

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 897 878**

51 Int. Cl.:

C09K 5/10 (2006.01)

B22D 11/124 (2006.01)

C21D 1/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **20.12.2016 PCT/IB2016/001784**

87 Fecha y número de publicación internacional: **29.06.2017 WO17109560**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.12.2016 E 16871808 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.10.2021 EP 3394203**

54 Título: **Un procedimiento de transferencia de calor de un elemento no metálico o metálico**

30 Prioridad:

22.12.2015 WO PCT/IB2015/002394

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

03.03.2022

73 Titular/es:

**ARCELORMITTAL (100.0%)
24-26 Boulevard d'Avranches
1160 Luxembourg, LU**

72 Inventor/es:

**CABANAS CORRALES, MARIA y
NORIEGA PEREZ, DAVID**

74 Agente/Representante:

PONTI & PARTNERS, S.L.P.

ES 2 897 878 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

Un procedimiento de transferencia de calor de un elemento no metálico o metálico

5 **[0001]** La presente invención se refiere a un procedimiento de transferencia de calor de un elemento no metálico o metálico. En particular, es adecuado para industrias de acero, aluminio, acero inoxidable, cobre, hierro, aleaciones de cobre, titanio, cobalto, compuestos metálicos, níquel o industrias no metálicas tales como plásticos.

10 **[0002]** Con el fin de ahorrar en el consumo de energía, es posible mejorar el rendimiento de los sistemas de intercambiadores de calor e introducir diversas técnicas de mejora de la transferencia de calor. La mayoría de las técnicas se han centrado en la mejora del rendimiento de la transferencia de calor, es decir, la mejora del coeficiente de transferencia de calor. Por lo general, la presión de aire o fluidos tales como agua, aceite de motor, etilenglicol, etc. se utilizan como fluido de transferencia de calor a veces con aditivos para mejorar el rendimiento de transferencia de calor.

15 **[0003]** Además, investigaciones recientes en nanotecnología han permitido el desarrollo de una nueva categoría de fluido de transferencia de calor que comprende nanopartículas. Dichos fluidos, también llamados «Nanofluidos», son una suspensión líquida que contiene partículas que tienen al menos una dimensión inferior a 100 nm. Estos fluidos de transferencia de calor generalmente tienen un coeficiente de transferencia de calor
20 aumentado.

[0004] Dichos fluidos se pueden usar para acelerar la transferencia de calor, por ejemplo, el enfriamiento, entre un fluido no metálico o metálico y un fluido de transferencia de calor. Por ejemplo, en la industria siderúrgica, durante el procedimiento de enfriamiento en un procedimiento de laminación en caliente, la mesa de descarga enfría el fleje
25 de acero de aproximadamente 800-950 °C en la entrada a 450-600 °C en la salida. Por lo tanto, para algunas calidades de acero, se necesita un fluido de transferencia de calor que tenga un alto coeficiente de transferencia de calor.

[0005] Sin embargo, a veces es necesario ralentizar la transferencia de calor entre un elemento no metálico o metálico y un fluido de transferencia de calor. Por ejemplo, durante la fabricación de las varillas de acero de contenido
30 medio a alto de carbono, el enfriamiento es una etapa realmente importante. De hecho, el enfriamiento tiene que ser realmente lento y controlado para obtener una varilla que tenga una microestructura perlítica fina y de calidad uniforme. Si el enfriamiento es demasiado rápido, se corre el riesgo de obtener una estructura martensítica que sea perjudicial para la fabricación de varillas de acero que tengan una mayor resistencia y capacidad de estiramiento.

35 **[0006]** La solicitud de patente EP0126481 describe un procedimiento de tratamiento térmico directo de una varilla de acero de contenido medio a alto de carbono mediante la realización de enfriamiento controlado en una bobina en espiral expandida de una varilla de acero de contenido medio a alto de carbono laminada en caliente que tiene una estructura austenítica. El enfriamiento se realiza mediante el paso de la bobina a través de un recipiente que contiene un refrigerante compuesto por un fluido mixto de burbujas de gas y agua bajo una fuerte acción turbulenta que contiene
40 una dispersión uniforme de burbujas de gas oxidante y que se mantiene a una temperatura predeterminada no superior a 95 °C.

[0007] Sin embargo, existe el riesgo de no tener burbujas de gas finas que tengan una distribución de tamaño uniforme. De hecho, el volumen de burbujas de gas en un recipiente es difícil de controlar. Cuando el gas se introduce
45 en el agua tibia, las burbujas resultantes se calientan y el agua tibia se evapora en las burbujas hasta que se alcanza el estado de equilibrio, y como resultado, se produce un hinchamiento casi instantáneo de las burbujas. Además, se debe respetar una velocidad superficial específica para evitar la coalescencia de burbujas de gas entre sí para formar una sola fase gaseosa. Finalmente, se necesita un gran volumen de gas para preparar el fluido mixto de burbujas de gas y agua que contiene burbujas de gas oxidante. En consecuencia, a escala industrial, el uso de dicho fluido que
50 contiene gas es difícil de manejar y es rentable.

