

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 554 651**

21 Número de solicitud: 201430736

51 Int. Cl.:

C09K 5/10 (2006.01)

C09K 5/08 (2006.01)

C09K 5/14 (2006.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A1

22 Fecha de presentación:

20.05.2014

43 Fecha de publicación de la solicitud:

22.12.2015

56 Se remite a la solicitud internacional:

PCT/ES2015/070393

71 Solicitantes:

UNIVERSITAT JAUME I DE CASTELLÓ (100.0%)

Av. de Vicent Sos Baynat, s/n

12006 Castelló de la Plana (Castellón) ES

72 Inventor/es:

JULIÁ BOLÍVAR, José Enrique;

MONDRAGÓN CAZORLA, Rosa;

HERNÁNDEZ LÓPEZ, Leonor;

MARTÍNEZ CUENCA, Raúl;

TORRO CUECO, Salvador Francisco y

CABEDO MAS, Luis

74 Agente/Representante:

PONS ARIÑO, Ángel

54 Título: **NANOFLUIDO DE INTERCAMBIO TÉRMICO**

57 Resumen:

Nanofluido de intercambio térmico.

La presente invención se refiere a un nanofluido que comprende un aceite sintético orgánico que es un polifenilo; nanopartículas que comprenden carbono; y al menos una sulfona.

ES 2 554 651 A1

DESCRIPCIÓN

Nanofluido de intercambio térmico.

- 5 La presente invención se refiere un nanofluido que comprende un fluido de transferencia térmica a alta temperatura y nanopartículas que comprenden carbón. Dicho nanofluido presenta propiedades mejoradas de conductividad térmica en un rango operativo del fluido inicial sin comprometer otras variables relevantes como la viscosidad y la estabilidad. Estas características lo hacen aplicable a sistemas de transmisión de calor. Por tanto, la presente
10 invención se podría encuadrar en el campo de la ingeniería térmica.

ESTADO DE LA TÉCNICA

- 15 Los fluidos de intercambio térmico son fluidos utilizados para el transporte de calor en numerosas aplicaciones industriales. Estos fluidos se utilizan para transportar energía en forma de calor desde el punto de generación de calor (quemadores, núcleos de reactores nucleares, campos solares, etc.) al sistema que va a utilizarlo (sistemas de almacenamiento térmico, generadores de vapor, etc.). Los fluidos térmicos más utilizados son el agua, el etilenglicol, los aceites térmicos y sales fundidas. Una característica común a todos ellos es su baja
20 conductividad térmica, hecho que limita la eficiencia de los sistemas de intercambio de calor que los utilizan.

- La idea de añadir micropartículas sólidas de alta conductividad térmica a los fluidos térmicos con el fin de aumentar la conductividad térmica de la mezcla es antigua y los primeros modelos
25 son de Maxwell en 1873. Sin embargo, hasta hace pocas décadas este enfoque presentaba problemas prácticos para su posible aplicación industrial debido a la poca estabilidad de la mezcla y a la abrasión por parte de las micropartículas. En 1995 Choi propuso la utilización de nanopartículas para mejorar las propiedades térmicas de fluidos térmicos y a estos fluidos se les denominó nanofluidos.

- 30 En la mayoría de las ocasiones las nanopartículas en el interior del nanofluido forman cúmulos. El tamaño y forma de estos cúmulos determinan en gran manera la conductividad térmica, viscosidad y estabilidad del nanofluido. La estabilidad de un nanofluido se define como la falta de sedimentación de las nanopartículas o cúmulos de nanopartículas en su interior.

- 35 Es fundamental para el correcto funcionamiento de un nanofluido evitar que las nanopartículas o cúmulos de nanopartículas se queden adheridos cuando choquen porque esto haría que aumentara el tamaño de los cúmulos y afectaría a la estabilidad del mismo. Los nanofluidos pueden ser estabilizados mediante sistemas de repulsión entre nanopartículas. Estabilizados
40 correctamente, pueden ser utilizados en sistemas de intercambio de calor diseñados inicialmente para fluidos térmicos sin partículas, aumentando así su rendimiento.

- Los nanofluidos basados en aceites térmicos pueden alcanzar altas temperaturas de trabajo y por tanto tienen mayor interés industrial. Algunos de los problemas actuales son los siguientes:

- 45 - Estabilidad del nanofluido basado en compuestos orgánicos: es necesario utilizar aditivos que modifiquen superficialmente las nanopartículas y que eviten su adhesión cuando choquen;
- estabilidad del nanofluido a alta temperatura: a mayor temperatura, mayor probabilidad de choque de nanopartículas y por tanto mayor dificultad para estabilizar, además, los aditivos
50 utilizados en nanofluidos orgánicos suelen ser válidos para intervalos de temperatura reducidos;

- disponibilidad del material de las nanopartículas, debe ser preferiblemente abundante, fácil de obtener y de bajo coste.

- maximizar la conductividad térmica sin incrementar la viscosidad de forma excesiva.

La patente US6432320B1 describe nanofluidos estabilizados químicamente, donde el fluido es un fluido de transferencia de calor seleccionado de agua, glicoles, aceites minerales y sintéticos, parafinas y eutécticos orgánicos e inorgánicos, las nanopartículas son metálicas o de carbono. El aditivo utilizado es un aditivo del grupo de los azoles más preferiblemente utilizado en un 10% en peso.

