

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 550 016**

51 Int. Cl.:

G01K 7/10 (2006.01)

G01K 7/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.10.2008** **E 08841598 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.08.2015** **EP 2203727**

54 Título: **Cable de extensión de termopar**

30 Prioridad:

24.10.2007 US 982292 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
03.11.2015

73 Titular/es:

**HERAEUS ELECTRO-NITE INTERNATIONAL N.V.
(100.0%)
CENTRUM ZUID 1105
3530 HOUTHALEN, BE**

72 Inventor/es:

CONTI, RICHARD, F.

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 550 016 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

Cable de extensión de termopar

5 Antecedentes de la invención

Los termopares utilizados para mediciones de alta temperatura se hacen generalmente de metales nobles tales como platino y aleaciones de platino. Los más comunes son: (1) Termopares tipo R que tienen un material conductor positivo de platino y un 13 % de rodio y un cable negativo de platino, y (2) Termopares de tipo S que tienen un material conductor positivo de platino y un 10 % de rodio y un cable negativo de platino.

Una desventaja de los termopares de metal noble es su alto coste, siendo el coste proporcional a la longitud de los cables de termopar de platino y platino/rodio.

En un entorno industrial, la instrumentación donde se coloca la unión de referencia es normalmente distante del termopar. En particular, cuando se mide la temperatura de los metales fundidos, la instrumentación utilizada para medir la salida fem del termopar está normalmente a una gran distancia, por ejemplo, 30,48 m (100 pies), desde la unión de medición del termopar. Para extender el termopar de metal noble a 30,48 m (100 pies) o más, la unión de medición sería prohibitivamente cara. Además, cuando por ejemplo, el termopar se utiliza para sólo una o unas pocas mediciones, como es normalmente el caso en la medida de la temperatura de metales fundidos, el uso de un termopar de metal noble que se extendería en 30,48 m (100 pies) o más se vuelve aún más prohibitivo.

Los sistemas de medición de temperatura que utilizan un termopar de metal noble para medir la temperatura de metales fundidos generalmente minimizan la longitud de los cables del termopar de metal noble uniendo, en un dispositivo de conexión que se refiere con frecuencia como un sensor o sonda, la conexión del cable hecha de metales/aleaciones metálicas menos costosas, para conectar el termopar al instrumento de medición de distancia. Este cable de conexión comúnmente se conoce como cable de extensión.

El cable de extensión puede ser utilizado para conectar un termopar a un instrumento de medición a distancia, al tiempo que conserva la precisión de medición aceptable para la mayoría de las aplicaciones mediante: (1) la selección de las propiedades termoeléctricas del cable de extensión para ser sustancialmente iguales que las del termopar de metal noble al cual se fija en el rango de temperatura a la que funciona el cable de extensión, y (2) el mantenimiento de la unión del cable del termopar positivo y el cable de extensión positiva para estar a la misma temperatura que la unión del cable del termopar negativo y el cable de extensión negativo. En estas condiciones, la tensión medida en la unión de referencia es idealmente una función sólo de la diferencia de temperatura entre la unión de medición y la unión de referencia independientemente de la temperatura de las uniones formadas en la conexión de los cables del termopar y los cables de extensión. Convencionalmente, el cable de extensión para la conexión al cable de termopar positivo de un termopar de metal noble está hecho de cobre puro, y el cable de extensión que conecta el cable negativo está fabricado de una aleación de cobre-níquel. La selección de un tipo particular de material para hacer coincidir las propiedades termoeléctricas de un tipo de cable de extensión con las de un termopar de metal noble para minimizar errores debido a la falta de coincidencia de las propiedades termoeléctricas entre el termopar y los cables de extensión se describe en las patentes US Nos. 3.926.681 y US 4.002.500. El error de medición debido a una diferencia en las temperaturas en las uniones de un termopar y los cables de extensión debido a desalineaciones de las propiedades termoeléctricas del cable de extensión para el elemento termopar se describe en el documento "Manual sobre el uso de termopares en la medición de temperatura", ASTM Pub. 470B, 1981, páginas 27-35.

Como se describió anteriormente, una diferencia de temperatura que surja entre las uniones positivas y negativas del termopar y el cable de extensión (en lo sucesivo uniones intermedias) da como resultado un error de la medición de la fuerza electromotriz del termopar. Lo que no se describe en la técnica anterior es que esta diferencia de temperatura entre las uniones intermedias puede surgir de una diferencia en el calor que fluye desde la unión intermedia positiva al enfriador correspondiente de la unión de referencia y el calor que fluye desde la unión intermedia negativa a la unión de referencia correspondiente del refrigerador. La diferencia en el calor que fluye resulta en un enfriamiento aparente de una de las uniones en condiciones en las que ambas uniones están recibiendo una entrada igual de calor. Esta diferencia de temperatura se incrementará en proporción al tiempo en que el termopar, más específicamente las uniones intermedias, están expuestas a una circunstancia de ganancia de calor progresiva como resultado de la exposición al ambiente de alta temperatura.

El aumento de la precisión de las mediciones de temperatura de metal noble y, en particular, el aumento de la exactitud de la medición de la temperatura de metales fundidos sería una ventaja económica para la industria. En consecuencia, sería deseable reducir el flujo de calor diferencial de las uniones de termopar y los cables de extensión a través de los cables de extensión del termopar.

