

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 978 039**

51 Int. Cl.:

H01M 10/052 (2010.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **07.02.2018** **PCT/US2018/017227**

87 Fecha y número de publicación internacional: **16.08.2018** **WO18148282**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.02.2018** **E 18707185 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.01.2024** **EP 3580790**

54 Título: **Conjunto de baterías secundarias con gestión térmica mejorada**

30 Prioridad:

08.02.2017 US 201762456502 P

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

04.09.2024

73 Titular/es:

**ELKEM SILICONES USA CORP. (100.0%)
Two Tower Center Boulevard, Suite 1601
East Brunswick, NJ 08816, US**

72 Inventor/es:

**O'NEIL, VIRGINIA;
HANLEY, JESSICA;
KIHARA, MATTHEW;
BROWN, LEEANNE;
WATSON, MICHAEL, JOHN y
TIMMONS, MATTHEW, PAUL**

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 978 039 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

Conjunto de baterías secundarias con gestión térmica mejorada

5 **REFERENCIA CRUZADA A SOLICITUDES RELACIONADAS**

La presente solicitud es una solicitud internacional en virtud del Tratado de Cooperación en materia de Patentes, que reivindica prioridad de la Solicitud Provisional de los EE. UU. N.º 62/456.502, presentada el 8 de febrero de 2017.

10 **CAMPO DE LA INVENCIÓN**

La presente invención se refiere a un conjunto de baterías secundarias novedoso, en particular a aquellas que comprenden celdas de baterías de iones de litio, con una gestión térmica mejorada que permite el uso en condiciones prolongadas de temperaturas extremas. Más particularmente, la invención se refiere al uso de un material específico para aislar térmicamente un conjunto de baterías secundarias y minimizar adicionalmente la propagación de excursiones térmicas dentro de un conjunto de baterías. Dicho conjunto de baterías secundarias podría usarse en un vehículo totalmente eléctrico (EV, por sus siglas en inglés), un vehículo híbrido enchufable (PHEV, por sus siglas en inglés), un vehículo híbrido (HEV, por sus siglas en inglés) o para baterías de otros vehículos.

20 **ANTECEDENTES DE LA INVENCIÓN**

Las baterías pueden clasificarse en términos generales en baterías primarias y secundarias. Las baterías primarias, también conocidas como baterías desechables, están diseñadas para usarse hasta que se agoten, después de lo cual simplemente se reemplazan con una o más baterías nuevas. Las baterías secundarias, más habitualmente denominadas baterías recargables, se pueden recargar y reutilizar repetidamente, ofreciendo de este modo beneficios económicos, medioambientales y de facilidad de uso en comparación con una batería desechable. Los ejemplos de las baterías secundarias pueden incluir baterías de níquel-cadmio, baterías híbridas de níquel-metal, baterías de níquel-hidrógeno, baterías secundarias de litio, etc.

Las baterías secundarias, en particular las baterías de iones de litio, se han convertido en una tecnología clave de almacenamiento de energía y ahora son la principal tecnología para aplicaciones de dispositivos electrónicos de consumo, industriales, de transporte y de almacenamiento de energía.

Debido a su alto potencial y sus altas densidades de energía y potencia, así como su buena vida útil, las baterías secundarias son actualmente la tecnología de baterías preferida, en particular, en la industria automotriz, ya que ahora es posible proporcionar una autonomía de conducción más larga y una aceleración adecuada para vehículos propulsados eléctricamente tales como vehículos eléctricos híbridos (HEV), vehículos eléctricos de baterías (BEV) y vehículos eléctricos híbridos enchufables (PHEV). En la industria automotriz actual se fabrican celdas de baterías de iones de litio de diferentes tamaños y formas que posteriormente se ensamblan en conjuntos de diferentes configuraciones. Un conjunto de baterías secundarias automotriz normalmente consiste en una gran cantidad de celdas de batería, en ocasiones varios cientos, incluso miles, para satisfacer las necesidades de potencia y capacidad deseadas.

Sin embargo, este cambio en la tecnología del tren motriz no está exento de obstáculos tecnológicos, ya que el uso de un motor eléctrico se traduce en la necesidad de baterías económicas con altas densidades de energía, vidas útiles largas y capacidad de funcionamiento en una amplia gama de condiciones. Aunque las pilas recargables ofrecen una serie de ventajas sobre las baterías desechables, este tipo de batería no está exenta de inconvenientes. En general, la mayoría de las desventajas asociadas a las baterías recargables se deben a las químicas de baterías empleadas, ya que estas químicas tienden a ser menos estables que aquellas utilizadas en las celdas primarias. Las celdas de baterías secundarias, tales como las celdas de iones de litio, tienden a ser más propensas a problemas de gestión térmica que ocurren cuando las temperaturas elevadas desencadenan reacciones exotérmicas que generan calor, elevando adicionalmente la temperatura y desencadenando potencialmente reacciones más perjudiciales. Durante un evento de este tipo, se libera rápidamente una gran cantidad de energía térmica, calentando toda la celda hasta una temperatura de 850 °C o más. Debido al aumento de temperatura de la celda que experimenta este aumento de temperatura, la temperatura de las celdas adyacentes dentro del conjunto de baterías también aumentará. Si se permite que la temperatura de estas celdas adyacentes aumente sin obstáculos, también pueden entrar en un estado inaceptable con temperaturas extremadamente altas dentro de la celda, conduciendo a un efecto en cascada donde el inicio de los aumentos de temperatura dentro de una única celda se propaga por todo el conjunto de baterías. Como resultado, la energía del conjunto de baterías se interrumpe y es más probable que el sistema que emplea el conjunto de baterías experimente daños colaterales importantes debido a la escala del daño y la liberación asociada de energía térmica. En el peor de los casos, la cantidad de calor generada es lo suficientemente grande como para conducir a la combustión de la batería, así como de los materiales próximos a la batería.

Además, debido a las características de las baterías de iones de litio, el conjunto de baterías secundarias funciona dentro de un intervalo de temperatura ambiente de -20 °C a 60 °C. Sin embargo, incluso cuando funciona dentro de este intervalo de temperatura, el conjunto de baterías secundarias puede comenzar a perder su capacidad o capacidad

de cargarse o descargarse si la temperatura ambiente cae por debajo de 0 °C. Dependiendo de la temperatura ambiente, la capacidad del ciclo de vida o capacidad de carga/descarga de la batería puede reducirse considerablemente si la temperatura se mantiene por debajo de 0 °C. No obstante, puede ser inevitable que la batería de iones de litio se use cuando la temperatura ambiente esté fuera del intervalo de temperatura ambiente óptimo que está entre 20 °C y 25 °C. Estos factores no sólo acortan en gran medida la autonomía del vehículo, sino que también provocan un gran daño a la batería. El deterioro de la energía y la potencia disponible a temperaturas más bajas se atribuye a la reducción de la capacidad y al aumento de la resistencia interna.

En alusión a lo anterior, en una batería o ensamblaje de baterías con múltiples celdas, pueden producirse variaciones significativas de temperatura de una celda a la siguiente, lo que es perjudicial para el rendimiento del conjunto de baterías. Para promover una larga vida útil de todo el conjunto de baterías, las celdas deben estar por debajo de un umbral de temperatura deseado. Para mejorar el rendimiento del conjunto, se debe minimizar la diferencia de temperatura entre las celdas del conjunto de baterías secundarias. Sin embargo, dependiendo de la trayectoria térmica hasta la temperatura ambiente, las distintas celdas alcanzarán temperaturas diferentes. Además, por las mismas razones, diferentes celdas alcanzan diferentes temperaturas durante el proceso de carga. En consecuencia, si una celda está a una temperatura mayor con respecto a las otras celdas, su eficiencia de carga o descarga será diferente y, por lo tanto, puede cargarse o descargarse más rápido que las otras celdas. Esto conducirá a una disminución en el rendimiento de todo el conjunto.

Se han empleado varios enfoques para reducir el riesgo de problemas térmicos o reducir el riesgo de propagación térmica. Estos pueden encontrarse en la Patente de los EE.UU. 8.367.233 que describe un sistema de gestión térmica del conjunto de baterías que comprende al menos un puerto de fallo de la caja integrado en al menos una pared de una caja de conjunto de baterías, donde el puerto o puertos de fallo de la caja permanecen cerrados durante el funcionamiento normal del conjunto de baterías, y se abre durante un evento térmico del conjunto de baterías, proporcionando de este modo una vía de flujo para que el gas caliente generado durante el evento térmico se escape fuera de la caja del conjunto de baterías de manera controlada.

Otro enfoque es desarrollar nuevas químicas celulares y/o modificar las químicas celulares existentes. Otro enfoque más es proporcionar protección adicional a nivel de celda, inhibiendo de este modo el flujo de energía térmica desde la celda que experimenta problemas de gestión térmica que se propaga a celdas adyacentes. Incluso otro enfoque más es usar un ensamblaje de espaciador para mantener la posición de la batería que experimenta el evento térmico en su ubicación predeterminada dentro del conjunto de baterías, ayudando de este modo a minimizar los efectos térmicos en celdas adyacentes.

También se ha descrito que aislar térmicamente un conjunto de baterías reduce el riesgo de excursiones térmicas o su propagación. Por ejemplo, el documento US 2007/0259258 describe una batería de generadores de litio en la que los generadores están apilados uno sobre otro y este apilamiento se mantiene en posición estando rodeado por espuma de poliuretano. También se desvela una realización en la que se insertan aletas de refrigeración entre dos generadores.

El documento DE 202005010708 describe un generador electroquímico de arranque de plomo-ácido y un generador electroquímico para uso industrial cuyo bastidor contiene espuma plástica tal como polipropileno o cloruro de polivinilo que tiene poros cerrados.

El documento US2012/0003508 describe una batería de generadores electroquímicos de litio que incluye una carcasa; una pluralidad de generadores electroquímicos de litio alojados en la carcasa, incluyendo cada generador un recipiente; una espuma rígida ignífuga de porosidad cerrada formada por un material aislante de la electricidad que rellena el espacio entre la pared interior de la carcasa y la superficie libre de la pared lateral del recipiente de cada generador electroquímico, cubriendo la espuma la superficie libre de la pared lateral del recipiente de cada generador electroquímico en una longitud que representa al menos el 25 % de la altura del recipiente. De acuerdo con una realización, la espuma consiste en un material elegido del grupo que comprende poliuretano, epoxi, polietileno, melamina, poliéster, formofenol, poliestireno, silicona o una mezcla de los mismos, prefiriéndose el poliuretano y la mezcla de poliuretano y epoxi. La expansión de la resina de poliuretano para la forma de espuma se describe usando las siguientes vías químicas para obtener la espuma:

a) por vía química, es decir, la reacción de agua sobre isocianato produciendo CO₂ lo que hará que el poliuretano forme espuma;

b) por vía física, es decir, vaporización de un líquido con bajo punto de ebullición bajo la acción del calor producido por la reacción exotérmica entre el isocianato y el compuesto donador de hidrógeno, o

c) mediante inyección de aire.

Sin embargo, las espumas rígidas que normalmente se producen haciendo reaccionar, por ejemplo, un poliisocianato con un material reactivo con isocianato tal como poliol en presencia de un agente de soplado, no presentan la alta

deformación por compresión requerida cuando se usan espumas para minimizar el efecto adverso de cualquier incendio y explosión vinculados a un evento térmico.

En el documento US-4.418.127 se describe una batería de litio modular que tiene una pluralidad de celdas, que tiene medios de conexión eléctrica que conectan las celdas a terminales de salida y medios de ventilación para liberar los subproductos de descarga a un depurador químico. Las carcasas de las celdas de acero inoxidable están encapsuladas en una carcasa modular de aluminio con una espuma epoxi sintáctica, siendo dicha espuma de naturaleza sintáctica para reducir el peso y que tiene incorporados microglobos compuestos por composiciones seleccionadas del grupo que consiste en vidrio y cerámica, y aditivos para reducir la inflamabilidad.

Otro problema importante en el campo emergente de los vehículos eléctricos está relacionado con los trenes utilizados que integran el motor, la transmisión manual automatizada, los ejes y las ruedas con la transmisión final para controlar la velocidad y generar un mayor par para impulsar el vehículo. La principal diferencia en comparación con los vehículos tradicionales que consumen combustible es que no hay embrague ni convertidor de par hidráulico en los vehículos eléctricos, por lo que la configuración global del sistema es inherentemente menos elástica ya que el motor y el sistema de transmisión están directamente acoplados mecánicamente. Esta configuración tiene poco efecto de amortiguación pasiva que pueda amortiguar las perturbaciones y evitar oscilaciones, que se notan sobre todo durante la conducción en el intervalo de baja velocidad. De hecho, el sonido dominante es el ruido magnético que genera un chirrido a altas frecuencias. Un vehículo que funcione únicamente con un motor eléctrico también tendrá menos sonido de enmascaramiento a bajas frecuencias. Esto significa que deben cambiarse en consecuencia otros requisitos de ruido, por ejemplo, el ruido de componentes tales como la refrigeración/calefacción por líquido o aire para las baterías eléctricas. También es importante el ruido durante la regeneración (carga de la batería) en punto muerto. Por lo tanto, debido a la baja amortiguación en un vehículo eléctrico y a la falta de piezas metálicas de amortiguación pasiva en comparación con un vehículo convencional, se necesita una estrategia de control de la amortiguación para minimizar las oscilaciones del tren motriz.

Aunque se han adoptado varios enfoques para tratar de reducir el riesgo de incursiones térmicas, así como la propagación de energía térmica a través del conjunto de baterías, es fundamental que, si ocurre un evento térmico a nivel del conjunto, se minimicen los riesgos personales y de la propiedad. A medida que aumenta el número de celdas en una batería y a medida que aumenta el tamaño de las celdas, también aumenta la necesidad y el beneficio de proporcionar una gestión térmica adecuada.

Además, todavía es necesario aislar mejor las celdas de las baterías, en particular las baterías de iones de litio, de los efectos adversos de las bajas temperaturas que se producen cuando el clima alcanza temperaturas extremadamente bajas que podrían alcanzar los -20 °C e incluso menos.

En este contexto, uno de los objetivos esenciales de la presente invención es proporcionar un nuevo conjunto de baterías que proporcione una gestión térmica adecuada y minimice los riesgos personales y de la propiedad debido a eventos térmicos descontrolados como aún se espera.

Otro objetivo esencial de la invención es proporcionar un nuevo conjunto de baterías que proporcione control de amortiguación para minimizar las oscilaciones del tren motriz y una mejor eficiencia en el control de la propagación del ruido que surge de las baterías eléctricas mientras se usan.

Con la presente invención, se busca que el conjunto de baterías secundarias reivindicado aborde dichos problemas relacionados con las excursiones térmicas descontroladas, en particular para baterías de litio, presente propiedades eficientes de aislamiento a bajas temperaturas y proporcione una estrategia de control de amortiguación para minimizar las oscilaciones del tren motriz.

Todos estos objetivos, entre otros, se consiguen mediante la presente invención, que se refiere a un conjunto de baterías secundarias que comprende:

- al menos una carcasa **102** del módulo de baterías en el que se dispone una pluralidad de celdas **103** de baterías que están conectadas eléctricamente entre sí,
- una espuma sintáctica de caucho de silicona que comprende un aglutinante de caucho de silicona y perlas de vidrio huecas, y dicha espuma sintáctica de caucho de silicona rellena parcial o totalmente el espacio abierto de dicha carcasa **102** del módulo de baterías y/o que cubre parcial o totalmente dichas celdas **103** de baterías y/o que cubre parcial o totalmente dicha carcasa **102** del módulo, y
- opcionalmente una tapa que cubre la carcasa **102** del módulo de baterías.

Para lograr este objetivo, el Solicitante ha demostrado, en su haber, de forma totalmente sorprendente e inesperada, que la elección del caucho de silicona como aglutinante de una espuma sintáctica que comprende perlas de vidrio huecas permite superar problemas que no se resolvieron con baterías similares que usan espuma sintáctica de caucho orgánico.

Como se usa en el presente documento, la expresión "caucho de silicona" incluye el producto reticulado de cualquier composición de silicona reticuable. Por "espuma sintáctica de caucho de silicona" se entiende una matriz hecha de caucho de silicona en la que se dispersan perlas de vidrio huecas.

Además, es bien sabido que la autonomía de un vehículo eléctrico entre cargas se calcula a temperatura ambiente. Se está concienciando a los conductores de vehículos eléctricos de que las temperaturas gélidas reducen el kilometraje disponible. Esta pérdida no sólo se debe al calentamiento eléctrico de la cabina, sino también a la inherente desaceleración de la reacción electroquímica de la batería, que reduce la capacidad en frío. Así, la elección específica del caucho de silicona como aglutinante dentro de dicha espuma sintáctica hace posible que dicha espuma presente un excelente aislamiento con respecto a bajas temperaturas cercanas o inferiores al punto de congelación.