La solicitud internacional WO2007103497 describe un nanofluido como aceite para engranajes que presenta viscosidad y conductividad térmica superiores al fluido base. Las nanopartículas utilizadas son nanopartículas de grafito de morfología no esférica y se utilizan dispersantes o alternativamente tensioactivos no iónicos o una mezcla de no iónicos e iónicos.

Hay diversos documentos que citan la extensa variedad de los componentes presentes en un nanofluido, es decir fluido base, nanopartículas y aditivos como tensioactivos. Por ejemplo, las patentes US20090298725, WO2003004944A2 y US20070158609 describen nanofluidos donde el fluido base puede ser un aceite orgánico sintético y las nanopartículas pueden ser nanopartículas de carbono, y donde se utilizan aditivos como tensioactivos para su estabilización. En la revisión de Ghadimi *et al.* (*International Journal of Heat and Mass Transfer* 54 (2011) 4051-4068) se repasan las diferentes técnicas de preparación de nanofluidos y métodos de estabilización.

Sin embargo, sigue habiendo una gran necesidad de desarrollar un aceite térmico con el que se obtengan conductividades térmicas mejoradas junto con una viscosidad y estabilidad adecuada en un intervalo de temperaturas similares a las cubiertas por las condiciones de operación previstas para los aceites térmicos.

DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

La presente invención se refiere un nanofluido que comprende un fluido de transferencia térmica a alta temperatura y nanopartículas que comprenden carbón. El nanofluido de la invención presenta las siguientes ventajas:

- El nanofluido de la invención puede utilizarse en un amplio intervalo de temperaturas (de 15°C a 400°C);

- el nanofluido de la invención presenta una buena estabilidad en el tiempo en el intervalo operativo de temperaturas;

- la viscosidad del nanofluido no varía significativamente comparada con la del fluido base;

- el nanofluido de la invención presenta propiedades mejoradas de conductividad térmica;

- el uso del nanofluido de la invención no cambios significativos en las instalaciones donde ya se usa el fluido base;

- los materiales necesarios para la preparación del nanofluido son abundantes y fácilmente accesibles.

En un primer aspecto, la presente invención se refiere a un nanofluido que comprende:

a) un aceite sintético orgánico que es un polifenilo;

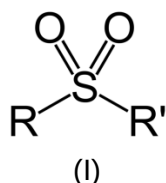
b) nanopartículas que comprenden carbono; y

5 c) al menos una sulfona.

Por polifenilo se entiende un compuesto que comprende de 2 o más fenilos. El polifenilo se selecciona de difenilos, terfenilos, polifenilos alquilados y sus óxidos.

10 Por nanopartícula se entiende una partícula con un tamaño por debajo de los 500 nm. Las nanopartículas de la invención comprenden carbono. Concretamente, las nanopartículas de la invención son nanopartículas de carbono o son nanopartículas recubiertas de carbono.

En el contexto de la invención, una sulfona es un compuesto de fórmula (I):



15

donde R y R' son independientemente C₁-C₁₀ alquilo, C₃-C₁₀ cicloalquilo, C₅-C₇ heteroarilo, fenilo, bifenilo, terfenilo, naftilo, fenantrilo o antracilo, donde R y R' pueden estar
20 independientemente substituidos en cualquiera de sus posiciones por 1 o más substituyentes seleccionados de C₁-C₄ alquilo, -O-C₁-C₄ alquilo y -OH.

20

En una realización del primer aspecto de la presente invención el aceite sintético orgánico se selecciona de difenilo, óxido de difenilo, o-terfenilo, m-terfenilo, p-terfenilo y cualquiera de sus
25 mezclas, preferiblemente el aceite sintético orgánico se selecciona de difenilo, óxido de difenilo y cualquiera de sus mezclas y aún más preferiblemente el aceite sintético orgánico consiste en 50% a 99% en peso de óxido de difenilo; y difenilo hasta completar el 100% en peso respecto al peso total del aceite sintético orgánico.

25

30 En una realización preferida del primer aspecto de la presente invención, el aceite sintético orgánico consiste en 73% a 73,5% en peso de óxido de difenilo y difenilo hasta completar el 100% en peso respecto al peso total del aceite sintético orgánico. Es decir, el aceite sintético orgánico es la mezcla eutéctica de óxido de difenilo y difenilo. Este aceite sintético presenta un amplio intervalo de temperaturas operativas (entre 15°C y 400°C) y una baja viscosidad para
35 todo el intervalo operativo del fluido.

30

En una realización del primer aspecto de la presente invención, el nanofluido comprende:

a) un aceite sintético orgánico que consiste en 50% a 99% en peso de óxido de difenilo y difenilo hasta completar el 100% en peso respecto al peso total del aceite sintético orgánico;

40

b) nanopartículas que comprenden carbono; y

c) al menos una sulfona.

45

En una realización del primer aspecto de la presente invención, el nanofluido comprende:

a) un aceite sintético orgánico que consiste en 73% a 73,5% en peso de óxido de difenilo; y difenilo hasta completar el 100% en peso respecto al peso total del aceite sintético orgánico;

50

b) nanopartículas que comprenden carbono; y

c) al menos una sulfona.