Sumario de la invención

El problema anterior se resuelve mediante la invención. La invención se caracteriza en la reivindicación independiente. Las realizaciones preferidas se describen en las reivindicaciones dependientes. Se divulga sistema de termopar. El sistema de termopar incluye un termopar que tener un conductor positivo y un conductor negativo. Un cable positivo está conectado en un primer extremo al conductor positivo en una primera unión y en un segundo extremo a una segunda unión. El cable negativo está conectado en un primer extremo al conductor negativo en una tercera unión y al segundo extremo en una cuarta unión. La segunda y cuarta uniones constituyen una unión de referencia. Al menos uno de una conductividad térmica y un medidor de al menos uno del cable positivo y el cable negativo se seleccionan para gobernar los respectivos flujos de calor desde la primera unión hacia la unión de referencia y el flujo de calor desde la tercera unión hacia la unión de referencia sea de tales cantidades que la diferencia en los flujos de calor es menor que una cantidad predeterminada, es decir, que la cantidad del flujo de calor a través del al menos un cable positivo y la cantidad de flujo de calor a través del al menos un cable negativo son sustancialmente iguales.

Breve descripción de las diversas vistas de los dibujos

El sumario anterior, así como la siguiente descripción detallada de la invención, se entenderán mejor cuando se lean junto con los dibujos adjuntos. Para el propósito de ilustrar la invención, se muestran en los dibujos realizaciones que son actualmente preferidas. Debe entenderse, sin embargo, que la invención no está limitada a las disposiciones e instrumentos precisos mostrados.

En los dibujos:

- La figura 1 es un diagrama esquemático de los termopares A, B y C;
- La figura 2 es un diagrama esquemático de un circuito de termopar;
- La figura 3 es un trazado de la fem frente a la temperatura de un circuito de termopar;
- La figura 4 es un diagrama de un sensor de temperatura conocido;
- La figura 5a es un diagrama de la primera realización de la presente invención;
- La figura 5b es un diagrama de la segunda realización de la presente invención; y
- La figura 5c es un diagrama de la tercera realización de la presente invención;

Descripción detallada de la invención

Con referencia ahora a la figura 1, se muestran dos termopares, siendo ambos idénticos en propiedades termoeléctricas. La combinación del primer termopar A con su unión de referencia a $T_{Referencia} = 0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($32\text{ }^{\circ}\text{F}$) y la medición de su unión a alguna temperatura intermedia $I_{Intermedia}$ y el segundo termopar, B, con su unión de referencia a la temperatura intermedia, $I_{Intermedia}$ y su unión de medición a la temperatura que se desea medir, T_{Medida} , es equivalente a un único termopar con su unión de referencia a $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($32\text{ }^{\circ}\text{F}$) y su unión de medición a la temperatura a medir T_{Medida} , es decir, $fem_A + fem_B = fem_C$, donde fem es la fuerza electromotriz producida por el termopar(es). En pocas palabras, si la relación de temperatura respecto a la fem de un termopar se conoce para una temperatura de referencia, entonces la fem generada a cualquier otra temperatura de referencia es predecible.

Una consecuencia práctica es que un par de cables de extensión A, que tienen las mismas características termoeléctricas que las del par del termopar B, pero son de diferentes materiales, se pueden insertar en el circuito del termopar, (por ejemplo, entre $T_{Referencia}$ y $I_{Intermediata}$), sin afectar a la fem neta que habría sido medida por un termopar ininterrumpido C.

En muchas aplicaciones industriales que utilizan cables de extensión que se conectan a un termopar en una carcasa, donde la temperatura en la unión de medición puede exceder de $1371,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($2500\text{ }^{\circ}\text{F}$), las uniones intermedias, que están situadas en la carcasa resultan en una temperatura de la unión intermedia no superior a $204,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($400\text{ }^{\circ}\text{F}$). Del mismo modo, por práctica la unión de referencia en la instrumentación de medición no cae por debajo de $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($32\text{ }^{\circ}\text{F}$). En consecuencia, debido a que el rango de temperatura sobre la cual los cables de extensión operan es limitada, los cables de extensión, hechos de materiales que son menos costosos que los termopares de metales nobles, se utilizan a menudo en aplicaciones industriales para extender el termopar a las uniones de referencia. Idealmente, para evitar inexactitudes, los cables de extensión y un termopar noble deberían tener características termoeléctricas emparejadas, de modo que la fuerza electromotriz diferencial, fem, desarrollada entre los dos cables de extensión debe ser sustancialmente igual, en polaridad y en magnitud a la fem diferencial desarrollada entre los dos cables del termopar de metal noble, a cualquier temperatura dentro del rango de $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($32\text{ }^{\circ}\text{F}$) a $204,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($400\text{ }^{\circ}\text{F}$).

La figura 2 muestra el uso de cables de extensión (Px, Nx) en un circuito de termopar de tipo S y de tipo R, donde el termopar de metal noble P, N está conectado a las uniones intermedias en el punto Ti y cables de extensión Px, Nx se insertan entre las uniones intermedias y las uniones de referencia situadas en el punto Tr. La salida de un conjunto de este tipo de termopar se puede calcular sumando las tensiones de todas las uniones entre las temperaturas en cada extremo, tal como;

$$(E_{\text{conjunto de termopar}})_{T_R}^M = (E_{PX})_{T_R}^I + (E_P)_{T_I}^M + (E_N)_{T_M}^I + (E_{NX})_{T_I}^R$$

donde: E_{PX} es igual a la fem entre el punto TI y TR;
 E_P es igual a la fem entre los puntos TM y TI;
 E_N es igual a la fem entre el punto TI y TM; y
 E_{NX} es igual a la fem entre los puntos TR y TI.