Otra ventaja de usar aglutinantes de caucho de silicona sobre aglutinantes de caucho orgánico para una espuma sintáctica podría ejemplificarse con el punto de fragilidad (o pérdida de ductilidad), que está entre -20 °C y -30 °C para un aglutinante de caucho orgánico típico en comparación con -60 °C a -70 °C para aglutinantes de acuerdo con la invención.

Otra ventaja también está vinculada a propiedades físicas tales como la elasticidad, que siguen siendo eficaces para un aglutinante de caucho de silicona incluso a temperaturas a las que los aglutinantes de caucho orgánico se vuelven quebradizos.

Otra ventaja de usar una espuma sintáctica de silicona de acuerdo con la invención es que tiene una absorción de agua muy baja y, por lo tanto, aísla perfectamente las celdas de baterías del agua no deseada para sus usos óptimos. De hecho, a diferencia de las espumas sintácticas de silicona, una espuma de silicona convencional contiene sólo burbujas de gas sopladas y tiene los huecos totalmente, o al menos parcialmente, conectados entre sí, por lo que tiene la capacidad de absorber y difundir agua, característica que dificulta su uso dentro de un vehículo eléctrico en el que los conjuntos de baterías con mayor frecuencia están colocados debajo del vehículo o en el suelo del vehículo y entonces las condiciones de conducción lluviosas podrían generar problemas con dichos materiales.

Como las diferencias de temperatura afectan a la resistencia, la velocidad de autodescarga, la eficiencia coulombica, así como la capacidad irreversible y las velocidades de desvanecimiento de energía de las celdas de baterías, en una amplia gama de químicas, el conjunto de baterías secundarias de acuerdo con la invención permite condiciones térmicas uniformes para todas las celdas de un conjunto o módulo de baterías. Por lo tanto, se minimiza adicionalmente la probabilidad de que se produzca un desequilibrio en el estado de carga de las celdas y de un fallo prematuro de las celdas no defectuosas.

De acuerdo con una realización preferida, dicha espuma sintáctica de caucho de silicona se usa como material de encapsulación dispuesto en dicha carcasa **102** del módulo de baterías para encapsular al menos parcialmente dicha pluralidad de celdas **103** de baterías y/o fuera de la carcasa **102** del módulo de baterías para encapsular al menos parcialmente dicha carcasa **102** del módulo de baterías.

De hecho, la espuma sintáctica de caucho de silicona rellena parcial o totalmente el espacio abierto de dicha carcasa del módulo de baterías y/o cubre parcial o totalmente dichas celdas de baterías. El aglutinante de caucho de silicona proporciona a la espuma sintáctica flexibilidad mecánica y estabilidad térmica en un amplio intervalo de temperaturas (por ejemplo, de -70 °C a 200 °C). Adicionalmente, la descomposición del aglutinante de caucho de silicona a temperaturas de exceso térmico (hasta 850 °C) en dióxido de silicio y óxido de silicio absorbe una gran cantidad de calor. Por lo tanto, la difusión de calor desde la celda unitaria a las celdas unitarias vecinas puede aislarse eficazmente mediante una barrera de aislamiento térmico que es dicha espuma sintáctica de caucho de silicona. Las variaciones térmicas no se propagan por todo el módulo de baterías y, por lo tanto, se evitan amenazas para la seguridad del usuario. Además, para algunos módulos de baterías que tienen placas de circuito de control dispuestas en la carcasa del módulo de baterías, la espuma sintáctica de caucho de silicona de la divulgación puede disponerse entre las celdas de baterías y la placa de circuito y entre las celdas de baterías y el circuito de conexión para reducir el problema de calentamiento de baterías provocado por la placa de circuito y el circuito.

La formulación de silicona contiene perlas de vidrio huecas y, en una realización preferida, dichas perlas de vidrio huecas tienen puntos de fusión similares a los de un evento térmico que ocurre en una batería o un grupo de baterías en un conjunto, por lo que el calentamiento ablandará y derretirá el vidrio, reduciendo la transferencia de calor y protegiendo otras baterías alrededor de la batería sobrecalentada.

De acuerdo con una realización preferida, dichas celdas **103** de baterías son del tipo de iones de litio.

De acuerdo con otra realización preferida, el conjunto de baterías secundarias de acuerdo con la invención, que comprende además una pluralidad de miembros de disipación de calor que se disponen en dos o más interfaces entre las celdas de baterías, y al menos un miembro de intercambio de calor que interconecta integralmente los miembros de disipación de calor que está montado en un lado de la carcasa **102** del módulo de baterías, mediante el cual el miembro de intercambio de calor elimina el calor generado por las celdas de baterías durante la carga y descarga de

las celdas de baterías. Permite enfriar las celdas de baterías con mayor eficiencia que los sistemas de enfriamiento convencionales, incluso sin espacios entre las celdas de baterías o con espacios muy pequeños entre las celdas de baterías, maximizando de este modo la eficiencia de disipación de calor del conjunto de baterías secundarias y permitiendo limitar adicionalmente el espacio libre dentro de dicho conjunto de baterías secundarias.

De acuerdo con otra realización preferida, los miembros de disipación de calor de acuerdo con la invención están hechos de un material conductor térmico que presenta una alta conductividad térmica y el miembro de intercambio de calor está provisto de uno o más canales de refrigerante para permitir que un refrigerante tal como un líquido o un gas fluya allí.

Los miembros de disipación de calor de acuerdo con la invención no están particularmente restringidos siempre que cada uno de los miembros de disipación de calor esté hecho de un material conductor térmico tal como una placa metálica que presenta una alta conductividad térmica.

Preferentemente, el miembro de intercambio de calor está provisto de uno o más canales de refrigerante para permitir que el refrigerante fluya a su través. Por ejemplo, pueden formarse canales de refrigerante para permitir que un refrigerante líquido, tal como agua, fluya a su través en el miembro de intercambio de calor, proporcionando de este modo un excelente efecto de enfriamiento con alta fiabilidad en comparación con una estructura de enfriamiento de aire convencional.

De acuerdo con otra realización preferida, el conjunto de baterías secundarias de acuerdo con la invención, que comprende además un colector de entrada de refrigerante, un colector de salida de refrigerante y una pluralidad de tubos de intercambio térmico como miembros de disipación de calor y que se extienden entre los colectores de entrada y salida, dichos tubos de intercambio térmico se disponen en una o más interfaces entre las celdas de baterías y tienen un refrigerante que pasa a su través para intercambiar el calor generado por las celdas de baterías durante la carga y descarga de las celdas de baterías.

En la espuma sintáctica de la presente invención se emplean perlas de vidrio huecas, que actúan para reducir la densidad de la espuma. Las perlas de vidrio huecas y, en particular, las microesferas de vidrio huecas, son muy adecuadas para esta aplicación porque, además de tener excelentes resistencias a la compresión isotrópica, tienen la densidad más baja de cualquier relleno que sería útil en la fabricación de espuma sintáctica de alta resistencia a la compresión. La combinación de alta resistencia a la compresión y baja densidad hace que las microesferas de vidrio huecas sean el relleno con numerosas ventajas de acuerdo con la invención.

De acuerdo con una realización, las perlas de vidrio huecas son microesferas de vidrio de borosilicato huecas también conocidas como burbujas de vidrio o microburbujas de vidrio.

De acuerdo con otra realización, las microesferas de vidrio de borosilicato huecas tienen densidades verdaderas que varían de 0,10 gramos por centímetro cúbico (g/cm^3) y 0,65 gramos por centímetro cúbico (g/cm^3).

El término "densidad verdadera" es el cociente obtenido dividiendo la masa de una muestra de burbujas de vidrio por el volumen verdadero de esa masa de burbujas de vidrio medida con un picnómetro de gas. El "volumen verdadero" es el volumen total agregado de las burbujas de vidrio, no el volumen aparente.

De acuerdo con otra realización, el nivel de perlas de vidrio huecas es de hasta el 80 % del volumen de carga en la espuma sintáctica de caucho de silicona o de la composición de silicona líquida reticulable precursora de dicha espuma sintáctica de caucho de silicona como se describe a continuación, y mucho más preferentemente entre el 5 % y el 70 % en volumen de la espuma sintáctica de caucho de silicona o del precursor de la composición de silicona líquida reticulable de dicha espuma sintáctica de caucho de silicona como se describe a continuación.

De acuerdo con una realización preferida, las microesferas de vidrio huecas se eligen entre las Series Flotadas de Burbujas de Vidrio de 3M™ (productos de burbujas de vidrio A16/500, G18, A20/1000, H20/1000, D32/4500 y H50/10,000EPX) y Series de Burbujas de Vidrio de 3M™ (tales como, pero sin limitación, productos de burbujas de vidrio K1, K15, S15, S22, K20, K25, S32, S35, K37, XLD3000, S38, S38HS, S38XHS, K46, K42HS, S42XHS, S60, S60HS, iM16K, iM30K) comercializados por 3M Company. Dichas burbujas de vidrio presentan diversas resistencias al aplastamiento que varían de 1,72 megapascals (250 psi) a 186,15 megapascals (27.000 psi) a las que colapsa el diez por ciento en volumen de la primera pluralidad de burbujas de vidrio. También podrían usarse de acuerdo con la invención otras burbujas de vidrio comercializadas por 3M tales como Series de Burbujas de Vidrio - Flotadas de 3M™, Series de Burbujas de Vidrio - HGS de 3M™ y Burbujas de Vidrio con Tratamiento de Superficie de 3M™.

De acuerdo con una realización preferida, dichas burbujas de vidrio se eligen entre aquellas que presentan resistencias al aplastamiento que varían de 1,72 megapascals (250 psi) a 186,15 megapascals (27.000 psi) a las que colapsa el diez por ciento en volumen de la primera pluralidad de burbujas de vidrio.

De acuerdo con una realización más preferida, las perlas de vidrio huecas se eligen de las series de Burbujas de Vidrio de 3M™, S15, K1, K25, iM16K, S32 y XLD3000.

Para rellenar los espacios libres con espuma sintáctica de caucho de silicona de acuerdo con la invención, es posible:

- a) usar una composición líquida de silicona reticulable precursora de una espuma sintáctica de caucho de silicona que comprende perlas de vidrio huecas de acuerdo con la invención, que, después de la inyección o del flujo libre, llega a rellenar los espacios libres y se cura mediante reticulación,
- b) o usar un bloque mecanizado o previamente moldeado de una espuma sintáctica de caucho de silicona que comprende perlas de vidrio huecas que se inserta en la carcasa en el momento del montaje.

El uso de una composición de silicona líquida reticulable precursora de una espuma sintáctica de caucho de silicona que comprende perlas de vidrio huecas en la batería facilita el rellenado de la misma en comparación con un precursor de silicona líquida reticulable convencional de una espuma de silicona ya que el proceso de formación de espuma de una espuma convencional crea burbujas de gas sopladas y tienen los huecos totalmente, o al menos parcialmente, conectados entre sí, lo que provoca numerosos defectos dentro de la espuma de silicona obtenida y problemas de rellenado.

De hecho, las espumas de silicona convencional se obtienen mediante varios métodos, por ejemplo, añadiendo un agente de soplado térmicamente descomponible o moldeando y curando mientras se genera un subproducto de gas hidrógeno. En el método de adición de un agente espumante térmicamente descomponible, la toxicidad y el olor de los gases descompuestos son problemas. El método de utilización del subproducto de gas hidrógeno durante la etapa de curado adolece de problemas tales como la potencial explosión del gas hidrógeno y la manipulación cuidadosa de la composición sin curar durante el almacenamiento en estantería. Además, el método de generación de gas encuentra dificultades a la hora de formar celdas uniformes controladas.

El uso de espuma sintáctica de caucho de silicona expandible facilita el rellenado del espacio vacío dentro del conjunto de baterías puesto que la presión de hinchamiento empuja la espuma hacia todas las cavidades y huecos de la geometría que ha de rellenarse. Además, este método permite rellenar cualquier geometría que no es posible rellenar usando bloques prefabricados.

El caucho de silicona que se usa como aglutinante dentro de la espuma sintáctica de acuerdo con la invención, con frecuencia denominados elastómeros de silicona, se compone de tres a cuatro ingredientes esenciales. Estos ingredientes son (i) uno o más polímeros de silicona reactivos, (ii) eventualmente uno o más rellenos (iii) un agente reticulador y (iv) un catalizador. Generalmente, existen dos tipos principales de composiciones de caucho de silicona que son caucho de silicona vulcanizado por calor (HTV, por sus siglas en inglés) y caucho de silicona vulcanizado a temperatura ambiente (RTV, por sus siglas en inglés). Las composiciones de caucho de silicona vulcanizadas por calor o vulcanizadas a alta temperatura (HTV, por sus siglas en inglés) con frecuencia se diferencian además como caucho de alta consistencia (HCR, por sus siglas en inglés) o caucho de silicona líquida (LSR, por sus siglas en inglés) dependiendo de la viscosidad sin curar de la composición. Sin embargo, las expresiones composiciones de caucho de silicona "vulcanizables a temperatura ambiente" (RTV) pueden ser engañosas ya que algunas composiciones de RTV pueden requerir un mínimo de calor para que la reacción transcurra a una velocidad razonable.

El aglutinante de caucho de silicona en el que se dispersan perlas de vidrio huecas puede obtenerse curando una composición de organopolisiloxano de tipo curado por adición, una composición de organopolisiloxano de tipo curado con peróxido o una composición de organopolisiloxano de tipo condensación.

Dichas composiciones de silicona son bien conocidas por los expertos en la materia del campo de la silicona. La composición de organopolisiloxano de tipo curado por adición se define preferentemente como que comprende principalmente (1) 100 partes en peso de un organopolisiloxano que tiene al menos dos grupos alquenoil unidos a átomos de silicio en una molécula, (2) de 0,1 a 50 partes en peso de un organopolisiloxano que tiene al menos dos, preferentemente al menos tres átomos de hidrógeno unidos a átomos de silicio (es decir, grupos SiH) en una molécula y (3) una cantidad catalítica de un catalizador de reacción de adición. La composición de organopolisiloxano de tipo curado con peróxido se define preferentemente como que comprende principalmente (1) 100 partes en peso de un organopolisiloxano que tiene al menos dos grupos alquenoil unidos a átomos de silicio en una molécula y (2) una cantidad catalítica de un peróxido orgánico. Las composiciones de organopolisiloxano de tipo condensación que se reticular a través de policondensación generalmente implican un aceite de silicona, generalmente un polidimetilsiloxano, con grupos terminales hidroxilo, opcionalmente prefuncionalizados con un silano para tener extremos hidrolizables y condensables y un agente de reticulación, un catalizador de policondensación, convencionalmente una sal de estaño o un titanato de alquilo.

De acuerdo con una realización preferida, dicha espuma sintáctica de caucho de silicona se obtiene curando una composición X de organopolisiloxano de tipo curado por adición. Esta realización ofrece varias ventajas sobre los sistemas de una parte (composiciones de organopolisiloxano de tipo condensación), especialmente en entornos de producción. Puesto que es el catalizador y no la humedad, como en el caso de una silicona que cura por condensación, lo que provoca el curado, no tienen ningún problema con el espesor de la sección. De hecho, se usan ventajosamente para aplicaciones tales como sobremoldeo, encapsulación y piezas fundidas de gran tamaño. Las composiciones de

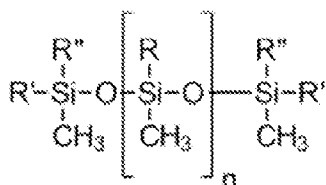
organopolisiloxano de tipo curado por adición no liberan subproductos de reacción por lo que pueden curarse en ambientes cerrados. Su curado también puede acelerarse en gran medida mediante curado por calor; sin embargo, el curado puede obtenerse fácilmente sin necesidad de calor, es decir, a una temperatura ambiente de 20 °C (+/-5 °C), ajustando el nivel de inhibidor y/o catalizador que es una gran ventaja en comparación con el curado con peróxido que necesita una temperatura superior a 90 °C.

De acuerdo con otra realización preferida, la composición **X** de organopolisiloxano de tipo curado por adición comprende:

- a) al menos un organopolisiloxano **A** que tiene al menos dos grupos alquénilo unidos a silicio por molécula, conteniendo cada uno de dichos grupos alquénilo de 2 a 14 átomos de carbono, preferentemente dichos grupos alquénilo se eligen del grupo que consiste en vinilo, alilo, hexenilo, decenilo y tetradecenilo, y mucho más preferentemente dichos grupos alquénilo son grupos vinilo,
- b) al menos un compuesto de silicio **B** que tiene al menos dos y preferentemente al menos tres átomos de hidrógeno unidos a silicio por molécula,
- c) perlas de vidrio huecas **D** y preferentemente microesferas de vidrio de borosilicato huecas,
- d) un catalizador de hidrosililación **C**,
- e) opcionalmente al menos un controlador de velocidad de curado **G** lo que ralentiza la velocidad de curado de la composición de silicona,
- f) opcionalmente al menos un diluyente reactivo **E** que reacciona a través de una reacción de hidrosililación, y
- g) opcionalmente al menos un aditivo **H** tal como un pigmento, un tinte, arcillas, un tensioactivo, aceite de ricino hidrogenado, wollastonita, trihidrato de aluminio, hidróxido de magnesio, haloisita, huntita hidromagnesita, grafito expandible, borato de cinc, mica o sílice pirógena.