5 En una realización del primer aspecto de la presente invención, las nanopartículas se seleccionan de nanotubos de carbono, nanopartículas de grafito, nanofibras de carbono, nanoesferas de carbono amorfo, fullerenos, nanopartículas de diamante, nanopartículas recubiertas de carbono y cualquiera de sus mezclas.

10 En una realización del primer aspecto de la presente invención, las nanopartículas son nanoesferas de carbono amorfo, preferiblemente las nanopartículas son negro de humo, El negro de humo es un material producido por la combustión parcial de los productos orgánicos derivados del petróleo, y está formado por nanoesferas de carbono amorfo que se pueden aglomerar formando clústeres. Los nanofluidos de la invención que comprenden negro de
15 humo han proporcionado excelentes resultados de conductividad térmica y de estabilidad. Tienen además la ventaja de que el negro de humo es abundante y fácilmente obtenible.

En una realización del primer aspecto de la presente invención, el nanofluido comprende:

20 a) un aceite sintético orgánico que consiste en 73% a 73,5% en peso de óxido de difenilo; y difenilo hasta completar el 100% en peso respecto al peso total del aceite sintético orgánico;
b) nanopartículas que comprenden carbono, donde las nanopartículas son nanoesferas de carbono amorfo, preferiblemente las nanopartículas son negro de humo; y
c) al menos una sulfona.

25 En una realización del primer aspecto de la presente invención, la concentración de las nanopartículas que comprenden carbono en el nanofluido es de 0,1% a 10% en volumen respecto al volumen total del nanofluido, preferiblemente, la concentración de nanopartículas en el nanofluido es de 1% a 8% en volumen respecto al volumen total del nanofluido, más
30 preferiblemente la concentración de nanopartículas en el nanofluido es de 3% a 5% en volumen respecto al volumen total del nanofluido.

En una realización del primer aspecto de la presente invención, el nanofluido comprende:

35 a) un aceite sintético orgánico que consiste en 73% a 73,5% en peso de óxido de difenilo; y difenilo hasta completar el 100% en peso respecto al peso total del aceite sintético orgánico;
b) nanopartículas que comprenden carbono, donde las nanopartículas son nanoesferas de carbono amorfo, preferiblemente las nanopartículas son negro de humo; y
c) al menos una sulfona;

40 donde la concentración de las nanopartículas es de 0,1% a 10% en volumen respecto al volumen total del nanofluido, preferiblemente, de 1% a 8% en volumen, más de 3% a 5% en volumen respecto al volumen total del nanofluido.

Preferiblemente la sulfona es un compuesto de fórmula (I) donde R y R' son
45 independientemente C₅-C₇ heteroarilo, fenilo, bifenilo, terfenilo, naftilo, fenantrilo o antracilo, donde R y R' pueden estar independientemente substituidos en cualquiera de sus posiciones por 1 o más sustituyentes seleccionados de C₁-C₄ alquilo, -O-C₁-C₄ alquilo y -OH, más preferiblemente R y R' son independientemente fenilo, bifenilo, terfenilo, naftilo, fenantrilo o antracilo, donde R y R' pueden estar independientemente substituidos en cualquiera de sus
50 posiciones por 1 o más sustituyentes seleccionados de C₁-C₄ alquilo, -O-C₁-C₄ alquilo y -OH, y aún más preferiblemente R y R' son fenilo, donde R y R' pueden estar independientemente substituidos en cualquiera de sus posiciones por 1 o más sustituyentes seleccionados de C₁-C₄ alquilo, -O-C₁-C₄ alquilo y -OH.

En una realización del primer aspecto de la presente invención, la sulfona es difenil sulfona.

En una realización del primer aspecto de la presente invención, el nanofluido comprende:

- 5 a) un aceite sintético orgánico que consiste en 73% a 73,5% en peso de óxido de difenilo; y difenilo hasta completar el 100% en peso respecto al peso total del aceite sintético orgánico;
- b) nanopartículas son nanoesferas de carbono amorfo, preferiblemente las nanopartículas son negro de humo; y
- 10 c) difenil sulfona.

En una realización del primer aspecto de la presente invención, el nanofluido comprende:

- 15 a) un aceite sintético orgánico que consiste en 73% a 73,5% en peso de óxido de difenilo; y difenilo hasta completar el 100% en peso respecto al peso total del aceite sintético orgánico;
- b) nanopartículas son nanoesferas de carbono amorfo, preferiblemente las nanopartículas son negro de humo; y
- 20 c) difenil sulfona;

donde la concentración de las nanopartículas es de 0,1% a 10% en volumen respecto al volumen total del nanofluido, preferiblemente, de 1% a 8% en volumen, más de 3% a 5% en volumen respecto al volumen total del nanofluido.

25 En una realización del primer aspecto de la presente invención, la proporción en peso nanopartículas:sulfona es de 2:1 a 1:2, preferiblemente la proporción en peso nanopartículas:sulfona es 1:1.

30 Un segundo aspecto de la presente invención se refiere al uso del nanofluido tal y como se ha descrito anteriormente como fluido de intercambio térmico.