Se ha encontrado que hay fuentes de error en la medición de la temperatura del termopar, aparte de errores introducidos por el cable de extensión que no tiene propiedades termoeléctricas coincidentes (fem). El beneficio de la reducción de estos errores puede alejar los beneficios de la búsqueda de las características fem de los cables de extensión y el termopar. Uno de estos errores, y el sujeto de esta invención, surge cuando existe una diferencia de temperatura entre las uniones donde cada cable del termopar está conectado a su respectivo cable de extensión, incluso si el par de cables de extensión coincide exactamente con la fem del termopar a cada temperatura.

Con referencia a la figura 2, supongamos:

$$T_{(PX \text{ a } P)} \neq T_{(NX \text{ a } N)}$$

La figura 3 es un gráfico de la fem respecto a la temperatura para cables del termopar positivo (P) y negativo (N) P y N y los correspondientes cables de extensión PX y NX.¹ Las siguientes relaciones se aplican a cualquier temperatura T dentro del rango de funcionamiento de los cables de extensión:

¹Ver "Manual sobre el uso de termopares en la medición de temperatura", ASTM Pub. 470B, 1981, página 34.

La salida del termopar = la salida par de extensión;

$$E_P - E_N = E_{PX} - E_{NX}$$

Reorganizando;

$$E_P - E_{PX} = E_N - E_{NX}$$

Si existe una diferencia de temperatura entre las dos uniones donde P une PX a T_P y N une NX a T_N , eso es $T_P \neq T_N$, existirá una fem no deseada a través de las dos uniones de una magnitud;

$$\Delta E = (E_P - E_{PX})_{T_P} - (E_N - E_{NX})_{T_N}$$

$$\Delta E = (E_P - E_{PX})_{T_P} - (E_P - E_{PX})_{T_N}$$

El signo de ΔE cuando $T_P \neq T_N$, si los resultados de error en una desviación positiva o negativa dependerá de la magnitud de $T_P \neq T_N$ y la relación de fem de PX y NX a P y N.

Hay varias razones para errores resultantes de la condición en la que $T_P \neq T_N$ que son inherentes a los conjuntos de termopares comerciales. Se ha observado un aumento de la probabilidad de errores, donde $T_P \neq T_N$, en conjuntos de termopares que tienen cables de extensión desproporcionadamente largos en comparación con la longitud de los cables de termopares nobles. Esta condición es muy común en los sistemas de termopares de metal noble de platino basados en la longitud de los termopares nobles que se mantiene tan corta como sea posible debido al coste de los metales basados en platino en comparación con el coste de los cables de extensión.

Un aumento adicional de errores se ha observado en los conjuntos de termopar donde $T_P \neq T_N$ donde hay una disparidad en el diámetro del cable de extensión respecto al cable del termopar de metal noble. Esto es sumamente evidente en dispositivos desechables de termopar del tipo descrito en, por ejemplo, las patentes GB 719026, US 2.993.944, US 2.999.121 y US 3.298.874.

Un aumento adicional de errores se ha observado en los conjuntos de termopar donde $T_P \neq T_N$ donde hay una disparidad de diámetro de cable físico entre los conductores de los materiales de alambre de extensión que son intermedios en los circuitos de temperatura que proporcionan medios para la conexión y desconexión instantánea de

partes del circuito de termopar. El documento US 4.229.230 describe un ejemplo de esta asimetría en un elemento de conexión.

Otra fuente de errores en la medición de la temperatura en lo que se refiere a la utilización de cables de extensión en los circuitos de termopar, además de los efectos de la fem antes mencionados, es que, debido a una diferencia en el flujo de calor en los cables de extensión PX y NX a partir de las uniones intermedias de más alta temperatura a las uniones de referencia de temperatura más baja. La diferencia en el flujo de calor induce una diferencia de temperatura entre las uniones intermedias positivas y negativas en los casos en que la conductividad térmica entre las uniones positivas y negativas no es infinita. Una breve descripción de las leyes del estado de equilibrio de conducción de calor unidimensional ayudará a explicar las dificultades a superar por esta invención.

Cuando existe un gradiente de temperatura dentro de un cuerpo, tal como un cable de extensión, la energía de calor fluirá desde la región de alta temperatura a la región de baja temperatura. Este fenómeno se conoce como transferencia de calor por conducción, y se describe por la ley de Fourier. Para un flujo de calor dimensional:

$$q = -k \frac{dT}{dx}$$

donde el flujo de calor q (vatios/metro²) depende de un perfil de temperatura T dado y el coeficiente de conductividad térmica k (vatios/metro-Kelvin) es la tasa de transferencia de calor por unidad de área perpendicular a la dirección de transferencia. El signo menos es una convención que indica que el calor fluye por el gradiente de temperatura.

Si el flujo de calor, medido en vatios, es a través de un área A en sección transversal definida, la ecuación se convierte en la integración de la ecuación de flujo de calor a través del espesor de un material ΔX da,

$$q = \frac{kA}{\Delta x} (T_1 - T_2),$$

donde T_1 y T_2 son las temperaturas en los dos límites del cuerpo.

Con esta comprensión de la conducción de calor se puede entonces ver cómo la diferencia en la conductividad térmica de los cables de extensión puede dar lugar a errores de temperatura reales.

Por ejemplo, la mayoría de los sistemas de termopares de metales nobles utilizan un par de cables de extensión de cobre y cobre-níquel para conectar, en las uniones intermedias, el termopar de metal noble que tiene una unión de medición a los instrumentos de medida que tienen uniones de referencia. La estructura en las uniones intermedias y las uniones de referencia están cada una diseñada para mantener las uniones positivas y negativas a sustancialmente la misma temperatura. Sin embargo, debido a que la unión intermedia positiva y a la unión intermedia negativa deben estar aisladas eléctricamente, la conductividad térmica entre las uniones es finita y, por tanto, las uniones positivas y negativas no pueden mantenerse a la misma temperatura exacta.