De acuerdo con otra realización preferida, la composición **X** de organopolisiloxano de tipo curado por adición comprende:

- a) al menos un organopolisiloxano **A** de la siguiente fórmula:



(A)

en la que:

- o R y R'', se eligen independientemente entre sí del grupo que consiste en radical hidrocarburo C₁ a C₃₀, y preferentemente R y R son un grupo alquilo elegido del grupo que consiste en metilo, etilo, propilo, trifluoropropilo y fenilo, y mucho más preferentemente R es un grupo metilo,
- o R' es un radical alquénilo C₁ a C₂₀, y preferentemente R' se elige del grupo que consiste en vinilo, alilo, hexenilo, decenilo y tetradecenilo, y mucho más preferentemente R' es un radical vinilo, y
- o n es un número entero que tiene un valor de 5 a 1000, y preferentemente de 5 a 100,
- b) al menos un compuesto de silicio **B** que comprende al menos dos átomos de hidrógeno unidos a silicio por molécula, y preferentemente una mezcla de dos compuestos de silicio **B**, comprendiendo uno dos átomos de hidrógeno telequéricos unidos a silicio por molécula sin átomos de hidrógeno colgantes unidos a silicio por molécula, y comprendiendo el otro al menos tres átomos de hidrógeno unidos a silicio por molécula,
- c) una cantidad eficaz de catalizador de hidrosililación **C** y preferentemente un catalizador de hidrosililación a base de platino **C**.
- d) perlas de vidrio huecas **D** y preferentemente microesferas de vidrio de borosilicato huecas,

e) eventualmente y preferentemente al menos un diluyente reactivo **E** para reducir la viscosidad de la composición y que reacciona a través de reacción de hidrosililación y se elige del grupo que consiste en:

- o un compuesto de silicio que comprende un único grupo hidruro de silicio por molécula, y
- o un compuesto orgánico que contiene un único grupo etilénicamente insaturado, preferentemente dicho compuesto orgánico es una α -olefina orgánica que contiene de 3 a 20 átomos de carbono, y mucho más preferentemente elegido del grupo que consiste en dodeceno, tetradeceno, hexadeceno, octadeceno y una combinación de estos y todo con un grupo vinilo terminal,
- o un organopolisiloxano que tiene un único grupo alquénico telequérico, y preferentemente dicho grupo alquénico telequérico se elige del grupo que consiste en vinilo, alilo, hexenilo, decenilo y tetradecenilo, y mucho más preferentemente es un grupo vinilo,

f) opcionalmente al menos un aditivo **H** tal como un pigmento, un tinte, arcillas, un tensioactivo, aceite de ricino hidrogenado, wollastonita, trihidrato de aluminio, hidróxido de magnesio, haloisita, huntita hidromagnesita, grafito expandible, borato de cinc, mica o sílice pirógena, y

g) opcionalmente al menos un controlador de velocidad de curado **G** lo que ralentiza la velocidad de curado de la composición de silicona.

De acuerdo con otra realización preferida, el diluyente reactivo **E**:

- se elige del grupo que consiste en dodeceno, tetradeceno, hexadeceno, octadeceno o una combinación de estos y todos tienen un grupo vinilo terminal, o
- es un organopolisiloxano líquido de fórmula I



En la que:

- o R son R², se eligen independientemente entre sí de un radical hidrocarburo C₁ a C₃₀, y preferentemente se eligen del grupo que consiste en metilo, etilo, propilo, trifluoropropilo y fenilo, y mucho más preferentemente son grupos metilo,
- o R¹ es un radical alquénico C₁ a C₂₀, y preferentemente R¹ se elige del grupo que consiste en vinilo, alilo, hexenilo, decenilo o tetradecenilo, y mucho más preferentemente R¹ es vinilo, y
- o x está entre 0 y 100, y se elige de manera que reduzca la viscosidad de la composición **X** de organopolisiloxano de tipo curado por adición en comparación con la misma composición sin el diluyente reactivo.

De acuerdo con una realización preferida, el organopolisiloxano **A** se elige del grupo de los dimetilpolisiloxanos que contienen grupos terminales dimetilvinilsililo.

De acuerdo con otra realización preferida, en donde:

- la viscosidad a 25 °C de dicho organopolisiloxano **A** está entre 5 mPa.s y 60000 mPa.s; y preferentemente entre 5 mPa.s y 5000 mPa.s, y mucho más preferentemente entre 5 mPa.s y 350 mPa.s,
- la viscosidad a 25 °C de dicho compuesto de silicio **B** que comprende dos átomos de hidrógeno telequéricos unidos a silicio por molécula sin átomos de hidrógeno colgantes unidos a silicio por molécula está entre 5 y 100 mPa.s, y
- la viscosidad a 25 °C de dicho compuesto de silicio **B** que comprende al menos tres átomos de hidrógeno unidos a silicio por molécula está entre 5 y 2000 mPa.s.

Todas las viscosidades consideradas en la presente memoria descriptiva corresponden a una magnitud de viscosidad dinámica que se mide, de manera conocida en sí, a 25 °C, con una máquina de tipo Brookfield. En lo que respecta a los productos fluidos, la viscosidad considerada en la presente memoria descriptiva es la viscosidad dinámica a 25 °C, conocida como viscosidad "newtoniana", es decir, la viscosidad dinámica que se mide, de manera conocida en sí, a

un gradiente de velocidad de cizalla suficientemente baja de manera que la viscosidad medida sea independiente del gradiente de velocidad.

De acuerdo con una realización preferida, las viscosidades a 25 °C de dicho organopolisiloxano **A** y dicho compuesto de silicio **B** que comprende al menos dos átomos de hidrógeno unidos a silicio por molécula se eligen de manera que la viscosidad a 25 °C de la composición **X** de organopolisiloxano de tipo curado por adición está entre 500 mPa·s y 300.000 mPa·s para que pueda inyectarse en la carcasa **102** del módulo de baterías. Si se elige la opción de verter la composición dentro de la carcasa **102** del módulo de baterías, entonces los componentes de dicha composición **X** de organopolisiloxano de tipo curado por adición se eligen de modo que su viscosidad esté entre 500 mPa·s y 5000 mPa·s y mucho más preferentemente entre 500 mPa·s y 2500 mPa·s.

Son ejemplos de catalizadores de hidrosililación **C** los catalizadores de hidrosililación tales como el catalizador de Karstedt mostrado en la Patente de los EE.UU. N.º 3.715.334 u otros catalizadores de platino o rodio conocidos por los expertos en la materia, e incluyen también catalizadores de hidrosililación microencapsulados, por ejemplo, aquellos conocidos en la técnica, tales como los que se observan en la Patente de los EE.UU. N.º 5009957. Sin embargo, los catalizadores de hidrosililación pertinentes a la presente invención pueden contener al menos uno de los siguientes elementos: Pt, Rh, Ru, Pd, Ni, por ejemplo, Níquel Raney y sus combinaciones. El catalizador está opcionalmente acoplado a un soporte inerte o activo. Los ejemplos de catalizadores preferidos que pueden usarse incluyen catalizadores de tipo platino tales como ácido cloroplatínico, soluciones alcohólicas de ácido cloroplatínico, complejos de platino y olefinas, complejos de platino y 1,3-divinil-1,1,3,3-tetrametildisiloxano y polvos sobre los que se soporta el platino, etc. Los catalizadores de platino se describen totalmente en la bibliografía. Puede hacerse mención en particular de los complejos de platino y de un producto orgánico descritos en las Patentes de los EE.UU. N.º 3.159.601, 3.159.602 y 3.220.972 y las Patentes Europeas EP-A-057.459, EP-188.978 y EP-A-190.530 y los complejos de platino y de organopolisiloxano vinilado descritos en las Patentes de los EE.UU. N.º 3.419.593, 3.715.334, 3.377.432, 3.814.730 y 3.775.452, de Karstedt. En particular, los catalizadores de tipo platino son especialmente deseables.

Ejemplos de controlador de velocidad de curado **G**, que también se conoce como inhibidor, diseñado para ralentizar el curado de la silicona compuesta si es necesario. Se conocen bien en la técnica controladores de velocidad de curado y pueden encontrarse ejemplos de dichos materiales en las Patentes de los EE.UU. La Patente de los EE.UU. 3.923.705 se refiere al uso de siloxanos cíclicos que contienen vinilo. La Patente de los EE.UU. 3.445.420 describe el uso de alcoholes acetilénicos. La Patente de los EE.UU. 3.188.299 muestra la eficacia de las aminas heterocíclicas. La Patente de los EE.UU. 4.256.870 describe maleatos de alquilo utilizados para controlar el curado. También pueden usarse siloxanos olefínicos como se describe en la Patente de los EE.UU. 3.989.667. También se han utilizado polidiorganosiloxanos que contienen radicales vinilo y esta técnica puede observarse en las Patentes de los EE.UU. 3.498.945, 4.256.870 y 4.347.346. Los inhibidores preferidos para esta composición son metilvinilciclosiloxanos, 3-metil-1-butin-3-ol y 1-etinil-1-ciclohexanol, siendo el más preferido el 1,3,5,7-tetrametil-1,3,5,7-tetravinil-ciclotetrasiloxano en cantidades del 0,002 % al 1,00 % del compuesto de silicona dependiendo de velocidad de curado deseada.

El controlador de velocidad de curado **G** preferido se elige de:

- 1,3,5,7-tetrametil-1,3,5,7-tetravinil-ciclotetrasiloxano.
- 3-metil-1-butin-3-ol y
- 1-etinil-1-ciclohexanol.

Para obtener un tiempo de trabajo o una "vida útil" más largos, la cantidad del controlador de velocidad de curado **G** se ajusta para alcanzar la "vida útil" deseada. La concentración del inhibidor de catalizador en la presente composición de silicona es suficiente para retardar el curado de la composición a temperatura ambiente sin impedir o prolongar excesivamente el curado a temperaturas elevadas. Esta concentración variará ampliamente dependiendo del inhibidor particular utilizado, la naturaleza y concentración del catalizador de hidrosililación, y la naturaleza del organohidrogenopolisiloxano. Concentraciones de inhibidor tan bajas como un mol de inhibidor por mol de metal del grupo del platino producirán, en algunos casos, una estabilidad en almacenamiento y una velocidad de curado satisfactorias. En otros casos, pueden ser necesarias concentraciones de inhibidor de hasta 500 o más moles de inhibidor por mol de metal del grupo del platino. La concentración óptima para un inhibidor particular en una composición de silicona dada puede determinarse fácilmente mediante experimentación rutinaria.

De acuerdo con una realización preferida, para dicha composición **X** de organopolisiloxano de tipo curado por adición las relaciones en peso del organopolisiloxano **A**, el diluyente reactivo **E**, cuando está presente, y el compuesto de silicio **B** son de manera que la relación molar global de los átomos de hidrógeno unidos al silicio con respecto a los radicales alqueno globales unidos al silicio está dentro de un intervalo de 0,35 a 10, y preferentemente dentro de un intervalo de 0,4 a 1,5.

También pueden usarse dentro de dicha composición **X** de organopolisiloxano de tipo curado por adición, algunos aditivos **H** tales como un pigmento, un colorante, arcillas, un tensioactivo, aceite de ricino hidrogenado, wollastonita o sílice pirógena (que modifican el flujo del producto de silicona compuesto).

Por "colorante" se entiende únicamente una sustancia orgánica coloreada o fluorescente, que transmite color a un sustrato mediante absorción selectiva de luz. Por "pigmento" se entiende un sólido orgánico o inorgánico en forma de partícula, coloreado, de color negro, de color blanco o fluorescente que por lo general es insoluble en el vehículo o sustrato en el que se incorpora y que no se ve afectado física ni químicamente por éste. Altera el aspecto por absorción selectiva y/o por dispersión de la luz. Un pigmento generalmente retiene una estructura cristalina o en forma de partícula durante todo el proceso de coloración. Los pigmentos y colorantes son bien conocidos en la técnica y no es necesario describirlos en detalle en el presente documento.

Las arcillas son productos en sí ya bien conocidos, que se describen, por ejemplo, en la publicación "*Mineralogie des argiles* [Mineralogía de las arcillas], S. Caillere, S. Henin, M. Rautureau, 2.^a edición 1982, Masson". Las arcillas son silicatos que contienen un catión que puede elegirse de cationes de calcio, magnesio, aluminio, sodio, potasio y litio, y mezclas de los mismos. Como ejemplos de dichos productos pueden citarse arcillas de la familia de las esmectitas, tales como montmorillonitas, hectoritas, bentonitas, beidelitas y saponitas, así como de las familias de las vermiculitas, estevensitas y cloritas. Estas arcillas pueden ser de origen natural o sintético. La arcilla es preferentemente una bentonita o una hectorita, y estas arcillas pueden modificarse con un compuesto químico elegido de aminas cuaternarias, aminas terciarias, acetatos de aminas, imidazolinias, jabones de aminas, sulfatos grasos, alquilarilsulfonatos y óxidos de aminas, y mezclas de los mismos. Puede usarse arcilla de acuerdo con la invención, de hectoritas sintéticas (también denominadas laponitas), tales como los productos comercializados por Laporte con la denominación Laponite XLG, Laponite RD y Laponite RDS (estos productos son silicatos de sodio y magnesio y, en particular, silicatos de litio y magnesio); bentonitas, tales como el producto comercializado con la denominación Bentone HC por Rheox; silicatos de magnesio y aluminio, en particular hidratados, tales como el producto comercializado por R.T. Vanderbilt Company con la denominación Veegum Ultra, o silicatos de calcio y, en particular, los de forma sintética comercializados por la empresa CELITE ET WALSH ASS con la denominación Micro-Cel C.

Existen muchos tensioactivos disponibles de poliéter de silicona, pero un poliéter de silicona preferido para espesar un compuesto de silicona de la presente invención sería SP 3300 de Elkem Silicones USA.

Otro aditivo **H** preferido es un modificador de reología tal como Thixcin R, un aceite de ricino hidrogenado, de Elementis Specialties, Nueva Jersey, EE.UU.

La wollastonita, también conocida como metasilicato de calcio, es un mineral natural que puede añadirse como retardante de la llama (las cantidades añadidas variarán de acuerdo con la aplicación y variarán entre 1 parte en peso y 15 partes en peso basándose en 100 partes en peso de la composición **X** de organopolisiloxano de tipo curado por adición. La wollastonita que podría usarse en la presente invención es una forma extraída por minería, que tiene una morfología acicular, es decir, una forma de aguja. Los grados preferidos de wollastonita se seleccionan de materiales suministrados por NYCO® Minerals, Inc., Willsboro N.Y.

El trihidrato de aluminio (ATH) es un relleno retardante de la llama común. Se descompone cuando se calienta por encima de 180-200 °C, punto en el que absorbe calor y libera agua para extinguir la llama. El hidróxido de magnesio (MDH) tiene una mayor estabilidad térmica que el ATH. La descomposición endotérmica (que absorbe calor) comienza a 300 °C, tras lo cual se libera agua que podría actuar como retardante de la llama.

Combinaciones de Huntita/Hidromagnesita ($Mg_3Ca(CO_3)_4/Mg_5(CO_3)_4(OH)_2 \cdot 4H_2O$). La Huntita y la hidromagnesita se encuentran, casi invariablemente, como mezclas en la naturaleza. La hidromagnesita comienza a descomponerse entre 220 °C (al aire libre) y 250 °C (a presión en una extrusora), que es lo suficientemente alta como para poder usarse como retardante de la llama. La hidromagnesita desprende agua y absorbe calor, al igual que lo hacen ATH y MDH. Por el contrario, la huntita se descompone por encima de los 400 °C, absorbiendo calor, pero liberando dióxido de carbono.