Un tercer aspecto de la presente invención se refiere a un procedimiento de obtención del nanofluido tal y como se ha descrito anteriormente que comprende las etapas de:

- 35 a) mezclar homogéneamente con agitación el aceite sintético orgánico y la sulfona; y
- b) dispersar las nanopartículas en la mezcla obtenida en la etapa (a) con agitación. Esta agitación se lleva a cabo durante un periodo entre 30 min y 2 horas, preferiblemente durante 1
- 40 hora.

En una realización del tercer aspecto de la presente invención, la agitación de la etapa (b) es agitación con ultrasonidos. El ultrasonidos es un método poco destructivo para las estructuras de nanopartículas de carbono y es preferible que se emplee durante periodos cortos e intermitentes para evitar sobrecalentamientos en la suspensión. Preferiblemente la agitación con ultrasonidos se lleva a cabo durante un minuto.

50 A lo largo de la descripción y las reivindicaciones la palabra "comprende" y sus variantes no pretenden excluir otras características técnicas, aditivos, componentes o pasos. Para los expertos en la materia, otros objetos, ventajas y características de la invención se desprenderán en parte de la descripción y en parte de la práctica de la invención. Los siguientes ejemplos y figuras se proporcionan a modo de ilustración, y no se pretende que sean limitativos de la presente invención.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

FIG. 1. Variación de la conductividad térmica con la temperatura. k_n/k_{bf} : relación conductividad del nanofluido:conductividad del fluido base. T: temperatura en °C; 3%, 5%: nanofluidos de la invención, con concentraciones de nanopartículas de 3% y 5% en volumen respecto al volumen total del nanofluido, respectivamente.

FIG. 2. Variación de la viscosidad con la temperatura. μ_n/μ_{bf} : relación viscosidad del nanofluido:viscosidad del fluido base; T: temperatura en °C; 3%, 5%: nanofluidos de la invención, con concentraciones de nanopartículas de 3% y 5% en volumen respecto al volumen total del nanofluido, respectivamente.

FIG. 3. Variación del calor específico con la temperatura. $C_{p_n}/C_{p_{bf}}$:relación calor específico del nanofluido:calor específico del fluido base; T: temperatura en °C; 3%, 5%: nanofluidos de la invención, con concentraciones de nanopartículas de 3% y 5% en volumen respecto al volumen total del nanofluido, respectivamente.

FIG. 4. Comparación de la estabilidad de los nanofluidos de la invención. L: Luz transmitida (%); D: días; 1: nanofluido de la invención; 2: nanofluido con nanopartículas y sin sulfona u otro aditivo; 3: nanofluido con nanopartículas y con SDS; 4: nanofluido con nanopartículas y con SDBS.

EJEMPLOS

A continuación se ilustrará la invención mediante unos ensayos realizados por los inventores, que pone de manifiesto la efectividad del producto de la invención.

Ejemplo 1. Procedimiento de obtención de un nanofluido de la invención

Se prepararon nanofluidos con una concentración de negro de humo de 5% y 3% en volumen respecto al volumen total de nanofluido (densidad a 20°C = 1,8 g/ml). En primer lugar se disolvió la difenil sulfona en *Therminol VP1* o *DowTherm A* (mezcla eutéctica de difenil y óxido de fenil) mediante agitación magnética durante 1 hora. A continuación se añadió el negro de humo y se dispersó mediante la aplicación de ultrasonidos (sonda de ultrasonidos *Sonoplus* HD2200, *Bandelin*) durante 1 minuto.

Concentración en volumen	V _{mezcla eutéctica} (ml)	m _{negro de humo} (g)	m _{difenil sulfona} (g)
3%	100	5,57	5,57
5%	100	9,47	9,47

Tabla 1. Composición de dos nanofluidos de la invención.

Ejemplo 2. Conductividad térmica de los nanofluidos del Ejemplo 1.

La conductividad térmica se midió mediante transitorio de hilo caliente, haciendo uso de un dispositivo comercial (*KD2 Pro*, *Decagon Devices Inc.*). Dicho dispositivo consiste en un sensor/termopar que es introducido en la muestra y genera un pulso de calor a la vez que registra la evolución de la temperatura de la muestra con el tiempo. Se obtuvieron los siguientes resultados:

Temperatura	k_n/k_{bf} nanofluido 3% v/v	k_n/k_{bf} nanofluido 5% v/v
40°C	-	1,159
60°C	1,092	1,124
80°C	1,089	1,166
100°C	1,100	1,147
140°C	1,071	1,179

Tabla 2. Conductividad térmica a diferentes temperaturas de los nanofluidos del Ejemplo 1. k_n/k_{bf} : relación conductividad del nanofluido:conductividad del fluido base.

- 5 Se puede observar que el aumento es constante con la temperatura y que depende de la cantidad de nanopartículas. Estos resultados están representados en la figura 1.

Ejemplo 3. Viscosidad de los nanofluidos del Ejemplo 1.

