



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

⑪ Número de publicación: **2 275 318**

⑤① Int. Cl.:  
**B60K 6/04** (2006.01)

⑫

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

⑧⑥ Número de solicitud europea: **98958661 .5**

⑧⑥ Fecha de presentación : **20.11.1998**

⑧⑦ Número de publicación de la solicitud: **0954454**

⑧⑦ Fecha de publicación de la solicitud: **10.11.1999**

⑤④ Título: **Vehículo eléctrico híbrido y sistema de propulsión.**

③⑩ Prioridad: **24.11.1997 US 979340**

④⑤ Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**01.06.2007**

④⑤ Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**01.06.2007**

⑦③ Titular/es: **OVONIC BATTERY COMPANY, Inc.**  
**1707 Northwood Dr.**  
**Troy, Michigan 48084, US**

⑦② Inventor/es: **Ovshinsky, Stanford, R. y**  
**Stempel, Robert, C.**

⑦④ Agente: **Curell Suñol, Marcelino**

**ES 2 275 318 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

Vehículo eléctrico híbrido y sistema de propulsión.

5 **Campo de la invención**

La presente invención se refiere, en general, a un sistema de impulsión de vehículo eléctrico híbrido según el preámbulo de la reivindicación 1, así como a un vehículo eléctrico híbrido que comprende de dicho sistema de impulsión.

10 **Antecedentes de la invención**

En el pasado, el desarrollo de baterías para automóviles de nivel avanzado, para propulsión de vehículos, ha estado orientado principalmente a satisfacer la necesidad de sistemas de propulsión completamente eléctricos para dichos vehículos. Con este fin, Stanford Ovshinsky y sus equipos de desarrollo de baterías en Energy Conversion Devices, Inc. y Ovonic Battery Company, realizaron grandes avances en la tecnología de baterías de níquel e hidruro metálico para dichas aplicaciones.

Inicialmente, los desarrollos se concentraron en aleaciones de hidruros metálicos para formar los electrodos negativos de dichas baterías. Como resultado de sus investigaciones, pudieron aumentar, en gran medida, las características de almacenamiento de hidrógeno reversible que se requieren para aplicaciones de baterías eficientes y económicas así como fabricar baterías capaces de almacenamiento de energía de alta densidad, reversibilidad eficiente, alto rendimiento eléctrico, almacenamiento de hidrógeno másico eficiente sin cambios estructurales ni dopaje, vida de ciclo larga y descarga profunda repetida. Las características mejoradas de estas aleaciones "Ovonic" muy desordenadas, como de este modo se les denomina en la actualidad, resulta de modelar específicamente el orden químico local y de este modo, el orden estructural local mediante la materialización de elementos modificadores seleccionados en una matriz anfitrión.

Las aleaciones de hidruros metálicos desordenados presentan una densidad sustancialmente aumentada de sitios catalíticamente activos y sitios de almacenamiento en comparación con los materiales cristalinos composicionalmente homogéneos multifásicos. Estos sitios adicionales son responsables de una mejora de rendimiento de la carga/descarga electroquímica y un aumento en la capacidad de almacenamiento de energía eléctrica. La naturaleza y el número de sitios de almacenamiento puede diseñarse también con independencia de los sitios catalíticamente activos. Más en particular, estas aleaciones están "hechas a medida" para permitir un almacenamiento másico de los átomos de hidrógeno disociados en fuertes enlaces dentro del intervalo de reversibilidad adecuada para uso en aplicaciones de baterías secundarias.

Se formularon algunos materiales de almacenamiento de hidrógeno electroquímico muy eficientes, basados en los materiales desordenados descritos anteriormente. Se trata de materiales activos de tipo Ti-V-Zr-Ni tales como se dan a conocer en la patente US nº 4.551.400 (la patente '400') para Sapru, Hong, Fetcenko y Venkatesan. Estos materiales forman, de modo reversible, hidruros para almacenar hidrógeno. Todos los materiales utilizados en esta patente '400' utilizan una composición de TI-V-Ni genérica, en la que por lo menos Ti-V y Ni están presentes y se pueden modificar con Cr, Zr y Al. Los materiales de esta patente '400' son materiales multifásicos, que pueden contener, sin limitación, una o más fases con estructuras cristalinas de tipo C<sub>14</sub> y C<sub>15</sub>.

Además, se utilizan otras aleaciones de Ti-V-Zr-Ni para electrodos negativos de almacenamiento de hidrógeno recargables. Una familia de dichos materiales es la que se describe en la patente US nº 4.728.586 ("la patente '586") para Venkatesan, Reichman Fetcenko. Esta patente describe una subclase específica de estas aleaciones de Ti, V, Zr, Ni que comprenden Ti-V-Zr-Ni y un quinto componente, Cr. Además, esta última patente '586' menciona la posibilidad de aditivos y modificadores más allá de los componentes de Ti, V, Zr, Ni y Cr de las aleaciones y estudia, en general, aditivos y modificadores específicos, las cantidades e interacciones de estos modificadores y las ventajas particulares que se podrían esperar de ellos.

A diferencia de las aleaciones de Ovonic descritas anteriormente, las aleaciones anteriores se consideraron generalmente como materiales "ordenados" que presentaban diferentes características químicas, microestructurales y electromecánicas. El rendimiento de los antiguos materiales ordenados era deficiente, pero en los primeros años de la década de 1980, a medida que aumentó el grado de modificación (es decir, a medida que aumentó el número y la cantidad de modificadores elementales), su rendimiento comenzó a mejorar de forma notable. Esto se debe, en gran medida, al desorden aportado por los modificadores en cuanto a sus propiedades eléctricas y químicas. Esta evolución de las aleaciones desde una clase específica de materiales "ordenados" a las actuales aleaciones multicomponentes y multifase "desordenadas" se da a conocer en las patentes siguientes: (I) patente US nº 3.874.928; (II) patente US nº 4.214.043; (III) patente US nº 4.107.395; (IV) patente US nº 4.107.405; (V) patente US nº 4.112.199; (VI) patente US nº 4.125.688; (VII) patente US nº 4.214.043; (VIII) patente US nº 4.216.274; (IX) patente US nº 4.487.817; (X) patente US nº 605.603; (XII) patente US nº 4.696.873 y (XIII) patente US nº 4.699.856. (Estas referencias se exponen ampliamente en la patente US nº 5.096.667). Un estudio adicional está contenido en las patentes siguientes US nº 5.104.617; 5.238.756; 5.277.999; 5.407.761; 5.536.591; 5.506.069 y 5.554.456.

A continuación, Ovshinsky y sus equipos dirigieron su atención al electrodo positivo de las baterías. Actualmente, los electrodos positivos suelen ser electrodos de níquel empastados, constituidos por partículas de hidróxido de níquel

## ES 2 275 318 T3

en contacto con una red conductora de sustrato, que presenta preferentemente una gran área superficial. Se realizaron algunas variantes de estos electrodos comprendiendo los denominados electrodos de níquel encolados con plástico, que utilizan grafito como un microconductor y comprendiendo además los denominados electrodos de espuma-metal, que utilizan espuma de níquel de alta porosidad como un sustrato cargado con partículas esféricas de hidróxido de níquel y aditivos que mejoran la conductividad de cobalto. Los electrodos empastados del tipo de espuma-metal comenzaron a penetrar en el mercado de consumo debido a su bajo coste y más alta densidad de energía en relación con los electrodos de níquel sinterizado.

Desde el punto de vista convencional, la reacción de los electrodos de baterías de níquel se ha considerado como un proceso que implica la oxidación de hidróxido de níquel divalente al oxihidróxido de níquel trivalente en carga y posterior descarga de oxihidróxido de níquel trivalente a oxihidróxido de níquel divalente.

