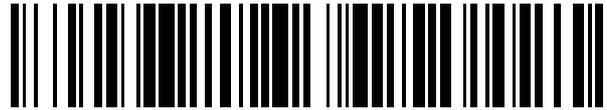


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 690 754**

51 Int. Cl.:

G01K 15/00

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.08.2016** E 16185419 (5)

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.08.2018** EP 3150982

54 Título: **Calibrador de temperatura y procedimiento para refrigerar y calentar un calibrador de temperatura**

30 Prioridad:

01.10.2015 DE 102015116661

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

22.11.2018

73 Titular/es:

**SIKA DR. SIEBERT & KÜHN GMBH & CO. KG.
(100.0%)
Struthweg 7-9
34260 Kaufungen, DE**

72 Inventor/es:

**SIEBERT, SEBASTIAN;
FRIEDRICHS, RENÉ;
REHM-GUMBEL, MICHAEL y
METH, THOMAS**

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 690 754 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).

DESCRIPCION

Calibrador de temperatura y procedimiento para refrigerar y calentar un calibrador de temperatura

5 El número predominante de los sensores empleados en la industria y la investigación son termómetros secundarios. Ello quiere decir que los sensores de temperatura correspondientes que contienen por ejemplo elementos térmicos o resistencias dependientes de la temperatura, deben ser calibrados de manera repetida al menos previamente a su primera utilización y en la mayoría de los casos también en el curso de su utilización. A este efecto, en un proceso de comparación, los sensores de temperatura a ser calibrados son comparados con un termómetro normal en unos hornos o baños de temperatura estable. Unos dispositivos portátiles que ajustan un volumen de calibrado correspondiente a una temperatura constante especificada predeterminable se conocen a partir del documento US 39 39 687 A.

15 Para garantizar un acoplamiento térmico óptimo de los objetos de ensayo con el volumen de calibrado, varios insertos adaptados a los sensores de temperatura a ser ensayados o calibrados pueden ser introducidos como cuerpos fijos en el volumen de calibrado de un calibrador de temperatura. Dichos insertos llenan el volumen de calibrado ampliamente y presentan unas escotaduras en las cuales pueden ser introducidos los sensores de temperatura a ser calibrados. Para obtener una distribución espacial de temperatura la más constante posible en el interior del volumen de calibrado, el inserto en un calibrador de temperatura de bloque seco, o el medio de calibrado en un baño de calibración de temperatura, deberían presentar una conductividad térmica la más elevada posible.

20 De modo adicional, el documento DE 10 2010 010 618 A1 ha dado a conocer un aparato de refrigeración y/o de congelación con un sensor de temperatura para el registro de la temperatura en un punto o un elemento del aparato de refrigeración y/o de congelación. En este caso, el sensor presenta un material magnetocalórico o se compone al menos en parte de dicho material.

25 Como estado de la técnica adicional, el documento DE 11 2006 001 628 T5 describe una aleación ferromagnética con memoria de forma que tiene la capacidad de recuperar su forma. En este caso, la recuperación de la forma es acompañada por un cambio magnético, debido a una reconversión inducida por campos magnéticos en una gama de temperatura práctica.

30 Ya que el volumen de calibrado debe ser ajustado a la temperatura prescrita predeterminada por el usuario, cabe la posibilidad de extraer o de añadir calor, a través de un cuerpo con conductividad térmica que rodea el volumen de calibrado, al volumen de calibrado en el cual se encuentra por ejemplo un inserto con unos sensores de temperatura introducidos. En los calibradores portátiles, dicho cuerpo con conductividad térmica es configurado típicamente en forma de bloque metálico y se encuentra en contacto térmico con unidades de refrigeración, como por ejemplo elementos Peltier, tal como se describen en el documento DE 20 2005 006 710 U1, y unidades de calentamiento como por ejemplo una calefacción por resistencia.

35 A partir del documento EP 2 793 008 A1 se conoce un calibrador de temperatura para el calibrado de dispositivos que funcionan con temperatura, por ejemplo para el calibrado de termómetros o de interruptores térmicos, con un dispositivo de calibrado que dispone de una cavidad destinada para el alojamiento de un cuerpo de recepción para al menos un aparato de medición de temperatura a ser calibrado, en el cual el bloque de calibrado presenta un material con propiedades de aislamiento térmico y el cuerpo de recepción presenta un material con propiedades de conductividad térmica. En el bloque de calibrado, en la zona de la cavidad, está insertado al menos un dispositivo de calentamiento.