Las sílices pirógenas también pueden usarse como aditivo **H** para cambiar la reología de estos materiales. Las sílices pirógenas pueden obtenerse mediante pirólisis a alta temperatura de un compuesto de silicio volátil en una llama de oxihidrógeno, produciendo una sílice finamente dividida. Este proceso permite en particular obtener sílices hidrófilas que presentan en su superficie un gran número de grupos silanol que tenderían a espesar una composición de silicona más que la sílice con bajos niveles de silanol. Dichas sílices hidrófilas se comercializan, por ejemplo, con los nombres Aerosil 130, Aerosil 200, Aerosil 255, Aerosil 300 y Aerosil 380 de Degussa y Cab-O-Sil HS-5, Cab-O-Sil EH-5, Cab-O-Sil LM-130, Cab-O-Sil MS-55 y Cab-O-Sil M-5 de Cabot. Es posible modificar químicamente la superficie de dicha sílice a través de una reacción química que provoca una reducción del número de grupos silanol. En particular, es posible sustituir los grupos silanol por grupos hidrófobos: se obtiene entonces una sílice hidrófoba. Los grupos hidrófobos pueden ser:

- grupos trimetilsiloxilo, que se obtienen en particular mediante tratamiento de sílice pirógena en presencia de hexametildisilazano. Las sílices tratadas de este modo se conocen como "sililato de sílice" de acuerdo con la

CTFA (6.^a edición, 1995). Se comercializan, por ejemplo, con las referencias Aerosil R812 de Degussa y Cab-O-Sil TS-530 de Cabot, o

- grupos dimetilsililoxilo o polidimetilsiloxano, que se obtienen en particular mediante tratamiento de sílice pirógena en presencia de polidimetilsiloxano o metildiclorosilano.

Las sílices tratadas de este modo se conocen como "dimetil sililato de sílice" de acuerdo con la CTFA (6.^a edición, 1995). Se comercializan, por ejemplo, con las referencias Aerosil R972 y Aerosil R974 de Degussa, y Cab-O-Sil TS-610 y Cab-O-Sil TS-720 de Cabot. La sílice pirógena tiene preferentemente un tamaño de partícula que puede ser de nanométrico a micrométrico, por ejemplo, en el intervalo de aproximadamente 5 a 200 nm.

De acuerdo con otra realización preferida dicha composición **X** de organopolisiloxano de tipo curado por adición se almacena antes de su uso como un RTV multicomponente que comprende al menos dos conjuntos separados que son preferentemente herméticos, mientras que el catalizador de hidrosililación **C** no está presente en el mismo conjunto con compuesto de silicio **B** o con diluyente reactivo **E** cuando está presente y cuando es un compuesto de silicio que comprende un único grupo hidruro de silicio por molécula.

De acuerdo con otra realización preferida, dicha composición **X** de organopolisiloxano de tipo curado por adición se almacena antes de su uso como un RTV multicomponente que comprende al menos dos envases separados que son preferentemente herméticos:

a) comprendiendo el primer conjunto **A1**:

- o 100 partes en peso de al menos un organopolisiloxano **A** de acuerdo con la invención y como se ha definido anteriormente,
- o de 5 a 30 partes en peso de perlas de vidrio huecas **D** de acuerdo con la invención y como se ha definido anteriormente, y
- o de 0 a 30 partes y preferentemente de 5 a 30 partes en peso de al menos un diluyente reactivo **E** de acuerdo con la invención y como se ha definido anteriormente, y
- o de 4 a 150 ppm a base de platino metálico de un catalizador de hidrosililación **C** a base de platino.

b) comprendiendo el segundo conjunto **A2**:

- o 100 partes en peso de al menos un organopolisiloxano **A** de acuerdo con la invención y como se ha definido anteriormente,
- o de 10 a 70 partes en peso de un compuesto de silicio **B** uno que comprende dos átomos de hidrógeno telequélidos unidos a silicio por molécula de acuerdo con la invención y como se ha definido anteriormente,
- o de 5 a 25 partes en peso de un compuesto de silicio **B** que comprende al menos tres átomos de hidrógeno unidos a silicio por molécula de acuerdo con la invención y como se ha definido anteriormente,
- o de 5 a 30 partes en peso de perlas de vidrio huecas **D** de acuerdo con la invención y como se ha definido anteriormente, y
- o una cantidad eficaz de al menos un controlador de velocidad de curado **G** que ralentiza la velocidad de curado.

Otro objeto de la invención se refiere a un proceso para la preparación de un conjunto de baterías secundarias de acuerdo con la invención y como se ha descrito anteriormente que comprende las etapas de:

- preparar al menos una carcasa **102** del módulo de baterías en el que se dispone una pluralidad de celdas **103** de baterías que están conectadas eléctricamente entre sí,
- introducir en la dicha carcasa **102** del módulo de baterías la composición **X** de organopolisiloxano de tipo curado por adición como se define en la reivindicación 3 u 11,
- rellenar total o parcialmente dicha carcasa **102** del módulo de baterías, y
- permitir que se produzca el curado para formar una espuma sintáctica de caucho de silicona que comprenda un aglutinante de caucho de silicona y perlas de vidrio huecas, y opcionalmente

e) cubrir la carcasa **102** del módulo de baterías con una tapa.

Una realización preferida del proceso anterior de acuerdo con la invención se refiere a la preparación de la composición **X** de organopolisiloxano de tipo curado por adición que comprende las etapas de:

a) alimentar en una línea de alimentación de base una base de silicona líquida **MS1** que comprende:

i) al menos un organopolisiloxano **A** que tiene al menos dos grupos alquenilo unidos a silicio por molécula, conteniendo cada uno de dichos grupos alquenilo de 2 a 14 átomos de carbono, preferentemente dichos grupos alquenilo se eligen del grupo que consiste en vinilo, alilo, hexenilo, decenilo y tetradecenilo, y mucho más preferentemente dichos grupos alquenilo son grupos vinilo,

ii) perlas de vidrio huecas **D** y preferentemente microesferas de vidrio de borosilicato huecas **D1**,

iii) al menos un compuesto de silicio **B** que tiene al menos dos y preferentemente al menos tres átomos de hidrógeno unidos a silicio por molécula, y

iv) opcionalmente un controlador de velocidad de curado **G** que ralentiza la velocidad de curado,

b) alimentar en una línea de alimentación de catalizador una mezcla madre de catalizador **MC** que comprende:

i) al menos un catalizador de hidrosililación **C**; y

ii) opcionalmente, al menos un organopolisiloxano **A** que tiene al menos dos grupos alquenilo unidos a silicio por molécula, conteniendo cada uno de dichos grupos alquenilo de 2 a 14 átomos de carbono, preferentemente dichos grupos alquenilo se eligen del grupo que consiste en vinilo, alilo, hexenilo, decenilo y tetradecenilo, y mucho más preferentemente dichos grupos alquenilo son grupos vinilo;

c) alimentar en una línea de alimentación de inhibidor una mezcla madre de inhibidor **MI** que comprende:

i) un controlador de velocidad de curado **G** que ralentiza la velocidad de curado; y

ii) opcionalmente, al menos un organopolisiloxano **A** que tiene al menos dos grupos alquenilo unidos a silicio por molécula, conteniendo cada uno de dichos grupos alquenilo de 2 a 14 átomos de carbono, preferentemente dichos grupos alquenilo se eligen del grupo que consiste en vinilo, alilo, hexenilo, decenilo y tetradecenilo, y mucho más preferentemente dichos grupos alquenilo son grupos vinilo; y

d) opcionalmente alimentar en una línea de alimentación de aditivos una mezcla madre de aditivo **MA** que comprende:

i) al menos un aditivo **H** tal como un pigmento, un tinte, arcillas, un tensioactivo, aceite de ricino hidrogenado, wollastonita, trihidrato de aluminio, hidróxido de magnesio, haloisita, huntita, hidromagnesita, grafito expandible, borato de cinc, mica o sílice pirógena, y

ii) opcionalmente al menos un organopolisiloxano **A** que tiene al menos dos grupos alquenilo unidos a silicio por molécula, conteniendo cada uno de dichos grupos alquenilo de 2 a 14 átomos de carbono, preferentemente dichos grupos alquenilo se eligen del grupo que consiste en vinilo, alilo, hexenilo, decenilo y tetradecenilo, y mucho más preferentemente dichos grupos alquenilo son grupos vinilo; y

e) dirigir dicha base de silicona líquida **MS1**, dicha mezcla madre de catalizador **MC** y dicha mezcla madre de inhibidor **MI** y opcionalmente dicha mezcla madre de aditivo **MA** en un tanque para obtener la composición **X** de organopolisiloxano de tipo curado por adición.

La primera ventaja de dicha realización preferida se basa en que la velocidad de reacción de la reticulación para la composición **X** de organopolisiloxano de tipo curado por adición se regula mediante la adición de un controlador de velocidad de curado **G**. Como la adición de este componente esencial se realiza a través del uso de una línea de alimentación específica, el operador puede modificar fácilmente el nivel del inhibidor, lo que le permite aumentar la velocidad de curado o reducir la temperatura a la que comenzará el curado rápido. Esta es una ventaja clave ya que la configuración de los conjuntos de baterías secundarias de nuevo diseño implica formas cada vez más complejas, lo que implica ajustar con precaución caso por caso la velocidad de curado.

La segunda ventaja principal reside en que ahora es posible reducir el nivel de inhibidor y, por lo tanto, reducir la temperatura a la que comienza el curado rápido. Esto puede ser importante si hay componentes dentro del conjunto de baterías que son algo sensibles a la temperatura.

5 Una realización preferida del proceso anterior de acuerdo con la invención se refiere a la preparación de la composición **X** de organopolisiloxano de tipo curado por adición que comprende las etapas de:

a) alimentar en una línea de alimentación de base una base de silicona líquida **MS2** que comprende:

10 i) al menos un organopolisiloxano **A** que tiene al menos dos grupos alquenilo unidos a silicio por molécula, conteniendo cada uno de dichos grupos alquenilo de 2 a 14 átomos de carbono, preferentemente dichos grupos alquenilo se eligen del grupo que consiste en vinilo, alilo, hexenilo, decenilo y tetradecenilo, y mucho más preferentemente dichos grupos alquenilo son grupos vinilo, y

15 ii) al menos un compuesto de silicio **B** que tiene al menos dos y preferentemente al menos tres átomos de hidrógeno unidos a silicio por molécula,

20 iii) opcionalmente un controlador de velocidad de curado **G** que ralentiza la velocidad de curado,

b) alimentar en una línea de alimentación de catalizador una mezcla madre de catalizador **MC** que comprende:

i) al menos un catalizador de hidrosililación **C**; y

25 ii) opcionalmente, al menos un organopolisiloxano **A** que tiene al menos dos grupos alquenilo unidos a silicio por molécula, conteniendo cada uno de dichos grupos alquenilo de 2 a 14 átomos de carbono, preferentemente dichos grupos alquenilo se eligen del grupo que consiste en vinilo, alilo, hexenilo, decenilo y tetradecenilo, y mucho más preferentemente dichos grupos alquenilo son grupos vinilo;

30 c) alimentar en una línea de alimentación de inhibidor una mezcla madre de inhibidor **MI** que comprende:

i) un controlador de velocidad de curado **G** que ralentiza la velocidad de curado; y

35 ii) opcionalmente, al menos un organopolisiloxano **A** que tiene al menos dos grupos alquenilo unidos a silicio por molécula, conteniendo cada uno de dichos grupos alquenilo de 2 a 14 átomos de carbono, preferentemente dichos grupos alquenilo se eligen del grupo que consiste en vinilo, alilo, hexenilo, decenilo y tetradecenilo, y mucho más preferentemente dichos grupos alquenilo son grupos vinilo; y

40 d) opcionalmente alimentar en una línea de alimentación de aditivos una mezcla madre de aditivo **MA** que comprende:

45 i) al menos un aditivo **H** tal como un pigmento, un tinte, arcillas, un tensioactivo, aceite de ricino hidrogenado, wollastonita, trihidrato de aluminio, hidróxido de magnesio, haloisita, huntita hidromagnesita, grafito expandible, borato de cinc, mica o sílice pirógena, y

50 ii) opcionalmente al menos un organopolisiloxano **A** que tiene al menos dos grupos alquenilo unidos a silicio por molécula, conteniendo cada uno de dichos grupos alquenilo de 2 a 14 átomos de carbono, preferentemente dichos grupos alquenilo se eligen del grupo que consiste en vinilo, alilo, hexenilo, decenilo y tetradecenilo, y mucho más preferentemente dichos grupos alquenilo son grupos vinilo;

e) dirigir dicha base de silicona líquida **MS2**, dicha mezcla madre de catalizador **MC** y dicha mezcla madre de inhibidor **MI** y opcionalmente dicha mezcla madre de aditivo **MA** en un tanque de agitación; y

55 f) hacer funcionar dicho tanque de agitación, mezclando de este modo dicha base de silicona líquida **MS1**, dicha mezcla madre de catalizador **MC** y dicha mezcla madre de inhibidor **MI** y opcionalmente dicha mezcla madre de aditivo **MA** preferentemente usando un mezclador de alto flujo y baja cizalla, y

60 g) añadir perlas de vidrio huecas **D** y preferentemente microesferas de vidrio de borosilicato huecas **D1** en dicho tanque de agitación, preferentemente por medio del uso de descarga por gravedad o alimentador de tornillo para obtener la composición **X** de organopolisiloxano de tipo curado por adición.

Todos los componentes de las realizaciones preferidas de la preparación de la composición **X** de organopolisiloxano de tipo curado por adición ya se han descrito anteriormente.

65

De acuerdo con una realización preferida, el conjunto de baterías secundarias de acuerdo con la invención se ubica dentro de un vehículo.

Se entiende que el término "vehículo", como se usa en el presente documento, incluye vehículos de motor en general, tales como automóviles de pasajeros, incluyendo vehículos utilitarios deportivos (SUV, por sus siglas en inglés), autobuses, camiones, diversos vehículos comerciales, embarcaciones que incluyen una diversidad de botes y barcos, aviones y similares, e incluye vehículos híbridos, vehículos eléctricos, vehículos eléctricos híbridos enchufables, vehículos propulsados por hidrógeno y otros vehículos de combustible alternativo (por ejemplo, combustibles derivados de recursos distintos del petróleo). Como se refiere en el presente documento, un vehículo híbrido es un vehículo que tiene dos o más fuentes de energía, por ejemplo, vehículos tanto de gasolina como eléctricos.

En otra realización preferida, el conjunto de baterías secundarias de acuerdo con la invención se ubica en un vehículo de motor automotriz.

En otra realización, el conjunto de baterías secundarias de acuerdo con la invención se ubica en un vehículo totalmente eléctrico (EV), un vehículo híbrido enchufable (PHEV), un vehículo híbrido (HEV).

En otra realización, el conjunto de baterías secundarias de acuerdo con la invención se ubica en: un avión, un bote, un barco, un tren o una unidad de pared.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La FIG. 1 proporciona una vista superior de un conjunto de baterías secundarias sin tapa con baterías dentro del conjunto;

La FIG. 2 proporciona una vista en perspectiva de un conjunto de baterías secundarias con baterías dentro del conjunto;

La FIG. 3 proporciona una vista superior de baterías en un conjunto de baterías secundarias con espuma sintáctica de caucho de silicona de acuerdo con la invención que rellena el espacio entre las baterías y el espacio restante en el conjunto;

La FIG. 4 proporciona una vista superior de celdas de baterías en un conjunto de baterías secundarias cubierto con espuma sintáctica de caucho de silicona de acuerdo con la invención y relleno de dicha espuma el espacio entre las baterías y el espacio restante en el conjunto;

Las FIG. 5 y 6 proporcionan una representación esquemática de dos realizaciones preferidas de un método para producir una composición **X** de organopolisiloxano de tipo curado por adición en donde la mezcla madre de inhibidor **MI** y la mezcla madre de catalizador **MC** se alimentan por separado a otros componentes para controlar la velocidad de curado.

Las FIG. 1 y 2 muestran que las celdas **103** de baterías pueden estar muy juntas en una carcasa **102** del módulo de baterías. En una realización de la invención, una composición de silicona reticulable de acuerdo con la invención y precursora de una espuma sintáctica de caucho de silicona ligera que comprende un aglutinante de caucho de silicona y perlas de vidrio huecas se vierte en la carcasa **102** del módulo de baterías después de que las baterías se han colocado e instalado (FIG. 3, 104) y dan lugar a una espuma sintáctica de silicona cuando se cura (FIG. 4, 105).