En la práctica, la capacidad electródica más allá de la capacidad teórica de transferencia de un electrón no se suele respetar. Una razón para ello es la utilización incompleta del material activo debido al aislamiento electrónico de material oxidado. Puesto que el material de hidróxido de níquel reducido tiene alta resistencia electrónica, la reducción de hidróxido de níquel adyacente al colector de corriente forma una superficie menos conductora que interfiere con la reducción posterior del material activo oxidado que llega más allá.

Ovshinsky y su equipo han desarrollado materiales de electrodos positivos que han demostrado una transferencia fiable de más de un electrón por átomo de níquel. Dichos materiales de electrodos positivos desordenados estables se describen en las patentes US nº 5.344.728; nº 5.348.822; nº 5.523.182; nº 5.569.563 y nº 5.567.599.

Como resultado de esta investigación en los materiales activos de electrodos positivos y negativos, la batería de níquel e hidruro metálico (NiMH) de Ovonic alcanzó una etapa de desarrollo avanzada para los vehículos eléctricos. Las baterías para vehículos eléctricos de Ovonic son capaces de impulsar un vehículo eléctrico a más de 595,46 kilómetros (debido a la potencia específica de aproximadamente 90 Wh/Kg), vida de ciclo larga (más de 1000 ciclos al 80% DOD - profundidad de descarga), tolerancia a los abusos y capacidad de recarga rápida (hasta un 60% en 15 minutos). Además, la batería de Ovonic ha demostrado más alta densidad de potencia cuando se evalúa para uso como una fuente de energía almacenada para vehículos eléctricos.

Como una alternativa a los vehículos eléctricos propiamente dichos, los vehículos eléctricos-híbridos (HCVs) han ganado popularidad puesto que presentan la capacidad técnica para cumplir el objetivo de triplicar la economía de combustible en la próxima década. Los vehículos híbridos utilizan la combinación de un motor de combustión y de un motor eléctrico impulsado por una batería y han sido ofrecidos en una diversidad de configuraciones.

Los sistemas híbridos han sido divididos en dos amplias categorías, a saber, sistemas en serie y en paralelo. En un sistema serie típica, se utiliza un motor de proporción eléctrica para impulsar el vehículo y se emplea el motor para recargar la batería. En un sistema en paralelo, el motor de combustión y el motor eléctrico se emplean para impulsar el vehículo y pueden funcionar en paralelo para esta finalidad.

Existen otras variantes con estas dos amplias categorías. Por ejemplo, existen sistemas que emplean una combinación de los sistemas de serie y paralelo. En el denominado sistema de “modo dual”, el modo de propulsión se puede seleccionar, bien sea por el operador, bien sea por un sistema informático, como un modo de propulsión “completamente eléctrico” o “completamente por motor”. En el sistema “alrededor de red” se utiliza un sistema principalmente eléctrico para la propulsión y se emplea el motor para las cargas máximas y/o para recargar la batería. En el sistema “potencia asistida” las cargas máximas se gestionan por el motor eléctrico impulsado por batería.

Se realiza otra división entre sistemas que son de “agotamiento de carga” en un caso y de “sostenimiento de carga” en otro caso. En el sistema de agotamiento de carga, la carga de la batería se agota gradualmente durante el uso del sistema y de este modo, la batería ha de recargarse periódicamente desde una fuente de alimentación exterior, tal como por medio de la conexión al sistema de alimentación eléctrica público. En el sistema de sostenimiento de carga, la batería es recargada durante el uso en el propio vehículo, a través del frenado regenerativo y además, por medio de la energía eléctrica suministrada desde un generador impulsado por el motor, de modo que la carga de la batería se mantenga durante el funcionamiento.

Existen numerosos tipos de sistemas diferentes que caen dentro de las categorías de “agotamiento de carga” y de “sostenimiento de carga” y por lo tanto, se dispone de numerosas variantes dentro de los ejemplos anteriores que han sido simplificadas para una descripción general de los diferentes tipos. Sin embargo, es preciso resaltar, en general, que los sistemas que son del tipo de “agotamiento de carga” suelen requerir una batería que presente una mayor capacidad de carga (y, de este modo, una mayor potencia específica) que los que son del tipo de “sostenimiento de carga” si se pretende alcanzar el funcionamiento un intervalo de impulsión comercialmente admisible (kilometraje entre recargas). A continuación se presentará una descripción más específica de los diversos tipos de sistemas de vehículos eléctricos híbrido (HEV), comprendiendo los tipos de “serie”, “paralelo” y “modo dual” y de la presente invención materializada en dichos sistemas.

En la presente solicitud, el término “motor de combustión” se utiliza para referirse a motores que funcionan con cualquier combustible conocido, hidrógeno o hidrocarburo basado en gasolina, alcohol o gas natural, en cualquier combinación.

## ES 2 275 318 T3

El empleo de sistemas de impulsión híbridos ofrece ventajas críticas para la economía de combustible y las ultra-bajas emisiones. Los motores de combustión consiguen un rendimiento máximo y niveles mínimos de emisiones cuando funcionan en o cerca de las condiciones de carga y velocidad de punto de diseño. Pequeños motores eléctricos son capaces de proporcionar valores muy elevados de potencia y par motor máximo. De este modo, la capacidad para utilizar un pequeño motor de combustión que funcione a máximo rendimiento, acoplado por un motor eléctrico que funcione a rendimiento máximo, ofrece una excelente combinación para reducir al mínimo las emisiones, proporcionando excelente economía de combustible y haciendo máxima la aceleración.

Una característica importante que permite la tecnología para los vehículos HEV es un sistema de almacenamiento de energía capaz de proporcionar una muy alta potencia pulsatoria combinada con alta densidad de energía mientras que al mismo tiempo, admite intensas corrientes de frenado regenerativo a muy alto rendimiento. Además, el ciclo de servicio de la aplicación de potencia máxima requiere una vida de ciclo excepcional con bajas profundidades de descarga, en particular en los sistemas de agotamiento de carga.

Es importante conocer los diferentes requerimientos de este sistema de almacenamiento de energía en comparación con los de un vehículo eléctrico puro. El alcance es el factor crítico para un vehículo eléctrico práctico, lo que hace a la densidad de energía el parámetro de evaluación crítico. La vida de ciclo y potencia son ciertamente importantes, pero se hacen secundarios para la densidad de energía para un vehículo eléctrico. Una batería de peso liviano, compacta y de alta capacidad es el objetivo para las aplicaciones de vehículos eléctricos puros.

Por el contrario, en las aplicaciones de vehículos HEV, la consideración más importante es la densidad de potencia volumétrica y gravimétrica. Una excelente vida de ciclo a 30-60% DOD (profundidad de descarga) es también más crítica que la vida de ciclo a 80% DOD como se requiere en las aplicaciones de vehículos eléctricos. Análogamente, una recarga rápida es también esencial para permitir un frenado regenerativo eficiente y el rendimiento de carga/descarga es crítico para mantener en estado de carga de la batería en ausencia de carga exterior. Además, la gestión térmica y una excelente recombinación de gases son importantes consideraciones secundarias para recarga rápida y ciclos múltiples.

El calor generado durante las operaciones de carga y descarga de baterías de NiMH no suele constituir un problema en las pequeñas baterías de consumo o incluso en baterías mayores cuando se utiliza únicamente durante un período de tiempo limitado. Por el contrario, las baterías utilizadas en los vehículos HEV estarán sujetas a numerosos ciclos rápidos de carga y descarga durante su funcionamiento. Dichos ciclos rápidos de carga y descarga darán lugar a oscilaciones térmicas significativas que pueden afectar al rendimiento de la batería. La técnica anterior recomienda una variedad de soluciones a este problema, tales como las indicadas a continuación.