- 10 La viscosidad de las muestras se mide haciendo uso de un reómetro con una configuración de cilindros concéntricos. Se obtuvo el reograma completo haciendo un barrido de gradientes de velocidad desde 1 a 100s⁻¹. El valor de viscosidad tomado como representativo de la muestra es el que se alcanza a elevadas cizallas y gradientes de velocidad. Se obtuvieron los siguientes resultados:

15

Temperatura	μ_n/μ_{bf} nanofluido 3% v/v	μ_n/μ_{bf} nanofluido 5% v/v
25°C	6,086	8,189
40°C	7,423	9,128
60°C	9,120	10,358
80°C	9,379	9,158

Tabla 3. Viscosidad a diferentes temperaturas de los nanofluidos del Ejemplo 1. μ_n/μ_{bf} : relación viscosidad del nanofluido:viscosidad del fluido base.

- 20 Estos resultados están representados en la figura 2. Se observa que la viscosidad aumenta y es proporcional a la cantidad de nanopartículas hasta 60°C. A partir de esta temperatura la viscosidad del nanofluido no depende de la cantidad de nanopartículas y disminuye con la temperatura.

Ejemplo 4. Calor específico de los nanofluidos del Ejemplo 1.

25

El calor específico se midió mediante calorimetría diferencial de barrido, siguiendo la norma DIN51007. Las muestras son sometidas a un ciclo de temperaturas que consta de un tramo isoterma durante 5 minutos a 60°C, una rampa de calentamiento de 60°C a 150°C a 20°C/min, un tramo isoterma durante 5 minutos a 150°C y una rampa de enfriamiento de 150°C a 60°C a 20°C/min. Se obtuvieron los siguientes resultados:

30

Temperatura	Cp_n/Cp_{bf} nanofluido 3% v/v	Cp_n/Cp_{bf} nanofluido 5% v/v
60°C	1,023	0,905
75°C	1,024	0,903
90°C	1,031	0,893
105°C	1,023	0,878
120°C	1,016	0,865
135°C	1,015	0,857
150°C	1,026	0,859

Tabla 4. Calor específico a diferentes temperaturas de los nanofluidos del Ejemplo 1. Cp_n/Cp_{bf} :relación calor específico del nanofluido:calor específico del fluido base.

Estos resultados están representados en la figura 3. Se observa un menor calor específico en el nanofluido con 5% v/v de negro de humo que en el de 3% v/v.

Ejemplo 5. Estabilidad del nanofluido 5% del Ejemplo 1.

El nanofluido se sometió a ciclos térmicos de 200°C-400°C. Los ciclos térmicos se efectuaron en un sistema que consta de una cubeta de aluminio cerrada herméticamente que se calienta por un anillo calefactor. Debido a la baja presión de vapor de algunos de los aceites térmicos utilizados es necesario presurizar el sistema a 15 bar para evitar la ebullición del mismo. El sistema cuenta con un transductor de presión para regular la presión de presurización y dos termopares de tipo K, uno en la pared y otro en el centro de la cubeta para medir la temperatura del fluido. Todo el sistema está regulado por un sistema PID (Proporcional Integrado Derivativo) para controlar la potencia eléctrica suministrada al anillo calefactor a partir de la medida de la temperatura de la pared y del fluido.

Los nanofluidos fueron sometidos a diez ciclos térmicos entre 200°C-400°C, con una rampa de calentamiento de 20°C/min y de enfriamiento de 10°C/min. Posteriormente se midió la estabilidad en el tiempo.

Se comparó la estabilidad del nanofluido de la invención con una concentración en volumen de 5% de negro de humo con otros nanofluidos que utilizan el mismo fluido base, la misma concentración y el mismo tipo de nanopartículas, pero un aditivo diferente.

La estabilidad del nanofluido se comprueba a partir de la intensidad de la radiación láser transmitida por el nanofluido en una cubeta de vidrio con el nanofluido. La radiación proviene de un diodo láser que emite en 610 nm. La radiación tiene forma de haz de 3 mm de diámetro. La radiación láser se mide mediante un fotodiodo con lente de focalización y filtro. El haz láser pasa por la parte superior del nanofluido de forma que si el nanofluido es estable debe ser constante a lo largo del tiempo. Si el nanofluido no es estable se produce aglomeración de nanopartículas y sedimentación. Si existe sedimentación la intensidad transmitida en la parte superior del nanofluido aumenta con el tiempo ya que los cúmulos de nanopartículas formados sedimentan y se concentran en la parte inferior de la cubeta.

En la figura 4 se representa la luz transmitida de 4 fluidos, en todos ellos el fluido base es la mezcla eutéctica de difenil y óxido de fenil, y todos ellos contienen 5% de negro de humo.

	Aditivo
1	difenil sulfona
2	SDBS - dodecilbenceno sulfonato sódico
3	SDS - Dodecilsulfato sódico
4	sin sulfona u otro aditivo

Tabla 5. Nanofluidos cuya luz transmitida se representa en la figura 4.

Se puede apreciar que en el nanofluido de la invención no hay variación en la luz transmitida durante al menos 5 días, y que por tanto, es más estable que los fluidos 2 y 3 que comprenden sulfonato o sulfato en vez de sulfona, y más que el nanofluido sin aditivos.

REIVINDICACIONES

1.- Nanofluido que comprende:

- a) un aceite sintético orgánico que es un polifenilo;
b) nanopartículas que comprenden carbono; y
c) al menos una sulfona.