El coeficiente de conductividad térmica k , a 20 °C (68 °F) del cable de cobre especificado para el cable de extensión mediante organizaciones de normas internacionales para la extensión del termopar positivo de un termopar de metal noble es de aproximadamente 390 W/(m·K); y la del cable de extensión de cobre-níquel para la extensión del cable negativo es de aproximadamente 85 W/(m·K). Si la entrada de calor al extremo más caliente de cada una de las patas del cable de dos de extensión se mantiene en el mismo valor y el área de alambre de sección transversal de cada cable es idéntica, el extremo más caliente del cable con la mayor conductividad térmica con el tiempo estará a una temperatura más baja que el cable con la menor conductividad debido a la mayor pérdida de calor por conducción hasta el extremo más frío (unión de referencia) del cable. De manera correspondiente, el extremo más frío del cable de extensión de más alta conductividad estará a una temperatura ligeramente más alta que el cable de extensión de menor conductividad, debido al mayor flujo de calor hacia ese extremo. Este efecto se ve agravado por el aislamiento térmico y eléctrico comúnmente colocado alrededor y que separa cada cable de los intercambios de calor ambiental ambiente y la promoción de aislamiento eléctrico. Con la entrada de calor continuo en el extremo más caliente de los cables, el gradiente de temperatura a lo largo del cable de extensión entre los extremos caliente y frío de cada cable separado será cada vez más diferente, lo que resulta en errores más grandes en la medición de la temperatura, como se explica usando la figura 3.

El flujo de calor en los cables de extensión es una función del coeficiente de conductividad térmica y del calibre del cable. Por lo tanto, el flujo de calor en los cables de extensión respectivos puede ser gobernado por la selección de valores específicos para el calibre de los cables, el coeficiente de conductividad térmica de los cables o ambos. En la práctica, en el caso de sistemas de termopar de metal noble, simplemente reduciendo el calibre del cable de extensión de cobre y aumentando el diámetro del cable de extensión de cobre-níquel usado convencionalmente con los termopares de metal noble es suficiente para igualar el flujo de calor en las trayectorias del cable de extensión,

que se ha encontrado que es poco práctico debido a que el cable de cobre más delgado está sujeto a la rotura, y/o un cable de aleación de cobre-níquel de mayor calibre tiene un coste inaceptablemente alto. En consecuencia, es deseable seleccionar materiales alternativos para los cables de extensión, de tal manera que sus coeficientes de conductividad proporcionarán una igualación térmica dentro del rango aceptable de calibres de cable y características termoeléctricas.

Con referencia ahora a la figura 4, se muestra un ejemplo de un sistema de termopar 10 conocido que comprende un sensor 12 que incluye un termopar de metal noble 14 que tiene una unión de medición 16 y conductores de termopar positivo y negativo 14a, 14b, un instrumento de medición 28, que incluye uniones de referencia 26a, 26b y cables de extensión 24a, 24b que conectan el sensor 12 al instrumento de medición 28. El sensor 12 también incluye uniones frías 18a, 18b y uniones de conector 22a, 22b. Los cables de conexión 20a, 20b conectan el conductor de termopar positivo y negativo 14a, 14b a las uniones de conectores 22a, 22b. Los cables de extensión 24a, 24b conectan los cables de conexión 20a, 20b a las uniones de referencia 26a, 26b.

En el sistema de termopar 10 conocido, de la figura 4, el cable de conexión 20a y el cable de extensión 24a conectado al conductor positivo 14a del termopar 14 se hacen convencionalmente de cobre (Cu), que tiene un coeficiente de conductividad térmica nominal de aproximadamente 390 W/(m·K) a 20 °C (68 °F). El cable de conexión 20b y el cable de extensión 24b conectado al conductor negativo 14b del termopar 14 están hechos de una aleación de cobre-níquel (CuNi) que tiene un coeficiente de conductividad térmica nominal de 85 W/(m·K) a 20°C (68 °F). Como el material de 20b y 24b tiene idealmente las mismas características termoeléctricas y el material de 20a y 24a tienen las mismas características termoeléctricas, este sistema termopar mide de forma idéntica a un que tiene un solo conductor entre las uniones 18b y 26b y del mismo modo, 18a y 26a. Sin embargo, en el sistema conocido, como se describió anteriormente, el flujo de calor a través de los cables de conexión/extensión positivos 20a, 24a hacia la unión de referencia 26a es diferente del flujo de calor a través de los cables de conexión/extensión negativos 20b, 24b hacia la unión de referencia 26b debido a las diferencias inherentes en la conductividad térmica y la radiación de los respectivos cables de conexión/extensión. La diferencia en el flujo de calor puede resultar en un error de medición debido a una fem diferencial derivada en las uniones 18a, 18b.

Con referencia ahora a la figura 5a se muestra una primera realización preferida de la invención que tiene un segmento de cable extensión positivo 24a' diferente del 24a y que es idéntico al del sistema conocido de la figura 4 en todos los demás aspectos, excepto como se describe específicamente. En la primera realización preferida, el material preferido para el cable de extensión 24a' es una aleación de cobre y manganeso (CuMn) que tiene un coeficiente de calor nominal de 155 W/(m·K) a 20 °C (68 °F), el cual puede variar entre 145 y 190 W/(m·K) cuando la temperatura varía de 0 °C (32 °F) a 204,4 °C (400 °F). Preferiblemente, el porcentaje de manganeso en el cable de extensión 24a' es del 1 % +/- 0,35 %. En la primera realización preferida, la conductividad térmica y/o los medidores de los cables de extensión 24a', 24b se seleccionan a propósito, de manera que el flujo de calor desde cada una de las uniones frías 18a, 18b en la dirección de las uniones de medida 26a, 26b es gobernada de tal manera que el flujo de calor desde la unión 18a en la dirección de la unión de referencia 26a y el flujo de calor desde la unión 18b en la dirección de la unión de referencia 26b son tales que una cantidad del calor respectivo que fluye difiere en menos de una cantidad predeterminada y es preferiblemente sustancialmente igual en cantidad.