La patente US nº 4.115.630 para Van Ommering *et al.*, da a conocer una batería de hidrógeno-óxido metal que está provista de electrodos bipolares dispuestos en una celda centralmente perforada. Esta patente da a conocer la conducción del calor generado en la celda electrónica mediante el gas hidrógeno de la celda. En particular, da a conocer que debido a que la conducción de calor perpendicular a las placas electrónicas es de 10 a 20 veces más pequeña que la conducción paralela a las placas electrónicas, las celdas que utilizan electrodos planos deben modificarse significativamente lo que les hace inadmisiblemente pesadas.

J. Lee *et al.* da a conocer el calentamiento resistivo y el calentamiento de entropía en módulos de baterías de plomo-ácido y níquel/hierro en el documento 133 (7) *JESQAN* 1286 (Julio, 1986). Este artículo expone que la temperatura de estas baterías se debe al calentamiento resistivo y a los cambios de entropía de las reacciones electroquímicas que suelen variar considerablemente durante su funcionamiento. Se da a conocer que la resistencia térmica causada por la carcasa de celdas desempeña un importante papel puesto que la temperatura de la celda se hace más alta. Esta referencia sugiere que debe añadirse a la batería alguna estructura de refrigeración adicional.

La patente US nº 4.865.928 para Richter da a conocer un procedimiento para eliminar calor del interior de una batería de plomo-ácido de alto rendimiento uniendo un tubo en forma de U a la rejilla del electrodo negativo y haciendo circular un refrigerante a través del tubo.

La patente US nº 5.035.964 para Levinson *et al.*, da a conocer la materialización de un sumidero de calor provisto de aletas a una batería y el posicionamiento de la combinación en una estructura de chimenea. El sumidero de calor de aletas genera un flujo convectivo de aire en la chimenea para enfriar la batería y prolongar su vida de servicio.

Todas las referencias citadas anteriormente sugieren procedimientos de eliminación del calor que requieren la adición de aparatos auxiliares al conjunto de la batería. Ninguna de ellas sugiere la forma en que esta operación se puede realizar sin necesidad de modificaciones que, como se indica en particular en la patente US nº 4.115.630, da lugar a un aumento inadmisiblemente del peso total de la celda.

En todas las celdas selladas, la capacidad de descarga de un electrodo positivo con base de níquel está limitada por la cantidad de electrolito, la cantidad de material activo y el rendimiento de carga. La capacidad de carga de un electrodo negativo de NiMH está limitada por la cantidad de material activo usado, puesto que su rendimiento de carga es muy alto, casi se alcanza un estado de carga completo. Para mantener la capacidad óptima para un electrodo de hidruro metálico, deben tomarse precauciones para evitar la recombinación del oxígeno o la evolución de hidrógeno antes de que se alcance la carga completa. Esto constituye un problema crítico para baterías en cualquier sistema de vehículos HEV que soportan ciclos de carga y descarga repetitivos. El problema de la ventilación no es nuevo y muchos

fabricantes han intentado resolverlo. Normalmente, la solución ha implicado el uso de un electrodo de consumo de gas (GCE). Los electrodos GCE suelen ser de carbón, cobre, plata o platino preparados en una forma porosa para proporcionar un gran área superficial para la recombinación de gases como el sitio de reducción del oxígeno catalítico.

5 La patente US nº 5.122.426 da a conocer un electrodo GCE que presenta tres capas distintas, una primera capa hidrofóbica eléctricamente no conductora, una segunda capa hidrofílica y una tercera capa hidrofóbica. Esta tercera capa está eléctricamente conectada al electrodo negativo y es el sitio de reducción del oxígeno catalítico.

10 Análogamente, la patente US nº 5.128.219 describe un electrodo de consumo de gas que comprende un componente metálico, tal como Pd, Ni o Cu y una película de carbón activado, negro de carbón y un ligante. El uso del electrodo GCE descrito se considera en particular en una celda de botón.

15 Aunque muchos electrodos GCE son muy eficientes, su presencia disminuye el área disponible para electrodos activos y de este modo, disminuye la densidad de energía volumétrica total de la celda. En celdas de un sistema de vehículos HEV, tales como todas las celdas de NiMH selladas, es deseable mantener presiones dentro de límites admisibles sin la necesidad de utilizar un electrodo GCE.

20 Los anteriores son solamente unos pocos ejemplos de las diferencias en los requerimientos de baterías para aplicaciones de vehículos eléctricos y aplicaciones de vehículos HEV. Además, existen numerosas otras diferencias dependiendo del tipo particular de sistema de HEV empleado. Éstos se examinarán a continuación en relación con los sistemas de HEV particulares. Habida cuenta de las diferencias fundamentales en requerimientos entre el vehículo eléctrico y los de una aplicación de vehículos HEV, podría esperarse que las baterías actualmente optimizadas para uso en aplicaciones de vehículos eléctricos no serán adecuadas para los vehículos HEV sin un aumento en la densidad de potencia. Aunque el rendimiento demostrado de las baterías para vehículos eléctricos de Ovonic ha sido espectacular, estos diseños de celdas y baterías han sido optimizados para uso en vehículos eléctricos puros y, por lo tanto, no cumplen los requisitos específicos para los vehículos HEV.

### Sumario de la invención

30 Un objetivo de la presente invención consiste en proporcionar sistema de potencia para un vehículo híbrido que comprende baterías de NiMH que presentan una alta potencia máxima específica combinada con alta potencia específica y excelente vida de ciclo a bajas profundidades de descarga. En particular, la presente invención da a conocer una alta potencia máxima específica en combinación con alta potencia específica, una combinación que la técnica anterior ha sido incapaz de proporcionar según se describirá a continuación.

35 Otro objetivo de la presente invención consiste en proporcionar un sistema de potencia para un vehículo híbrido que comprende baterías de NiMH de Ovonic que presentan una alta potencia máxima específica combinada con alto rendimiento energético específico, excelente baja profundidad de la vida de ciclo de descarga, excelente gestión térmica y excelente recombinación de gas.

40 Éstos y otros aspectos de la presente invención se consiguen mediante un sistema de impulsión de vehículo eléctrico híbrido que se caracteriza, además, por las propiedades indicadas en la cláusula caracterizadora dentro de la reivindicación 1.

45 Otros aspectos de la batería se consiguen mediante un vehículo eléctrico híbrido que materializa un sistema de propulsión integrado que comprende: un sistema de potencia comprendiendo un motor de combustión y un motor eléctrico, baterías de níquel e hidruro metálico configuradas para potencia máxima y par motor para el sistema de impulsión y medios de control de la potencia que gobiernan la operación en serie y/o en paralelo del motor de combustión y del motor eléctrico con un rendimiento máximo para impulsar el vehículo eléctrico híbrido y para proporcionar la carga y descarga de las baterías de níquel e hidruro metálico.

### Breve descripción de los dibujos

55 La figura 1 es una ilustración gráfica de la relación entre la potencia máxima de salida específica y la potencia específica de las baterías típicas de níquel e hidruro metálico de la técnica anterior, en comparación con las baterías de níquel e hidruro metálico de Ovonic de la presente invención para varias aplicaciones de vehículos HEV;

60 la figura 2 es una representación esquemática de un sistema de HEV de serie en el que se puede materializar la presente invención, con la ilustración específica de la colocación matricial de los módulos de batería en el conjunto de baterías, en cuya disposición los espaciadores de módulos forman canales de flujo de refrigerante, orificios de entrada y salida de fluidos y medio de transporte de fluidos;

65 la figura 3 es una representación esquemática de un sistema de HEV paralelo en el que se puede materializar la presente invención;

la figura 4 es una representación planar de un electrodo a una batería de Ni-MH prismática con un apéndice electródico adyacente y

la figura 5 es una ilustración estilizada de una vista superior de una forma de realización de la batería de níquel e hidruro metálico enfriada por fluidos adoptada para vehículos HEV usados según la presente invención.

