estar presentes en la dispersión coloidal estable en el 0,01 por ciento en peso hasta el 3 por ciento en peso, o el 0,05 por ciento en peso hasta el 1,5 por ciento en peso, o el 0,1 por ciento en peso hasta el 1,0 por ciento en peso.

Como se usa en el presente documento, el término “hidrocarbilo” se usa en su sentido ordinario, que es bien conocido por los expertos en la materia. Específicamente, se refiere a un grupo que tiene un átomo de carbono unido directamente al resto de la molécula y que tiene predominantemente carácter de hidrocarburo. Los ejemplos de grupos hidrocarbilo incluyen:

sustituyentes hidrocarburos, es decir, sustituyentes alifáticos (por ejemplo, alquilo o alquenilo), alicíclicos (por ejemplo, cicloalquilo, cicloalquenilo), y sustituyentes aromáticos sustituidos con aromáticos, alifáticos y alicíclicos, así como sustituyentes cíclicos en donde el anillo se completa a través de otra porción de la molécula (por ejemplo, dos sustituyentes juntos forman un anillo);

sustituyentes de hidrocarburos sustituidos, es decir, sustituyentes que contienen grupos no hidrocarburos que, en el contexto de esta invención, no alteran la naturaleza predominantemente hidrocarbonada del sustituyente (p. ej., halo (especialmente cloro y flúor), hidroxilo, alcoxilo, mercapto, alquilmercapto, nitro, nitroso y sulfoxilo);

sustituyentes hetero, es decir, sustituyentes que, aunque tienen un carácter predominantemente de hidrocarburo, en el contexto de esta invención, contienen distintos de carbono en un anillo o cadena compuesta por lo demás por átomos de carbono y abarca sustituyentes como piridilo, furilo, tienilo e imidazolilo. Los heteroátomos incluyen

azufre, oxígeno y nitrógeno. En general, no más de dos, o no más de un sustituyente no hidrocarbonado estará presente por cada diez átomos de carbono en el grupo hidrocarbilo; alternatively, puede no haber sustituyentes no hidrocarbonados en el grupo hidrocarbilo.

Se sabe que algunos de los materiales descritos anteriormente pueden interactuar en la formulación final, de modo que los componentes de la formulación final pueden ser diferentes de los que se añaden inicialmente. Por ejemplo, los iones metálicos (de, por ejemplo, un detergente) pueden migrar a otros sitios ácidos o aniónicos de otras moléculas. Los productos formados de este modo, incluyendo los productos formados al emplear la composición lubricante de la presente invención en su uso previsto, pueden no ser susceptibles de una fácil descripción. Sin embargo, todas esas modificaciones y productos de reacción se incluyen dentro del alcance de la presente invención; la presente invención abarca la composición lubricante preparada mezclando los componentes descritos anteriormente.

La presente invención es útil para refrigerar componentes eléctricos durante el funcionamiento, lo que puede entenderse mejor con referencia a los siguientes ejemplos.

Ejemplos

Se preparó una serie de fluidos de transferencia de calor en fluidos no conductores, no acuosos y no miscibles en agua con suspensiones estables de nanopartículas sólidas. Los fluidos varían de hidrocarburos isoparafínicos simples a compuestos orgánicos éster y éter. Las suspensiones estables pueden prepararse mediante dos vías generales, una etapa única o múltiples etapas. Ambos procesos se describen en detalle a continuación.

Proceso de una sola etapa para preparar una suspensión estable.

Se añadió tensioactivo al fluido oleaginoso y la solución resultante se sometió a ultrasonidos hasta que todo el tensioactivo se disolvió completamente. Después de esta etapa, se añadió nanopulvo a la solución, y la suspensión de nanofluido se sometió a ultrasonidos a 900W durante 30 minutos.

Proceso de múltiples etapas para preparar una suspensión estable.

