

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 898 935**

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/IB2016/001785**

87 Fecha y número de publicación internacional: **29.06.2017 WO17109561**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.12.2016 E 16822522 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.10.2021 EP 3394202**

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

30 Prioridad:

22.12.2015 WO PCT/IB2015/002393

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

09.03.2022

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 2 898 935 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. Algunas técnicas se han centrado en la aplicación de campos eléctricos o magnéticos. Aunque es posible una mejora en la eficiencia energética desde dichos puntos de vista, también se puede realizar una mejora con respecto al fluido de transferencia de calor. Por lo general, los fluidos tales como agua, aceite de motor, etilenglicol, etc. se utilizan como fluido de transferencia de calor. Sin embargo, tienen un rendimiento de transferencia de calor deficiente y, por lo tanto, son necesarios una alta compactación y efectividad de los sistemas de transferencia de calor para lograr la transferencia de calor requerida. Entre los esfuerzos para mejorar la transferencia de calor, la aplicación de aditivos a los líquidos es más notable.

20 **[0003]** Por ejemplo, un tensioactivo tal como LEVENOL C-421 que es polioxietileno monoglicéridos y diglicéridos, se puede añadir al agua para mejorar el coeficiente de transferencia de calor o al menos la conductividad térmica. Sin embargo, aunque la conductividad mejora en algunos casos, la presencia del tensioactivo resulta en la formación de espuma. La presencia de espuma es un gran problema, ya que es realmente difícil eliminarla, en particular, a escala industrial. Además, la presencia de un tensioactivo aumenta la corrosión del sistema de transferencia de calor, especialmente la tubería donde fluye el fluido de transferencia de calor. Finalmente, se pueden formar incrustaciones particularmente en el sistema de transferencia de calor.

30 **[0004]** En la industria siderúrgica, por ejemplo, la solicitud de patente US2003062147 describe un procedimiento para fabricar aceros eléctricos. Después de la colada continua, para producir acero eléctrico orientado al grano a partir de un fleje fundido, se realiza un enfriamiento secundario rápido del fleje fundido para controlar la precipitación de las fases inhibitorias del crecimiento del grano.

[0005] Específicamente, describe un procedimiento para producir un fleje de acero eléctrico orientado al grano que comprende las etapas de:

35 (a) formar un fleje de acero eléctrico de colada continua que tiene un espesor de no más de aproximadamente 10 mm, (b) enfriamiento lento con aire a una velocidad de aproximadamente 15 °C/segundo dicho fleje a una temperatura de aproximadamente 1150 a aproximadamente 1250 °C. de manera que se solidifique y

40 (c) realizar posteriormente un enfriamiento secundario rápido en dicho fleje de acero donde el fleje se enfría a una velocidad de aproximadamente 65 a aproximadamente 150 °C/segundo a una temperatura no mayor que aproximadamente 950 °C.

45 **[0006]** El procedimiento de enfriamiento se puede lograr mediante la aplicación directa de aerosoles de enfriamiento, nebulización de aire/agua de enfriamiento dirigida o enfriamiento por impacto del fleje fundido sobre medios sólidos tales como una cinta o lámina metálica.

50 **[0007]** Sin embargo, con tales procedimientos de enfriamiento, es posible no alcanzar el enfriamiento rápido deseado. De hecho, la nebulización de aire/agua de enfriamiento dirigida es un enfriamiento difícil de controlar a escala industrial. Además, ambos procedimientos de enfriamiento son demasiado largos porque el flujo de transferencia de calor entre el fleje fundido y el fluido de enfriamiento o el sólido de enfriamiento es demasiado bajo.