[0008] La solicitud de patente US2009/0065107 también describe un inactivador polimérico que comprende nanopartículas inorgánicas de diámetro 0,2-1 0 µm dispersas en el inactivador para inducir la viscosidad del inactivador y suprimir la conducción térmica de este.
55

[0009] El objetivo de la invención es proporcionar un procedimiento fácil de implementar de tratamiento térmico de un elemento no metálico o metálico que comprende al menos una transferencia de calor entre el elemento y un fluido de transferencia de calor que tiene un coeficiente de transferencia de calor por debajo del coeficiente de transferencia de calor del agua. En particular, es necesario proporcionar un procedimiento en el que la transferencia
60 de calor pueda ser lenta y controlada.

[0010] Esto se logra proporcionando un procedimiento de transferencia de calor entre un elemento metálico o no metálico y un fluido de transferencia de calor según las reivindicaciones 1 a 24.

65 **[0011]** Se definen los siguientes términos y expresiones:

- fluido de transferencia de calor que comprende nanopartículas (denominado Nanofluido) significa una suspensión líquida que contiene partículas que tienen al menos una dimensión inferior a 100 nm,
- flujo laminar significa un flujo con un número Reynolds inferior a un valor crítico de aproximadamente 2300,
- 5 - flujo turbulento significa un flujo con un número Reynolds superior a un valor crítico de aproximadamente 4000,
- concentración umbral de Percolación es la concentración de nanopartículas por encima de las cuales están conectadas formando una red de largo alcance. Para aplicaciones de transferencia de calor, es adecuado que dicha red conecte la parte más caliente, es decir, la parte donde comienza a fluir el calor, del fluido y la parte más fría del fluido, es decir, aquella donde se evacua el calor. En otras palabras, por debajo de la concentración umbral de
- 10 Percolación, las nanopartículas no están conectadas. Cuando se obtiene la concentración umbral de Percolación, la red formada con nanopartículas, que tiene una conductividad térmica más alta que el medio fluido, permite que los portadores de calor tomen un camino con mucha menos resistencia térmica, mejorando así la conductividad térmica del fluido, y por lo tanto el coeficiente de transferencia de calor
- % en peso significa porcentaje en peso,
- 15 - nanoplaquetas de grafito significa un sistema multicapa de láminas de grafeno que tiene un espesor de entre alrededor de 5 y 20 nm,
- grafeno de pocas capas significa un sistema multicapa de láminas de grafeno que tiene un espesor entre 1 y 5 nm y
- Grafeno significa una lámina de un solo átomo de espesor de átomos de carbono unidos dispuestos hexagonalmente, que presenta generalmente un espesor inferior a 1 nm.

20 **[0012]** Otras características y ventajas de la invención se harán evidentes a partir de la siguiente descripción detallada de la invención.

25 **[0013]** Para ilustrar la invención, se describirán diversas realizaciones y ensayos de ejemplos no limitantes, en particular, con referencia a las siguientes Figuras:

- La Figura 1 ilustra un ejemplo de una nanoplaqueta según la presente invención.
- La Figura 2 ilustra un ejemplo de nanoplaquetas de múltiples capas según la presente invención.
- La Figura 3 ilustra un ejemplo de nanopartícula esférica según la presente invención.
- 30 La Figura 4 ilustra un ejemplo de nanopartícula elíptica según la presente invención.

[0014] La invención se refiere a un procedimiento de tratamiento térmico de un elemento no metálico o metálico que comprende al menos una etapa A) de transferencia de calor entre el elemento y un fluido de transferencia de calor A' que comprende un medio fluido y nanopartículas que tienen un tamaño lateral de las nanopartículas está entre 26 y 50 μm , teniendo el fluido de transferencia de calor un coeficiente de transferencia de calor por debajo del coeficiente de transferencia de calor del agua.

40 **[0015]** Preferentemente, el procedimiento comprende además al menos una etapa B) de transferencia de calor entre el elemento y un fluido de transferencia de calor B' que comprende un medio fluido y nanopartículas, teniendo el fluido de transferencia de calor B' un coeficiente de transferencia de calor diferente del coeficiente de transferencia de calor de A' y por debajo de coeficiente de transferencia de calor del agua.

