

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 394 742**

51 Int. Cl.:

H05B 3/28 (2006.01)

H05B 3/36 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.06.2009 E 09757327 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la solicitud europea: **09.03.2011 EP 2292076**

54 Título: **Elemento de calentamiento tal como una estructura calefactora en placa y de modo más particular un panel de calentamiento ultradelgado**

30 Prioridad:

06.06.2008 FR 0803179

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

05.02.2013

73 Titular/es:

**ELECTRICITÉ DE FRANCE (100.0%)
22-30 avenue de Wagram
75008 Paris, FR**

72 Inventor/es:

**MILLEVILLE, PIERRE-HENRI;
ROUGON, GILLES;
JALMAIN, ISABELLE y
BARTHEL, LAURENT**

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 394 742 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

Elemento de calentamiento tal como una estructura calefactora en placa y de modo más particular un panel de calentamiento ultradelgado

5 La presente invención concierne a un elemento de calentamiento tal como una estructura calefactora en placa y de modo más particular a un panel de calentamiento ultradelgado.

Las estructuras calefactoras en placa comprenden una placa calefactora que comprende al menos una resistencia eléctrica destinada a ser alimentada eléctricamente para producir un calentamiento por efecto Joule. Esta capa calefactora queda generalmente fijada entre dos capas de refuerzo preferentemente aislantes eléctricos. Por « en forma de placa », se entiende tanto una forma plana como una forma sensiblemente curva o también combada.

10 Las estructuras calefactoras de este tipo presentan generalmente un espesor del orden de, o superior a, 2 cm, lo que puede reducir las aplicaciones posibles, que prevean por ejemplo un mínimo de espesor para una aplicación de tipo emisor de calor, pero además confieren una inercia térmica todavía elevada.

15 Con el fin de resolver estos inconvenientes, el solicitante ha propuesto en el documento FR 2 847 114 una estructura de calentamiento, sensiblemente en forma de placa, que comprende al menos una resistencia eléctrica, inmovilizada por polimerización de una matriz entre dos espesores de refuerzo y que presenta un espesor global inferior a, o del orden de, 5 milímetros. Tal estructura de calentamiento es obtenida especialmente con la ayuda de un procedimiento de fabricación en el cual se prevé un refuerzo preimpregnado de una matriz polimerizable por elevación de temperatura, y la inserción de al menos una resistencia eléctrica entre dos espesores del citado refuerzo y la elevación de la temperatura del conjunto con miras a su rigidización.

20 Desde hace mucho tiempo se conoce el documento GB 831735 que se refiere a una estructura calefactora de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1.

Tal matriz polimerizable puede ser, tanto un polímero termoplástico que por tanto puede ser fundido y solidificado a voluntad para presentar una forma deseada, como un polímero termoendurecible que se polimeriza una sola vez por elevación de temperatura.

25 Esta matriz polimerizable es inicialmente incorporada por impregnación, en los refuerzos de modo que en la etapa de calentamiento, el conjunto queda rigidizado según una forma elegida, por ejemplo en una prensa calefactora.

Tal estructura de calentamiento presenta un espesor global ultradelgado así como una inercia térmica más pequeña que las estructuras de calentamiento clásicas.

30 Tal estructura permite un calentamiento por radiación en sus dos caras que proporciona la sensación de un calentamiento suave, sin remoción de aire, por la emisión de ondas electromagnéticas en el ámbito del infrarrojo. Por otra parte, en los lugares abiertos en los cuales circula regularmente una corriente de aire, los costes de calentamiento por convección son generalmente prohibitivos y una estructura calefactora por radiación y ultradelgada encuentra una aplicación ventajosa.

35 En particular, tal estructura calefactora puede estar destinada al calentamiento de habitáculos domésticos, como emisor conectado a la red eléctrica. Pero ésta puede ser utilizada igualmente como elemento de calentamiento de materia combustible (termos autocalefactores, calienta líquidos, calentaplatos) o como elemento de secado en la industria.