60 **[0008]** Otro ejemplo se describe en una publicación científica llamada "Effect of Cooling Patterns on Microstructure and Mechanical Properties of Hot-Rolled Nb Microalloyed Multiphase Steel Plates" (Dong-sheng ZHENG, Fu-xian ZHU, Yan-mei LI, Bing-zhang CHEN, Journal of Iron and Steel Research, International, Volumen 18, número 8, agosto de 2011, páginas 46-52). Describe el efecto de los patrones de enfriamiento de la mesa de salida sobre la microestructura y las propiedades mecánicas de las placas de acero de microaleación Nb que se investigó mediante un experimento de laminado en caliente. Los resultados mostraron que la microestructura mixta que contiene ferrita, bainita y cantidades significativas de austenita retenida se puede obtener a través de tres tipos de patrones de enfriamiento en la mesa de salida bajo la misma condición de laminado en caliente. Por ejemplo, durante el procedimiento de enfriamiento en un procedimiento de laminado en caliente, la mesa de salida puede enfriar el fleje de acero mediante las siguientes etapas:

(a') enfriamiento de 820°C a 700 °C a una velocidad de enfriamiento intermedia, estando el agua utilizada como refrigerante en flujo de régimen laminar,
65 (b') enfriamiento de 700 °C a 640 °C a una velocidad de enfriamiento lenta, el aire se utiliza como refrigerante y

(c') enfriamiento de 640 °C a 440-460 °C a una velocidad de enfriamiento ultrarrápida, utilizándose el agua como refrigerante.

5 **[0009]** Sin embargo, para alcanzar la velocidad de enfriamiento deseada, se necesita una gran cantidad de agua para realizar las etapas (a') y (c'). Además, existe el riesgo de que las etapas de enfriamiento con agua requieran demasiado tiempo a escala industrial. De hecho, el coeficiente de transferencia de calor del agua no es lo suficientemente alto como para obtener rápidamente una velocidad de enfriamiento intermedia o ultrarrápida. Por lo tanto, se necesita un fluido de transferencia de calor que tenga un alto coeficiente de transferencia de calor.

10 **[0010]** 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 partículas que contienen suspensión líquida que tienen al menos una dimensión inferior a 100 nm. Estos fluidos de transferencia de calor generalmente tienen un coeficiente de transferencia de calor aumentado. Estos fluidos generalmente se utilizan como fluido refrigerante.

15 **[0011]** 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 salida enfría el fleje 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.

20 **[0012]** Sin embargo, a veces, el enfriamiento se realiza en dos o más etapas, siendo la velocidad de enfriamiento de cada etapa rápida pero no equivalente. Por lo tanto, dicho procedimiento que comprende varias etapas de enfriamiento es necesario.

25 **[0013]** La publicación "Effects of Holding Temperature and Time for Austempering on Impact Toughness of Medium Carbon and High Alloy Steel", A Chennakesava Reddy 1, International Journal of Computer Network and Security, vol. 3 n.º 1, enero de 2013, también describe un ciclo térmico que comprende un apagado con agua a una temperatura de temple austenítico, un mantenimiento de temperatura en un baño de sal y un apagado con agua a temperatura ambiente.

30 **[0014]** La publicación "Review of thermo-physical properties, wetting and heat transfer characteristics of nanofluids and their applicationability in industrial quench heat treatment", Gopalan Ramesh et Al, Nanoscale Research Letters, vol. 6, n.º 1, enero de 2011, también describe el uso de nanofluidos como alternativa a los medios convencionales de enfriamiento de agua, salmuera y aceite.

35 **[0015]** El objeto de la invención es proporcionar un procedimiento fácil de implementar de tratamiento térmico de un elemento no metálico o metálico que comprende al menos dos transferencias de calor entre el elemento y los fluidos de transferencia de calor que tienen coeficientes de transferencia de calor por encima del coeficiente de transferencia de calor del agua. En particular, es necesario proporcionar un procedimiento donde la transferencia de calor pueda ser rápida y controlada.

40 **[0016]** 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 25.