45 **[0016]** Más preferentemente, el procedimiento también comprende al menos una etapa C) de transferencia de calor entre el elemento y un fluido de transferencia de calor C' que comprende un medio fluido y nanopartículas, teniendo el fluido de transferencia de calor C' un coeficiente de transferencia de calor por encima del coeficiente de transferencia de calor del agua.

50 **[0017]** Ventajosamente, el procedimiento también comprende al menos una etapa D) de transferencia de calor entre el elemento y un fluido de transferencia de calor D' que comprende un medio fluido y nanopartículas, teniendo el fluido de transferencia de calor D' un coeficiente de transferencia de calor diferente del coeficiente de transferencia de calor de C' y por encima del coeficiente de transferencia de calor del agua.

55 **[0018]** Según la invención, las etapas A), B), C), D) se pueden realizar en cualquier orden, siendo las etapas B, C y D opcionales. En una realización preferida de la invención, el procedimiento de tratamiento térmico según la invención comprende las etapas A) y B) realizadas sucesivamente. En otra realización preferida de la invención, la etapas B) se realiza antes de la etapa A). Ventajosamente, el procedimiento de tratamiento térmico según la invención comprende las etapas A), B) y C) realizadas sucesivamente. También se pueden realizar en los siguientes órdenes: B), C) y A) o C), A) y B). Preferentemente, el procedimiento de tratamiento térmico según la invención comprende las etapas A), B), C) y D) realizadas sucesivamente. También se pueden realizar en los siguientes órdenes: B), C), A) y

60 D) o A), C), D) y B).

[0019] En una realización preferida de la invención, el fluido de transferencia de calor comprende nanopartículas elegidas de entre nanoplaquetas de grafito, grafeno, grafeno de pocas capas, TiO_2 , ZnO_2 , ZnO , nitruro de boro, cobre, sílice, montmorillonita, zeolita clinoptilolita, wollastonita, mica, zeolita 4A, Al_2O_3 , silicato, piedra pómez, óxido de calcio o nanotubos de carbono. Preferentemente, las nanopartículas no comprenden nanotubos de carbono.

[0020] Por ejemplo, la nanopartícula puede ser esférica, elíptica o nanoplaquetaria.

[0021] La Figura 1 ilustra un ejemplo de una nanoplaqueta que se puede usar en el fluido de transferencia de calor de la presente invención. En este ejemplo, el tamaño lateral significa la longitud más alta de la nanoplaqueta a través del eje X y el espesor significa la altura de la nanoplaqueta a través del eje Z. La anchura de la nanoplaqueta se ilustra a través del eje Y.

[0022] La Figura 2 ilustra un ejemplo de nanoplaquetas de múltiples capas que se pueden usar en el fluido de transferencia de calor de la presente invención. En este ejemplo, el tamaño lateral significa la longitud más alta de las nanoplaquetas a través del eje X y el espesor significa la altura total de todas las nanoplaquetas apiladas a través del eje Z. La anchura de la nanoplaqueta se ilustra a través del eje Y.

[0023] La Figura 3 ilustra un ejemplo de nanopartícula esférica que se puede usar en el fluido de transferencia de calor de la presente invención. En este ejemplo, el tamaño lateral significa el diámetro de la nanopartícula y el espesor significa la altura de la nanopartícula.

[0024] La Figura 4 ilustra un ejemplo de nanopartícula elíptica que se puede usar en el fluido de transferencia de calor de la presente invención. En este ejemplo, el tamaño lateral significa la longitud más alta de la nanopartícula y el espesor significa la altura de la nanopartícula.

[0025] El tamaño lateral y el espesor de la nanopartícula se pueden medir mediante microscopía electrónica de barrido (SEM), microscopía electrónica de transmisión (TEM) y microscopía de fuerzas atómicas (AFM).

[0026] Preferentemente, las nanopartículas son nanoplaquetas de múltiples capas. De hecho, sin querer limitarse a ninguna teoría, parece que para obtener la morfología de las nanoplaquetas, las nanopartículas deben tener una estructura multicapa con una interacción débil entre capas, es decir, Van der Waals, enlace de hidrógeno, enlace mecánico, enlace halógeno, apilamiento pi, enlaces catión/anión-pi, intercalación, puentes de sal y polar-pi. Esta unión débil junto con una buena conductividad térmica de las nanoplaquetas aumenta la posibilidad de mejorar el coeficiente de transferencia de calor de un fluido.

[0027] Según la invención, el fluido de transferencia de calor A' comprende nanopartículas en forma de nanoplaquetas de múltiples capas.

[0028] Ventajosamente, el espesor de las nanopartículas está entre 1 y 99,99 nm, preferentemente de entre 5 a 50 nm y más preferentemente de entre 5 a 15 nm.