Las nanopartículas (20 % en peso) se dispersaron en isopropanol (80 % en peso) a un pH >8. Se añadió tensioactivo al fluido oleaginoso y la solución de aceite resultante se sometió a ultrasonidos hasta que todo el tensioactivo se disolvió completamente. La suspensión de nanofluido en isopropanol se añadió a la solución de aceite y la suspensión de nanofluido se sometió a ultrasonidos a 900W durante 15 min. Después de la sonicación, la suspensión de nanofluido se dejó a 70 °C durante 8 horas para evaporar todo el isopropanol. Después de la evaporación del isopropanol, el nanofluido final se sometió a ultrasonidos a 900W durante 15 minutos.

Proceso de molienda para preparar suspensiones estables: Una mezcla de fluido portador de parafina/isoparafina, dispersante y polvo de MgO se dispersó mediante el uso de un mezclador de alto cizallamiento. A continuación, la mezcla se dispersó usando un molino de medios horizontal con medios de cerámica grandes de 1 mm en un proceso de recirculación hasta que las partículas más grandes alcanzaron un tamaño de 10-15 micrómetros de diámetro. Después de la molienda con el medio de 1 mm, la mezcla se dispersó usando un molino de medios horizontal con medios de cerámica submilimétricos en un proceso de recirculación hasta que se alcanzó una dispersión estable con partículas inferiores a < 0,5 micrómetros. Después de la molienda, el material se diluyó parcialmente con un fluido de hidrocarburo oxigenado.

Los ejemplos de tensioactivos/dispersantes empleados en las composiciones fluidas probadas se resumen en la Tabla 1.

Tabla 1: Tensioactivos

	Composición química	Mn
S1	Poli(ácido 12-hidroxiesteárico) con condensado de polietilenimina	~ 500-2300 y ~ 1000-20.000
S2	Poli(ácido 12-hidroxiesteárico)	~500-2300
S3	Diocil sulfosuccinato de sodio	
S4	Poliisobutileno succinatado	~300-1000

Utilizando los tensioactivos anteriores, se preparó una serie de suspensiones con numerosas partículas sólidas. Las composiciones de las suspensiones se resumen a continuación (Tabla 2).

Tabla 2: Suspensiones no acuosas

	Composición fluida	Proceso ¹	Tensioactivo		Sólido		
			Id.	Tratamiento (% en peso)	Composición	Tamaño de partícula (nm)	Tratamiento (% en peso)
EJ1	Neopentanoato de isopropilo (IN)						
EJ1-G	IN	2	S1	1,0	Óxido de grafeno	Monocapa ²	0,2
EJ1-A1	IN	2	S2	0,9	Alúmina	25	10
EJ1-A2	IN	2	S2	1,8	Alúmina	25	20
EJ1-A3	IN	1	S3	1,0	Alambre de alúmina ³	5 x 300	10
EJ2	Isoparafina A (IP A)						
EJ2-A	IPA	1	S2	2,5	Alambre de alúmina ³	5 x 300	20
EJ2-M	IP A	nd	nd	nd	Óxido de magnesio	20	35
EJ3	Adipato de diisooctilo (DIA)						
EJ3-T	DIA	1	S4	2,75	TiOa	25	4
EJ3-A	DIA	1	S4	2,75	Nitruro de aluminio*	<100	4
EJ3-Z	DIA	1	S4	2,75	Óxido de cinc	<100	4
EJ4	Isoparafina 8 (IP B)						
EJ4-T	IP 8	1	S4	2,75	TiOa	25	4
EJ4-A	IP 8	1	S4	2,75	Nitruro de aluminio*	<100	4
EJ4-S	IP 8	1	S4	2,75	Nitruro de silicio*	<50	4
EJ5	Éter dihexílico (DHE)						
EJ5-M	IP A + DHE + dodecano ⁴	nd	nd	nd	Óxido de magnesio	20	19
EJ6-M	IP A + DHE + dodecano ⁴	2	S2	2,5	Alúmina	<50	25
EJ7-M	IP A + DHE + dodecano ⁴	Molienda	S2	2,5	Óxido de magnesio	134	25
1. Suspensión de partículas sólidas: 1 = proceso de una sola etapa; 2 = proceso de dos etapas							
2. Láminas de monocapas de grafeno con espesor de lámina inferior a 2 nm							
3. Alambre de alúmina de 300 nm de longitud y 5 nm de diámetro							
4. EJ17 diluido con 20 % en peso de DHE y 20 % en peso de dodecano							
*= fuera del alcance de la invención reivindicada							

Ensayos

Se evaluaron los fluidos para determinar su capacidad para absorber y dispersar el calor, medida como conductividad térmica (ASTM D7896 para aceite). Las mediciones de rendimiento térmico y viscosidad se resumen a continuación (Tabla 3). La viscosidad cinemática a 25 °C se mide según ASTM D445_25.