45 **[0017]** 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,
- 50 - flujo laminar significa un flujo con un número Reynolds inferior a un valor crítico de aproximadamente 2300,
- 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 la cual 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,
- 55 aquella donde se evacua el calor. En otras palabras, por debajo de la concentración umbral de 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
- 60 - % en peso significa porcentaje en peso,
- nanoplaquetas de grafito significa un sistema multicapa de láminas de grafito que tiene un espesor de entre alrededor de 5 y 20 nm,
- grafito de pocas capas significa un sistema multicapa de láminas de grafito que tiene un espesor entre 1 y 5 nm y
- Grafito significa una lámina de un solo átomo de espesor de átomos de carbono unidos dispuestos hexagonalmente,
- 65 que presenta generalmente un espesor inferior a 1 nm.

[0018] Otras características y ventajas de la invención se harán evidentes a partir de la siguiente descripción detallada de la invención.

5 **[0019]** 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.

10 La Figura 3 ilustra un ejemplo de nanopartícula esférica según la presente invención.

La Figura 4 ilustra un ejemplo de nanopartícula elíptica según la presente invención.

[0020] La invención se refiere a un procedimiento de tratamiento térmico de un elemento no metálico o metálico que comprende:

15

A. al menos una etapa de enfriamiento A) de transferencia de calor entre dicho elemento y un fluido de transferencia de calor A', en flujo de régimen laminar o turbulento, que comprende un medio fluido y nanopartículas, teniendo el fluido de transferencia de calor un coeficiente de transferencia de calor por encima del coeficiente de transferencia de calor del agua y

20

B. al menos una etapa de enfriamiento B) de transferencia de calor entre el elemento y un fluido de transferencia de calor B', en flujo de régimen laminar o turbulento, 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 encima del coeficiente de transferencia de calor del agua

25 siendo dichos fluidos de transferencia de calor A' y B' diferentes.

[0021] 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 debajo del coeficiente de transferencia de calor del agua.

30

[0022] 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 debajo del coeficiente de transferencia de calor del agua.

35

[0023] Según la invención, las etapas A), B), C), D) se pueden realizar en cualquier orden, siendo las etapas 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 etapa B) se realiza antes de la etapa

40

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

45

[0024] 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, 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. Preferentemente, las nanopartículas no comprenden nanotubos de carbono.

50

[0025] Por ejemplo, la nanopartícula puede ser esférica, elíptica o nanoplaquetaria.

[0026] 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 de 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.

55

[0027] 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.

60

[0028] 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

65

espesor significa la altura de la nanopartícula.

[0029] 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.

[0030] 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).

[0031] 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.

[0032] 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.

[0033] Preferentemente, el tamaño lateral de la nanopartícula está entre 26 y 50 μm , ventajosamente, entre 35 y 45 μm .

[0034] 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.

[0035] 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.

[0036] 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.

[0037] 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.

[0038] 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 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.

[0039] 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.

[0040] 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,
- C. el ajuste de la concentración de nanopartículas para lograr la percolación y
- D. la mezcla de las nanopartículas con el medio fluido.

[0041] 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.

[0042] 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.

[0043] 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.

[0044] 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.

[0045] Por ejemplo, en la industria siderúrgica, la transferencia de calor mediante enfriamiento por agua de contacto puede implementarse:

- 20 - 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 salida,
- 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.

[0046] 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 1200 °C.

[0047] El procedimiento según la presente invención se puede utilizar en el procedimiento para la fabricación de un acero multifásico como por ejemplo placas de acero microaleado Nb durante el laminado en caliente para obtener una microestructura mixta que contiene ferrita, bainita y cantidades significativas de austenita retenida. Dicha microestructura se puede obtener a través de un procedimiento de enfriamiento en la mesa de salida. Por ejemplo, durante el procedimiento de enfriamiento en un procedimiento de laminado en caliente, la mesa de salida puede enfriar el fleje de acero mediante las siguientes etapas sucesivas:

- 35 A. una etapa de enfriamiento del fleje de acero con un fluido de transferencia de calor A') que comprende agua y nanoplaquetas de grafito que tienen una relación de espesor/tamaño lateral de 0,00025. La concentración de nanopartículas es del 5 % en peso. La mejora de la transferencia de calor con respecto a la del agua es del 203 % en flujo de régimen laminar,
- 40 C. una etapa de enfriamiento con un fluido de transferencia de calor C') que comprende agua como un medio fluido y nanoplaquetas de grafito que tienen un tamaño lateral de 40 mm y un espesor de 10 nm, es decir, una relación de espesor/tamaño lateral de 0,00025. La concentración de las nanopartículas es del 7 % en peso. El fluido comprende además el 1 % en peso de polivinilpirrolidona, siendo la relación concentración de nanopartículas/concentración de agente dispersante de 7. La reducción de la transferencia de calor con respecto
- 45 a la del agua es del -53 % en flujo de régimen turbulento a 25 °C y
- B. una etapa de enfriamiento con un fluido de transferencia de calor que comprende nanoplaquetas de grafito que tienen una relación de espesor/tamaño lateral de 0,00025. La concentración de nanopartículas es del 7 % en peso. El fluido comprende además el 1 % en peso de polivinilpirrolidona como agente dispersante, siendo la relación concentración de nanopartículas/concentración de agente dispersante de 7. La mejora de la transferencia de calor
- 50 con respecto a la del agua es del 286 % en flujo de régimen laminar.

[0048] Por lo tanto, el fluido de transferencia de calor A') y B') permite un enfriamiento rápido, siendo el enfriamiento de la etapa B) ultrarrápido en comparación con el enfriamiento de la etapa A). El fluido de transferencia de calor C') permite un enfriamiento lento. Además, todas las etapas de enfriamiento están bien controladas.

Ejemplo:

[0049] Los Ensayos 1 a 3 se prepararon mezclando multicapas de nanografito que tenían nanoplaquetas de grafito con una relación de espesor/tamaño lateral de 0,00025. En el ensayo 3, se añadió polivinilpirrolidona como agente dispersante.

[0050] El Ensayo 4 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 laminar, la mejora de la transferencia de calor es similar a la mejora de la conductividad térmica, por lo que no se necesita ningún cálculo para tener la mejora de la transferencia de calor en %.

5

[0053] En el flujo turbulento, la mejora de transferencia de calor se calculó gracias a la siguiente fórmula:

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

10 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).

Ensayos	Fluido	Relación espesor/tamaño lateral	Concentración de nanopartículas (% en peso)	Agente dispersante (% en peso)	Relación C_{nanoP} / C_{disp}	Mejora de la transferencia de calor (%)
1*	Agua y nanoplaquetas de grafito	0,00025	5	-	-	203
2*	Agua y nanoplaquetas de grafito	0,00025	7	1	7	-53
3*	Agua y nanoplaquetas de grafito	0,00025	7	1	7	286

*: según la presente invención.

15 **[0054]** El rendimiento de enfriamiento de los Ensayos 1 a 3 y el Ensayo 4, que consiste 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 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.

20 **[0055]** Por un lado, el enfriamiento de la losa se realizó sucesivamente con los Ensayos 1 y 3 de la siguiente manera:

- una primera etapa de enfriamiento con el Ensayo 1 en régimen de flujo laminar,
- una segunda etapa de enfriamiento con el Ensayo 2 en flujo de régimen turbulento y

25 - una tercera etapa de enfriamiento con el Ensayo 3 en régimen de flujo laminar.

[0056] Por otro lado, el Ensayo 4 se utilizó en flujo laminar.

[0057] La siguiente tabla muestra la velocidad de enfriamiento mediante el uso de cada Ensayo:

30 **[0058]**

Ensayos	Velocidad de enfriamiento (°C/s)
1*	36,8
2*	12,8
3*	46,9
4	21,4

*: según la presente invención

[0059] El Ensayo 1 y 3 permiten un enfriamiento lento, siendo el enfriamiento que utiliza el Ensayo 3 más rápido que el enfriamiento con el Ensayo 1. El Ensayo 2 permite un enfriamiento lento. Por lo tanto, con el procedimiento según la presente invención, es posible obtener un acero multifásico en comparación con el agua, es decir, el Ensayo