40 La puesta en prensa calefactora durante la fabricación permite conferir a la estructura calefactora una forma específica que puede ser adaptada a una utilización particular, especialmente en el marco de la utilización como calentador de habitáculo doméstico o de elemento de secado para adaptarse a una configuración geográfica o espacial particular. Esta puesta en forma puede tener por objetivo igualmente proponer además de un aspecto técnico igualmente un cierto aspecto estético a la estructura así fabricada.

45 Sin embargo, estas formas específicas están limitadas generalmente a la sola búsqueda de esteticismo porque es necesario prever una prensa adaptada para cada forma deseada, lo que a la larga generaría un coste de puesta en práctica demasiado importante.

A fin de paliar este inconveniente, la presente invención tiene por objetivo proponer una estructura de calentamiento de este tipo que presenta un espesor global inferior a, o del orden de, 5 mm y una baja inercia térmica y que, además, su forma puede ser fácilmente adaptada en función de la utilización deseada.

50 A tal efecto, la invención propone por tanto una estructura de calentamiento, sensiblemente en forma de placa, que comprende al menos una resistencia eléctrica, inmovilizada por polimerización de una matriz entre dos espesores de refuerzo, presentando la citada estructura un espesor global inferior a, o del orden de, 5 milímetros, caracterizada por que la citada estructura es realizada en forma de una placa plana de deformabilidad adaptable.

Así, de manera ventajosa, el elemento de calentamiento tal como una estructura calefactora en placa y de modo más particular un panel de calentamiento ultradelgado de acuerdo con la invención, puede ser deformado de manera que se adapte a una utilización específica considerada sin que sea necesario prever, como era el caso en la estructura de calentamiento rígida del estado de la técnica, un molde particular para formar la placa.

- 5 De acuerdo con una primera forma de realización, por deformabilidad adaptable, se entiende que la matriz y los refuerzos confieren a la placa una resistencia mecánica que la permite mantenerse en una forma plana, « rígida » pero que la matriz una vez polimerizada presenta una naturaleza deformable, preferentemente sin tratamiento particular, que permite poner en forma la placa de acuerdo con una deformación deseada que la citada placa conserva.
- 10 Así, de manera ventajosa, la matriz está constituida por un material apropiado para conferir una resistencia mecánica a la placa formada al tiempo que sea deformable. De esta manera, la estructura de acuerdo con esta forma de realización es puesta en práctica fácilmente en forma de placas que a continuación pueden ser deformadas a la forma deseada, sin que esta deformación tenga necesidad de medios de soporte para ser conservada.
- 15 De acuerdo con una segunda forma de realización, se entiende por deformabilidad adaptable que la matriz que impregna los refuerzos, una vez polimerizada, esté constituida por un material apropiado para conferir a la placa una flexibilidad que le permita deformarse a la forma deseada, en la que ésta puede ser mantenida por cualesquiera medios de soporte apropiados.
- 20 Así, preferentemente, la matriz está constituida por una resina termoendurecible de flexibilidad adaptable y, preferentemente, una resina epoxy de flexibilidad adaptable, tal como, por ejemplo, la conocida con la denominación comercial Duralco 4538 de la sociedad Cotronics. Esta resina epoxy se presenta en el estado no polimerizado en forma de un gel.
- 25 La flexibilidad de esta resina epoxy es adaptable haciendo variar la relación de mezcla de la resina con respecto al agente de reticulación o agente de endurecimiento utilizado en la citada resina. Preferentemente, la relación de mezcla resina/endurecedor está comprendida entre 100/80 y 100/300 en peso/peso. Las propiedades físicas de tal resina son preferentemente una resistencia a la tracción superior a 1200 (psi), una elongación comprendida entre el 8% y el 200%, presentando igualmente, preferentemente, un radio de curvatura de 0,5.
- Así, de manera ventajosa, se obtiene una placa flexible que constituye una superficie calefactora por radiación que puede ser utilizada como un velo tenso para recubrir superficies planas o no, en ámbitos de aplicación tales como la industria automóvil, el mobiliario urbano, industrial, el calentamiento doméstico integrado en la decoración, etc.
- 30 De manera ventajosa, una estructura de calentamiento puede ser obtenida de acuerdo con el procedimiento de fabricación en el cual se preimpregna un refuerzo con la ayuda de la matriz polimerizable, se inserta una resistencia eléctrica entre dos espesores del citado refuerzo preimpregnado y se polimeriza la matriz por elevación de temperatura.
- 35 Preferentemente, el refuerzo presenta una deformabilidad apropiada y puede estar constituido por un tejido de fibras de vidrio, por una malla de fibras de vidrio, por un tejido de fibras naturales o por cualquier otro material apropiado.
- Preferentemente, la resistencia eléctrica es de un material deformable, que, de manera preferente, presente un radio de curvatura de 0,5. En particular, esta resistencia eléctrica puede estar serigrafiada sobre un film plástico. Este film plástico puede presentar además perforaciones que favorezcan la impregnación de la matriz en los dos lados del film, confiriendo una mejor estabilidad mecánica a la estructura así realizada.
- 40 De acuerdo con una forma de realización de la invención, en el conjunto de la estructura están presentes una o varias resistencias eléctricas. Esta estructura, por tanto, pasa a ser un elemento de calentamiento en su integridad.
- 45 De acuerdo con una variante de realización, la resistencia eléctrica está localizada en una o varias partes distintas de la estructura. De esta manera, es posible prever en la estructura de calentamiento zonas localizadas de calentamiento, por ejemplo a nivel de un asiento o de una mesa de despacho que comprendan tal estructura de calentamiento.
- De manera ventajosa, la matriz antes de la polimerización, puede comprender aditivos que confieran a la estructura posterior propiedades particulares. Tales aditivos pueden ser elegidos especialmente para respetar normas de seguridad (retardador de llamas, etc).
- 50 Tales aditivos pueden ser además colorantes que permitan conferir a la estructura de calentamiento así realizada efectos de color. De manera preferida, se utilizan colorantes termocrómicos, que reaccionan al calor y que provocan efectos de cambio de colores en utilización de la estructura calefactora.
- De acuerdo con una forma particularmente ventajosa de la invención, la estructura de calentamiento comprende, integrados en la estructura durante la fabricación, medios de iluminación tales como al menos una capa de fibras