40 Adicionalmente, el documento GB 2 114 293 A ha dado a conocer un dispositivo para el calibrado de aparatos con una unidad de sensor de temperatura que presenta una cámara en la cual se puede alojar la unidad de sensor de temperatura. El dispositivo comprende unos medios para la generación y el ajuste de una temperatura requerida en el interior de la cámara. Además, el dispositivo comprende unos medios para la detección de una temperatura actual en la cámara. Para poder generar un cambio rápido de temperatura en la cámara, la cámara comprende adicionalmente una bobina HF con un eje central que coincide con el eje central de la cámara. En este sentido, la bobina está conectada con un generador HF ajustable.

45 Para el ajuste de la temperatura del volumen de calibrado, las unidades de refrigeración, por ejemplo unos elementos Peltier y unidades de calentamiento como por ejemplo una calefacción por resistencia, están conectadas eléctricamente con una unidad de control eléctrica. De modo adicional, dicha unidad de control está conectada eléctricamente con al menos un sensor de temperatura que se encuentra en contacto térmico con el volumen de calibrado, y ajusta la temperatura del volumen de calibrado mediante el control adecuado de la potencia de las unidades de ajuste de temperatura. Los tiempos de respuesta de dicho ajuste de temperatura, mandado por el rendimiento, son muy largos, tanto en el funcionamiento de calentamiento como de refrigeración. En el funcionamiento de calentamiento el calor debe ser generado en un primer tiempo por las unidades de calefacción, para ser transportado posteriormente a través del cuerpo calorífico que habitualmente es formado por el bloque metálico del calibrador de temperatura, hacia el volumen de calibrado. Dicho transporte de calor se realiza en este caso debido a un gradiente térmico entre las unidades de calentamiento y el volumen de calibrado. En el

funcionamiento de refrigeración, en un primer tiempo se debe bombear calor desde las unidades de refrigeración hacia el entorno del calibrador de temperatura. El transporte subsiguiente del calor desde el volumen de calibrado a través del cuerpo calorífico que es formado habitualmente por el bloque de metal del calibrador de temperatura, hacia las unidades de refrigeración, vuelve a realizarse como consecuencia del gradiente térmico entre las unidades de refrigeración y el volumen de calibrado. Ahora, el invento se basa en la tarea de sustituir este principio inerte del cambio de la temperatura del volumen de calibrado, que se basa en el transporte de calor, esencialmente durante el funcionamiento de calentamiento y completamente durante el funcionamiento de refrigeración, por un principio más rápido para el cambio de la temperatura del volumen de calibrado.

A este efecto, según el invento, un material magnetocalórico que presenta un efecto magnetocalórico que es superior a un aumento de temperatura de 1 Kelvin por 1 Tesla de aumento de campo magnético, se encuentra en contacto térmico con el volumen de calibrado y un campo magnético generado por un dispositivo de generación de campo magnético del calibrador de temperatura. Es conocido que la temperatura del material magnetocalórico cambia cuando cambia la intensidad del campo magnético al que está sometido el material. Un aumento de la intensidad del campo magnético lleva a un aumento de la temperatura del material magnetocalórico. Viceversa, una reducción de la intensidad del campo magnético lleva a una reducción de la temperatura. En ambos casos no se realiza un transporte de calor y la velocidad del proceso es determinada esencialmente por la velocidad del cambio del campo magnético. A través de la elección de materiales magnetocalóricos apropiados y de cambios de campo magnético con una intensidad correspondiente, la construcción según la invención permite realizar dentro de menos de un segundo unos cambios de temperatura de hasta 4 Kelvin en el calibrador de temperatura.

Para la construcción de acuerdo con el invento son especialmente adecuados unos materiales magnetocalóricos en los cuales, para una temperatura en la gama de -70°C a $+50^{\circ}\text{C}$, el efecto magnetocalórico es superior a 1 Kelvin de aumento de temperatura por 1 Tesla de campo magnético generado. Por lo tanto, en una forma preferente de realización de la invención, se emplean como materiales magnetocalóricos gadolinio, aleaciones de gadolinio y aleaciones que contienen manganeso o hierro.