35 4.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de tratamiento térmico de un elemento no metálico o metálico que comprende:

- 5 A. al menos una etapa de enfriamiento A) de transferencia de calor entre dicho elemento y un fluido de transferencia de calor A', en flujo de régimen laminar o turbulento, que comprende un medio fluido y nanopartículas, teniendo el fluido de transferencia de calor un coeficiente de transferencia de calor por encima del coeficiente de transferencia de calor del agua y
- 10 B. al menos una etapa de enfriamiento B) de transferencia de calor entre el elemento y un fluido de transferencia de calor B', en flujo de régimen laminar o turbulento, 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 encima del coeficiente de transferencia de calor del agua

siendo dichos fluidos de transferencia de calor A' y B' diferentes, siendo la mejora de transferencia de calor entre el coeficiente de transferencia de calor de cada uno del fluido de transferencia de calor A' y B' y el coeficiente de transferencia de calor del agua:

- en régimen de flujo turbulento, calculada gracias a la siguiente fórmula:

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

20

Con h_{nf} : Coeficiente de transferencia de calor del fluido de transferencia de calor ($J/s \cdot K \cdot m^2$), h_{bf} : Coeficiente de transferencia de calor del agua ($J/s \cdot K \cdot m^2$), k_f : Conductividad térmica del fluido de transferencia de calor ($J/s \cdot K \cdot m$) medida a temperatura ambiente, ρ_{nf} : Densidad del fluido de transferencia de calor (kg/m^3), $C_{p,nf}$: Capacidad térmica del fluido de transferencia de calor ($J/kg \cdot K$) y μ_{nf} : Viscosidad del fluido de transferencia de calor ($kg/s \cdot m$)

25

- en flujo laminar, similar a la mejora de la conductividad térmica.

2. Procedimiento según la reivindicación 1, 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 debajo del coeficiente de transferencia de calor del agua.

30

3. Procedimiento según la reivindicación 2, 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 debajo del coeficiente de transferencia de calor del agua.

35

4. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, donde el fluido de transferencia de calor comprende nanopartículas elegidas de entre nanoplaquetas de grafito, 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 o cualquier mezcla de los mismos.

40

5. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, donde las nanopartículas no comprenden nanotubos de carbono.

45

6. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, donde las nanopartículas son nanoplaquetas de múltiples capas.

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

50

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

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

55

10. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, donde la relación lateral de las nanopartículas está entre 26 y 50 μm .

11. Procedimiento según la reivindicación 10, donde el tamaño lateral está entre 35 y 45 μm .

60

12. Procedimiento según la reivindicación 11, donde la concentración de nanopartículas está entre 0,01 y 12 % en peso.

13. Procedimiento según la reivindicación 12, donde la concentración de nanopartículas está entre 2 y 8 % en peso.
- 5 14. Procedimiento según la reivindicación 13, donde la concentración de nanopartículas está entre 4 y 7 % en peso.
15. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 14, donde el fluido de transferencia de calor comprende además un agente dispersante.
- 10 16. Procedimiento según la reivindicación 15, donde el agente dispersante es un polímero activo no superficial o un tensioactivo o una mezcla de los mismos.
- 15 17. Procedimiento según la reivindicación 16, donde el tensioactivo es catiónico, aniónico, anfótero o no iónico.
18. Procedimiento según la reivindicación 17, donde 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.
- 20 19. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 14 a 18, donde la relación concentración de nanopartículas/concentración de agente dispersante en peso está entre 3 y 18.
- 25 20. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 19, donde 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.
- 30 21. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 20, donde el elemento, que es metálico, está hecho de aluminio, acero, acero inoxidable, cobre, hierro, aleaciones de cobre, titanio, cobalto, compuesto metálico o níquel.
- 35 22. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 21, donde 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.
- 40 23. Procedimiento según la reivindicación 22, donde 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.
24. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 23, donde el tratamiento térmico de un elemento no metálico o metálico comprende además al menos una etapa de calentamiento.
25. Procedimiento según la reivindicación 24, donde dicha una etapa de calentamiento se realiza a una temperatura entre 0 y 1200 °C.