### Descripción detallada de la invención

Las baterías de níquel e hidruro metálico de la presente invención están adaptadas para proporcionar una mayor potencia máxima específica y regímenes de descarga que sean especialmente ventajosos en aplicaciones de HEV. Estas características se proporcionan al mismo tiempo que se mantiene un alto rendimiento energético específico. Esto se consigue en la presente invención mediante, entre otras cosas, el uso de electrodos positivos y negativos que presentan una mayor conductancia interna. Dichos electrodos se realizan presionando metales activos de metal-hidruro en polvo en sustratos metálicos porosos muy conductores. Estos sustratos de metales porosos se forman a partir de cobre, una aleación de cobre o níquel recubierto con cobre o una aleación de cobre. Además, el sustrato se puede recubrir con un material que sea eléctricamente conductor y evitar de este modo la corrosión de sustrato metálico en el entorno de la batería, tal como níquel.

Con referencia a la figura 1, las baterías de NiMH de la técnica anterior diseñada para uso en aplicaciones de vehículos HEV han mostrado un rendimiento energético específico máximo alcanzable de aproximadamente 75 Wh/Kg, al mismo tiempo que se proporciona una capacidad de potencia máxima específica de aproximadamente 250 W/Kg. Esta combinación de potencia máxima y potencia específicas se representa en el punto A de la figura 1. Con algunas pequeñas mejoras técnicas, la potencia máxima específica alcanzable con las baterías de NiMH de la técnica anterior, en esta potencia específica, se podría aumentar a 300 W/Kg con una potencia específica de aproximadamente 70 Wh/Kg, que se representa en el punto B en la figura 1. Para poder aumentar la potencia máxima específica de dichas baterías de la técnica anterior para usos en sistemas de vehículos HEV, es necesario sacrificar la potencia específica como una solución de compromiso para conseguir una más alta potencia máxima específica. Esto, a su vez, disminuye la potencia específica de la batería de modo que, por ejemplo, cuando se incrementa la potencia máxima específica desde 250 W/Kg a 650 W/Kg, aproximadamente, según se representa en el punto C en la figura 1. De nuevo, con algunas pequeñas mejoras técnicas, la potencia máxima específica alcanzable a 45 Wh/Kg podría aumentarse a aproximadamente 700 W/Kg, que es el punto D representado en la figura 1.

Estos puntos A, B, C y D definen una banda E que representa el límite superior de la zona P (cuya zona define combinaciones de alta potencia máxima específica y alto rendimiento energético específico alcanzable con las baterías de NiMH de la técnica anterior para uso en sistemas de vehículos HEV. La presente invención da a conocer prestaciones mejoradas en la zona N que proporcionan una comunicación única de potencia máxima específica más alta y rendimiento energético específico más alto que ha sido posible conseguir en los módulos de baterías adaptados para uso en aplicaciones de HEV.

Los límites superiores de la banda sombreada E representada en la figura 1 es, por lo tanto, el límite superior de la potencia máxima específica alcanzable para un rendimiento energético específico dado seleccionado de módulos de baterías de NiMH de la técnica anterior para uso en aplicaciones de vehículos HEV.

La presente invención permite el funcionamiento del sistema de vehículos HEV de todos los tipos a niveles de potencia máxima específica en relación con el rendimiento energético específico en la zona situada más allá de estos límites de la técnica anterior existente, es decir, a niveles más altos que los definidos por la banda E anterior.

Por ejemplo, un módulo de batería que materializa la presente invención, y que presenta una potencia específica de aproximadamente 70 Wh/Kg, suele disponer de una potencia máxima de por lo menos 600 W/Kg (representado por el punto F en la figura 1) y puede presentar una potencia específica de aproximadamente 1.000 W/Kg (representado en el punto G en la figura 1). Estos puntos establecen una potencia máxima específica para relaciones de potencia específicas adecuadas para aplicaciones de vehículos HEV y que están sustancialmente más allá de la capacidad de las baterías NiMH de la técnica anterior.

Para aportar un ejemplo concreto, una batería Ovonic 60 Ah HEV que materializa la presente invención y que presenta una potencia específica de aproximadamente 70 Wh/Kg proporciona una potencia máxima específica de 600 W/Kg. Se trata del ejemplo representado en el punto F de la figura 1.

Sistemas representativos de vehículos HEV en los que es aplicable la presente invención, se ilustran, de forma esquemática, en las figuras 2 y 3. La figura 2 ilustra un sistema serie HEV en el que el motor de combustión 70 está conectado para accionar un generador 71. El generador 71, a su vez, se conecta para cargar una batería 72 que suministra energía eléctrica a un motor impulsor 73. Este motor impulsor 73 se conecta al sistema de transmisión del vehículo 74, que suministra potencia impulsora a las ruedas del vehículo.

La batería se puede cargar, inicialmente, desde una fuente de alimentación independiente, tal como a través de una salida conectada a un sistema de servicios públicos. La batería 72 también se recarga, en alguna medida, por frenado regenerativo durante la desaceleración.

En el sistema tipo paralelo, según se ilustra en la figura 3, una batería 75 se conecta para suministrar energía eléctrica a un motor impulsor eléctrico 76, que se puede conectar a través de un embrague 77 al sistema de transmisión del vehículo 78. En paralelo con el recorrido de accionamiento eléctrico constituido por la batería 75, el motor 76 y

## ES 2 275 318 T3

el embrague 77 está conectado un motor de combustión 79 que también se puede conectar al sistema de transmisión del vehículo 78. El vehículo puede ser impulsado por el motor eléctrico 76 cuando sólo el embrague 77 está acoplado o bien, por el motor 79 cuando está acoplado sólo el embrague 80 o por ambos, el motor 76 y el motor 79, simultáneamente, cuando ambos embragues, 77 y 80, están acoplados al mismo tiempo.

5

En el sistema en paralelo, según se ilustra en la figura 3, el motor de combustión 79 puede presentar unas dimensiones mucho más pequeñas de las que, de otro modo, podría requerirse para proporcionar unas características de aceleración del vehículo aceptables, debido a que el motor eléctrico 76 puede ser acoplado solo con el motor 79 para proporcionar la aceleración deseada. Esto significa que si el motor de combustión se utiliza para el modo de impulsión

10

primario, puede hacerse funcionar con un rendimiento mucho mayor y en condiciones de carga y velocidad a régimen estable.

Diversas combinaciones del motor eléctrico 76 y del motor de combustión 79 se emplean en sistemas de tipo paralelo. Por ejemplo, en un sistema destinado a usarse en entornos urbanos, la propulsión del vehículo se proporciona por el motor eléctrico 76 solo, cuando el vehículo circula dentro del entorno urbano. Fuera de la ciudad, el motor de combustión 79 puede utilizarse para fines de propulsión. Asimismo, se emplean otras combinaciones utilizando el tipo paralelo de conexión, según se ilustra en la figura 3.

15

Los sistemas tipo paralelo, tales como los representados en la figura 3, pueden funcionar en el modo de sostenimiento o agotamiento de carga, tal como se describió antes. Según se ilustra en el diagrama de la figura 3, la energía generativa se realimenta durante el frenado regenerativo. Asimismo, pueden proveerse otras conexiones (no representadas) para permitir que el motor de combustión 79 proporcione energía de recarga a la batería 75 para establecer un modo de funcionamiento en sostenimiento de carga.

20

Por ejemplo, en el sistema HEV llamado “serie-paralelo” o “compuesto”, a veces mencionado como sistema de “modo dual”, se utiliza un divisor de potencia para extraer parte de la energía del motor de combustión para impulsar un generador que suministra la energía de recarga a la batería.

25

La figura 1 se ha dividido en sectores que ilustran las zonas en las que actuarían las diversas formas de los sistemas de HEV. En la zona CD, por ejemplo, pueden actuar sistemas que son del tipo de agotamiento de carga. Esto se debe a que la batería no se recarga durante el funcionamiento y de este modo, se pondrá el énfasis sobre una potencia máxima específica elevada, para el máximo alcance. Esta zona también se conoce como la zona de “alargador de red”.