[0029] Preferentemente, el tamaño lateral de la nanopartícula de al menos un fluido de transferencia de calor elegido de entre: B', C' y D' está entre 26 y 50 μm .

[0030] Ventajosamente, el tamaño lateral de la nanopartícula de al menos un fluido de transferencia de calor elegido de entre: A', B', C' y D' está entre 35 y 45 μm .

[0031] Preferentemente, la concentración de nanopartículas está entre 0,01 % en peso y 12 % en peso, ventajosamente entre 2 y 8 % en peso y más preferentemente entre 4 y 7 % en peso.

[0032] En una realización preferida de la invención, el fluido de transferencia de calor tiene un agente dispersante que es un polímero activo no superficial, un tensioactivo o una mezcla de los mismos. El tensioactivo puede ser catiónico, aniónico, anfótero o no iónico.

[0033] Por ejemplo, el agente dispersante puede ser polivinilpirrolidona, polisacáridos, polisacáridos sulfatados, sulfonatos de alquilbenceno lineales, sulfonatos de lignina, sulfosuccinatos de di-alkilo, compuestos de amonio cuaternario, estearato de sodio o una mezcla de los mismos.

[0034] Preferentemente, la relación concentración de nanopartículas/concentración de agente dispersante en peso está entre 3 y 18. Más preferentemente, la relación concentración de nanopartículas/concentración de agente dispersante está entre 4 y 15, ventajosamente entre 4 y 8 y estando preferentemente entre 4 y 6.

[0035] Sin querer limitarse a ninguna teoría, parece que cuando se controla la relación anterior y se alcanza la concentración umbral de Percolación, el fluido de transferencia de calor según la invención permite una conductividad térmica más alta y, por lo tanto, un mayor coeficiente de transferencia de calor en el flujo de régimen laminar. De hecho, el agente dispersante sería capaz de evitar la deposición y aglomeración de nanopartículas. Por ejemplo, si el agente dispersante es un tensioactivo, la nanopartícula estaría encerrada por una micela que consiste en un núcleo de moléculas hidrófobas y una cubierta de moléculas hidrófilas. Dicha estructura micelar permite dispersar nanopartículas dentro del fluido. Sin embargo, para obtener la percolación, en otras palabras, la formación de la red

de largo alcance formada por las nanopartículas, el grado de dispersión de las nanopartículas tiene que ser limitado.

- [0036]** Preferentemente, el fluido de transferencia de calor comprende un medio fluido elegido de entre agua, etilenglicol, etanol, aceite, metanol, silicona, propilenglicol, compuestos aromáticos alquilados, Ga líquido, In líquido, Sn líquido, formiato de potasio o una mezcla de los mismos. El galio, el indio y el estaño se pueden utilizar como fluido de transferencia de calor, en particular para el enfriamiento de un elemento metálico. De hecho, el punto de fusión del galio es de 30 °C, el del indio es de 157 °C y el del estaño es de 232 °C. Por ejemplo, se pueden utilizar para enfriar chips informáticos o equipos de laboratorio tales como fuentes de neutrones.
- 10 **[0037]** El fluido de transferencia de calor se fabrica preferentemente mediante las siguientes etapas:
- A. el suministro de nanopartículas según la presente invención,
 - B. el suministro de un medio fluido,
 - 15 C. el ajuste de la concentración de nanopartículas para lograr la percolación y
 - D. la mezcla de las nanopartículas con el medio fluido.
- 20 **[0038]** Según la invención, el flujo del fluido de transferencia de calor puede estar en un régimen de flujo laminar o turbulento. En un régimen de flujo laminar, el coeficiente de transferencia de calor es proporcional a la conductividad térmica. Por el contrario, en el régimen de flujo turbulento, el coeficiente de transferencia de calor depende de un conjunto de propiedades termo-físicas como la viscosidad. Según la invención, el fluido de transferencia de calor A' está en flujo de régimen turbulento.
- 25 **[0039]** Según la invención, la etapa de transferencia de calor se encuentra entre un elemento metálico o no metálico y el fluido de transferencia de calor. Preferentemente, el elemento metálico, que es, por ejemplo, un sustrato metálico, está hecho de aluminio, acero, acero inoxidable, cobre, hierro, aleaciones de cobre, titanio, cobalto, compuesto metálico, níquel y el no metálico está hecho de plástico.
- 30 **[0040]** En la técnica anterior, la transferencia de calor usando agua como medio fluido generalmente se puede realizar mediante un modo. El modo se llama «agua de contacto», lo que significa que el agua se usa para enfriar o calentar un objeto al estar en contacto directo con él.
- 35 **[0041]** Según una realización preferida de la invención, el elemento, que es metálico, es un sustrato metálico y el fluido de transferencia de calor está directamente en contacto con él. En este caso, la transferencia de calor se puede realizar mediante enfriamiento por impacto de chorro, ebullición de piscina, enfriamiento por pulverización o enfriamiento por microcanal.
- 40 **[0042]** Por ejemplo, en la industria siderúrgica, la transferencia de calor mediante enfriamiento por agua de contacto puede implementarse:
- en las cámaras de pulverización de ruedas continuas y en el procedimiento de laminación en caliente, como el procedimiento de enfriamiento en la mesa de descarga,
 - 45 - en los hornos de coque para el tratamiento del gas y el enfriamiento del coque,
 - durante el enfriamiento de escorias en altos hornos, hornos de oxígeno básico y hornos de arco eléctrico.
- [0043]** Preferentemente, el procedimiento del tratamiento térmico según la invención comprende además al menos una etapa de calentamiento. Por ejemplo, la etapa de calentamiento se realiza a una temperatura de entre 0 a 50 1200 °C.
- [0044]** El procedimiento según la presente invención se puede realizar, por ejemplo, en la industria de la construcción, en particular en el procedimiento para fabricar las vigas de acero. Por ejemplo, las vigas estructurales según el documento EP1961887 se producen cortando una línea sinusoidal específica en una sección H de partida, 55 que es una placa de acero en forma de H, por corte por llama. A continuación, se desplazan las dos secciones en T obtenidas y se sueldan mediante soldadura por arco. Por lo general, después de la soldadura por arco, se sabe que se enfría. Esta etapa de enfriamiento es importante ya que define la microestructura final del soldado y por lo tanto, las propiedades mecánicas finales.
- 60 **[0045]** Generalmente, el agua se utiliza como fluido de transferencia de calor para enfriar la viga soldada. Sin embargo, el enfriamiento con agua es demasiado rápido, por lo que existe el riesgo de que el punto de soldadura tenga una microestructura quebradiza. También es posible enfriar la viga con aire. Sin embargo, tal enfriamiento llevará demasiado tiempo. Por lo tanto, en este caso, es necesario tener un fluido de transferencia de calor que tenga un coeficiente de transferencia de calor menor que el del agua pero mayor que el del aire para obtener la buena velocidad 65 de enfriamiento y, en consecuencia, alcanzar la microestructura de punto de soldadura deseada.