Haciendo referencia a la figura 5b, se muestra una segunda realización preferida de la invención que tiene un cable de conexión positivo 20a' diferente del 20a y que es idéntico al del sistema conocido de la figura 4 en todos los demás aspectos, excepto como se describe específicamente. En la segunda realización preferida, la utilización de un cable de conexión 20a' de baja conducción térmica sirve de rotura del puente térmico. En la segunda realización preferida, el material preferido para el cable de conexión 20a' es una aleación de cobre y manganeso (CuMn) que tiene un coeficiente de calor nominal de 155 W/(m·K), que puede variar entre 140 y 190 W/(m·K) cuando la temperatura varía de 0 °C (32 °F) a 204,4 °C (400 °F). Preferiblemente, el porcentaje de manganeso en el cable de conexión 20a' es del 1 % +/- 0,35 %. En la segunda realización preferida, la conductividad térmica y/o los indicadores de los cables de conexión 20a', 20b se seleccionan de tal manera que el flujo de calor conducido a través de los cables de conexión 20a', 20b de cada una de las uniones frías 18a, 18b en la dirección de los cables de extensión, 24a, 24b se rige de manera que el flujo de calor es, preferiblemente, pero no necesariamente, sustancialmente igual cuando los cables de extensión de Cu/CuNi 24a, 24b están conectados a las uniones de referencia 26a 26b. Debe tenerse en cuenta que aunque los cables de conexión 20a', 20b se muestran dentro del sensor 12, pueden ser externos al sensor 12.

Haciendo referencia a la figura 5c, se muestra una tercera realización preferida de la invención que tiene una conexión de cable positivo 20a' y 24a' de un cable de extensión positivo y que es idéntico al del sistema conocido de la figura 4 en todos los demás aspectos, excepto como se describe específicamente. En la tercera realización preferida, el material preferido para el cable de conexión 20a' y el cable de extensión 24a' es una aleación de cobre y de manganeso que tiene un coeficiente de calor nominal de 155 W/(m·K), que puede variar entre 145 y 190 W/(m·K) cuando la temperatura varía de 0 °C (32 °F) a 204,4 °C (400 °F). Preferiblemente, el porcentaje de manganeso en el cable de conexión 20a' y en el cable de extensión 24a' es del 1 % +/- 0,35 %. En la tercera realización preferida, los metales idénticos están conectados en las uniones entre cables de conexión 20a', 20b y los respectivos cables de extensión 24a', 24b. La conductividad térmica y/o los medidores los cables de extensión 20a', 20b y 24a', 24b se seleccionan a propósito de manera que el flujo de calor desde cada una de las uniones frías 18a,

5 18b en la dirección de las uniones de medida 26a, 26b se rige de modo que el flujo de calor desde la unión 18a en la dirección de la unión de referencia 26a y el flujo de calor desde la unión 18b en la dirección de la unión de referencia 26b son tales que una respectiva cantidad del calor que fluye difiere en menos de una cantidad predeterminada y es preferiblemente sustancialmente igual en cantidad. Debido a que el flujo de calor se puede controlar mediante el ajuste del medidor de uno o ambos del cable de conexión 20a', y el cable de extensión 24a', se logra una mayor flexibilidad en la selección de los indicadores de los cables.

10 La presente invención no está limitada a los sistemas de termopar que utilizan termopares de metal noble y un cable de extensión negativo fabricado de una aleación de CuNi. La aleación CuMn utilizada en las realizaciones preferidas es igualmente aplicable a cualquier sistema de termopar en el que el cable de extensión positiva convencional es de cobre no aleado. Tales sistemas de termopar incluyen, pero no se limitan a, aquellos sistemas que emplean termopares de tipo B, K y T, así como termopares de tipo R y S. Además, el concepto de igualar el flujo de calor en los cables de extensión mediante la selección de una composición de los cables de extensión es aplicable a cualquier tipo de sistema de termopar, y no se limita a ninguna elección particular de materiales para su uso en los cables de extensión.

15 Idealmente, el flujo de calor que emana de la unión fría a la unión de medición a través de los respectivos cables de extensión debe ser igual para eliminar por completo la fuente de errores. Sin embargo, un experto en la técnica entendería que no es necesario igualar completamente el flujo de calor para obtener una reducción significativa de errores, particularmente donde las mediciones sucesivas se hacen con el mismo sensor de termopar. Además, aunque las ventajas económicas de la invención son particularmente aplicables a sensores de temperatura desechables que emplean un sensor de metal noble, el concepto de igualar el flujo de calor en los cables de una unión intermedia a la unión de referencia es igualmente aplicable a cualquier sistema de termopar donde el error debido al flujo de calor desigual a través de los cables de extensión contribuye a los errores en la medición de la temperatura.