ópticas asociada a la resistencia eléctrica, al menos una banda flexible que lleva al menos un diodo electroluminiscente asociado a la resistencia eléctrica.

5 Se obtiene, así, una estructura calefactora que, además ofrece una funcionalidad de iluminación que de esta manera abre posibilidades de numerosas aplicaciones, en particular, en el mobiliario urbano (asiento, montantes calefactores y de iluminación para marquesinas, por ejemplo), las disposiciones interiores de locales (revestimiento calefactor e iluminante que constituyen guías visuales cuando la iluminación principal no está en servicio, por ejemplo).

Puede preverse además que la estructura comprenda una sola cara radiante. A tal efecto, una de las caras de la estructura está provista de una capa aislante.

10 De acuerdo todavía con otra forma de realización, la estructura calefactora está preferentemente conformada para acoger a un bloque inercial móvil que almacena calor producido por la citada estructura calefactora de manera que se optimice la transferencia de calor al bloque inercial móvil y/o que comprenda un sistema de calentamiento por efecto Joule regulado tal como un cartucho de efecto Joule, alojado en el bloque inercial, preferentemente en su centro, y conectable eléctricamente a la estructura calefactora que le acoge.

15 Por ello, la invención tiene por objetivo igualmente un bloque inercial móvil, destinado a ser asociado a una estructura de calentamiento, sensiblemente en forma de placa, que comprenda al menos una resistencia eléctrica, inmovilizada por polimerización de una matriz, entre dos espesores de refuerzo, presentando la citada estructura un espesor global inferior a, o del orden de, 5 milímetros, especialmente tal como la precedentemente descrita, caracterizado porque el bloque inercial móvil es apropiado para almacenar una parte del calor producido por la citada estructura calefactora, estando conformada la estructura calefactora preferentemente para acoger a este bloque de manera que se optimice la transferencia de calor al bloque inercial móvil y/o comprende un sistema de calentamiento por efecto Joule regulado tal como un cartucho de efecto Joule, alojado en el bloque inercial, preferentemente en su centro, y conectable eléctricamente a la estructura calefactora que le acoge.