El dispositivo de generación de campo magnético del calibrador de temperatura según la invención puede componerse de un imán permanente, un electroimán o una combinación entre los dos. Para el ajuste de la intensidad del campo magnético al que está sometido el material magnetocalórico, en una forma de realización cabe la posibilidad de ajustar la posición o la orientación del imán permanente o electroimán con respecto al material magnetocalórico. A este efecto cabe la posibilidad por ejemplo que la unidad de control del calibrador está conectada eléctricamente con un motor de paso a paso o un motor lineal que está conectado mecánicamente con el imán o los imanes. En una forma de realización preferida, a través de unos cambios de posición o de orientación de un imán permanente fuerte con densidades de flujo magnético superiores a un Tesla, se ajusta previamente la temperatura del material magnetocalórico de modo basto, pero con un gran aumento de temperatura. En este sentido, ajuste basto quiere decir que la temperatura del volumen de calibrado, después del ajuste basto puede diferir por ejemplo en hasta 250 milikelvin de la temperatura fijada deseada. Para el ajuste preciso del volumen de calibrado a un valor que difiere menos de la temperatura fijada, en una configuración preferida un electroimán del dispositivo de generación de campo magnético está conectado eléctricamente con la unidad de control del calibrador. Entonces, la unidad de control puede mandar, a través de un ajuste de la corriente de bobina del electroimán, el campo magnético y con ello también la temperatura del material magnetocalórico de manera muy rápida y precisa. La utilización combinada de imanes permanentes y electroimanes en el dispositivo de generación de campo magnético del calibrador permite de este modo un ajuste preciso de temperatura en una amplia gama de temperaturas, sin el empleo laborioso de bobinas superconductoras, de modo que el ajuste de la temperatura del volumen de calibrado según el invento a través del ajuste de un campo magnético y por lo tanto de la temperatura de un material magnetocalórico es posible incluso para calibradores de temperatura portátiles.

En una forma de realización preferente de la invención el material magnetocalórico se encuentra en el cuerpo calorífero del dispositivo de calibración. Ello puede ser realizado por ejemplo por el hecho de que al menos unas partes del bloque metálico formando el cuerpo calorífero se componen de un metal magnetocalórico o de una aleación magnetocalórica.

En una forma de realización especialmente preferente el material magnetocalórico se encuentra en contacto directo con los sensores de temperatura a ser calibrados. A este efecto cabe la posibilidad de que por ejemplo los insertos adaptados a los diversos diámetros de sensor que pueden ser insertados en el bloque de metal se componen de un metal magnetocalórico o de una aleación magnetocalórica.

Ya que el efecto magnetocalórico de un material determinado es más elevado en el entorno de la temperatura De Curie de dicho material, véase por ejemplo "On the De Curie temperature dependency of the magnetocaloric effect", J. H. Belo, J. S. Amaral, A. M. Pereira, V. S. Amaral, and J. P. Araujo, Appl. Phys. Lett. 100(24), 242407 (2012), en un dispositivo de calibración según la invención se utilizan unos materiales magnetocalóricos cuyas respectivas temperaturas de Curie se encuentran en la gama de las temperaturas nominales ajustables para el calibrado de la temperatura. En una forma de realización preferente de la invención, a las diversas gamas de temperaturas nominales están asignados insertos diferentes, encontrándose la temperatura de Curie del material magnetocalórico del cual el inserto está compuesto al menos en parte, comprendida dentro de la gama de temperatura nominal

asociada. La asignación de saber cual es el inserto magnetocalórico para una temperatura nominal predeterminada del volumen de calibrado que es mejor adaptado para una termorregulación magnetocalórica, de modo preferente es almacenada en una memoria no transitoria del calibrador de temperatura, de modo que, después de la determinación de la temperatura nominal, el calibrador de temperatura puede indicar en un dispositivo de visualización cual es el inserto que hay que introducir en el calibrador de temperatura para facilitar una termorregulación magnetocalórica óptima de ser posible. Para ello sería recomendable de identificar unos insertos posibles con una o varias secuencias de cifras o de letras. De manera alternativa, los insertos también pueden ser identificados directamente con las gamas de temperaturas nominales respectivamente asociadas a los mismos.