Figura 1

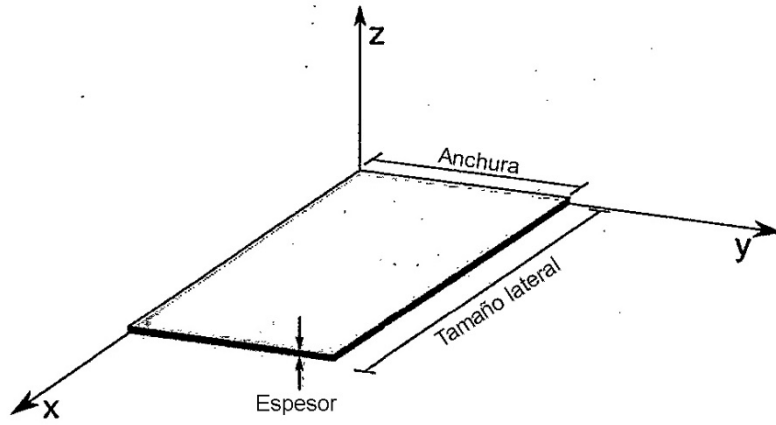


Figura 2

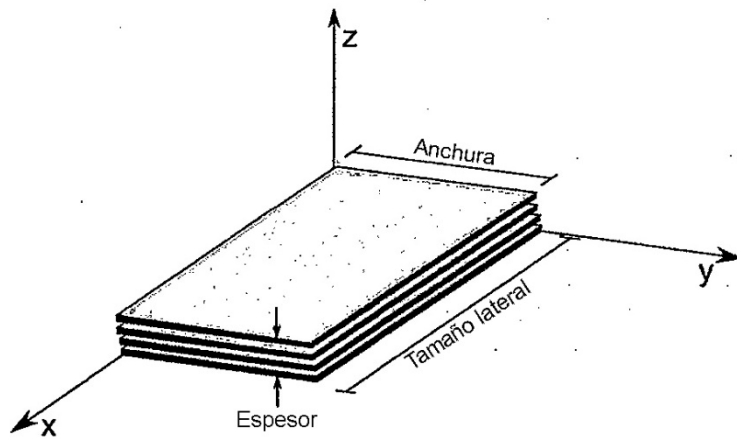


Figura 3

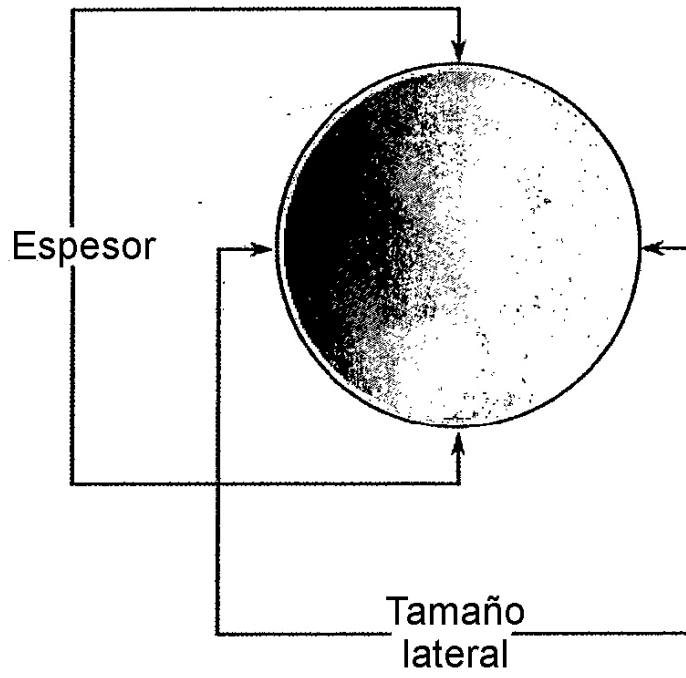


Figura 4