25 Para conferir de modo más rápido al citado bloque inercial una cantidad de calor explotable, puede revelarse necesario un calor adicional, obtenido por el citado cartucho de efecto Joule situado en el centro del bloque inercial. Así, la alimentación eléctrica destinada a producir el calor por efecto Joule de la estructura ultradelgada permite igualmente gracias a un sistema de conexiones adecuado alimentar la segunda fuente de calor por efecto Joule que se encuentra en forma de cartucho integrado en el bloque en su centro y que está destinada al almacenamiento de calor en el bloque inercial móvil asociado. Este bloque móvil, nómada, una vez separado y desconectado de la estructura calefactora ultradelgada puede ser desplazado después para servir de calentamiento adicional.

30 Tal bloque móvil independiente de la estructura calefactora ultradelgada permite acumular el calor rápidamente y restituirlo lentamente a un lugar diferente del emplazamiento de la estructura calefactora. Cuando este último ha restituido su calor es entonces reemplazado y conectado en posición en la estructura calefactora para recarga.

35 De manera ventajosa, el bloque móvil está constituido por un material apropiado para acumular el calor y restituirlo lentamente. Tal material es elegido especialmente entre hormigones, la piedra ollar, la tierra cocida aligerada con arenisca, en arcilla en la cual se integra serrín antes de la cocción, eventualmente asociada a ladrillo refractario. Una regulación clásica apropiada, conocida por el especialista en la materia, permite adaptar el calor obtenido por efecto Joule que debe ser almacenado en el bloque inercial móvil. Debido a esto, esta forma de realización conduce a una doble función del emisor de calor, a la vez, emisor de superficie radiante ultradelgada y emisor nómada inercial.

Se describirá ahora la invención más en detalle refiriéndose a los dibujos anejos, en los cuales:

40 La figura 1 representa una vista en corte transversal de una estructura calefactora de acuerdo con la invención;

La figura 2 representa una vista esquemática en planta de una estructura calefactora de acuerdo con la invención;

La figura 3 representa una vista esquemática en planta de una estructura calefactora de acuerdo con la invención asociada a un bloque inercial móvil.

45 Un elemento de calentamiento tal como una estructura calefactora 1 de acuerdo con la invención está realizado en forma de placa plana y es alimentado eléctricamente por intermedio de hilos dispuestos en saliente de la placa con vistas a unirlos a un módulo de conexión.

Esta estructura calefactora 1 comprende un film calefactor 2 constituido por un film plástico en el cual está serigrafiada una resistencia eléctrica 3. Este film calefactor 2 queda cogido en sándwich entre dos capas de refuerzo 4, constituidas por un tejido de fibras de vidrio 5 en el interior de una matriz 6 polimerizable.

50 El tejido de fibras de vidrio 5 ha sido preimpregnado por enlucido con la matriz 6. Esta matriz 6 es una resina epoxy de flexibilidad adaptable de tal modo que, durante la elevación de temperatura, la resina se polimeriza pero conserva una flexibilidad que confiere a la estructura calefactora 1 así formada una deformabilidad adaptable.

La « preimpregnación » de las fibras por la matriz 6 puede resultar igualmente de la integración de fibras polimerizables en los refuerzos de fibras.

Durante la fabricación, es posible integrar fibras ópticas 7 a nivel del tejido 5 de modo que confieran a la estructura así realizada una funcionalidad suplementaria de iluminación, al menos de fuente luminosa.

Es posible igualmente insertar a nivel de cada refuerzo, bandas flexibles portadoras de diodos electroluminiscentes (DEL) 8 como se ve en la estructura plana presentada en la figura 2.

5 Esta estructura plana está realizada además para presentar zonas calefactoras localizadas, comprendiendo el film calefactor 2 resistencias eléctricas serigrafiadas solamente en ciertos lugares como se las puede ver representadas en líneas de puntos.