[0046] Con el procedimiento según la presente invención, es posible tener dicho fluido de transferencia de calor. De hecho, el tratamiento térmico, que es el enfriamiento de la viga soldada, se puede realizar con un fluido de transferencia de calor A') que comprende agua como medio fluido y nanoplaquetas de grafito que tienen un tamaño lateral de 40 μm y un espesor de 10 nm. La concentración de las nanopartículas es del 7 % en peso. El fluido A' comprende además el 1 % en peso de polivinilpirrolidona como agente de dispersión. La relación de concentración de nanopartículas/concentración de agente dispersante es 7. La reducción de la transferencia de calor con respecto a la del agua es del -53 % en flujo de régimen turbulento a 25 °C. Por lo tanto, este fluido A') permite un enfriamiento más lento que el agua y más alto que el aire.

10

[0047] Cuando se deben realizar dos etapas de enfriamiento lento con dos fluidos de transferencia de calor que tienen un coeficiente de transferencia de calor diferente, ambos por debajo del de agua, se puede usar el fluido anterior A') y otro fluido de transferencia de calor B'). Por ejemplo, el fluido de transferencia de calor B') comprende agua como medio fluido y nanoplaquetas de grafito que tienen un tamaño lateral de 40 μm y un espesor de 10 nm. La concentración de nanopartículas es del 10 % en peso. El fluido B' comprende además el 1 % en peso de polivinilpirrolidona como agente de dispersión. La relación de concentración de nanopartículas/concentración de agente dispersante es 10. La reducción de la transferencia de calor con respecto a la del agua es del -75 % en flujo de régimen turbulento a 25 °C.

[0048] El procedimiento según la presente invención también se puede realizar, por ejemplo, en cualquier procedimiento para fabricar un sustrato metálico, en particular aleaciones de hierro. De hecho, después del recocido de dicho sustrato metálico, generalmente se realiza un enfriamiento para obtener la microestructura deseada. La etapa de enfriamiento se puede lograr con el procedimiento según la presente invención usando un fluido de transferencia de calor que tiene un coeficiente de transferencia de calor por debajo del de agua. Esto da como resultado una velocidad de enfriamiento controlada que permite el diseño microestructural en función de las propiedades mecánicas deseadas y las aplicaciones finales.