La FIG. 5 muestra un método para producir una composición **X** de organopolisiloxano de tipo curado por adición de acuerdo con una realización de la invención en donde dicha base de silicona líquida **MS1** se almacena en un tanque de almacenamiento **1**, dicha mezcla madre de catalizador **MC** se almacena en un tanque de almacenamiento **20**, dicha mezcla madre de inhibidor **MI** se almacena en un tanque de almacenamiento **50** y dicha mezcla madre de aditivo **MA** se almacena en un tanque de almacenamiento **65** y se alimentan por separado a sus respectivas líneas de alimentación 200, 210, 220 y 230, respectivamente. El tanque de almacenamiento **1** de la base de silicona líquida **MS2** se conecta al tanque de agitación **80** a través de una bomba de alimentación **10**, que puede ser cualquier bomba de gran desplazamiento, y a través de un ajustador de velocidad de alimentación opcional **15**. El tanque de almacenamiento **20** de la mezcla madre de catalizador **MC** se conecta al tanque de agitación **80** a través de una bomba de alimentación **25**, que puede ser cualquier bomba de desplazamiento de pistón pequeña, bomba de engranajes, bomba de inyector de micromovimiento u otra bomba de desplazamiento positivo, y a través de un ajustador de velocidad de alimentación **30** opcional. El tanque de almacenamiento **50** de la mezcla madre de inhibidor **MI** se conecta al tanque de agitación **80** a través de una bomba de alimentación **55**, que puede ser cualquier bomba de desplazamiento de pistón pequeña, bomba de engranajes, bomba de inyector de micromovimiento u otra bomba de desplazamiento positivo, y a través de un ajustador de velocidad de alimentación **60** opcional. El tanque de almacenamiento **65** de la mezcla madre de aditivo **MA** se conecta al tanque de agitación **80** a través de una bomba de alimentación **70**, que puede ser cualquier bomba de desplazamiento de pistón pequeña, bomba de engranajes, bomba de inyector de micromovimiento u otra bomba de desplazamiento positivo, y a través de un ajustador de velocidad de alimentación **75** opcional. Cuando dicha base de silicona líquida **MS2**, dicha mezcla madre de catalizador

MC y dicha mezcla madre de inhibidor **MI** y opcionalmente dicha mezcla madre de aditivo **MA** se dirigen a dicho tanque de agitación **80**; la mezcla resultante se mezcla preferentemente usando un mezclador de alto flujo y baja cizalla para producir la composición **X** de organopolisiloxano de tipo curado por adición de acuerdo con la invención. Dicha composición ya está disponible para introducirla en dicha carcasa **102** del módulo de baterías mediante el medio **100** que podría ser a través de un aparato de inyección o a través de una bomba para permitir que el flujo libre rellene los espacios libres de la carcasa **102** del módulo de baterías y cura a través de reticulación.

La FIG. 6 muestra un método para producir una composición **X** de organopolisiloxano de tipo curado por adición de acuerdo con otra realización de la invención en donde dicha base de silicona líquida **MS2** se almacena en un tanque de almacenamiento **1**, dicha mezcla madre de catalizador **MC** se almacena en un tanque de almacenamiento **20**, dicha mezcla madre de inhibidor **MI** se almacena en un tanque de almacenamiento **50** y dicha mezcla madre de aditivo **MA** se almacena en un tanque de almacenamiento **65** y se alimentan por separado a sus respectivas líneas de alimentación 200, 210, 220 y 230, respectivamente. El tanque de almacenamiento **1** de la base de silicona líquida **MS2** se conecta al tanque de agitación **80** a través de una bomba de alimentación **10**, que puede ser cualquier bomba de gran desplazamiento, y a través de un ajustador de velocidad de alimentación opcional **15**. El tanque de almacenamiento **20** de la mezcla madre de catalizador **MC** se conecta al tanque de agitación **80** a través de una bomba de alimentación **25**, que puede ser cualquier bomba de desplazamiento de pistón pequeña, bomba de engranajes, bomba de inyector de micromovimiento u otra bomba de desplazamiento positivo, y a través de un ajustador de velocidad de alimentación **30** opcional. El tanque de almacenamiento **50** de la mezcla madre de inhibidor **MI** se conecta al tanque de agitación **80** a través de una bomba de alimentación **55**, que puede ser cualquier bomba de desplazamiento de pistón pequeña, bomba de engranajes, bomba de inyector de micromovimiento u otra bomba de desplazamiento positivo, y a través de un ajustador de velocidad de alimentación **60** opcional. El tanque de almacenamiento **65** de la mezcla madre de aditivo **MA** se conecta al tanque de agitación **80** a través de una bomba de alimentación **70**, que puede ser cualquier bomba de desplazamiento de pistón pequeña, bomba de engranajes, bomba de inyector de micromovimiento u otra bomba de desplazamiento positivo, y a través de un ajustador de velocidad de alimentación **75** opcional. Cuando dicha base de silicona líquida **MS2**, dicha mezcla madre de catalizador **MC** y dicha mezcla madre de inhibidor **MI** y opcionalmente dicha mezcla madre de aditivo **MA** se dirigen a dicho tanque de agitación **80**; la mezcla resultante se mezcla preferentemente usando un mezclador de alto flujo y baja cizalla. A dicha mezcla resultante, se transfieren perlas de vidrio huecas **D** y preferentemente microesferas de vidrio de borosilicato huecas **D1** que se almacenan en el tanque de almacenamiento **90**, que es preferentemente una tolva, a dicho tanque de agitación **80** directamente por descarga por gravedad o a través de alimentador de tornillo **95** para dar como resultado la composición **X** de organopolisiloxano de tipo de curado por adición de acuerdo con la presente invención. Dicha composición ya está disponible para introducirla en dicha carcasa **102** del módulo de baterías mediante el medio **100** que podría ser a través de un aparato de inyección o a través de una bomba para permitir que el flujo libre rellene los espacios libres de la carcasa **102** del módulo de baterías y cura a través de reticulación.

Otras ventajas proporcionadas por la presente invención resultarán evidentes a partir de los siguientes ejemplos ilustrativos.

EJEMPLOS

i) Definición de los componentes

- Organopolisiloxano **A1** = polidimetilsiloxano con unidades terminales de dimetilvinilsililo con una viscosidad a 25 °C que varía de 80 mPa.s a 120 mPa.s;

Organopolisiloxano **A2** = polidimetilsiloxano con unidades terminales de dimetilvinilsililo con una viscosidad a 25 °C que varía de 500 mPa.s a 650 mPa.s;

- Organopolisiloxano **B1** (CE) como extensor de cadena = polidimetilsiloxano con unidades terminales de hidruro de dimetilsililo con una viscosidad a 25 °C que varía de 7 mPa.s a 10 mPa.s y fórmula: $M'D_xM'$

En la que:

- D** es una unidad siloxi de fórmula $(CH_3)_2SiO_{2/2}$
- M'** es una unidad siloxi de fórmula $(CH_3)_2(H)SiO_{1/2}$
- y **x** es un número entero que varía de 8 a 11;
- Organopolisiloxano **B2** (XL) como reticulador, con una viscosidad a 25 °C que varía de 18 mPa.s a 26 mPa.s, hay presentes más de 10 grupos reactivos de SiH (en promedio de 16 a 18 grupos reactivos de SiH): poli(metilhidrógeno) (dimetil)siloxano con grupos SiH en la cadena y en el extremo de la cadena (α/ω),

- Perlas de vidrio huecas **D1**: Serie de Burbujas de Vidrio S15 de 3M™, comercializadas por 3M Company, Micrómetros en volumen de tamaño de partícula (50 %) = 55 micrómetros, resistencia al aplastamiento isostático: Presión de ensayo 2,07 MPa (300 psi), Densidad verdadera (g/cc) = 0,15.
- Perlas de vidrio huecas **D2**: Serie de Burbujas de Vidrio K25 de 3M™, comercializadas por 3M Company, (Micrómetros en volumen de tamaño de partícula (50 %) = 55 micrómetros, Resistencia al aplastamiento isostático Presión de ensayo 5,17 MPa (750 psi), Densidad verdadera (g/cc) = 0,25.
- Perlas de vidrio huecas **D3**: Burbujas de Vidrio iM16K de 3M™, comercializadas por 3M Company, (Micrómetros en volumen de tamaño de partícula (50 %) = 20 micrómetros, Resistencia al aplastamiento isostático Presión de ensayo 5,17 MPa (16.000 psi), Densidad verdadera (g/cc) = 0,46.
- Perlas de vidrio huecas **D4**: Burbujas de Vidrio K1 de 3M™, comercializadas por 3M Company, (Micrómetros en volumen de tamaño de partícula (50 %) = 65 micrómetros, Resistencia al aplastamiento isostático Presión de ensayo 5,17 MPa (250 psi), Densidad verdadera (g/cc) = 0,125.
- Controlador de velocidad de curado **G1**: 1,3,5,7-tetrametil-1,3,5,7-tetravinil-ciclotetrasiloxano.
- Controlador de velocidad de curado **G2**: 1-Etín-1-ciclohexanol (ECH).
- Controlador de velocidad de curado **G3-MB**: 90 % en peso de Organopolisiloxano **A1** y 10 % en peso de controlador de velocidad de curado **G2**
- Catalizador **C**: 10 % de platino como catalizador de Karstedt en dimetilvinildímero de 350 cS, comercializado por Johnson Matthey Company.
- Catalizador **C-MB**: 98 % en peso de Organopolisiloxano **A1** y 2 % en peso de Catalizador C.
- Diluyente reactivo **E** = 1-tetradeceno.

II) Parte I de los Ejemplos

Tabla 1: Formulación 1 de dos partes de la invención precursora de una espuma sintáctica de caucho de silicona

Parte A	Partes en peso
Organopolisiloxano A1	81,88
Diluyente reactivo E	5,03
Catalizador C	0,037
perlas de vidrio huecas D1	13,05
Parte B	
Organopolisiloxano A1	81,88
Organopolisiloxano B2 (XL)	8,6
Organopolisiloxano B1 (CE)	53,41
Controlador de velocidad de curado G1	0,01
perlas de vidrio huecas D1	13,05

Tabla 2: Formulación 2 de dos partes de la invención precursora de una espuma sintáctica de caucho de silicona.

Parte A	Partes en peso
Organopolisiloxano A1	78,27
Diluyente reactivo E	8,62
Catalizador C	0,063
perlas de vidrio huecas D1	13,05
Parte B	
Organopolisiloxano A1	69,23
Organopolisiloxano B2 (XL)	2,46
Organopolisiloxano B1 (CE)	15,26

Parte A	Partes en peso
Controlador de velocidad de curado G1	0,0029
perlas de vidrio huecas D1	13,05

- Para la formulación 1 de dos partes, las partes A y B se combinaron como una relación 6:1 p/p (relación en peso) para preparar las composiciones I antes del curado

- 5
- Para la formulación 2 de dos partes, las partes A y B se combinaron como una relación 1:1 p/p (relación en peso) para preparar las composiciones II antes del curado.

Las formulaciones 1 y 2 se vertieron cada una antes del curado dentro de una carcasa **102** del módulo de baterías en el que se dispuso una pluralidad de celdas **103** de baterías que se conectaron entre sí de forma conductora de electricidad. El curado se produjo a temperatura ambiente para producir una espuma sintáctica de caucho de silicona que comprende un aglutinante de caucho de silicona y perlas de vidrio huecas que rellenaron totalmente el espacio abierto de dicha carcasa **102** del módulo de baterías y cubrió totalmente dichas celdas **103** de baterías.

III) Parte II de los Ejemplos

Se prepararon las siguientes formulaciones:

Tabla 3. Formulación 3 - Comparativa

Parte A	Porcentaje en peso
Organopolisiloxano A1	99,8 %
Catalizador C	0,2 %
Total	100,0 %
Parte B	Porcentaje en peso
Organopolisiloxano A1	78,0749 %
Organopolisiloxano B1 (CE)	19,5550 %
Organopolisiloxano B2 (XL)	2,3689 %
Controlador de velocidad de curado G2	0,0012 %
Total	100,0000 %

Tabla 4. Formulación 4 - Invención

Parte A	Porcentaje en peso
Organopolisiloxano A1	83,6900 %
Catalizador C	0,0335 %
Perlas de vidrio huecas D2	16,2800 %
Total	100,0035 %
Parte B	Porcentaje en peso
Organopolisiloxano A1	65,21 %
Organopolisiloxano B1 (CE)	16,69 %
Organopolisiloxano B2 (XL)	1,82 %
Perlas de vidrio huecas D2	16,28 %
Total	100,00 %

Tabla 5. Formulación 5 - Invención

Parte A	Porcentaje en peso
Organopolisiloxano A1	80,0396 %
Catalizador C	0,1604 %
Perlas de vidrio huecas D2	19,8000 %
Total	100,0000 %

Parte A	Porcentaje en peso
Parte B	Porcentaje en peso
Organopolisiloxano A1	62,6161 %
Organopolisiloxano B1 (CE)	15,6831 %
Organopolisiloxano B2 (XL)	1,8999 %
Controlador de velocidad de curado G2	0,0010 %
Perlas de vidrio huecas D2	19,8000 %
Total	100,0000 %

Tabla 6. Formulación 6 - Invención

Parte A	Porcentaje en peso
Organopolisiloxano A1	80,8380 %
Catalizador C	0,1620 %
Perlas de vidrio huecas D2	19,0000 %
Total	100,0000 %
Parte B	Porcentaje en peso
Organopolisiloxano A1	63,2407 %
Organopolisiloxano B1 (CE)	15,8396 %
Organopolisiloxano B2 (XL)	1,9188 %
Controlador de velocidad de curado G2	0,0010 %
Perlas de vidrio huecas D2	19,0000 %
Total	100,0000 %

Tabla 7. Formulación 7 - Invención

Parte A	Porcentaje en peso
Organopolisiloxano A1	79,8400 %
Catalizador C	0,1600 %
Perlas de vidrio huecas D2	20,0000 %
Total	100,0000 %
Parte B	Porcentaje en peso
Organopolisiloxano A1	62,4599 %
Organopolisiloxano B1 (CE)	15,6440 %
Organopolisiloxano B2 (XL)	1,8951 %
Controlador de velocidad de curado G2	0,0010 %
Perlas de vidrio huecas D2	20,0000 %
Total	100,0000 %

Tabla 8: Formulaciones 8, 9 y 10 (Invención) Con relación molar (H como SiH)/vinilo = 0,72

	Formulación 8 Invención	Formulación 9 Invención	Formulación 10 Invención
Parte A			
Organopolisiloxano A1	88,20 %	86,24 %	84,28 %
Perlas de vidrio huecas D3	10,00 %	12,00 %	14,00 %
Catalizador C-MB	1,80 %	1,76 %	1,72 %
Total	100,00 %	100,00 %	100,00 %
Parte B			

	Formulación 8 Invención	Formulación 9 Invención	Formulación 10 Invención
Parte A			
Organopolisiloxano A1	71,009 %	69,431 %	67,853 %
Perlas de vidrio huecas D3	10,000 %	12,000 %	14,000 %
Organopolisiloxano B1 (CE)	16,696 %	16,325 %	15,954 %
Organopolisiloxano B2 (XL)	2,158 %	2,110 %	2,062 %
Controlador de velocidad de curado G3-MB	0,137 %	0,134 %	0,131 %
Total	100,000 %	100,000 %	100,000 %

Tabla 9: Formulaciones 11, 12 y 13 (Invención) - Con relación molar (H como SiH)/vinilo = 0,72

	Formulación 11 Invención	Formulación 12 Invención	Formulación 13 Invención
Parte A			
Organopolisiloxano A2	88,200 %	86,2400 %	84,2800 %
Perlas de vidrio huecas D4	10,000 %	12,0000 %	14,000 %
Catalizador C-MB	1,800 %	1,7600 %	1,7200 %
Total	100,000 %	100,000 %	100,000 %
Parte B			
Organopolisiloxano A2	82,300 %	80,471 %	78,642 %
Perlas de vidrio huecas D4	10,000 %	12,000 %	14,000 %
Organopolisiloxano B1 (CE)	6,945 %	6,790 %	6,636 %
Organopolisiloxano B2 (XL)	0,619 %	0,605 %	0,591 %
Controlador de velocidad de curado G3-MB	0,137 %	0,134 %	0,131 %
Total	100,000 %	100,000 %	100,000 %

Tabla 10: Formulaciones 14, 15 y 16 (Invención) - Con relación molar (H como SiH)/vinilo = 0,72

Relación de mezcla 1:1	Formulación 14 Invención	Formulación 15 Invención	Formulación 16 Invención
Parte A			
Organopolisiloxano A1	88,20 %	86,24 %	84,28 %
Perlas de vidrio huecas D4	10,000 %	12,000 %	14,000 %
Catalizador C-MB	1,80 %	1,76 %	1,72 %
Total	100,00 %	100,00 %	100,00 %
Parte B			
Organopolisiloxano A1	71,009 %	69,431 %	67,853 %
Perlas de vidrio huecas D4	10,000 %	12,000 %	14,000 %
Organopolisiloxano B1 (CE)	16,696 %	16,325 %	15,954 %
Organopolisiloxano B2 (XL)	2,158 %	2,110 %	2,062 %
Controlador de velocidad de curado G3-MB	0,137 %	0,134 %	0,131 %
Total	100,000 %	100,000 %	100,000 %

- La Formulación 3 se mezcló en una relación en peso de mezcla 1:1 y se curó a temperatura ambiente (25 °C) durante la noche durante 16 horas para producir un elastómero de silicona curado (espuma sintáctica de caucho de silicona).