10 En lo que concierne a la fabricación, el conjunto formado por el film calefactor 2 entre dos refuerzos 4 preimpregnados de la matriz 6 polimerizable es introducido en una prensa calefactora entre dos platos. Si es necesario, se colocan igualmente una o varias bandas provistas de DEL 8. El calentamiento es imprimido a la prensa hasta una temperatura compatible con la polimerización de la matriz 6.

15 El prensado se realiza de manera en sí clásica, al vacío y/o a alta presión de los platos de modo que se evacuen las bolsas de aire que serían susceptibles de provocar dilataciones durante el calentamiento y llegado el caso un deslaminado de la estructura. La aspiración de bolsas de aire al vacío permite prescindir de una alta presión del plato de prensar.

20 La estructura calefactora 1 constituye un panel calefactor ultradelgado. En efecto, los platos de la prensa permiten realizar ventajosamente la estructura calefactora 1 en una forma plana de un espesor inferior a, o del orden de, 5 mm, al tiempo que la aseguran capacidades de calentamiento equivalentes a estructuras clásicas y que, debido a su deformabilidad adaptable, puede ser puesta en forma después de manera deseada de acuerdo con la aplicación considerada, abriendo un panel amplio de posibilidades de utilización a este tipo de estructura calefactora.

En particular, la temperatura de la estructura calefactora puede llegar aproximadamente a 80 °C en menos de veinte minutos. Los refuerzos de fibras de vidrio 5 son ventajosamente aislantes y aseguran un buen aislamiento eléctrico de la estructura y una resistencia satisfactoria a las llamas.

25 Una estructura calefactora de este tipo puede estar destinada al calentamiento de habitáculos domésticos como radiadores de vivienda conectados a la red eléctrica y a tal efecto puede reposar sobre un zócalo que comprenda un módulo de conexión para una conexión a la red de distribución eléctrica. La capacidad de deformación de la estructura calefactora permite igualmente dar a un radiador de vivienda de este tipo una forma que le permita una adaptabilidad a un entorno particular, por ejemplo la estructura calefactora puede ser deformada para adaptarse a una forma específica de soporte (muros, vigas, por ejemplo). O entonces, un radiador de este tipo puede presentarse en formas particulares originales, estéticas que además le confieren un aspecto decorativo.

30 A la estructura calefactora 1, por ejemplo en forma de un panel curvado como puede verse en la figura 3, está asociado un bloque inercial móvil 9. Así, la resistencia eléctrica de la citada estructura está destinada a ser alimentada eléctricamente para producir un calor por efecto Joule que sirva para calentar el bloque inercial móvil 9 asociado.

35 Este bloque inercial nómada 9 dispone además en su centro de un sistema de calentamiento por efecto Joule 10 denominado también cartucho de efecto Joule, alimentado, cuando este último está acogido en la estructura calefactora. Este cartucho 10 comprende por tanto medios de conexión eléctrica a la estructura calefactora 1 provista de medios de conexión eléctrica en correspondencia 11. Este bloque 9 separado de la estructura calefactora 1 puede ser utilizado después para servir de calentamiento adicional móvil restituyendo el calor almacenado.

Este bloque inercial 9 es preferentemente de tierra cocida aligerada. Es decir, una tierra cocida que comprende serrín antes de la cocción de la tierra. Tal tierra cocida aligerada es aislante térmicamente y presenta una inercia interesante.

45 Tal bloque inercial 9 puede presentar ventajosamente una forma de campana en el interior de la cual se aloja el cartucho de efecto Joule 10 y la estructura calefactora está conformada entonces para acoger a este bloque 9 para optimizar la transferencia de calor pero también para simplificar la conexión eléctrica destinada a alimentar el cartucho calefactor de efecto Joule 10 adicional situado en el centro del bloque inercial como puede verse en la figura 3.