Ejemplo:

[0049] Los Ensayos 1 a 2 se prepararon mezclando multicapas de nanografito que tenían nanoplaquetas de grafito con un tamaño lateral de 40 μm y un espesor de 10 nm y se añadió un 1 % en peso de polivinilpirrolidona como agente de dispersión.

[0050] El Ensayo 3 consistió en agua.

[0051] Para cada ensayo, la conductividad térmica de las muestras se ha medido empleando un medidor de conductividad térmica DTC-25. La mejora de la conductividad térmica se calculó con respecto a la conductividad del agua, siendo la conductividad del agua de 0,67 W/mK a temperatura ambiente, es decir, 20 °C.

[0052] En el flujo turbulento, la mejora de transferencia de calor se calculó gracias a la siguiente fórmula:

$$\frac{h_{nf}}{h_{bf}} = \left(\frac{k_{nf}}{k_{bf}}\right)^{3/5} \left(\frac{\rho_{nf}}{\rho_{bf}}\right)^{4/5} \left(\frac{C_{p,nf}}{C_{p,bf}}\right)^{2/5} \left(\frac{\mu_{nf}}{\mu_{bf}}\right)^{-2/5}$$

Con h_{nf} : Coeficiente de transferencia de calor de los nanofluidos (J/s·K·m²), h_{bf} : Coeficiente de transferencia de calor del fluido de base (J/s·K·m²), k_{nf} : Conductividad térmica de los nanofluidos (J/s·K·m), ρ_{nf} : Densidad de los nanofluidos (kg/m³), $C_{p,nf}$: Capacidad térmica de los nanofluidos (J/kg·K) y μ_{nf} : Viscosidad de los nanofluidos (kg/s·m).

[0053] La densidad de los nanofluidos se calculó utilizando picnometría de helio. La capacitancia térmica a 20 °C se determinó utilizando calorimetría diferencial de barrido en atmósfera de nitrógeno.

50

Ensayos	fluidos	Concentración de nanopartículas (% en peso)	Agente dispersante (% en peso)	Relación de C_{nanop}/C_{disp}	Mejora de la transferencia de calor (%)
1*	Agua y nanoplaquetas de grafito	7	1	-	-53
2*	Agua y nanoplaquetas de grafito	10	1	10	-75

*: según la presente invención.

[0054] El rendimiento de enfriamiento de los Ensayos 1, 2 y el Ensayo 3, que consistió en agua, se calculó gracias a un software de modelado. En esta prueba, una losa de acero que tiene una densidad de 7854 kg/m³ se enfrió en flujo laminar durante 13 segundos. La longitud era de 5 metros, la anchura de 1 metro y el espesor de la losa era de 10 mm. La temperatura inicial de la losa fue de 968 °C.

5

[0055] Por un lado, el enfriamiento de la losa se realizó sucesivamente con los Ensayos 1 y 2 de la siguiente manera.

- una primera etapa de enfriamiento con el Ensayo 1 en régimen de flujo laminar,

10 - una segunda etapa de enfriamiento con el Ensayo 2 en flujo de régimen turbulento.

[0056] Por otro lado, el Ensayo 3 se utilizó en el flujo laminar. La siguiente tabla muestra la velocidad de enfriamiento utilizando, por un lado, los Ensayos 1 y 2 y, por otro, el Ensayo 3.

Ensayos	Velocidad de enfriamiento (°C/s)
1*	12,8
2*	8,8
3	21,4
*: según la presente invención	

15

[0057] Los Ensayos 1 y 2 permiten un enfriamiento lento, siendo el enfriamiento que utiliza el Ensayo 2 más lento que el enfriamiento con el Ensayo 1. Por lo tanto, con el procedimiento según la presente invención, es posible controlar el enfriamiento en comparación con el agua, es decir, el Ensayo 3.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de tratamiento térmico de un elemento no metálico o metálico que comprende al menos una etapa A) de transferencia de calor entre dicho elemento y un fluido de transferencia de calor A', en flujo de régimen turbulento, que comprende un medio fluido y nanopartículas en forma de nanoplaquetas de múltiples capas que tienen un tamaño lateral entre 26 y 50 µm medido por microscopía electrónica de barrido (SEM), microscopía electrónica de transmisión (TEM) o microscopía de fuerzas atómicas (AFM), teniendo el fluido de transferencia de calor un coeficiente de transferencia de calor por debajo del coeficiente de transferencia de calor del agua y que satisface la siguiente fórmula.