30

En el caso de sistemas de sostenimiento de carga, en los que la batería se recarga durante el funcionamiento, se admite una potencia específica más baja y el énfasis se pone en una potencia máxima específica más elevada para un mayor rendimiento con una potencia específica más baja siendo admitida como una solución de compromiso para un aumento de la potencia específica. Esta zona es designada como CS en el diagrama de la figura 1. Esta zona es mencionada asimismo como la zona de “potencia asistida”.

35

Los sistemas compuestos o de modo dual pueden funcionar en la zona DS entre las zonas CD y CS, tal como se ilustra en la figura 1.

40

El parámetro de la potencia máxima se determina de acuerdo con las normas establecidas por el United States Advanced Battery Consortium (USABC). De acuerdo con estas normas, la potencia máxima se mide con el módulo de batería descargado a un 50% de profundidad de descarga. En este estado, una corriente y la correspondiente potencia de salida, que reduce el voltaje de la batería a 2/3 de su voltaje en circuito abierto, mantenida por un período de diez segundos, es la potencia máxima nominal de la batería. Esta determinación se efectúa bajo condiciones de temperatura normales en el intervalo de 30 a 35°C.

45

La densidad de energía o potencia específica es medida por el módulo de la batería como designada para uso en las aplicaciones de vehículos HEV. Esta determinación se hace también en condiciones de temperatura normales en el intervalo de 30 a 35°C.

50

Un módulo de batería es un conjunto integral de celdas conectadas conjuntamente y encerradas en una carcasa y que presentan conexiones eléctricas externas para conexión a un circuito o carga exterior.

55

Como se ha indicado anteriormente, la presente invención permite la operación en la zona de mayor rendimiento por encima de la banda E para todos los tipos de sistemas de vehículos HEV, es decir, agotamiento de carga, sostenimiento de carga y funcionamiento dual. En la técnica anterior, los sistemas de baterías NiMH para aplicaciones de HEV eran incapaces de proporcionar prestaciones en esta zona de más alto rendimiento.

60

Los medios de control de la potencia de la presente invención, que controlan el funcionamiento del motor de combustión y el motor eléctrico en su máximo rendimiento, para alimentar el vehículo eléctrico híbrido y proporcionar la carga y descarga de dichas baterías de níquel e hidruro metálico, puede ser cualquier dispositivo de control conocido. Preferentemente, los medios de control de la energía son un dispositivo microelectrónico integrado de estado sólido, que comprende algoritmos de AI con sensores apropiados y subrutinas de autoajuste y autorregulación. Estos algoritmos permiten el ajuste constante de los parámetros de control para alcanzar el máximo rendimiento basado en numerosos factores externos, tales como tipo de conducción, velocidad media de conducción, temperatura am-

65

## ES 2 275 318 T3

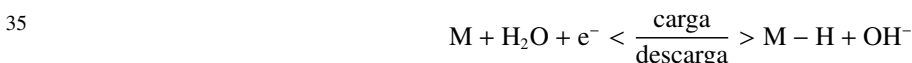
biente, etc., así como factores de sistemas, tales como temperaturas del motor, tiempos y ritmos de carga/descarga, temperaturas de las baterías, consumo de combustible, etc.

Los electrodos pueden estar provistos, además, de líneas de recogida de corriente en el sustrato. Dichas líneas de recogida de corriente presentan una conductividad eléctrica más alta que la del resto del sustrato. Esta configuración asegura recorridos de conductividad elevada desde puntos alejados del terminal de recogida de corriente en el electrodo al terminal de recogida de corriente. Una forma de realización de la línea de recogida de corriente comprende partes de densificación del sustrato de metal poroso. Otra forma de realización comprende alambres, cintas o polvo sinterizado eléctricamente unidos o embebidos en el sustrato de metal poroso. Estos componentes unidos o embebidos pueden estar formados con base de níquel, cobre, una aleación de cobre, níquel recubierto de cobre o una aleación de cobre o níquel recubierto de un material de cobre.

Una consideración principal de la presente invención implica mejorar la potencia de salida de una batería recargable (NiMH) de níquel e hidruro metálico de Ovonic. (Aunque se haga referencia específicamente a baterías NiMH de Ovonic, los principios descritos en la presente memoria son aplicables a todos los tipos de sistemas de baterías de hidruro metálico, con independencia de su designación.). En general, la potencia de salida puede aumentarse haciendo bajar la resistencia interna de la batería. Al disminuir la resistencia se reduce la potencia desperdiciada debido a la disipación dentro de la batería, con lo que se aumenta la potencia disponible para mover cargas externas. La resistencia interna de una batería de níquel e hidruro metálico puede hacerse disminuir aumentando la conductividad de los componentes de la batería, así como las conexiones entre los componentes. Más concretamente, la resistencia interna se puede reducir aumentando la conductividad de los electrodos, tanto positivos como negativos, de la batería.

La densidad de potencia de las baterías de la presente invención suele ser de  $> 1500$  W/L, preferentemente  $\geq 1800$  W/L y más preferentemente,  $\geq 2700$  W/L. La potencia máxima específica de las baterías de la presente invención suele ser de  $> 600$  W/kg, preferentemente  $\geq 700$  w/kg, y más preferentemente  $\geq 1000$  W/kg. En las baterías de la presente invención, suele ser necesario sacrificar la densidad de energía a favor de la densidad de potencia. En consecuencia, la densidad de energía de las baterías de la presente invención suele situarse entre 130 a 250 Wh/L, preferentemente  $\geq 150$  Wh/L, y más preferentemente,  $\geq 160$  Wh/L.

En general, las baterías de NiMH emplean un electrodo negativo que tiene un material activo que es capaz de un almacenamiento electroquímico reversible de hidrógeno. A la aplicación de un potencial eléctrico a través de una batería NiMH, el material activo del electrodo negativo se carga por la absorción electroquímica de hidrógeno, y la generación electroquímica de iones de hidroxilo. La reacción electroquímica en el electrodo negativo es la siguiente:



Las reacciones del electrodo negativo son reversibles. A la descarga, el hidrógeno almacenado se libera para formar una molécula de agua y liberar un electrón.

Los electrodos negativos de una batería de níquel e hidruro metálico se forman, en general, comprimiendo material activo en polvo en un sustrato poroso. Como se ha expuesto, el material activo en polvo del electrodo negativo es un material de almacenamiento de hidrógeno. El material de almacenamiento de hidrógeno puede elegirse entre los materiales activos Ti-V-Zr-Ni, tales como los dados a conocer en la patente US nº 4.551.400 (“patente ‘400’”). Como se ha expuesto anteriormente, los materiales utilizados en la “patente ‘400’” utilizan una composición genérica de Ti-V-Ni, en la que por lo menos Ti, V y Ni están presentes con, por lo menos, uno o más de entre Cr, Zr, y Al. Los materiales de la patente ‘400 son materiales multifase, que pueden contener, sin limitación, una o más fases con estructuras de cristales tipo  $C_{14}$  y  $C_{15}$ .

Existen otras aleaciones de Ti-V-Zr-Ni que también pueden utilizarse para el material de almacenamiento de hidrógeno del electrodo negativo. Una familia de materiales son los descritos en la patente US nº 4.728.586 (“la Patente 586”). La patente ‘586 da a conocer una subclase específica de estas aleaciones de Ti-V-Ni-Zr que comprenden Ti, V, Zr, Ni y un quinto componente Cr. La patente ‘586 menciona la posibilidad de aditivos y modificadores además de Ti, V, Zr, Ni y componentes de Cr de las aleaciones y en general, da a conocer aditivos y modificadores específicos, las cantidades e interacciones de los modificadores y las ventajas particulares que podrían esperarse de ellos.