REIVINDICACIONES

1. Estructura de calentamiento (1) que comprende un elemento calefactor (2) cogido en sándwich entre dos capas de refuerzos (4) que comprenden una matriz polimerizable (6), presentando la citada estructura un espesor global inferior a, o del orden de, 5 milímetros,
- 5 caracterizada porque la citada estructura (1) está realizada en forma de una placa plana de deformabilidad adaptable conferida por la matriz (6) que, una vez polimerizada, es apta para ser deformada según una forma deseada, y porque el citado elemento calefactor (2) está constituido por un film plástico en el cual está serigrafiada al menos una resistencia eléctrica (3).
2. Estructura de acuerdo con la reivindicación 1,
- 10 caracterizada porque la matriz (6) está constituida por un material tal como una resina termoendurecible de flexibilidad adaptable que confiere a la placa una flexibilidad que le permite deformarse a la forma deseada, en la que ésta puede mantenerse por cualesquiera medios de soporte apropiados.
3. Estructura de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 y 2,
- 15 caracterizada porque la matriz (6) es una resina epoxy de flexibilidad adaptable, cuyo contenido en agente endurecedor (agente de reticulación) con respecto a la mezcla es modificable para hacer variar la flexibilidad.
4. Estructura de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 y 3,
- caracterizada porque la resistencia eléctrica (3) es un material eléctricamente resistivo deformable, que preferentemente presenta un radio de curvatura de 0,5.
5. Estructura de acuerdo con la reivindicación 4,
- 20 caracterizada porque la resistencia eléctrica (3) está presente en el conjunto de la estructura.
6. Estructura de acuerdo con la reivindicación 4,
- caracterizada porque la resistencia eléctrica (3) está presente únicamente en una o varias partes de la estructura.
7. Estructura de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 6,
- 25 caracterizada porque la matriz (6) antes de la polimerización, comprende aditivos tales como colorantes, preferentemente colorantes termocrómicos.
8. Estructura de acuerdo con las reivindicaciones 1 a 7,
- caracterizada porque el refuerzo presenta una deformabilidad apropiada y puede estar constituido por un tejido de fibras de vidrio, por una malla de fibras de vidrio, por un tejido de fibras naturales.
9. Estructura de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 8,
- 30 caracterizada porque la estructura calefactora (1) comprende, integrados en la estructura durante la fabricación, medios de iluminación tales como al menos una capa de fibras ópticas, al menos una banda flexible que lleva al menos un diodo electroluminiscente (8), asociados a la resistencia eléctrica (3).
10. Estructura de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 9,
- 35 caracterizada porque la estructura calefactora (1) está conformada preferentemente para acoger a un bloque inercial móvil (9) que almacena calor producido por la citada estructura calefactora de manera que se optimice la transferencia de calor y/o que comprende un sistema de calentamiento por efecto Joule regulado tal como un cartucho de efecto Joule, alojado en el bloque inercial, preferentemente en su centro, y conectable eléctricamente a la estructura calefactora que le acoge.
11. Bloque inercial móvil (9), destinado a quedar asociado a una estructura calefactora, sensiblemente en forma de placa, que comprende al menos una resistencia eléctrica, inmovilizada por polimerización de una matriz, entre dos espesores de refuerzo, presentando la citada estructura un espesor global inferior a, o del orden de, 5 milímetros, de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 10,
- 40 caracterizado porque el bloque inercial móvil (9) comprende un sistema de calentamiento por efecto Joule regulado (10) tal como un cartucho de efecto Joule, alojado en el bloque inercial (9), preferentemente en su centro, y conectable eléctricamente a la estructura calefactora que le acoge y/o es apropiado para almacenar una parte del calor producido por la citada estructura calefactora, estando conformada la estructura calefactora preferentemente para acoger a este bloque de manera que se optimice la transferencia de calor hacia el bloque inercial móvil.
- 45

12. Bloque inercial móvil de acuerdo con la reivindicación 11,

caracterizado porque el bloque móvil (9) está constituido por un material apropiado para acumular el calor y para restituirlo lentamente, siendo elegido tal material especialmente entre hormigones, la tierra ollar, la tierra cocida aligerada en la cual se integra serrín antes de la cocción, eventualmente asociada a ladrillo refractario.

5 13. Bloque inercial móvil de acuerdo con la reivindicación 12,

caracterizado porque el bloque inercial (9) presenta una forma de campana en el interior de la cual se aloja el cartucho de efecto Joule (10).