- Se mezclaron las Formulaciones 4 a 16 en una relación en peso de mezcla 1:1 y se curaron a temperatura ambiente (25 °C) durante la noche durante 16 horas para producir espumas sintéticas de caucho de silicona de acuerdo con las invenciones.
- 5 • La Formulación 17 (comparativa) se preparó mezclando en una relación en peso de mezcla 1:1 el componente de dos partes comercializado por Elkem Silicones con la referencia RTV-3040 (componente de dos partes, sistema de curado por poliadición) y se curó a temperatura ambiente (25 °C) durante la noche durante 16 horas para producir un elastómero de silicona curado.
- 10 • La Formulación 18 (comparativa) se preparó mezclando en una en peso de mezcla 1:1 el componente de dos partes comercializado por Elkem Silicones con la referencia Bluesil™ ESA 7242 (que es un elastómero de silicona líquido de curado por calor de dos componentes que se reticula mediante una poliadición) y se curó a temperatura ambiente (25 °C) durante la noche durante 16 horas para producir un elastómero de silicona curado.
- 15 • La Formulación 19 se ha preparado basándose en Sakrete Concrete El hormigón utilizado fue de SAKRETE of North America, LLC ubicada en Charlotte, Carolina del Norte. El producto se llama Mezcla de Hormigón de Alta Resistencia SAKRETE. La muestra de hormigón se preparó usando el siguiente proceso:
 - 20 > Verter 1 kg de mezcla de hormigón de alta resistencia en un recipiente formando una hendidura en el centro del hormigón.
 - > Se añadió suficiente agua para obtener una mezcla trabajable (70 g).
 - 25 > El material se vertió en un molde de 51 mm de diámetro.
 - > El material se mezcló hasta formar huecos y después se aplanó con una espátula de metal.
 - 30 > Se dejó que el material se endureciese hasta que no se pudiera dejar huella del pulgar en el material.
 - > Se usó una espátula metálica para obtener un acabado y una planitud deseados a medida que el material iba endureciendo.
 - 35 > El material se mantuvo húmedo y debajo de plástico durante 7 días manteniéndose constantemente a temperatura ambiente.

Tabla 11. Propiedades físicas de los productos curados (espumas de silicona sintéticas) ND: "No disponible"

Muestras curadas	Resistencia a la tracción (kPa (psi))	Peso específico (g/cm ³), ASTM D792, 23 °C	Durómetro (Shore A)	Punto de gelificación (Tiempo hasta gelificar) a 23 °C (min)
Formulación 5 (Invención)	275,79 (40,0)	0,55	80	ND
Formulación 7 (Invención)	126,86 (18,4)	0,61	62	ND
Formulación 4 (Invención)	130,31 (18,9)	0,67	53	ND
Formulación 6 (Invención)	111,01 (16,1)	0,55	59	ND
Formulación 8 (Invención)	ND	0,86	ND	15
Formulación 9 (Invención)	ND	0,84	ND	1,92
Formulación 10 (Invención)	ND	0,83	ND	2,08
Formulación 11 (Invención)	ND	0,60	ND	13,67
Formulación 12 (Invención)	ND	0,56	ND	16,83

Muestras curadas	Resistencia a la tracción (kPa (psi))	Peso específico (g/cm ³), ASTM D792, 23 °C	Durómetro (Shore A)	Punto de gelificación (Tiempo hasta gelificar) a 23 °C (min)
Formulación 13 (Invención)	ND	0,53	ND	20,67
Formulación 14 (Invención)	ND	0,57	ND	4,25
Formulación 15 (Invención)	ND	0,54	ND	4,25
Formulación 16 (Invención)	ND	0,51	ND	4,17
Formulación 3 (Comparativa)	Gel	Gel	Gel	ND
Formulación 18 (Comparativa)	338,95 (48,0)	1,37	48	ND

Tabla 12. Medición de la conductividad térmica de las muestras curadas.

Muestra curada	Conductividad térmica aparente (W/m.K)
Formulación 5 (Invención)	0,13
Formulación 7 (Invención)	0,12
Formulación 4 (Invención)	0,13
Formulación 6 (Invención)	0,12
Formulación 8 (Invención)	0,17
Formulación 9 (Invención)	0,17
Formulación 10 (Invención)	0,17
Formulación 11 (Invención)	0,12
Formulación 12 (Invención)	0,11
Formulación 13 (Invención)	0,11
Formulación 14 (Invención)	0,11
Formulación 15 (Invención)	0,11
Formulación 16 (Invención)	0,10
Formulación 3 (comparativa)	0,18
Formulación 17 (comparativa)	0,23
Formulación 18 (comparativa)	0,43
Formulación 19 (comparativa)	1,92

- 5 La conductividad térmica se midió usando un dispositivo de ensayo Thermtest Hot Disk TPS (Transient Plane Source) 2500S y se cita en la Tabla 12. La Tabla 12 muestra que las formulaciones de ejemplo de acuerdo con la invención (Formulaciones 4 a 16) tienen una conductividad térmica más baja que los materiales comparativos: formulación 17 (RTV 3040), formulación 18 (ESA 7242), formulación 19 (Sakrete Concrete) y formulación 3 (ESA 7200).
- 10 Es una ventaja tener un material aislante térmico. Si una batería o múltiples baterías del conjunto se sobrecalientan, un material aislante que rodee la batería ayudará a evitar que el calor excesivo llegue al área de pasajeros de un vehículo eléctrico (automóvil, camión, barco, tren, avión, etc.).
- 15 Otra ventaja de las formulaciones curadas 4 a 16 de acuerdo con la invención es que pueden absorber vibraciones. La resiliencia está relacionada con la vibración. Cuanto más resistente es un material, más vibraciones se transmiten a través del material. Usando un Resiliómetro SRI Modelo Shore®, habitualmente conocido como un Resiliómetro Bayshore, para medir de forma rápida y precisa la "Propiedad del caucho - Resiliencia por rebote vertical" como se describe en la norma ASTM D2632. Se midió la resiliencia del ejemplo de acuerdo con la invención y de los materiales comparativos y los resultados se desvelan en la Tabla 13. Todas las formulaciones se mezclaron en una relación en peso de mezcla 1:1 y se curaron a temperatura ambiente durante la noche durante 16 horas. Un peso cae sobre la
- 20

muestra de ensayo y rebota sobre la muestra de ensayo cuando golpea la muestra. Cuando el peso golpea la muestra y rebota alto, es más resiliente. Cuando el peso no rebota tan alto, el material es menos resiliente.

Tabla 13. Medición de resiliencia de algunos de los productos curados.

Muestra curada	Resiliencia (Número de unidades)
Formulación 5 (Invención)	14
Formulación 7 (Invención)	10
Formulación 4 (Invención)	10
Formulación 6 (Invención)	13
Formulación 8 (Invención)	5
Formulación 9 (Invención)	8
Formulación 10 (Invención)	20
Formulación 11 (Invención)	0
Formulación 12 (Invención)	1
Formulación 13 (Invención)	1
Formulación 14 (Invención)	6
Formulación 15 (Invención)	8
Formulación 16 (Invención)	6
Formulación 17 (comparativa)	61
Formulación 18 (comparativa)	64

La Tabla 13 muestra que la formulación comparativa tiene una mayor resiliencia y trasladará la vibración a través de los materiales más fácilmente, mientras que las formulaciones curadas de acuerdo con la invención tienen una menor resiliencia.

"Tan delta" es una forma abreviada de los términos "Tangente de Delta". La tan delta cuantifica la forma en que un material absorbe y dispersa energía. Expresa la relación temporal desfasada entre una fuerza de impacto y la fuerza resultante que se transmite al cuerpo de soporte. La tan delta también se conoce como Factor de Pérdida debido a esta pérdida de energía de la fuerza de impacto a través de la conversión en una forma de energía más segura y la dispersión de la misma. Por lo tanto, la tan delta es, en última instancia, una indicación de la eficacia de las capacidades de amortiguación de un material. Cuanto mayor sea la tan delta, mayor será el coeficiente de amortiguación y más eficiente será el material para lograr eficazmente la absorción y dispersión de energía. La tan delta es igual a la relación del módulo de pérdida sobre el módulo de almacenamiento o $\tan(\delta) = G''/G'$. G'' = módulo de pérdida y G' = módulo de almacenamiento. Los valores más altos se correlacionan con un material que amortigua más eficazmente que aquellos con valores más bajos.

La Tabla 14 a continuación muestra que los ejemplos de los materiales inventivos amortiguan mejor que el material comparativo.

Tabla 14. Mediciones de tan delta de algunos de los productos curados

Muestra curada	Número Tan Delta de unidades
Formulación 5 (Invención)	18,2679
Formulación 7 (Invención)	17,7256
Formulación 4 (Invención)	24,1223
Formulación 6 (Invención)	22,9557
Formulación 18 (comparativa)	12,6070
Formulación 19 (comparativa)	8,7501

Las mediciones de tan delta se realizaron usando un Anton Parr MCR 302 a 25 °C. Se midieron G'' y G' a medida que el material curaba. La tan delta se calculó a partir de estos dos valores. La muestra curada de las espumas sintéticas de silicona preparadas a partir de composiciones de organopolisiloxanos de tipo curado por adición de acuerdo con una realización preferida de la invención podría usarse ventajosamente como material amortiguador y cumplir el

objetivo buscado requerido dentro del campo de los vehículos eléctricos que busca ansiosamente una estrategia de control de la amortiguación para minimizar las oscilaciones del tren motriz.

- 5 Se midió la resistencia a la llama de 3 materiales curados de acuerdo con la invención y se citan en la Tabla 15. Todas las formulaciones sometidas a ensayo fueron autoextinguibles.

Tabla 15. La resistencia a las llamas es resultado de algunos materiales curados de acuerdo con la invención.

Muestras curadas	Tiempo de combustión de la llama después de 10 s de combustión	Tiempo de combustión de la llama después de los 2. ^{os} 10 s de combustión	Tiempo de brillo después de los 2. ^{os} 10 s de combustión
	<i>segundos</i>	<i>segundos</i>	<i>segundos</i>
Formulación 7 (Invención)	68,0	0,0	0,0
Formulación 4 (Invención)	46,0	0,0	0,0
Formulación 6 (Invención)	48,6	0,0	0,0

10 IV) Parte III de los Ejemplos

Tabla 16. Formulación 20 - Invención

Parte A	Porcentaje en peso
Organopolisiloxano A1	84,1263 %
Catalizador C	0,0337 %
Perlas de vidrio huecas D2	15,8400 %
Total	100,0000 %
Parte B	Porcentaje en peso
Organopolisiloxano A1	65,551 %
Organopolisiloxano B1 (CE)	16,778 %
Organopolisiloxano B2 (XL)	1,830 %
Controlador de velocidad de curado G2	0,001 %
Perlas de vidrio huecas D2	15,840 %
Total	100,000 %

- 15 La Formulación 20 (composición de organopolisiloxano de tipo curado por adición) se usa para preparar una espuma sintáctica de caucho de silicona y se compara con la espuma sintáctica de caucho de silicona preparada a partir de la formulación 21 (producto curado por condensación catalizada por estaño). Los ingredientes se describen respectivamente en las Tablas 16 y 17.

20 Tabla 17. Formulación 21 - Espuma sintáctica de caucho de silicona curada por condensación -

Formulación comparativa 12 curada por condensación	Porcentaje en peso
*Dimetilsilanol polidimetilsiloxano bloqueado en los extremos α, ω con una viscosidad de aproximadamente 3500 mPa-s.	70,16 %
Perlas de vidrio huecas D2	15,84 %
Hi Pro Green - Catalizador de curado a base de estaño con alcoxi silanos para curar siloxano funcional de silanol - El producto es comercializado por Elkem Silicones USA Corporation en York, Carolina del Sur, EE.UU.	5,00 %
Total	91,00 %

Los conjuntos de baterías pueden tener distancias grandes de manera que el material aislante (el precursor líquido, antes de la reticulación, de la espuma sintáctica de silicona de acuerdo con la invención) debe recorrer desde el aire

exterior cuando rellena el conjunto. La formulación comparativa 21 descrita anteriormente necesita humedad del aire para curarse rápidamente. La formulación se mezcló a 25 °C y se dejó reposar a esa temperatura hasta que se hubo curado lo suficiente como para poder tomar una lectura inicial del durómetro. La formulación comparativa 21 curable por condensación también se preparó y se dejó reposar de la misma manera que la formulación de la invención 20. Ambas muestras se prepararon y después se dejaron reposar después de verterlas en un plato de aluminio que tenía material de 1 cm de espesor y 5,2 cm de diámetro. Una cara de 5,2 cm del material quedó expuesta al aire y ningún aire (ni humedad del aire) podía moverse a través del fondo o los lados del plato de aluminio. Esta configuración es representativa de lo que podría suceder en un conjunto de baterías típico. Podría haber aire con humedad sobre una cara del material de encapsulado de una batería, mientras que gran parte del material está debajo de esa superficie dependiendo de la humedad para migrar a través de la mayor parte del material de encapsulación.

Con respecto a la formulación 20 de la invención, se necesitaron aproximadamente 12 minutos para poder medir el durómetro del material en un intervalo Shore A. El durómetro era de aproximadamente 15 Shore A. Al cabo de una hora el durómetro era de 50 Shore A. Formulaciónes similares alcanzaron aproximadamente 52-54 Shore A en ejemplos anteriores. Cuando se comprobó la formulación curable por condensación 21, tomó hasta 1 hora y 42 minutos antes de que se pudiera realizar una medición de durómetro, y el valor fue de 11,7 Shore A. Cuando se presionó la muestra con la mano y después se extrajo una segunda muestra (equivalente en un plato) aparte, se descubrió que la mitad inferior de la muestra todavía estaba líquida. La muestra de ensayo sólo se curó en una capa en la parte superior. Esto indica que el material curado por condensación requiere un tiempo significativamente más largo para curarse en una configuración de ensayo representativa que la formulación de la invención. Sería ventajoso si el material curase más rápidamente para acelerar los tiempos de producción cuando se encapsulan conjuntos de baterías.

Se sometió a ensayo otro sistema de curado, un sistema de curado con peróxido. Sin embargo, los peróxidos normalmente requieren calor para curarse, por lo que esto ya es una desventaja. Como se ha mostrado anteriormente, puede hacerse que la formulación de la invención 11 se cure muy rápidamente si así se desea, y no se requiere calor ni energía para calentar.

Como a continuación se describe una formulación comparativa de peróxido 22 en la Tabla 18:

Tabla 18. Formulación 22 - Formulación 22 comparativa curada con peróxido con una relación en peso de mezcla 1:1 de las Partes A y B

Parte A	Porcentaje en peso
Perlas de vidrio huecas D2	15,84 %
Organopolisiloxano A2	84,16 %
Total	100,00 %
Parte B	Porcentaje en peso
Perlas de vidrio huecas D2	15,84 %
Organopolisiloxano A2	62,54 %
Organopolisiloxano A3	21,02 %
DBPH*	0,61 %
Total	100,01 %

- *DBPH = Varox® = consiste en más del 90 % en peso de 2,5-dimetil-2,5-di(t-butilperoxi)hexano y es comercializado por R. T. Vanderbilt

- Organopolisiloxano **A3**: Poli(metilvinil)(dimetil)siloxano con unidades terminales de dimetilvinilsililo con una viscosidad a 25 °C = 390 mPa.s;

Class y Grasso sugieren curar las siliconas con un catalizador de DBPH a 177 °C durante una hora (referencia: Class, J. B.; Grasso, R. P., *The Efficiency of Peroxides for Curing Silicone Elastomers, Rubber Chemistry and Technology*, septiembre de 1993, vol. 66, N.º 4, págs. 605-622). Los presentes inventores también siguieron este consejo al curar su formulación. No se realizó ningún postcurado.

Se usó el mismo tipo de recipiente para sujetar el material durante el curado (plato de aluminio, una cara abierta, 5,2 cm de diámetro y 1 cm de espesor del material vertido). Se mantuvo una cara abierta, porque al realizar la encapsulación, es común verter en un recipiente y curar el material al aire libre. Colocar una tapa en el recipiente para mantener el aire fuera sería un coste adicional por la tapa y tiempo adicional para colocar la tapa en un entorno de producción. Cuando se curó durante una hora a 177 °C, la muestra se retiró del horno. La superficie que da al aire no se curó. Este no es un fenómeno inusual, pero se sometió a ensayo en estas formulaciones para ver si una formulación similar a la formulación de la invención tendría los problemas observados en otras formulaciones de silicona curadas

con peróxido. Una vez que se retiró la capa sin curar, la formulación 22 de elastómero comparativo de peróxido curado tenía un durómetro de 20 Shore A.

En la industria normalmente se usan tres formas de eliminar la falta de curado en una interfaz que contiene oxígeno:

- Eliminación del oxígeno de la zona de curado mediante el uso de gas inerte, mediante el uso de ceras que migran a la superficie y forman una barrera, o mediante el uso de películas que están en contacto directo con el recubrimiento.
- Aumento de la concentración de radicales libres al aumentar el nivel de peróxido.
- Uso de productos químicos que reaccionen con los radicales peroxi.