Además de los materiales descritos anteriormente, los materiales de almacenamiento de hidrógeno, para el electrodo negativo de una batería de NiMH, se pueden seleccionar de entre los materiales de aleaciones de hidruro metálico desordenados que se describen con detalle en la patente US nº 5.277.999 (“la patente ‘999’”) para Ovshinsky y Fetchenko.

Según se indicó anteriormente, el material de almacenamiento de hidrógeno activo se comprime en un sustrato de metal poroso. En general, el sustrato de metal poroso comprende, sin limitación, malla, rejilla, matas cobrizas, hoja de metal, espuma y placa. Preferentemente, el sustrato de metal poroso utilizado para el electrodo negativo es una malla o una rejilla. La presente invención comprende baterías de níquel e hidruro metálico con electrodos negativos y positivos, que comprenden un sustrato de metal poroso constituido por uno o más materiales seleccionados de entre el grupo constituido por cobre, aleación de cobre, níquel recubierto de cobre, níquel recubierto con aleación de cobre y sus mezclas. Preferentemente, el sustrato de metal poroso está realizado en cobre o aleación de cobre.

## ES 2 275 318 T3

Las baterías alcalinas presentan un entorno operativo muy hostil. Con el fin de proteger los electrodos del entorno hostil existente dentro de la batería, el sustrato de metal poroso formado con los materiales descritos anteriormente, pueden ser revestidos con un material que sea eléctricamente conductor y, además, resistente a la corrosión en el entorno de la batería. Entre los ejemplos de materiales que pueden utilizarse para revestir el electrodo negativo, cabe incluir, sin limitación, el níquel y la aleación de níquel.

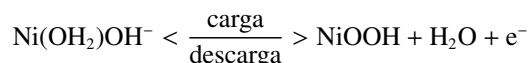
Utilizar cobre o aleaciones de cobre para conformar el sustrato de metal poroso del electrodo negativo presenta varias ventajas importantes. El cobre es un excelente conductor eléctrico. De aquí que su uso como material de sustrato disminuya la resistencia del electrodo negativo. Esto reduce la cantidad de energía de batería desperdiciada, debido a disipación interna y por lo tanto, proporciona una batería NiMH con mayor potencia de salida.

El cobre es asimismo un metal maleable. La maleabilidad es muy importante debido a la dilatación y contracción de los electrodos negativos durante el ciclo de carga y descarga de una batería NiMH. La mayor flexibilidad del sustrato ayuda a evitar la rotura del electrodo como resultado de la dilatación y contracción, dando como resultado una mayor fiabilidad de la batería. Además, el cobre presenta una excelente termoconductividad. Por sí mismo, este hecho ayuda a la gestión de la temperatura de las baterías de la invención. Y la termoconductividad del cobre tiende a mejorar, además, los aspectos termoconductores de la invención descritos a continuación.

La maleabilidad del sustrato incrementada significa asimismo que el sustrato puede mantener más fiablemente el material de almacenamiento de hidrógeno activo, que se comprime sobre la superficie del sustrato, mejorando con ello la fiabilidad de la batería. Esto disminuye la necesidad de sinterizar los electrodos negativos después de que el material de almacenaje sea comprimido sobre la superficie del sustrato, reduciendo, de este modo, el coste y aumentando la velocidad en la que se hacen los electrodos.

Otra forma de aumentar la potencia de salida procedente de una batería de níquel e hidruro metálico es incrementar la conductividad de los electrodos positivos de la batería. Como en el caso de los electrodos negativos, esto puede realizarse alterando adecuadamente los materiales de los que están constituidos algunos componentes de los electrodos.

En general, el electrodo positivo de la batería de níquel e hidruro metálico se forma comprimiendo un material activo del electrodo positivo en polvo en un sustrato de metal poroso. Las baterías de NiMH generalmente emplean un electrodo positivo que tiene hidróxido de níquel como material activo. Las reacciones que tienen lugar en el electrodo positivo son las siguientes:



El electrodo positivo de hidróxido de níquel se describe en las patentes US nº 5.344.728 y nº 5.348.822 (que describe materiales de electrodos positivos desordenados estabilizados) y las patentes US nº 5.569.563 y nº 5.567.549.

El sustrato de metal poroso del electrodo positivo comprende, sin limitación, malla, rejilla, matas cobrizas, hoja delgada de metal, espuma y placa. Lo dado en la presente memoria es un electrodo positivo que comprende un sustrato de metal poroso que está formado por uno más materiales seleccionados de entre el grupo constituido por cobre, aleación de cobre, níquel recubierto de cobre, níquel recubierto con una aleación de cobre y sus mezclas. Formar el sustrato a partir de uno o más de estos materiales aumenta la conductividad de los electrodos positivos de la batería. Esto disminuye la cantidad de energía desperdiciada debido a disipación de potencia interna y de este modo, aumenta la potencia de salida de la batería de NiMH.

Con el fin de proteger el electrodo positivo frente al entorno hostil de la batería, el sustrato de metal poroso se puede revestir con un material que sea eléctricamente conductor y, no obstante, resistente a la corrosión en el entorno de la batería. Preferentemente, el sustrato de metal poroso puede ser revestido con níquel para protección.

La conductividad del electrodo positivo se puede incrementar de otras formas. La conductividad del electrodo positivo se puede aumentar mediante la introducción de líneas de conductividad eléctrica más alta en el sustrato de metal poroso. Estas "líneas de recogida de corriente" se forman de modo que establezcan una conductividad eléctrica superior a la del resto del sustrato y proporcionar de este modo vías de etapa de elevada conductividad desde puntos alejados de los terminales de recogida de corriente de los electrodos positivos.

Una forma de realización de un electrodo positivo, que comprende líneas de recogida de corriente, se ilustra en la figura 4. Según se ilustra en la figura 4, unido al electrodo positivo 1 se encuentra un terminal de recogida de corriente 2. En general, el terminal de recogida de corriente 2 se acopla a, por lo menos, un punto del electrodo positivo. Preferentemente, los terminales que recogen la corriente se acoplan a lo largo de la parte superior de los electrodos positivos, con lo que se pueden conectar fácilmente al terminal de batería positivo de la batería de níquel e hidruro metálico. El terminal de recogida de corriente 2 puede estar constituida por cualquier material eléctricamente conductor que sea resistente a la corrosión desde el entorno de la batería. Preferentemente, el terminal de recogida 2 puede estar constituida por níquel, cobre chapado de níquel, o aleación de cobre revestida de níquel. Formar el terminal de recogida de corriente 2 de, o bien cobre chapado con níquel o aleación de cobre chapado de níquel, en lugar de níquel, disminuye la resistencia del terminal y aumenta la potencia de salida procedente de la batería. Los terminales

## ES 2 275 318 T3

formados de cobre recubierto de níquel o de aleación de cobre recubierta de níquel pueden conectarse al terminal de la batería por medio de soldadura por láser.

5 Según se describe, las líneas de recogida de corriente proporcionan unas vías de etapa de alta conductividad desde puntos alejados de los terminales de recogida de corriente. Las líneas de recogida de corriente pueden ser configuradas de muy diferentes formas. Preferentemente, las líneas de recogida de corriente están configuradas para minimizar la resistencia de los electrodos positivos y permitir que la corriente circule en el electrodo para llegar a los terminales de recogida con una mínima pérdida de potencia. Debido a que las líneas de recogida de corriente proporcionan recorridos de alta conductividad para la corriente aumenta la conductividad total de los electrodos positivos, reduciendo, de este modo, el desperdicio de energía por disipación de corriente interna y aumentando la potencia de salida de la batería. 10 Una forma de realización de una configuración de las líneas de recogida de corriente se ilustra en la figura 4, en la que las líneas de recogida de corriente 3 atraviesan el electrodo positivo.