10

$$\frac{h_{nf}}{h_{bf}} = \left(\frac{k_{nf}}{k_{bf}}\right)^{3/5} \left(\frac{\rho_{nf}}{\rho_{bf}}\right)^{4/5} \left(\frac{C_{p,nf}}{C_{p,bf}}\right)^{2/5} \left(\frac{\mu_{nf}}{\mu_{bf}}\right)^{-2/5}$$

Con h_{nf} : Coeficiente de transferencia de calor del fluido de transferencia de calor A' (J/s·K·m²), h_{bf} : Coeficiente de transferencia de calor del agua (J/s·K·m²), k_{nf} : Conductividad térmica del fluido de transferencia de calor A' (J/s·K·m) medida a temperatura ambiente, ρ_{nf} : Densidad del fluido de transferencia de calor A' (kg/m³), $C_{p,nf}$: Capacidad térmica del fluido de transferencia de calor A' (J/kg·K) y μ_{nf} : Viscosidad del fluido de transferencia de calor A' (kg/s·m).

2. Procedimiento según la reivindicación 1, que comprende además al menos una etapa B) de transferencia de calor entre el elemento y un fluido de transferencia de calor B' que comprende un medio fluido y nanopartículas, teniendo el fluido de transferencia de calor B' un coeficiente de transferencia de calor diferente del coeficiente de transferencia de calor de A' y por debajo del coeficiente de transferencia de calor del agua.

3. Procedimiento según la reivindicación 1 o 2, que comprende además al menos una etapa C) de transferencia de calor entre el elemento y un fluido de transferencia de calor C' que comprende un medio fluido y nanopartículas, teniendo el fluido de transferencia de calor C' un coeficiente de transferencia de calor por encima del coeficiente de transferencia de calor del agua.

4. Procedimiento según la reivindicación 3, que comprende además al menos una etapa D) de transferencia de calor entre el elemento y un fluido de transferencia de calor D' que comprende un medio fluido y nanopartículas, teniendo el fluido de transferencia de calor D' un coeficiente de transferencia de calor diferente del coeficiente de transferencia de calor de C' y por encima del coeficiente de transferencia de calor de agua.

5. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, el fluido de transferencia de calor comprende nanopartículas elegidas de entre nanoplaquetas de grafito, grafeno de pocas capas, TiO₂, ZnO₂, ZnO, nitruro de boro, cobre, sílice, montmorillonita, zeolita clinoptilolita, wollastonita, mica, zeolita 4A, Al₂O₃, silicato, piedra pómez, óxido de calcio o nanotubos de carbono o cualquier mezcla de los mismos.

6. Procedimiento según la reivindicación 5, las nanopartículas no comprenden nanotubos de carbono.

7. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en el que el espesor de las nanopartículas está entre 1 y 99,99 nm.

8. Procedimiento según la reivindicación 7, en el que el espesor de las nanopartículas es de entre 5 a 50 nm.

9. Procedimiento según la reivindicación 8, en el que el espesor de las nanopartículas es de entre 5 a 15 nm.

10. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que el tamaño lateral está entre 35 y 45 µm.

11. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, en el que la concentración de nanopartículas está entre 0,01-12 % en peso.

12. Procedimiento según la reivindicación 11, en el que la concentración de nanopartículas está entre 2 y 8 % en peso.

13. Procedimiento según la reivindicación 12, en el que la concentración de nanopartículas está entre 4 y 7 % en peso.

14. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13, en el que el fluido de transferencia de calor comprende además un agente dispersante.

15. Procedimiento según la reivindicación 14, en el que el agente dispersante es un polímero activo no superficial o un tensioactivo o una mezcla de los mismos.
16. Procedimiento según la reivindicación 15, en el que el tensioactivo es catiónico, aniónico, anfótero o no iónico.
17. Procedimiento según la reivindicación 16, en el que el agente dispersante se elige de entre polivinilpirrolidona, polisacáridos, polisacáridos sulfatados, sulfonatos de alquilbenceno lineales, sulfonatos de lignina, sulfosuccinatos de di-alkilo, compuestos de amonio cuaternario y estearato de sodio o una mezcla de los mismos.
18. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 14 a 17, en el que la relación concentración de nanopartículas/concentración de agente dispersante en peso está entre 3 y 18.
19. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 18, en el que el medio fluido se elige de entre agua, etilenglicol, etanol, aceite, metanol, silicona, propilenglicol, compuestos aromáticos alquilados, Ga líquido, In líquido, Sn líquido, formiato de potasio y cualquier mezcla de los mismos.
20. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 19, en el que el elemento, que es metálico, está hecho de aluminio, acero, acero inoxidable, cobre, hierro, aleaciones de cobre, titanio, cobalto, compuesto metálico o níquel.
21. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 20, en el que el elemento metálico es un sustrato metálico y la transferencia de calor es tal que el fluido de transferencia de calor está directamente en contacto con el sustrato metálico.
22. Procedimiento según la reivindicación 21, en el que el contacto entre el sustrato metálico y el fluido de transferencia de calor se realiza mediante enfriamiento por impacto de chorro, ebullición de piscina, enfriamiento por pulverización o enfriamiento por microcanal.
23. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 22, en el que el tratamiento térmico de un elemento no metálico o metálico comprende además al menos una etapa de calentamiento.
24. Procedimiento según la reivindicación 23, en el que dicha una etapa de calentamiento se realiza a una temperatura entre 0 y 1200 °C.