Tabla 3 - Ensayos térmicos

Muestra	Viscosidad cinemática a 25 °C		Conductividad térmica		
	KV (m ² /s)	Δ viscosidad	Temperatura (°C)	λ (W/(m*K))	% de aumento λ
EJ1	4,30		25,0	0,117	
Muestra	Viscosidad cinemática a 25 °C		Conductividad térmica		
	KV (m ² /s)	Δ viscosidad	Temperatura (°C)	λ (W/(m*K))	% de aumento λ
EJ1-G	4,30	0	22,7	0,121	3,6
EJ1-A1	5,39	1,09	23,8	0,129	10,8
EJ1-A2	7,66	3,36	23,0	0,147	26,1
EJ1-A3	5,79	1,49	23,3	0,133	13,7
EJ2	3,60		20,0	0,110	
EJ2-A	nd	nd	23,6	0,152	38,1
EJ2-M	7,17	3,57	24,3	0,181	64,6
EJ3	14,30		20,0	0,140	
EJ3-T	nd	nd	23,1	0,152	8,8
EJ3-A*	16,47	2,17	23,4	0,154	10,0
EJ3-Z	16,68	2,38	22,6	0,152	8,3
EJ4	5,70		20	0,109	
EJ4-T	6,54	0,84	22,9	0,119	7,7
EJ4-A*	6,79	1,09	23,3	0,118	7,2
EX4-S*	7,62	1,92	22,7	0,121	9,6
EJ5	2,00		37,0	0,136	
EJ5-M	3,30	nd	23,0	0,154	40,0
EJ6-M	7	4,5	23	0,2	31
EJ7-M	6,6	4,1	23	0,2	34

*= fuera del alcance de la invención

La mención de cualquier documento no es una admisión de que dicho documento califique como técnica anterior o constituya el conocimiento general del experto en cualquier jurisdicción. Excepto en los ejemplos, o cuando se indique explícitamente de otro modo, todas las cantidades numéricas en esta descripción que especifican cantidades de materiales, condiciones de reacción, pesos moleculares, número de átomos de carbono y similares, deben entenderse como modificadas por la palabra “aproximadamente”. Debe entenderse que los límites de la cantidad superior e inferior, del intervalo y de la razón establecidos en la presente memoria pueden combinarse independientemente. Similarmenete, los intervalos y cantidades para cada elemento de la invención pueden usarse junto con intervalos o cantidades para cualquiera de los otros elementos.

Como se usa en el presente documento, la expresión de transición “que comprende”, que es sinónimo de “que incluye”, “que contiene” o “caracterizado por” es inclusiva o abierta y no excluye elementos o etapas de método adicionales no mencionados. Sin embargo, en cada mención de “que comprende” en el presente documento, se pretende que la expresión también abarque, como realizaciones alternativas, las expresiones “que consiste esencialmente en” y “que consiste en”, donde “que consiste en” excluye cualquier elemento o etapa no especificados y “que consiste esencialmente en” permite la inclusión de elementos o etapas adicionales no mencionados que no afectan materialmente a las características esenciales o básicas y novedosas de la composición o método en consideración.

Aunque se han mostrado determinadas realizaciones y detalles representativos con el propósito de ilustrar la invención, será evidente para los expertos en esta técnica que pueden hacerse diversos cambios y modificaciones sin apartarse del ámbito de la invención. En este sentido, el ámbito de la invención está limitado únicamente por las reivindicaciones que siguen.

Por tanto, la presente invención proporciona una dispersión coloidal estable que comprende, que consiste esencialmente en, o que consiste en: (a) un fluido no conductor, no acuoso y no miscible en agua, (b) al menos una nanopartícula sólida, en donde el sólido comprende, consiste esencialmente en, o consiste en al menos uno de un óxido metálico, carburo metálico y mezclas de los mismos, y (c) un tensioactivo.