15 Las líneas de recogida de corriente se forman en un sustrato de metal poroso que, como se indicó anteriormente, comprenden, sin limitación, malla, rejilla, matas cobrizas, hoja delgada de metal, espuma y placa. Preferentemente, el sustrato de metal poroso está formado por espuma. Más preferentemente, el sustrato de metal poroso está formado por espuma de níquel o espuma de cobre recubierta de níquel.

20 Las líneas de recogida de corriente se pueden establecer de numerosas formas diferentes. En una forma de realización, las líneas de recogida de corriente comprenden partes densificadas del sustrato de metal poroso. Las partes densificadas del material son más conductoras que el resto del material. Cuando el sustrato está formado por espuma, las líneas de recogida de corriente pueden formarse (es decir, el material densificado) por compresión de las apropiadas partes de la espuma.

25 En otra forma de realización, las líneas de recogida de corriente se pueden formar por polvo conductor que se sinteriza en el sustrato poroso en la configuración adecuada. El polvo puede estar formado por uno o más materiales seleccionados de entre el grupo constituido por cobre, aleación de cobre, cobre recubierto de níquel, aleación de cobre recubierta de níquel, níquel, níquel recubierto de cobre y níquel recubierto con aleación de cobre y sus mezclas. 30

Como alternativa, en otra forma de realización las líneas de recogida de corriente pueden estar formadas por unas primeras partes densificadas o canales en el sustrato poroso y a continuación, integrando el alambre conductor, la cinta o el polvo en tres partes o canales densificados.

35 En otras formas de realización, las líneas de recogida de corriente están formadas por alambres y cintas conductores que se unen eléctricamente al sustrato y se colocan de forma apropiada para minimizar la resistencia de los electrodos. Los alambres o cintas pueden formarse de uno o más materiales seleccionados de entre el grupo constituido por cobre, aleación de cobre, cobre recubierto de níquel, aleación de cobre recubierta de níquel, níquel recubierto de cobre y níquel recubierto con aleación de cobre y sus mezclas. 40

45 En otra forma de realización de la presente invención, la conductividad de los electrodos positivos aumenta todavía más agregando los aditivos conductores al material del electrodo de hidróxido de níquel. Dichos aditivos conductores de corriente se seleccionan de entre el grupo constituido por partículas de níquel, fibras de níquel, partículas de grafito, partículas de grafito recubierto de níquel, partículas de cobre recubierto de níquel, fibras de cobre recubierto de níquel, escamas de níquel y escamas de cobre recubierto de níquel.

Otro aspecto de la presente invención es una batería de níquel e hidruro metálico con por lo menos un electrodo positivo del tipo aquí especificado. Y otro aspecto adicional de la presente invención es una batería de níquel e hidruro metálico con por lo menos un electrodo negativo del tipo descrito anteriormente. 50

55 En todas las baterías, el calentamiento se produce durante la carga y descarga. Debido a que la resistencia interna en las baterías NiMH es baja, se genera menos calor que en muchos tipos de baterías de la técnica anterior. Datos experimentales recientes indican que, durante la sobrecarga, el calor generado por la recombinación de oxígeno, aunque no es significativo en pequeñas baterías de consumo, podría llegar a ser un problema en las baterías de sistemas de HEV descritas en la presente memoria.

60 El calor podría llegar a ser un problema especial en baterías de NiMH selladas que presentan electrodos empastados y una carcasa de plástico en una aplicación del sistema de HEV. Recientes análisis que utilizan un electrodo empastado y una carcasa de plástico han demostrado que el calor generado durante la sobrecarga es esencialmente atrapado en la celda en la que las temperaturas pueden alcanzar 80°C. En las baterías de NiMH un excesivo calor disminuye el rendimiento y acorta la vida de la celda debido a la degradación del separador y del sellado, así como a una degradación acelerada de los materiales activos de hidruro metálico y del hidróxido de níquel.

65 Numerosas baterías de NiMH, actualmente en el mercado, utilizan electrodos de hidruro metálico empastados con el fin de alcanzar tasas de recombinación de gases suficientes y para proteger la aleación básica contra la oxidación y la corrosión. El electrodo empastado suele mezclar el polvo de material activo con aglutinantes plásticos, tales como Teflón, y otros materiales hidrofóbicos no conductores al electrodo. Una consecuencia no pretendida de este proceso es una importante reducción en la conductividad térmica de la estructura del electrodo, si se compara con una estructura

## ES 2 275 318 T3

de la presente invención, que consiste esencialmente en un 100% de material activo conductor comprimido sobre un sustrato conductor.

5 En una forma de realización de las baterías selladas de NiMH, que forman parte del sistema HEV de la presente invención, la acumulación del calor generado durante una sobrecarga se evita utilizando un haz de celdas de material de electrodo de NiMH térmicamente conductor. Este material de electrodo de NiMH térmicamente conductor contiene partículas de NiMH en estrecho contacto entre sí. El gas de oxígeno, generado durante la sobrecarga, se recombina para formar agua y calor en la superficie de estas partículas. En la presente invención, este calor sigue el material del electrodo negativo al colector de corriente y después a la superficie de la carcasa. El rendimiento térmico del haz de material de electrodo de NiMH térmicamente conductor se puede mejorar todavía más si el haz del electrodo está en contacto térmico con la carcasa de una batería que presenta asimismo una elevada conductividad.

10 En dichas baterías térmicamente eficientes, el material del electrodo negativo de NiMH es preferentemente un electrodo sinterizado según se describe en las patentes US nº 4.765.598, nº 4.820.481 y nº 4.915.898 sinterizado de tal manera que las partículas NiMH están en estrecho contacto entre sí.

15 Otros aspecto de la presente invención lo constituyen los sistemas de conjuntos de baterías enfriadas por fluido (tal como se utilizan en la presente memoria los términos “conjunto de baterías” o “conjunto” se refieren a dos o más módulos de baterías interconectadas eléctricamente). De nuevo, debe advertirse que durante el ciclo de las baterías, éstas generan grandes cantidades de calor residual. Esto es particularmente cierto durante la carga de las baterías que, en un vehículo híbrido, es casi constante. Este exceso de calor puede ser perjudicial, e incluso catastrófico, para el sistema de baterías. Algunas de las características negativas que se encuentran cuando los sistemas de conjuntos de baterías carecen de una gestión térmica, o ésta es inadecuada, comprenden: 1) sustancialmente más bajas capacidad y potencia; 2) una autodescarga sustancialmente aumentada; 3) temperaturas desequilibradas entre baterías y módulos que dan lugar a un uso incorrecto de la batería y 4) un ciclo de vida de las baterías más corto. Por lo tanto, resulta evidente que para ser óptimamente útiles los sistemas de conjuntos de baterías necesitan una gestión térmica adecuada.

20 Algunos de los factores a considerar en la gestión térmica de los sistemas de conjuntos de baterías son: 1) todos los módulos y baterías deben mantenerse a una temperatura inferior a 65°C para evitar daños permanentes a las baterías; 2) todos los módulos y baterías deben mantenerse a una temperatura por debajo de 55°C para conseguir, por lo menos, un 80% del rendimiento nominal de las baterías; 3) todos los módulos y baterías deben mantenerse a una temperatura por debajo de 45°C para alcanzar un ciclo de vida máximo y 4) la diferencia de temperatura entre baterías individuales y módulos de baterías debe mantenerse por debajo de 8°C para un óptimo rendimiento. Debe advertirse que las mejoras en la presente invención regulan la diferencia de temperatura entre baterías a menos de aproximadamente 2°C.