Para ampliar la gama de temperaturas que puede lograrse con la termorregulación magnetocalórica rápida de acuerdo con la invención, los principios de termorregulación basados en el transporte de calor, conocidos desde el estado de la técnica e ya descritos, tal como por ejemplo el empleo de elementos Peltier en las superficies exteriores del bloque de metal pueden ser combinados con la termorregulación magnetocalórica. En una realización preferida para un enfriado más rápido, en un primer tiempo se aumenta a través de la termorregulación magnetocalórica, incrementando el campo magnético, la temperatura del material magnetocalórico que se encuentra por ejemplo en el inserto del calibrador del bloque de metal. De este modo es posible bombear el calor a través de los elementos Peltier de manera más eficaz y rápida fuera del volumen de calibrado, en el cual se encuentra el inserto calentado de acuerdo con la invención, ya que el gradiente de temperatura, al menos en un primer tiempo, señala más allá del volumen de calibrado. Después es posible (por ejemplo 4 Kelvin), antes de que el volumen de calibrado alcance la temperatura nominal, reduciendo la intensidad del campo magnético al que está expuesto el material magnetocalórico del inserto, ajustarse de modo muy rápido y particularmente muy controlado, al valor nominal deseado, ya que la termorregulación magnetocalórica modifica, inmediatamente y con un tiempo de respuesta casi inexistente, la temperatura del inserto magnetocalórico en el volumen de calibrado. Por lo tanto la termorregulación magnetocalórica según la invención, particularmente para el ajuste fino en el entorno de unos 2 Kelvin de la temperatura nominal, puede complementar los principios de termorregulación basados en el transporte de calor, lentos y difícilmente regulables debido a los largos tiempo de respuesta.

En las unidades de termorregulación basadas en el transporte de calor, conocidas a partir del estado de la técnica, se utilizan frecuentemente elementos Peltier. La dirección de la corriente eléctrica a través de los elementos Peltier determina en este caso si la unidad de termorregulación es utilizada como unidad de calentamiento o como unidad de refrigeración. Una desventaja de la refrigeración, basada en el transporte de calor, del volumen de calibrado de calibradores de temperatura mediante elementos Peltier es tanto la eficacia reducida como la capacidad limitada neto de refrigeración debido a las pérdidas de calor resistivo que suben de manera desproporcional con respecto a la corriente de servicio.

En una forma de realización adicional de la invención el principio ya descrito de la refrigeración magnetocalórica es empleado también en al menos una unidad de termorregulación basada en el transporte de calor del calibrador de temperatura. La utilización de materiales magnetocalóricos es ventajosa particularmente en la unidad de refrigeración del dispositivo de calibración, ya que en la refrigeración magnetocalórica se minimiza la producción de calor resistivo. En la refrigeración conocida a partir del estado de la técnica, el calor resistivo es generado por principio a través de la aplicación de corriente a los elementos Peltier.

Para poder bombear, a través de la unidad de refrigeración magnetocalórica del calibrador de temperatura que, de acuerdo con la invención presenta un material magnetocalórico que tiene un efecto magnetocalórico superior a 1 Kelvin de aumento de temperatura por 1 Tesla de aumento de campo magnético y comprende un dispositivo de campo magnético, el calor fuera de un objeto a ser refrigerado, por ejemplo el volumen de calibrado, y transportarlo hacia un objeto a ser calentado, por ejemplo en el aire ambiente o en las aletas de refrigeración del calibrador de temperatura, la unidad de refrigeración según la invención pasa durante el funcionamiento como máquina refrigeradora periódica, aprovechándose el efecto magnetocalórico, las siguientes etapas del procedimiento según la invención, de manera periódica, en el orden indicado:

1. Un contacto térmico es establecido entre el objeto a ser calentado y el material magnetocalórico, encontrándose el material magnetocalórico de la unidad de termorregulación en un campo magnético H1 de una intensidad elevada y no teniendo contacto térmico o muy poco con el objeto a ser refrigerado.
2. El contacto térmico entre el objeto a ser calentado y el material magnetocalórico se rompe o por lo menos se reduce.
3. El material magnetocalórico es sometido a un campo magnético H0 de baja intensidad, siendo H0 inferior a H1. De modo preferible, H0=0 A/m.
4. Un contacto térmico es establecido entre el objeto a ser refrigerado y el material magnetocalórico, encontrándose el material magnetocalórico de la unidad de termorregulación todavía en el campo magnético H0 de baja intensidad y no estando en contacto térmico o muy poco con el objeto a ser calentado.
5. El contacto térmico entre el objeto a ser refrigerado y el material magnetocalórico se rompe o al menos se reduce.
6. El material magnetocalórico vuelve a ser expuesto al campo magnético H1 de una intensidad elevada, siendo H1 superior a H0.