20

25

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de termopar para medir la temperatura de metales fundidos, que comprende:

5 un termopar (14) que tiene un conductor positivo (14a) y un conductor negativo (14b), estando conectados el conductor positivo (14a) y el conductor negativo (14b) entre sí en una unión de medición (16), y al menos un cable positivo está conectado en un primer extremo al conductor positivo (14a) en una primera unión (18a) y en un segundo extremo a una segunda unión (26a), y al menos un cable negativo está conectado en un primer extremo al conductor negativo (14b) en una tercera unión (18b) y en el segundo extremo a una cuarta unión (26b), constituyendo la segunda y la cuarta uniones (26a; 26b) una unión de referencia (26a; 26b), **caracterizado por que** al menos uno de una conductividad térmica y un medidor de al menos uno del al menos un cable positivo y el al menos un cable negativo se seleccionan para gobernar los respectivos flujos de calor desde la primera unión (18a) en la dirección de la unión de referencia (26a; 26b) y el flujo de calor desde la tercera unión (18b) en la dirección de la unión de referencia (26a; 26b) para ser de cantidades tales que la diferencia en el calor que fluye es menor que una cantidad predeterminada, es decir, que la cantidad del flujo de calor a través del al menos un cable positivo y la cantidad del flujo de calor a través del al menos un cable negativo son sustancialmente iguales.

20 2. El sistema de termopar de la reivindicación 1, en el que el al menos un cable positivo comprende un cable de conexión positivo (20a) y un cable de extensión positivo (24a') y en el que el cable de extensión positivo (24a') regula el flujo de calor a través del al menos un cable positivo.

25 3. El sistema de termopar de la reivindicación 1, en el que el al menos un cable positivo comprende un cable de conexión positivo (20a') y un cable de extensión positivo (24a) y en el que el cable de conexión positivo (20a') regula el flujo de calor a través del al menos un cable positivo.

30 4. El sistema de termopar de la reivindicación 1, en el que el al menos un cable positivo comprende un cable de conexión positivo (20a) y un cable de extensión positivo (24a') y en el que el cable de conexión positivo (20a) está hecho de cobre no aleado y el cable de extensión positivo (24a') está fabricado de una aleación de cobre-manganeso.

35 5. El sistema de termopar de la reivindicación 1, en el que el al menos un cable positivo comprende un cable de conexión positivo (20a') y un cable de extensión positivo (24a), y en el que el cable de conexión positivo (20a') está hecho de una aleación de cobre-manganeso y el cable de extensión positivo (24a) es de cobre no aleado.

40 6. El sistema de termopar de la reivindicación 1, en el que el al menos un cable positivo comprende un cable de conexión positivo (20a') y un cable de extensión positivo (24a'), y en el que el cable de conexión positivo (20a') está hecho de una aleación de cobre-manganeso y el cable de extensión positivo (24a') está fabricado de una aleación de cobre-manganeso.