Todas estas soluciones a la falta de curado pueden funcionar. Sin embargo, todavía sería necesario calentar la muestra y la implementación de las soluciones requeriría formulaciones mucho más complicadas que cambien el elastómero curado (es decir, ceras, productos químicos que reaccionan con los radicales peroxi, etc.) y formulaciones más caras (es decir, más radicales peróxido libres).

IV) Parte III de los Ejemplos

Las Formulaciones 23 a 27 se prepararon de acuerdo con la Tabla 19. Se midieron la conductividad térmica (W/mK) y el peso específico (g/cm³). La conductividad térmica se midió usando un dispositivo de ensayo Thermtest Hot Disk TPS (Transient Plane Source) 2500S.

Tabla 19 - Formulaciones 23, 24, 25, 26 y 27

Relación de mezcla 1:1 en peso	Formulación 23 (Invención)	Formulación 24 (Invención)	Formulación 25 (Invención)	Formulación 26 (Invención)	Formulación 27 (Invención)
Parte A					
Organopolisiloxano	89,09 %	89,09 %	89,09 %	89,09 %	89,09 %
A2					
Perlas de vidrio huecas	9,09 %	9,09 %	9,09 %	9,09 %	9,09 %
D3					
Catalizador C-MB	1,82 %	1,82 %	1,82 %	1,82 %	1,82 %
Total	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %
Parte B					
Organopolisiloxano	83,131 %	80,627 %	78,124 %	75,612 %	74,097 %
A2					
Perlas de vidrio huecas	9,091 %	9,091 %	9,091 %	9,091 %	9,091 %
D3					
Organopolisiloxano	7,015 %	8,479 %	9,943 %	13,918 %	13,640 %
B1 (CE)					
Diluyente reactivo E	0,000 %	0,909 %	1,818 %	0,000 %	1,818 %
Organopolisiloxano	0,625 %	0,756 %	0,886 %	1,241 %	1,216 %
B2 (XL)					
Controlador de velocidad de curado	0,138 %	0,138 %	0,138 %	0,138 %	0,138 %
G3-MB					
Total	100,000 %	100,000 %	100,000 %	100,000 %	100,000 %
Relación molar de (H como SiH)/vinilo	0,72	0,72	0,72	1,50	1,00

ES 2 978 039 T3

Relación de mezcla 1:1 en peso	Formulación 23 (Invención)	Formulación 24 (Invención)	Formulación 25 (Invención)	Formulación 26 (Invención)	Formulación 27 (Invención)
Forma cuando está curada	Gel pegajoso	Gel pegajoso	Gel pegajoso	Elastómero blando	Gel/Elastómero
Conductividad térmica W/mK	0,18	0,17	0,18	0,18	0,18
Peso específico de la espuma sintáctica ASTM D 792, 23 °C	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87

REIVINDICACIONES

1. Un conjunto de baterías secundarias que comprende:
 - al menos una carcasa **102** del módulo de baterías en el que se dispone una pluralidad de celdas **103** de baterías que están conectadas eléctricamente entre sí,
 - una espuma sintáctica de caucho de silicona que comprende un aglutinante de caucho de silicona y perlas de vidrio huecas, y dicha espuma sintáctica de caucho de silicona rellena parcial o totalmente el espacio abierto de dicha carcasa **102** del módulo de baterías y/o que cubre parcial o totalmente dichas celdas **103** de baterías y/o que cubre parcial o totalmente dicha carcasa **102** del módulo, y
 - opcionalmente una tapa que cubre la carcasa **102** del módulo de baterías.
2. Un conjunto de baterías secundarias de acuerdo con la reivindicación 1, en donde las celdas **103** de baterías son del tipo de iones de litio.
3. Un conjunto de baterías secundarias de acuerdo con la reivindicación 1, en donde dicha espuma sintáctica de caucho de silicona se obtiene curando una composición **X** de organopolisiloxano de tipo curado por adición.
4. Un conjunto de baterías secundarias de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende además una pluralidad de miembros de disipación de calor que se disponen en dos o más interfaces entre las celdas de baterías, y al menos un miembro de intercambio de calor que interconecta integralmente los miembros de disipación de calor que está montado en un lado de la carcasa **102** del módulo de baterías, mediante el cual el miembro de intercambio de calor elimina el calor generado por las celdas de baterías durante la carga y descarga de las celdas de baterías.
5. Un conjunto de baterías secundarias de acuerdo con la reivindicación 4, en donde los miembros de disipación de calor están hechos de un material conductor térmico que presenta una alta conductividad térmica y el miembro de intercambio de calor está provisto de uno o más canales de refrigerante para permitir que un refrigerante tal como un líquido o un gas fluya allí.
6. Un conjunto de baterías secundarias de acuerdo con la reivindicación 1, en donde las perlas de vidrio huecas son microesferas de vidrio de borosilicato huecas.
7. Un conjunto de baterías secundarias de acuerdo con la reivindicación 6, en donde las microesferas de vidrio de borosilicato huecas tienen una densidad verdadera que varía de 0,10 gramos por centímetro cúbico a 0,65 gramos por centímetro cúbico.
8. Un conjunto de baterías secundarias de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el nivel de perlas de vidrio huecas es de hasta el 80 % del volumen de carga en la espuma sintáctica de caucho de silicona, y preferentemente de entre el 5 % y el 70 % del volumen de carga de la espuma sintáctica de caucho de silicona.
9. Un conjunto de baterías secundarias de acuerdo con la reivindicación 1, en donde dicha espuma sintáctica de caucho de silicona se usa como material de encapsulación dispuesto en dicha carcasa **102** del módulo de baterías para encapsular al menos parcialmente dicha pluralidad de celdas **103** de baterías y/o fuera de la carcasa **102** del módulo de baterías para encapsular al menos parcialmente dicha carcasa **102** del módulo de baterías.
10. Un conjunto de baterías secundarias de acuerdo con la reivindicación 3, en donde la composición **X** de organopolisiloxano de tipo curado por adición comprende:
 - a) al menos un organopolisiloxano **A** que tiene al menos dos grupos alquenoil unidos a silicio por molécula, conteniendo cada uno de dichos grupos alquenoil de 2 a 14 átomos de carbono, preferentemente dichos grupos alquenoil se eligen del grupo que consiste en vinilo, alilo, hexenilo, decenilo y tetradecenilo, y mucho más preferentemente dichos grupos alquenoil son grupos vinilo,
 - b) al menos un compuesto de silicio **B** que tiene al menos dos y preferentemente al menos tres átomos de hidrógeno unidos a silicio por molécula,
 - c) perlas de vidrio huecas **D** y preferentemente microesferas de vidrio de borosilicato huecas,
 - d) un catalizador de hidrosililación **C**,
 - e) opcionalmente al menos un controlador de velocidad de curado **G** que ralentiza la velocidad de curado,
 - f) opcionalmente al menos un diluyente reactivo **E** que reacciona a través de una reacción de hidrosililación, y
 - g) opcionalmente al menos un aditivo **H** tal como un pigmento, un tinte, arcillas, un tensioactivo, aceite de ricino hidrogenado, wollastonita, trihidrato de aluminio, hidróxido de magnesio, haloisita, huntita hidromagnesita, grafito expandible, borato de cinc, mica o sílice pirógena.
11. Un proceso para la preparación de un conjunto de baterías secundarias como se define en las reivindicaciones 3 o 10 que comprende las etapas de:
 - a) preparar al menos una carcasa **102** del módulo de baterías en el que se dispone una pluralidad de celdas **103** de baterías que están conectadas eléctricamente entre sí,
 - b) introducir en la dicha carcasa **102** del módulo de baterías la composición **X** de organopolisiloxano de tipo curado por adición como se define en la reivindicación 3 u 11,

- c) rellenar total o parcialmente dicha carcasa **102** del módulo de baterías, y
- d) permitir que se produzca el curado para formar una espuma sintáctica de caucho de silicona que comprenda un aglutinante de caucho de silicona y perlas de vidrio huecas, y opcionalmente
- e) cubrir la carcasa **102** del módulo de baterías con una tapa.

12. Un proceso de acuerdo con la reivindicación 11, en donde la preparación de la composición **X** de organopolisiloxano de tipo curado por adición que comprende las etapas de:

- a) alimentar en una línea de alimentación de base una base de silicona líquida **MS1** que comprende:
 - i) al menos un organopolisiloxano **A** que tiene al menos dos grupos alquenoil unidos a silicio por molécula, conteniendo cada uno de dichos grupos alquenoil de 2 a 14 átomos de carbono, preferentemente dichos grupos alquenoil se eligen del grupo que consiste en vinilo, alilo, hexenilo, decenilo y tetradecenilo, y mucho más preferentemente dichos grupos alquenoil son grupos vinilo,
 - ii) perlas de vidrio huecas **D** y preferentemente microesferas de vidrio de borosilicato huecas **D1**,
 - iii) al menos un compuesto de silicio **B** que tiene al menos dos y preferentemente al menos tres átomos de hidrógeno unidos a silicio por molécula, y
 - iv) opcionalmente un controlador de velocidad de curado **G** que ralentiza la velocidad de curado,
- b) alimentar en una línea de alimentación de catalizador una mezcla madre de catalizador **MC** que comprende:
 - i) al menos un catalizador de hidrosililación **C**; y
 - ii) opcionalmente, al menos un organopolisiloxano **A** que tiene al menos dos grupos alquenoil unidos a silicio por molécula, conteniendo cada uno de dichos grupos alquenoil de 2 a 14 átomos de carbono, preferentemente dichos grupos alquenoil se eligen del grupo que consiste en vinilo, alilo, hexenilo, decenilo y tetradecenilo, y mucho más preferentemente dichos grupos alquenoil son grupos vinilo;
- c) alimentar en una línea de alimentación de inhibidor una mezcla madre de inhibidor **MI** que comprende:
 - i) un controlador de velocidad de curado **G** que ralentiza la velocidad de curado; y
 - ii) opcionalmente, al menos un organopolisiloxano **A** que tiene al menos dos grupos alquenoil unidos a silicio por molécula, conteniendo cada uno de dichos grupos alquenoil de 2 a 14 átomos de carbono, preferentemente dichos grupos alquenoil se eligen del grupo que consiste en vinilo, alilo, hexenilo, decenilo y tetradecenilo, y mucho más preferentemente dichos grupos alquenoil son grupos vinilo;
- d) opcionalmente alimentar en una línea de alimentación de aditivos una mezcla madre de aditivo **MA** que comprende:
 - i) al menos un aditivo **H** tal como un pigmento, un tinte, arcillas, un tensioactivo, aceite de ricino hidrogenado, wollastonita, trihidrato de aluminio, hidróxido de magnesio, haloisita, huntita, hidromagnesita, grafito expandible, borato de cinc, mica o sílice pirógena, y
 - ii) opcionalmente al menos un organopolisiloxano **A** que tiene al menos dos grupos alquenoil unidos a silicio por molécula, conteniendo cada uno de dichos grupos alquenoil de 2 a 14 átomos de carbono, preferentemente dichos grupos alquenoil se eligen del grupo que consiste en vinilo, alilo, hexenilo, decenilo y tetradecenilo, y mucho más preferentemente dichos grupos alquenoil son grupos vinilo; y
- e) dirigir dicha base de silicona líquida **MS1**, dicha mezcla madre de catalizador **MC** y dicha mezcla madre de inhibidor **MI** y opcionalmente dicha mezcla madre de aditivo **MA** en un tanque para obtener la composición **X** de organopolisiloxano de tipo curado por adición.

13. Un proceso de acuerdo con la reivindicación 11, en donde la preparación de la composición **X** de organopolisiloxano de tipo curado por adición que comprende las etapas de:

- a) alimentar en una línea de alimentación de base una base de silicona líquida **MS2** que comprende:
 - i) al menos un organopolisiloxano **A** que tiene al menos dos grupos alquenoil unidos a silicio por molécula, conteniendo cada uno de dichos grupos alquenoil de 2 a 14 átomos de carbono, preferentemente dichos grupos alquenoil se eligen del grupo que consiste en vinilo, alilo, hexenilo, decenilo y tetradecenilo, y mucho más preferentemente dichos grupos alquenoil son grupos vinilo, y
 - ii) al menos un compuesto de silicio **B** que tiene al menos dos y preferentemente al menos tres átomos de hidrógeno unidos a silicio por molécula,
 - iii) opcionalmente un controlador de velocidad de curado **G** que ralentiza la velocidad de curado,
- b) alimentar en una línea de alimentación de catalizador una mezcla madre de catalizador **MC** que comprende:
 - i) al menos un catalizador de hidrosililación **C**; y
 - ii) opcionalmente, al menos un organopolisiloxano **A** que tiene al menos dos grupos alquenoil unidos a silicio por molécula, conteniendo cada uno de dichos grupos alquenoil de 2 a 14 átomos de carbono, preferentemente dichos grupos alquenoil se eligen del grupo que consiste en vinilo, alilo, hexenilo, decenilo y tetradecenilo, y mucho más preferentemente dichos grupos alquenoil son grupos vinilo;
- c) alimentar en una línea de alimentación de inhibidor una mezcla madre de inhibidor **MI** que comprende:
 - i) un controlador de velocidad de curado **G** que ralentiza la velocidad de curado; y
 - ii) opcionalmente, al menos un organopolisiloxano **A** que tiene al menos dos grupos alquenoil unidos a silicio por molécula, conteniendo cada uno de dichos grupos alquenoil de 2 a 14 átomos de carbono, preferentemente dichos grupos alquenoil se eligen del grupo que consiste en vinilo, alilo, hexenilo, decenilo y tetradecenilo, y mucho más preferentemente dichos grupos alquenoil son grupos vinilo;
- d) opcionalmente alimentar en una línea de alimentación de aditivos una mezcla madre de aditivo **MA** que comprende:
 - i) al menos un aditivo **H** tal como un pigmento, un tinte, arcillas, un tensioactivo, aceite de ricino hidrogenado, wollastonita, trihidrato de aluminio, hidróxido de magnesio, haloisita, huntita, hidromagnesita, grafito expandible, borato de cinc, mica o sílice pirógena, y

- ii) opcionalmente al menos un organopolisiloxano **A** que tiene al menos dos grupos alqueno unidos a silicio por molécula, conteniendo cada uno de dichos grupos alqueno de 2 a 14 átomos de carbono, preferentemente dichos grupos alqueno se eligen del grupo que consiste en vinilo, alilo, hexenilo, decenilo y tetradecenilo, y mucho más preferentemente dichos grupos alqueno son grupos vinilo;
- 5 e) dirigir dicha base de silicona líquida **MS2**, dicha mezcla madre de catalizador **MC** y dicha mezcla madre de inhibidor **MI** y opcionalmente dicha mezcla madre de aditivo **MA** en un tanque de agitación; y
- f) hacer funcionar dicho tanque de agitación, mezclando de este modo dicha base de silicona líquida **MS1**, dicha mezcla madre de catalizador **MC** y dicha mezcla madre de inhibidor **MI** y opcionalmente dicha mezcla madre de aditivo **MA** preferentemente usando un mezclador de alto flujo y baja cizalla, y
- 10 g) añadir perlas de vidrio huecas **D** y preferentemente microesferas de vidrio de borosilicato huecas **D1** en dicho tanque de agitación, preferentemente por medio del uso de descarga por gravedad o alimentador de tornillo para obtener la composición **X** de organopolisiloxano de tipo curado por adición.
14. Un conjunto de baterías secundarias de acuerdo con la reivindicación 1 que se ubica dentro de un vehículo.
- 15 15. Un conjunto de baterías secundarias de acuerdo con la reivindicación 1 que se ubica en un vehículo de motor automotriz.
- 20 16. Un conjunto de baterías secundarias de acuerdo con la reivindicación 1 que se ubica en un vehículo totalmente eléctrico (EV), un vehículo híbrido enchufable (PHEV), un vehículo híbrido (HEV).
17. Un conjunto de baterías secundarias de acuerdo con la reivindicación 1 que se ubica en: un avión, un bote, un barco, un tren o una unidad de pared.