2.- El nanofluido según la reivindicación anterior, donde el aceite sintético orgánico se selecciona de difenilo, óxido de difenilo, o-terfenilo, m-terfenilo, p-terfenilo y cualquiera de sus mezclas.

3.- El nanofluido según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde el aceite sintético orgánico se selecciona de difenilo, óxido de difenilo y cualquiera de sus mezclas.

4.- El nanofluido según la reivindicación anterior, donde el aceite sintético orgánico consiste en:
- 50% a 99% en peso de óxido de difenilo; y
- difenilo hasta completar el 100% en peso respecto al peso total del aceite sintético orgánico.

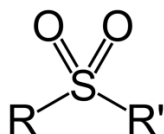
5.- El nanofluido según la reivindicación anterior, donde el aceite sintético orgánico consiste en:
- 73% a 73,5% en peso de óxido de difenilo; y
- difenilo hasta completar el 100% en peso respecto al peso total del aceite sintético orgánico.

6.- El nanofluido según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde las nanopartículas se seleccionan de nanotubos de carbono, nanopartículas de grafito, nanofibras de carbono, nanoesferas de carbono amorfo, fullerenos, nanopartículas de diamante, nanopartículas recubiertas de carbono y cualquiera de sus mezclas.

7.- El nanofluido según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde las nanopartículas son nanoesferas de carbono amorfo.

8.- El nanofluido según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde la concentración de las nanopartículas es de 0,1% a 10% en volumen respecto al peso total del nanofluido.

9.- El nanofluido según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde la al menos una sulfona es un compuesto de fórmula (I):



(I)

donde R y R' son independientemente C₅-C₇ heteroarilo, fenilo, bifenilo, terfenilo, naftilo, fenantrilo o antracilo, donde R y R' pueden estar independientemente substituidos en cualquiera de sus posiciones por 1 o más sustituyentes seleccionados de C₁-C₄ alquilo, -O-C₁-C₄ alquilo y -OH,

10.- El nanofluido según la reivindicación anterior, donde la al menos una sulfona es un compuesto de fórmula (I) donde R y R' son independientemente fenilo, bifenilo, terfenilo, naftilo, fenantrilo o antracilo, donde R y R' pueden estar independientemente substituidos en cualquiera de sus posiciones por 1 o más sustituyentes seleccionados de C₁-C₄ alquilo, -O-C₁-C₄ alquilo y -OH.

11.- El nanofluido según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde la sulfona es difenil sulfona.

12.- El nanofluido según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde la proporción en peso nanopartículas:sulfona es de 2:1 a 1:2.

5 13.- El nanofluido según la reivindicación anterior, donde la proporción en peso nanopartículas:sulfona es 1:1.

14.- Uso del nanofluido según cualquiera de las reivindicaciones anteriores como fluido de intercambio térmico.

10 15.- Procedimiento de obtención del nanofluido según las reivindicaciones 1 a 13 que comprende las etapas de:

a) mezclar homogéneamente con agitación el aceite sintético orgánico y la sulfona; y

b) dispersar las nanopartículas en la mezcla obtenida en la etapa (a) con agitación.

15 16.- El procedimiento según la reivindicación anterior, donde la agitación de la etapa (b) es agitación con ultrasonidos.