Figura 1

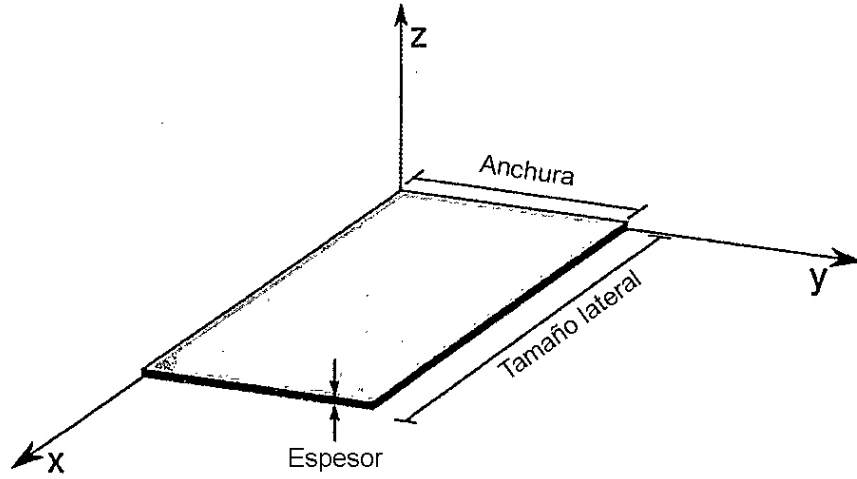


Figura 2

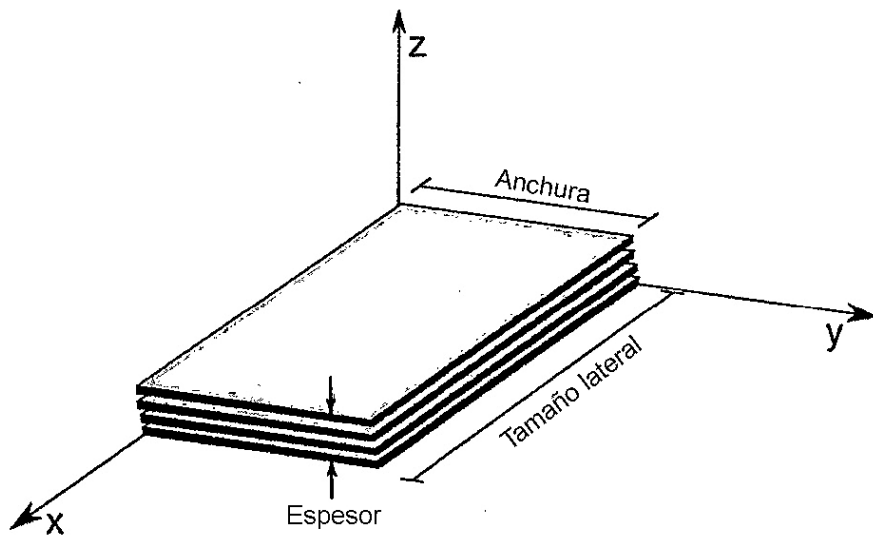


Figura 3

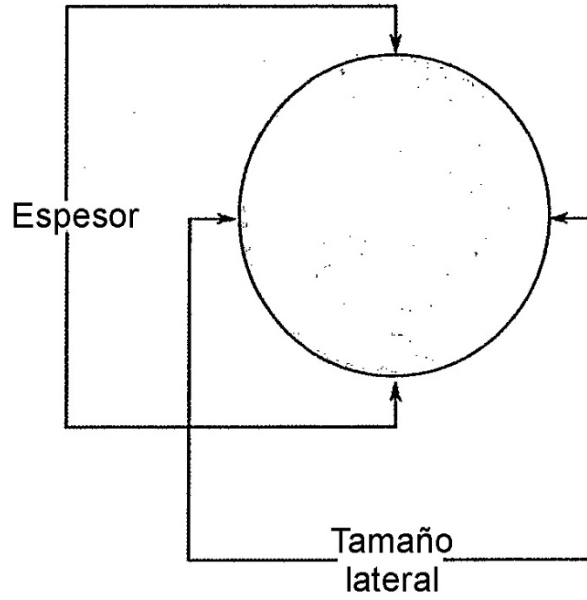


Figura 4