Según la invención se bombea o transporta de esta manera calor desde el objeto a ser refrigerado hacia el objeto a ser calentado siempre y cuando la temperatura del objeto a ser refrigerado no es más fría en ΔT que el objeto a ser calentado. En este sentido, ΔT es la bajada de temperatura del material magnetocalórico debido a la reducción del campo magnético realizada en la etapa 3.

5 La unidad de refrigeración magnetocalórica según la invención del calibrador de temperatura también puede ser operada como unidad de calentamiento, realizando las etapas del procedimiento arriba mencionadas de modo periódico en el orden inverso, aprovechándose del efecto magnetocalórico.

10 Para obtener una diferencia global de temperatura de más de $-70K$ con respecto a la temperatura del entorno o con respecto a la temperatura de un volumen previamente refrigerado con un procedimiento diferente, en una realización preferida de la unidad de termorregulación magnetocalórica de acuerdo con la invención se disponen varias unidades de refrigeración en serie y se ponen en funcionamiento, de modo que el calor a ser evacuado del volumen de calibrado es transportado poco a poco a través de las unidades de refrigeración magnetocalóricas mencionadas.

15 En este caso, una entre las unidades mencionadas debe mantener solamente una diferencia de temperatura de unos pocos Kelvin para lograr globalmente una diferencia de temperatura de más de $-70K$.

Puesto que, tal como ha sido mencionado, el efecto magnetocalórico de un material determinado es más grande en el entorno de la temperatura de Curie de dicho material, en una unidad de refrigeración magnetocalórica según la invención del dispositivo de calibración de temperatura se utiliza de manera preferida un material magnetocalórico cuya temperatura de Curie se encuentra en funcionamiento en el entorno de la temperatura de servicio, es decir, entre la temperatura del lado más caliente o del lado más frío de la unidad de refrigeración.

20

En el caso del funcionamiento de varias unidades de refrigeración en serie las temperaturas de servicio de dichas unidades de refrigeración se encuentran en un gran intervalo de temperatura que llega desde la temperatura del entorno de por ejemplo $20^{\circ}C$ (en la unidad de refrigeración que se encuentra en contacto térmico con el entorno) hasta por lo menos la temperatura nominal más baja de por ejemplo $-50^{\circ}C$ del volumen de calibrados del dispositivo de calibración (en la unidad de refrigeración que se encuentra en contacto térmico con el volumen de calibrado). Por este motivo, en las unidades de termorregulación magnetocalóricas operadas en serie del calibrador de temperatura magnetocalórico portátil se utilizan materiales con preferiblemente temperaturas de Curie diferentes.

25

30

En una forma de realización de la unidad de refrigeración magnetocalórica según la invención el contacto térmico entre un objeto a ser refrigerado o a ser calentado y el material magnetocalórico es establecido por el hecho de que el objeto y el material magnetocalórico son llevados a un contacto amovible de material, presionando el uno sobre el otro.

35

En una forma de realización preferente el contacto térmico entre el material magnetocalórico y un objeto es establecido o aumentado por el hecho de bombear un fluido a través del material magnetocalórico, a través del objeto y de vuelta a través del material magnetocalórico.