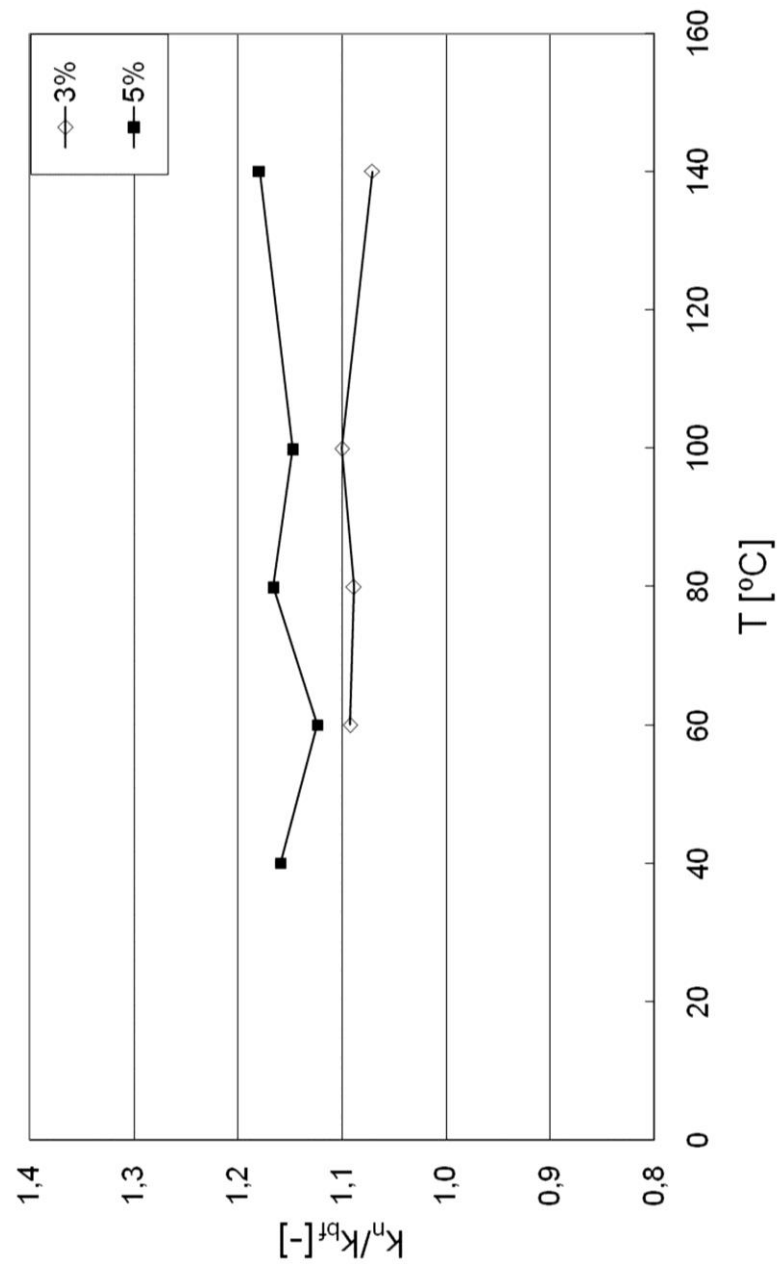


FIG. 1

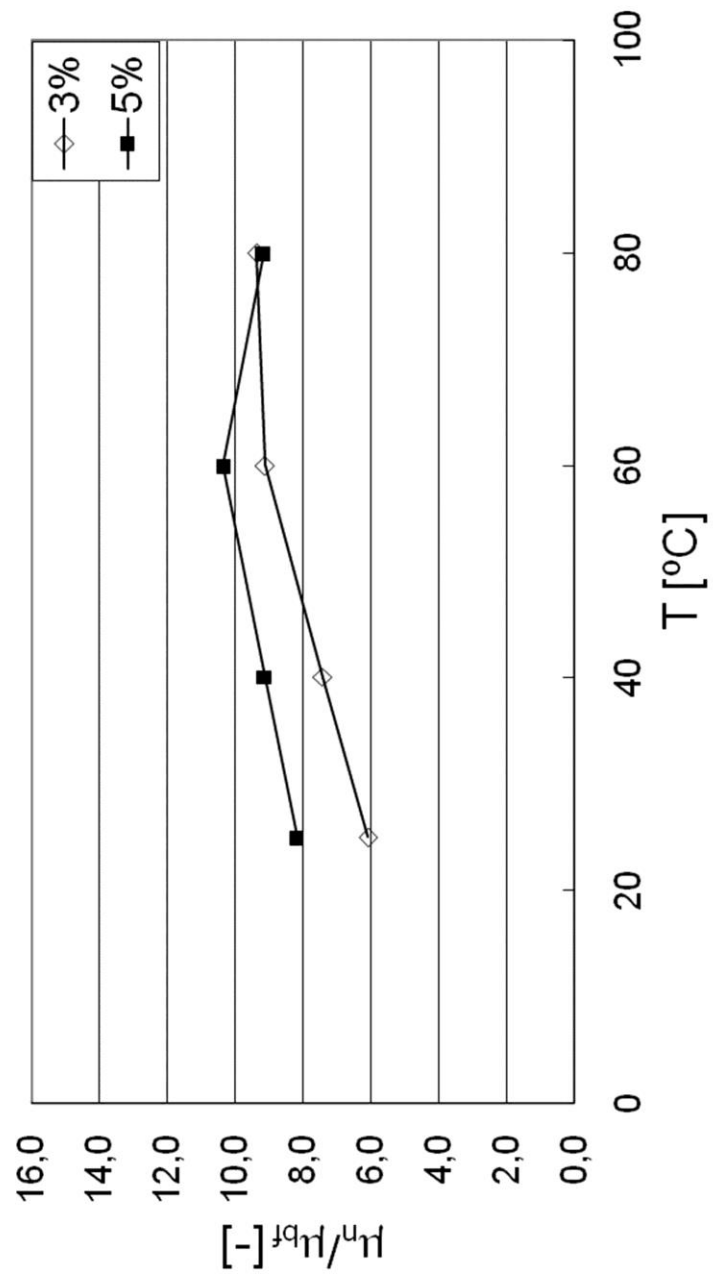


FIG. 2