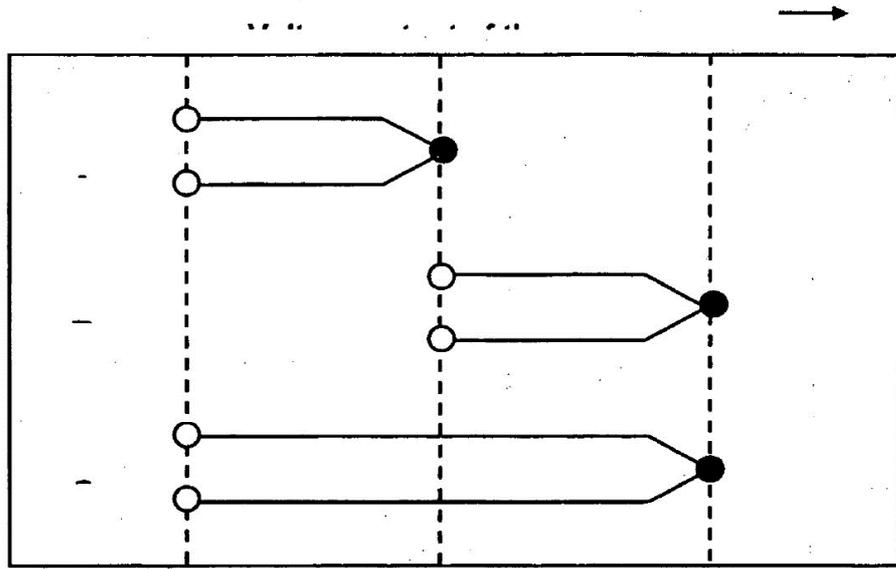


Fig. 1

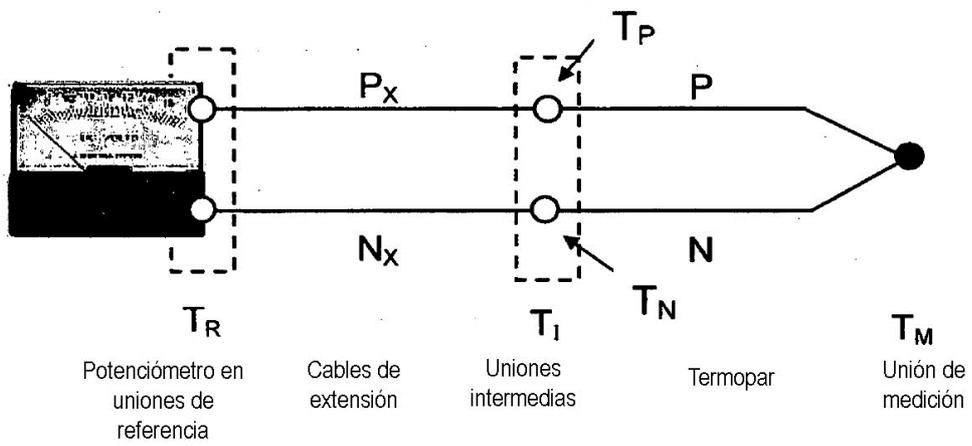


Fig. 2

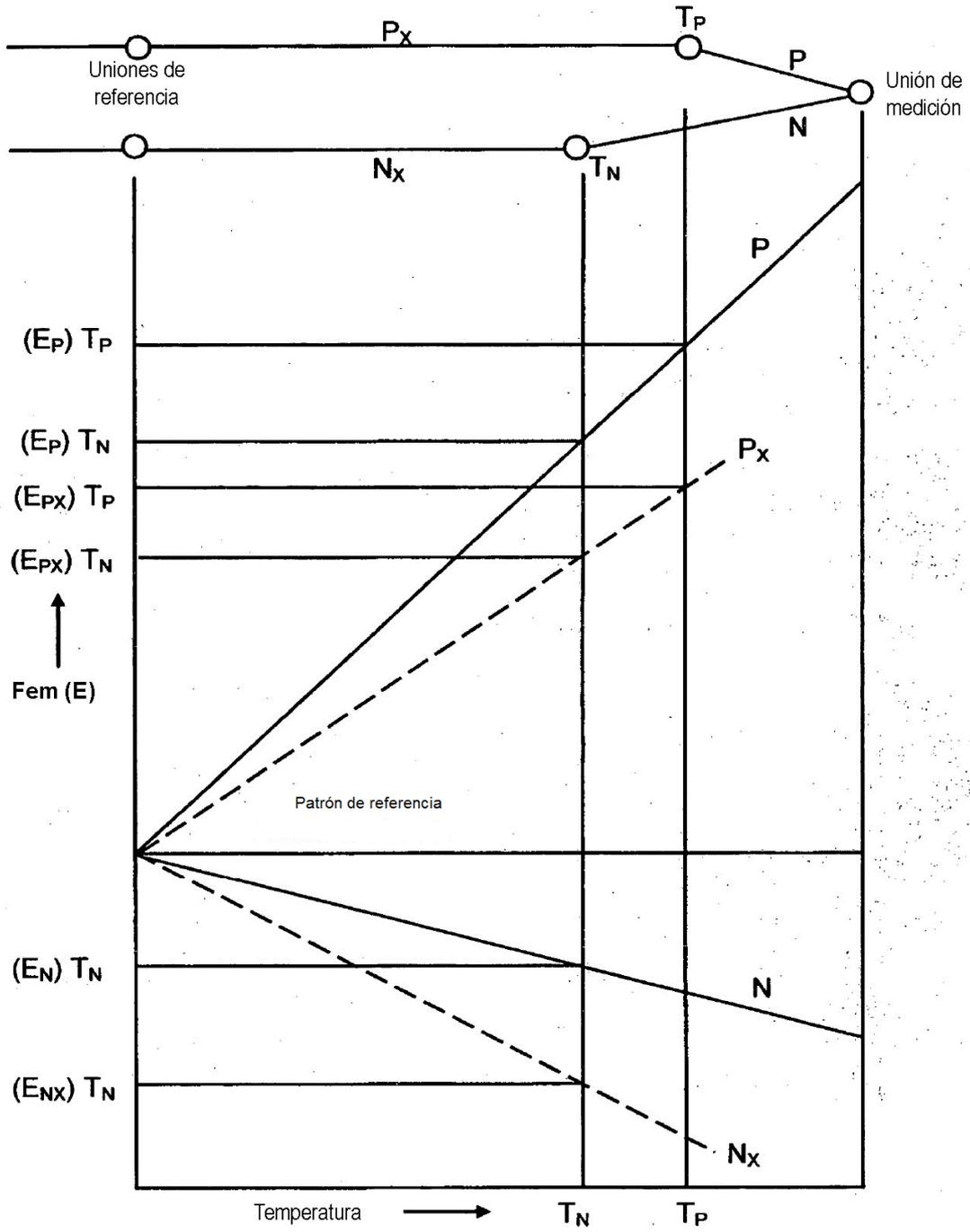


Fig. 3

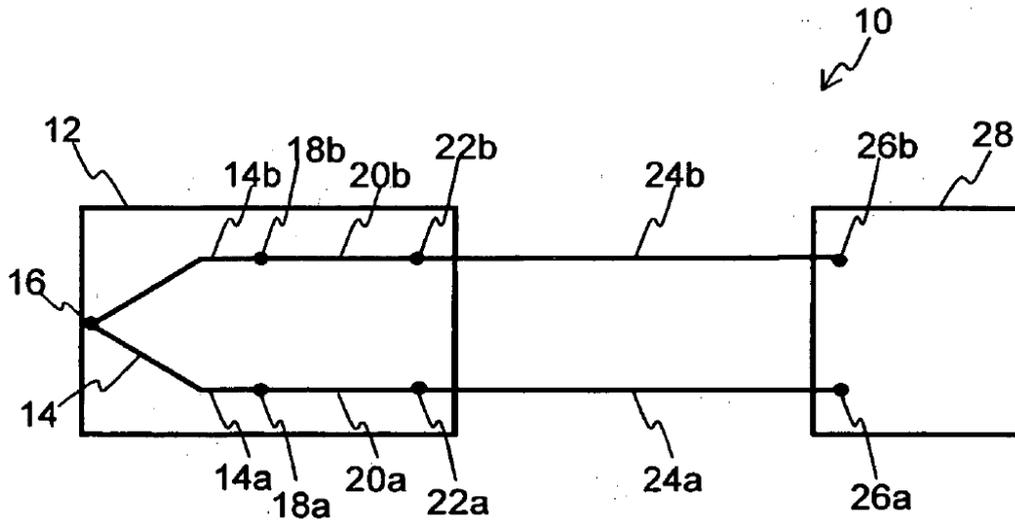