40

En una forma de realización preferente del calibrador de temperatura portátil con varias unidades de refrigeración, las etapas de procedimiento indicadas 1 a 6 son realizadas por las unidades de refrigeración de modo sincronizado.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Calibrador de temperatura para el calibrado de sensores de temperatura, en el cual el calibrador de temperatura comprende :
- 10 - al menos un volumen de calibrado a ser temperado en el cual los sensores de temperatura a ser calibrados pueden ser introducidos,
- al menos una unidad de control de temperatura que se encuentra en contacto térmico con el volumen de calibrado a través de uno o varios cuerpos caloríficos,
- al menos un sensor de temperatura que está en contacto térmico con dicho volumen de calibrado,
- y al menos una unidad de control eléctrica que está conectada eléctricamente con al menos una unidad de control de temperatura y al menos un sensor de temperatura,
- 15 caracterizado por el hecho de que
- 20 - el calibrador de temperatura comprende adicionalmente al menos un material magnetocalórico que presenta un efecto magnetocalórico superior a 1 Kelvin de variación de temperatura por 1 Tesla de aumento del campo magnético y por el hecho de que
- el calibrador de temperatura comprende al menos un dispositivo de generación de campo magnético.
- 25 2. Calibrador de temperatura de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado por el hecho de que dicho material magnetocalórico contiene más de tres porcientos en peso de gadolinio, de manganeso o de hierro.
- 30 3. Calibrador de temperatura de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado por el hecho de que dicho dispositivo de generación de campo magnético está conectado eléctricamente con dicha unidad de control y dicho dispositivo de generación de campo magnético está configurado para ajustar el campo magnético al cual está sometido dicho material magnetocalórico bajo el mando de la unidad de control.
- 35 4. Calibrador de temperatura de acuerdo con la reivindicación 3, caracterizado por el hecho de que dicho dispositivo de generación de campo magnético comprende al menos un imán permanente, la posición y/o la orientación del cual pueden ser modificadas mediante un motor eléctrico por la unidad de control.
- 40 5. Calibrador de temperatura de acuerdo con la reivindicación 3, caracterizado por el hecho de que dicho dispositivo de generación de campo magnético comprende al menos un electroimán, cuya corriente de bobina es mandada por la unidad de control.
- 45 6. Calibrador de temperatura de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado por el hecho de que dicho cuerpo calorífico o por lo menos un inserto capaz de ser introducido en el volumen de calibrado se compone al menos en parte de un metal magnetocalórico o al menos en parte de una aleación magnetocalórica.
- 50 7. Calibrador de temperatura de acuerdo con la reivindicación 6, caracterizado por el hecho de que el calibrador de temperatura comprende una memoria no transitoria en la cual se puede almacenar aquel entre los insertos magnetocalóricos que está más adaptado para un ajuste de temperatura magnetocalórico para una temperatura nominal específica del volumen de calibrado.
- 55 8. Procedimiento para el funcionamiento de una unidad de termorregulación magnetocalórica de un calibrador de temperatura, en el cual el calibrador de temperatura comprende al menos un objeto a ser refrigerado y un objeto a ser calentado, caracterizado por el hecho de que la unidad de termorregulación magnetocalórica comprende al menos un material magnetocalórico que presenta un efecto magnetocalórico superior a 1 Kelvin de variación de temperatura por 1 Tesla de aumento del campo magnético y porque el calibrador de temperatura comprende al menos un dispositivo de generación de campo magnético,
- 60 en el cual las etapas de procedimiento siguientes son realizadas de modo periódico en el orden indicado :
- 65 a) Un contacto térmico es establecido entre el objeto a ser calentado y el material magnetocalórico de la unidad de termorregulación, encontrándose el material magnetocalórico de la unidad de termorregulación en un campo magnético H1 de una intensidad elevada y no teniendo contacto térmico o muy poco con el objeto a ser refrigerado.
b) El contacto térmico entre el objeto a ser calentado y el material magnetocalórico de la unidad de termorregulación se rompe o por lo menos se reduce.
c) El material magnetocalórico de la unidad de termorregulación es sometido a un campo magnético H0 de baja intensidad, siendo H0 inferior a H1.
d) Un contacto térmico es establecido entre el objeto a ser refrigerado y el material magnetocalórico de la unidad de termorregulación, encontrándose el material magnetocalórico de la unidad de termorregulación todavía en el campo magnético H0 de baja intensidad y no estando en contacto térmico o muy poco con el objeto a ser calentado.

- e) El contacto térmico entre el objeto a ser refrigerado y el material magnetocalórico de la unidad de termorregulación se rompe o al menos se reduce.
- f) El material magnetocalórico de la unidad de termorregulación se vuelve a someter al campo magnético H1 de una intensidad elevada, siendo H1 superior a H0.