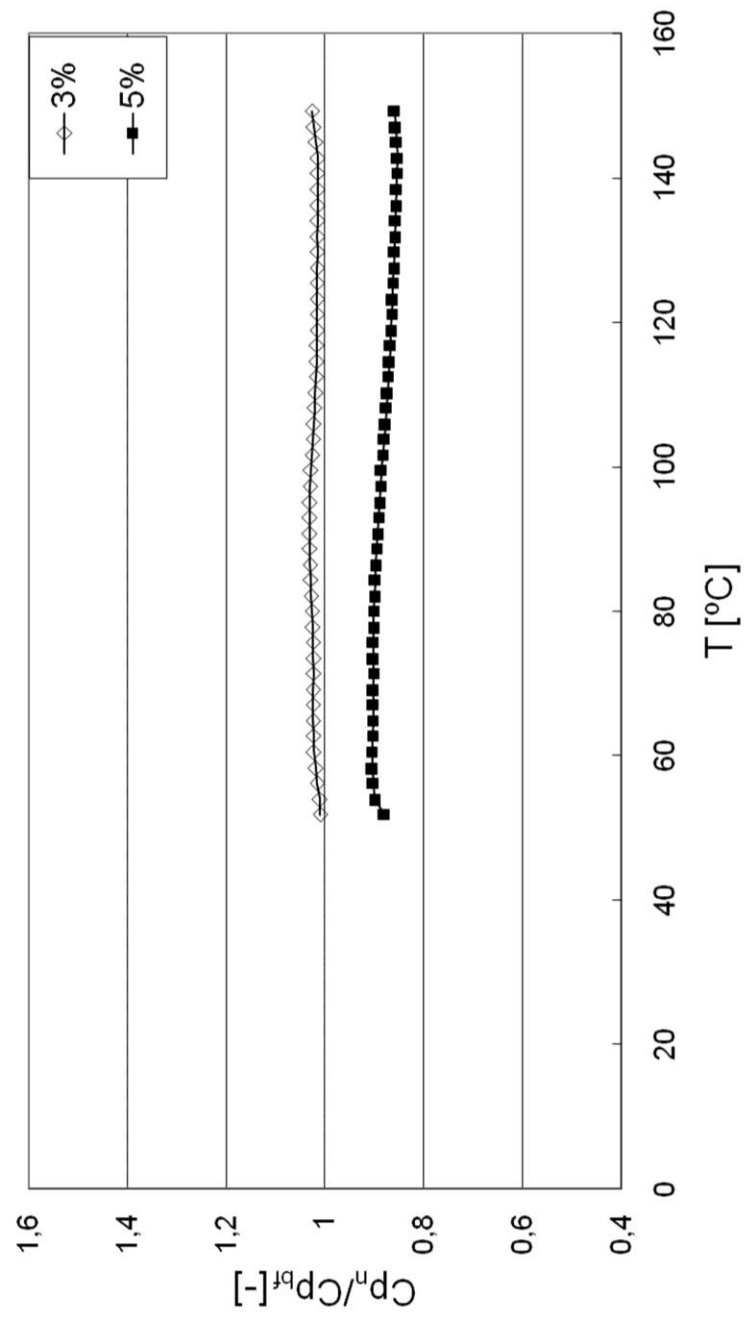


FIG. 3

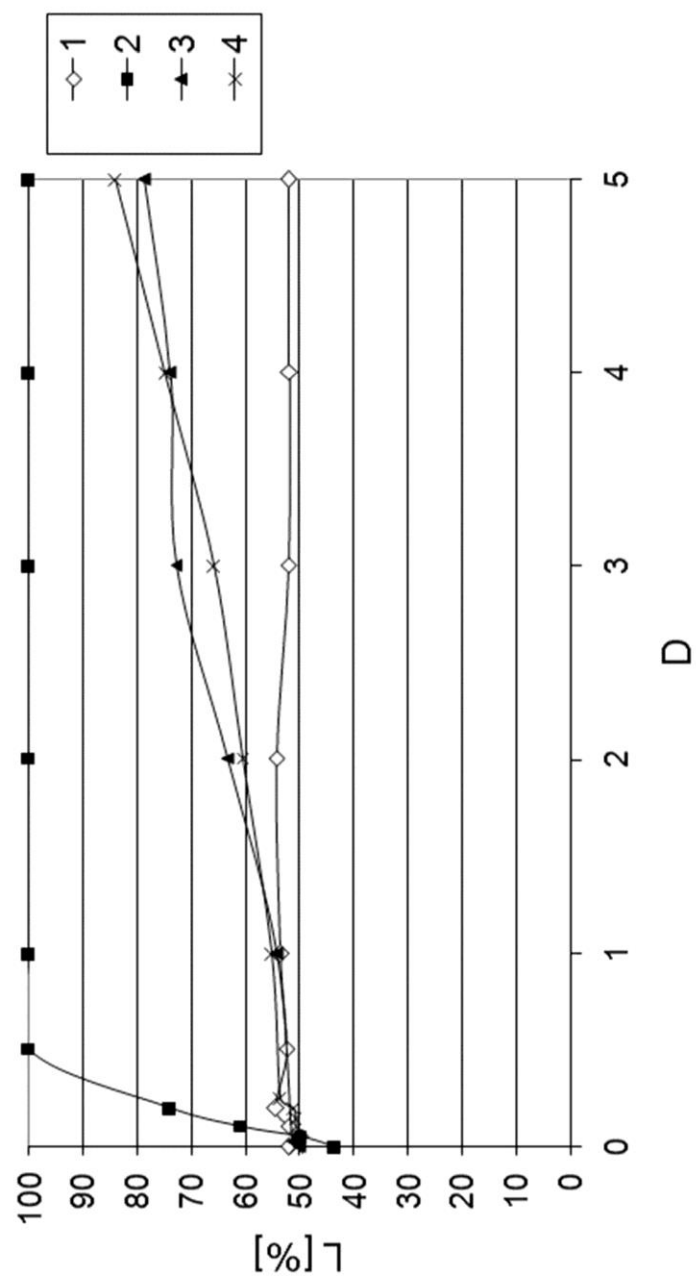


FIG.4