REIVINDICACIONES

1. Una dispersión coloidal estable que comprende:
 - 5 (a) un fluido no conductor, no acuoso y no miscible en agua,
 - (b) al menos una nanopartícula sólida, en donde el sólido comprende al menos uno de un óxido metálico, carburo metálico y mezclas de los mismos, y
 - 10 (c) un tensioactivo.
2. La dispersión coloidal estable de la reivindicación 1, que comprende del 0,5 al 40 % en peso de la al menos una nanopartícula sólida de (b).
- 15 3. La dispersión coloidal estable de la reivindicación 1, en donde la al menos una nanopartícula sólida de (b) tiene un tamaño de partícula D50 de 1000 nm o menos.
4. La dispersión coloidal estable de la reivindicación 1, que comprende 0,1 a 2 veces tanto tensioactivo como la al menos una nanopartícula.
- 20 5. La dispersión coloidal estable de la reivindicación 1, en donde la al menos una nanopartícula sólida de (b) comprende óxido de aluminio.
6. La dispersión coloidal estable de la reivindicación 1, en donde la al menos una nanopartícula sólida de (b) comprende óxido de magnesio.
- 25 7. La dispersión coloidal estable de la reivindicación 5, en donde el tensioactivo contiene un grupo de cabeza polar de amina alifática, un grupo de cabeza polar de poliamina o combinaciones de los mismos.
8. La dispersión coloidal estable de la reivindicación 1, en donde el fluido no conductor, no acuoso y no miscible en agua comprende un hidrocarburo líquido, un diéster de hidrocarbilo líquido o poliéster, o mezclas de los mismos, con una viscosidad cinemática a 100 °C de 0,7 a 7,0 mpas (0,7 a 7,0 cst) medido según ASTM D445_100.
- 30 9. La dispersión coloidal estable de la reivindicación 8, en donde la cadena principal del tensioactivo comprende una poliolefina de Mn 250 a 5000 Daltons.
- 35 10. La dispersión de la reivindicación 9, en donde la poliolefina comprende polímeros y copolímeros de etileno, alfa-olefinas superiores, isobutileno, dienos conjugados de 4 o más átomos de carbono, o cualquier combinación de los mismos.
- 40 11. La dispersión coloidal estable de la reivindicación 1, en donde la dispersión se prepara en un proceso de dos etapas que comprende, que consiste esencialmente en, o que consiste en las etapas de 1) dispersar las nanopartículas sólidas en un alcohol con agitación, 2) mezclar el tensioactivo con el fluido no conductor, no acuoso y no miscible en agua, y 3) combinar la dispersión de 1) con la mezcla de 2) con agitación, lo que da como resultado que el tensioactivo extraiga las nanopartículas del alcohol y las introduzca en el fluido no conductor, no acuoso y no miscible en agua.
- 45 12. Un sistema de transferencia de calor que comprende
 - 50 (a) una dispersión coloidal estable según la reivindicación 1, y
 - (b) un sistema de circulación para hacer circular la dispersión coloidal estable en estrecho contacto con componentes eléctricos.
- 55 13. Un método para dispersar calor de componentes eléctricos que comprende,
 - (a) proporcionar un sistema de transferencia de calor en estrecho contacto con los componentes eléctricos,
 - (b) hacer circular a través de dicho sistema de transferencia de calor una dispersión coloidal estable según la reivindicación 1, y
 - 60 (c) hacer funcionar los componentes eléctricos y el sistema de transferencia de calor.

14. Un método para preparar una dispersión de nanopartículas sólidas en un fluido no conductor, no acuoso y no miscible en agua que comprende, que consiste esencialmente en, o que consiste en las etapas de 1) dispersar las nanopartículas sólidas en un alcohol con agitación, 2) mezclar el tensioactivo con el fluido no conductor, no acuoso y no miscible en agua, y 3) combinar la dispersión de 1) con la mezcla de 2) con agitación, lo que da como resultado que el tensioactivo extraiga las nanopartículas del alcohol y las introduzca en el fluido no conductor, no acuoso y no miscible en agua.
- 5