Fig. 4

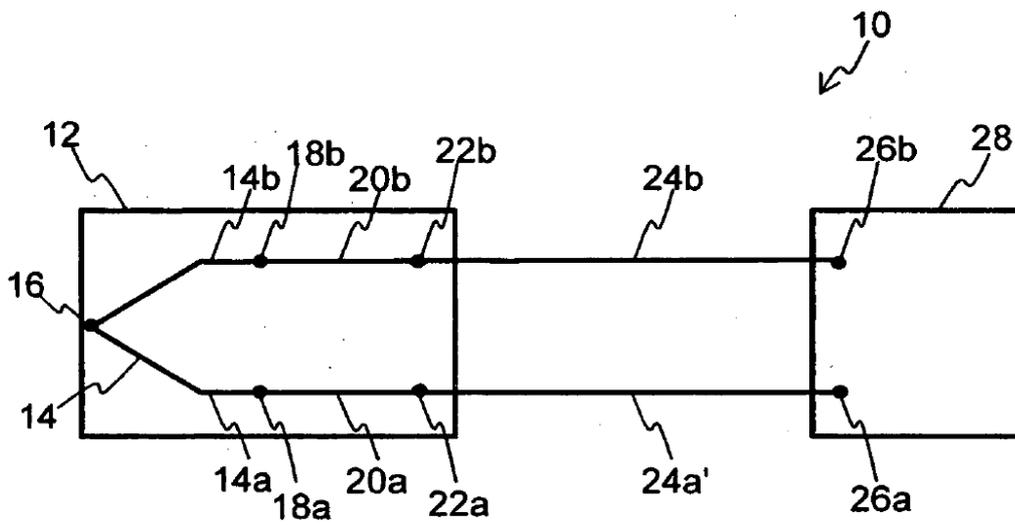


Fig. 5A

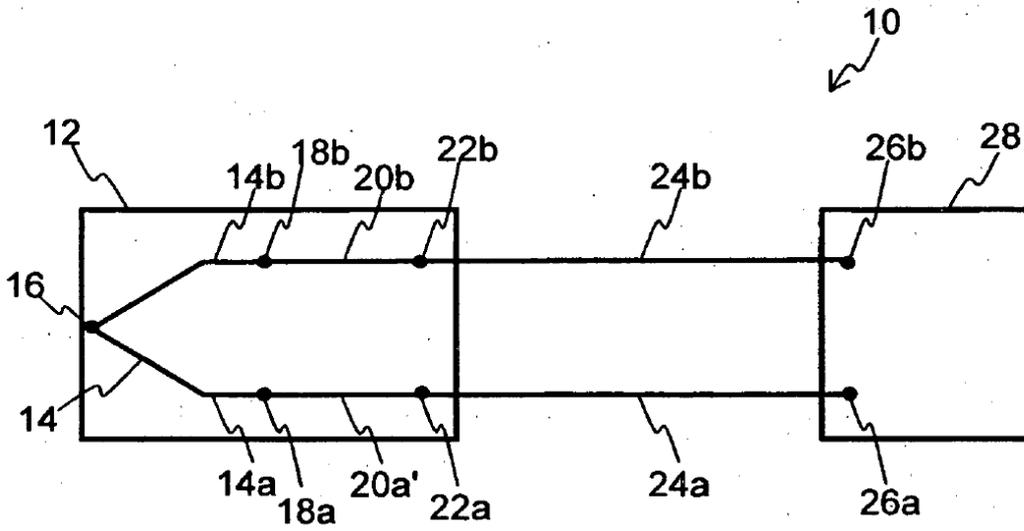


Fig. 5B

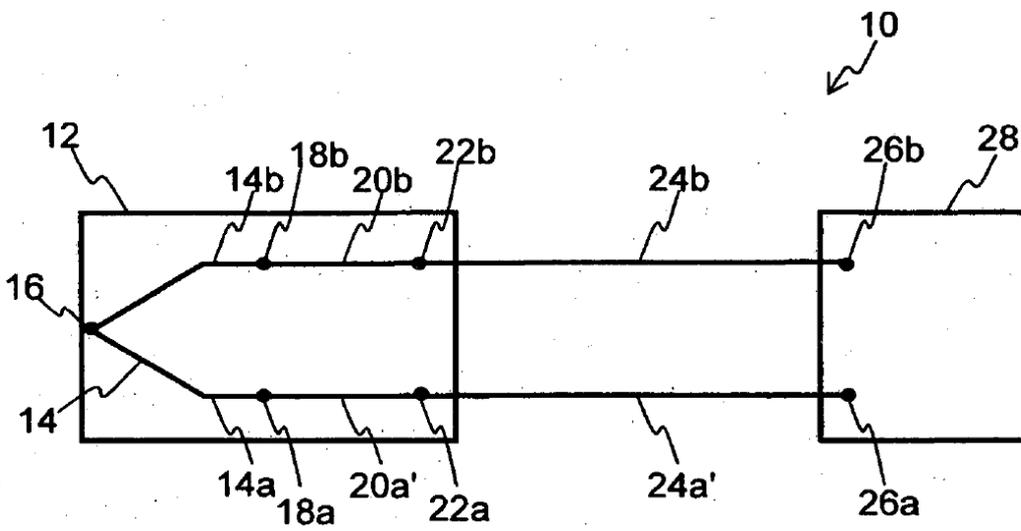


Fig. 5C