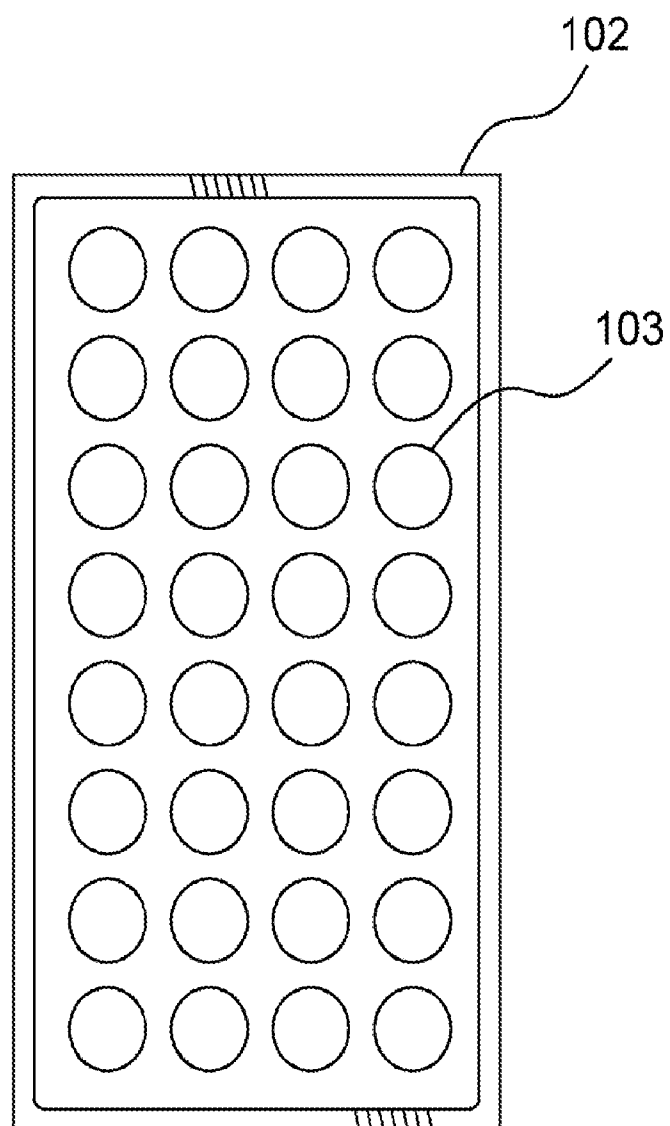


FIG. 1

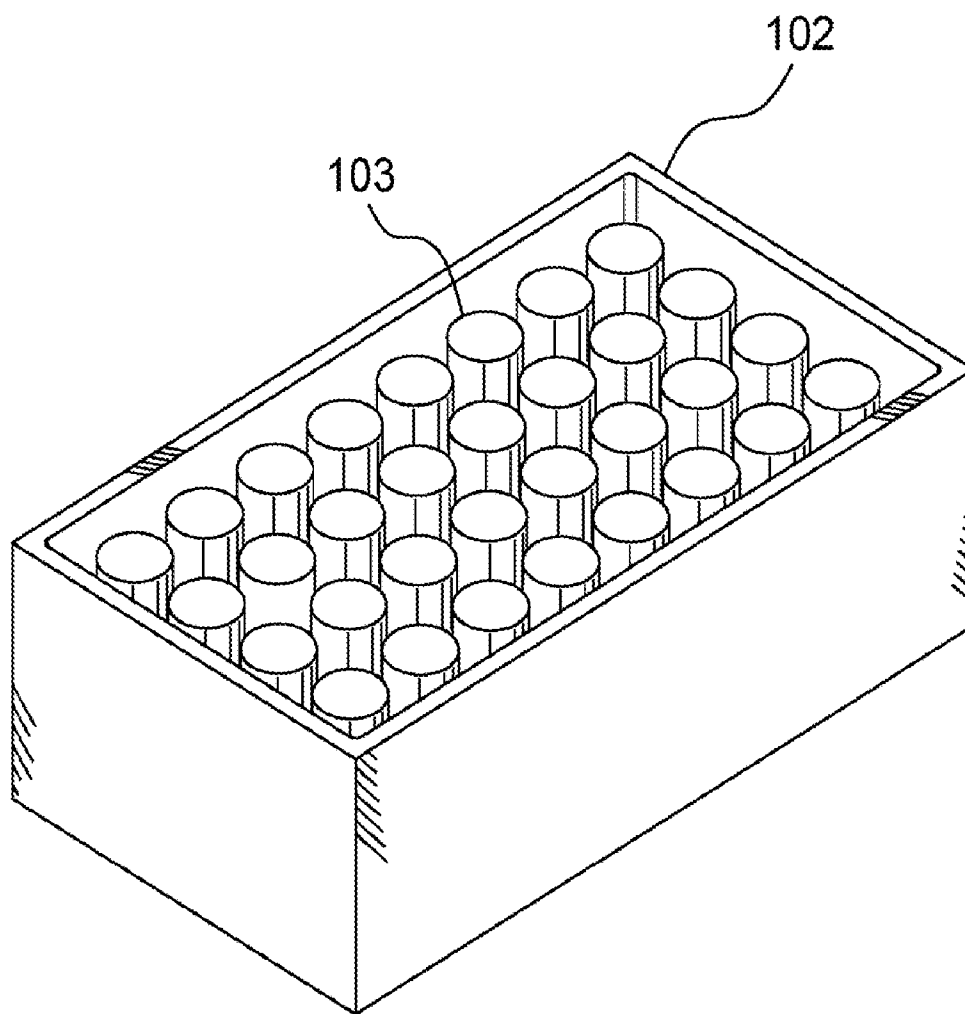


FIG. 2

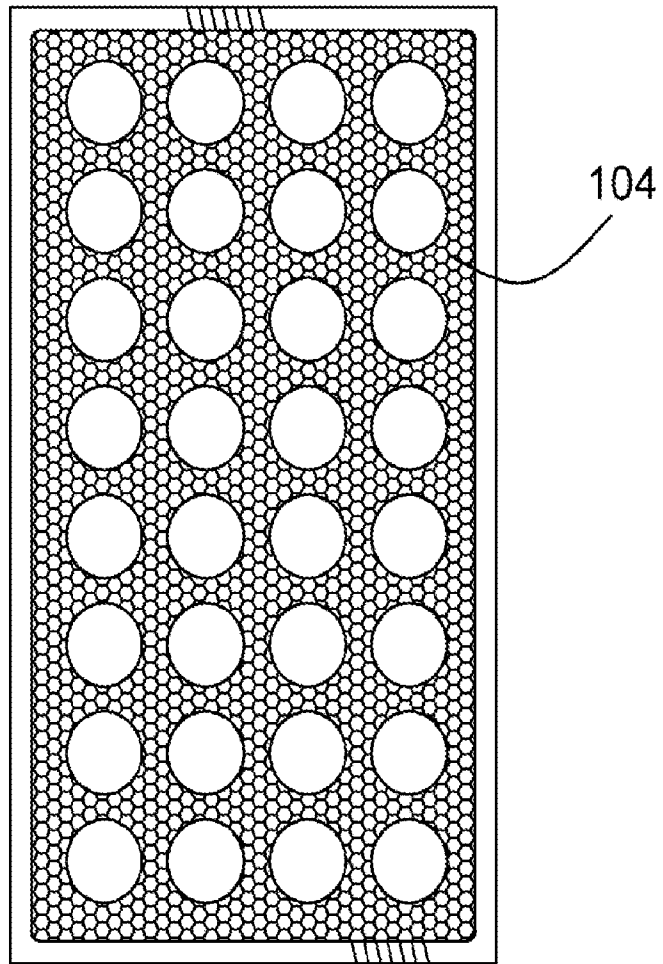


FIG. 3

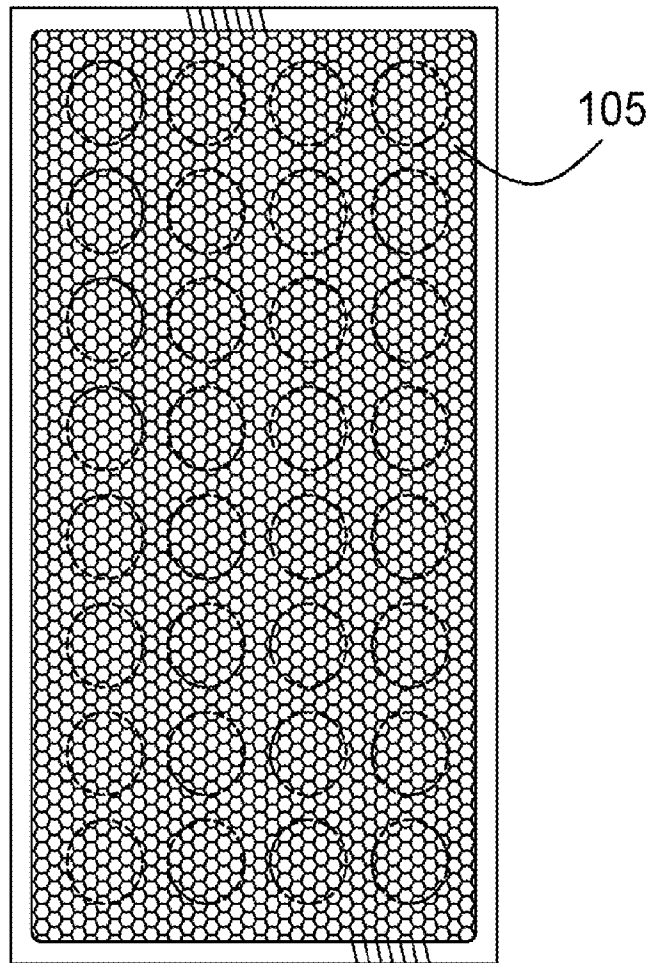


FIG. 4

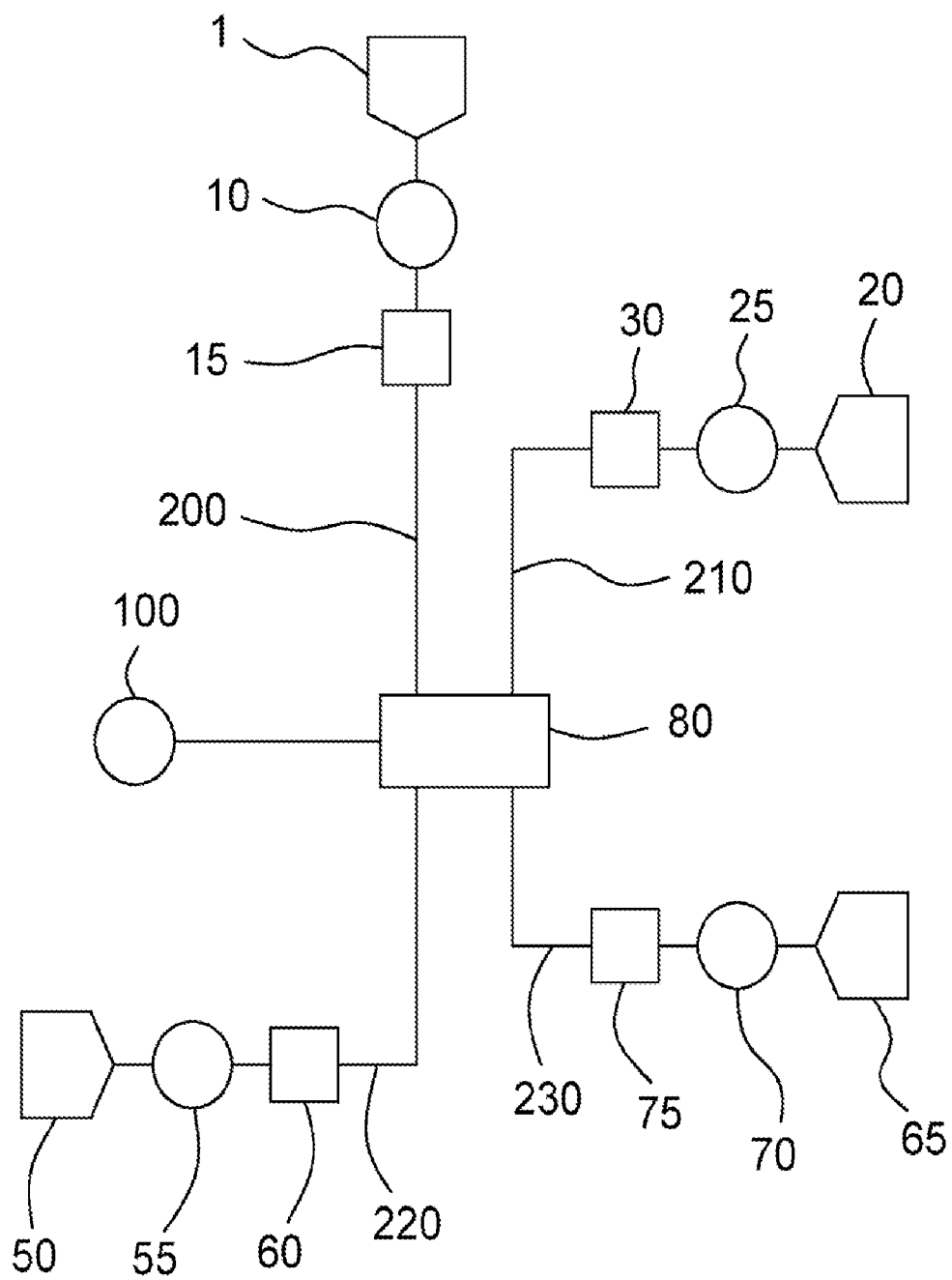


FIG. 5

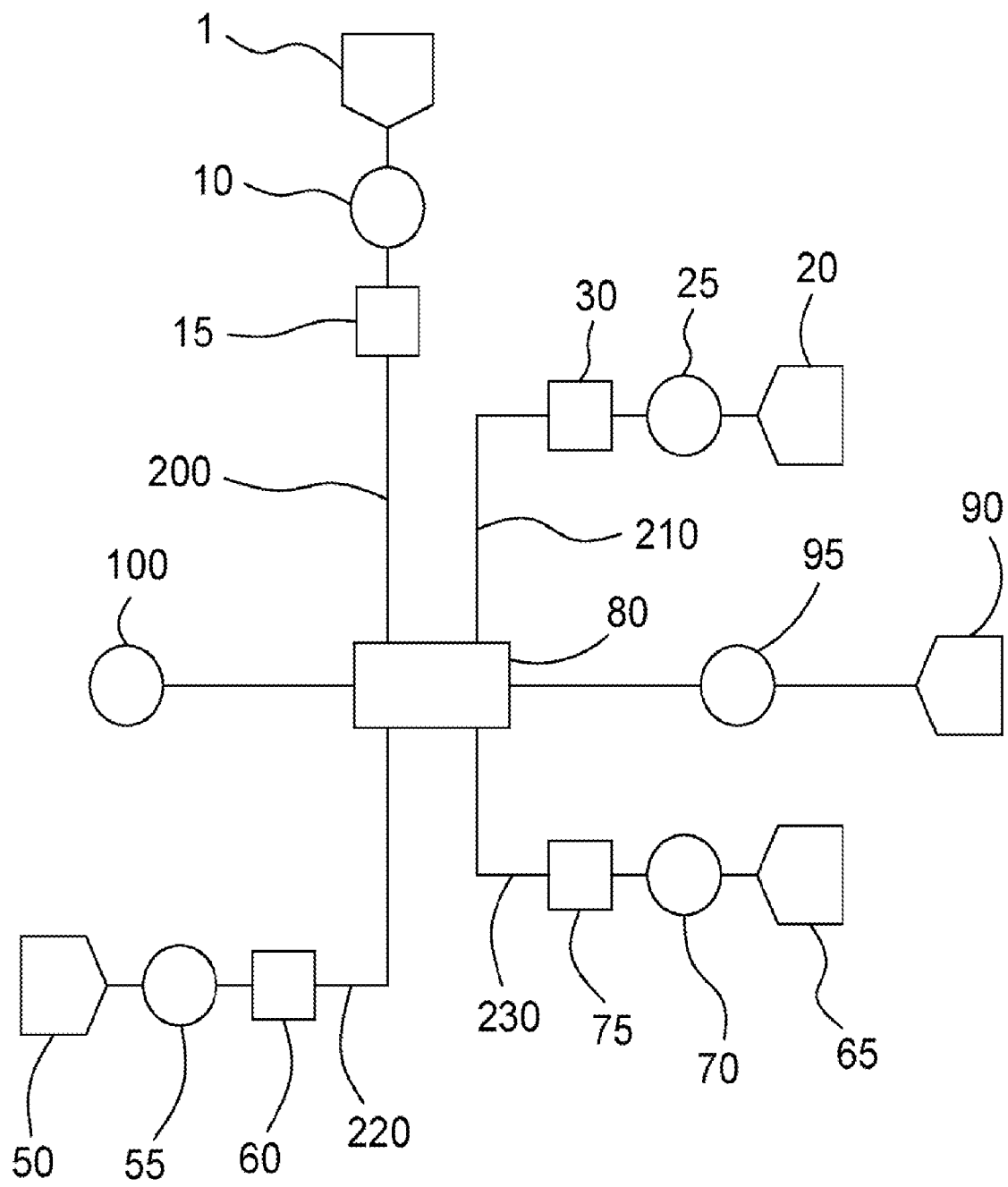


FIG. 6