25 La gestión térmica del sistema de conjuntos de baterías debe proporcionar refrigeración para asegurar un óptimo rendimiento y durabilidad de las baterías de NI-MH en un amplio intervalo de condiciones de funcionamiento. En los Estados Unidos, las temperaturas ambiente están en una amplio intervalo desde por lo menos -30°C a 43°C en los 49 estados más bajos. Es necesario alcanzar la utilidad operativa de los conjuntos de baterías bajo este intervalo de temperatura ambiente, al tiempo que se mantienen las baterías en su rendimiento óptimo, en un intervalo de aproximadamente -1°C a 38°C.

30 Las baterías de níquel e hidruro metálico presentan una degradación del rendimiento a temperaturas extremas por encima de 43°C debido a los problemas que resultan de la evolución de oxígeno en el electrodo positivo de níquel. Para evitar estas ineficiencias, la temperatura de batería durante la carga debe mantenerse idealmente por debajo de los 43°C. Las baterías de níquel e hidruro metálico muestran asimismo una degradación del rendimiento de potencia a temperaturas por debajo de -1°C, debido al rendimiento degradado en el electrodo negativo. Para evitar una potencia baja, la temperatura de la batería debe mantenerse por encima de -1°C durante la descarga.

35 Según se describió anteriormente, además de un rendimiento degradado a temperaturas altas y bajas, pueden producirse efectos detrimentales como resultado de diferenciales de temperatura entre baterías dentro de un módulo durante la carga. Grandes diferenciales de temperatura provocan desequilibrios en el rendimiento de carga de las baterías, lo que, a su vez, pueden producir desequilibrios en el estado de carga, dando como resultado una menor capacidad de rendimiento y potencialidad que llevan a un importante uso inadecuado de las operaciones de sobrecarga y sobredescarga. Para evitar estos problemas, el diferencial de temperatura entre las baterías debe controlarse a menos de 8°C y preferentemente, a menos de 5° C.

40 Otros factores en el diseño de un sistema de conjuntos de baterías refrigeradas por fluido comprenden consideraciones mecánicas. Por ejemplo, las densidades de empaquetado de batería y módulo deben ser lo más elevadas posibles para conservar espacio en el producto acabado. Además, cualquier cosa que se añada al sistema de conjuntos de baterías para proporcionar una gestión térmica reduce finalmente la densidad de energía global del sistema de baterías ya que no contribuye directamente a la capacidad electroquímica de las propias baterías. Con el fin de cumplir estos y otros requisitos, los inventores han diseñado el sistema de conjunto de baterías refrigeradas por líquido de la presente invención.

45 En la forma más básica (la forma de realización ilustrada en la figura 5), el presente sistema de conjunto de baterías refrigeradas por líquido 39, comprende: 1) una carcasa de conjunto de baterías 40 que presenta, por lo menos una entrada de refrigerante 41 y por lo menos una salida de refrigerante 42; 2) por lo menos un módulo de batería 32

## ES 2 275 318 T3

dispuesto y posicionado dentro de la carcasa 40, de tal manera que el módulo de batería 32 esté separado de las paredes de la carcasa y de otros módulos de batería 32 dentro de la carcasa 40, para formar canales de flujo de refrigerante 43 a lo largo de por lo menos una superficie de las baterías agrupadas, presentando la anchura de los canales de flujo de refrigerante 43 un tamaño óptimo para permitir la máxima transmisión de calor, a través de mecanismos de transferencia de calor convectivo, conductivo y radiativo, desde las baterías al refrigerante y 3) por lo menos un medio de transporte de refrigerante 44 que hacen que el refrigerante penetre en el elemento 41 de entrada de refrigerante de la carcasa 40, para fluir a través de los canales 43 de flujo de refrigerante y salir a través de los medios 42 de salida de refrigerante de la carcasa 40. Preferentemente, y de forma más realista, el sistema de conjunto de batería 39 comprende una pluralidad de módulos de batería 32, típicamente de 2 a 100 módulos, dispuestos en una configuración matricial en 2 ó 3 dimensiones dentro de la carcasa. La configuración matricial permite una alta densidad de empaquetado al tiempo que permite que el refrigerante circule a través de por lo menos una superficie de cada uno de los módulos 32 de la batería.

La carcasa 40 del conjunto de baterías está realizada preferentemente en un material eléctricamente aislante. Más preferentemente, la carcasa 40 está constituida por un material de polímero de peso liviano, duradero y eléctricamente aislante. El material debe ser eléctricamente aislante de modo que las baterías y los módulos no entren en cortocircuito si se ponen en contacto con la carcasa. Asimismo, el material deberá ser de poco peso para aumentar la densidad de energía del conjunto global. Por último, el material debe ser duradero y capaz de soportar los rigores del uso final del conjunto de baterías. La carcasa 40 del conjunto de baterías comprende una o más entradas 41 y salidas 42 de refrigerante, que pueden ser orificios de fluidos especiales, cuando sea necesario pero que, preferentemente, son simplemente orificios en la carcasa 40 del conjunto de baterías a través de los cuales el aire de refrigeración entra y sale del conjunto de baterías.

El sistema 39 de conjunto de baterías refrigerado por líquido está concebido para utilizar un refrigerante eléctricamente aislante, que puede ser gaseoso o líquido. Preferentemente, el refrigerante es gaseoso y más preferentemente el refrigerante es aire. Cuando se utiliza aire como refrigerante, los medios de transporte del refrigerante 44 son preferentemente un soplante por aire forzado y más preferentemente, un soplante que proporciona un caudal entre 1 a 3 SCFM de aire por celda en el conjunto.

Los soplantes no necesitan enviar continuamente aire refrigerante al conjunto de batería, pero se puede controlar con el fin de mantener las temperaturas del conjunto de baterías dentro de niveles óptimos. El control del ventilador para encender y apagar el ventilador y preferentemente, controlar la velocidad del ventilador, es necesario para proporcionar una refrigeración eficiente durante las operaciones de carga, funcionamiento y punto muerto. Típicamente, la refrigeración es más crítica durante la carga, pero también es necesario durante una conducción agresiva. La velocidad del ventilador se controla sobre la base del diferencial de temperatura entre el conjunto de batería y el ambiente, así como sobre la base de la temperatura absoluta, esto último de manera que no enfríe la batería cuando ya está fría o con el fin de proporcionar una refrigeración cuando la batería se acerca al máximo de su intervalo de temperatura ideal. Para las baterías de níquel e hidruro metálico, los ventiladores son necesarios asimismo en períodos de punto muerto después de la carga. La refrigeración intermitente se necesita para proporcionar una refrigeración eficiente bajo esta condición y da lugar a ahorros de energía manteniendo los caudales de autodescarga por debajo del consumo de potencia del ventilador. Un resultado típico sería un ventilador en un tiempo de 2,4 horas después del enfriado inicial poscarga. Típicamente, el procedimiento de control de ventilador normal (descrito a continuación) actúa mejor en esta situación. El control de ventilador permite utilizar ventiladores potentes para una refrigeración eficiente, cuando se necesita, sin el consumo de toda la potencia del ventilador en todo momento, manteniendo de este modo un alto rendimiento energético. El uso de ventiladores más potentes es beneficioso en términos de mantenimiento de una óptima temperatura del conjunto, lo que ayuda a la optimización del rendimiento y duración del conjunto.

Un ejemplo de un procedimiento de control de ventilador da a conocer que si la temperatura máxima de la batería está por encima de 30°C y la temperatura ambiente es inferior (preferentemente 5°C o más baja) a la temperatura máxima de la batería, entonces los ventiladores se activarán y circulará aire frío a través de los canales de refrigerante.

El caudal y la presión del fluido refrigerante necesita ser suficiente para proporcionar suficiente capacidad de calor y transferencia térmica para enfriar el conjunto. El caudal del fluido necesita ser suficiente para proporcionar una extracción en régimen permanente de calor al ritmo de generación de calor previsto máximo para obtener, de este modo, una elevación admisible de la temperatura. En los conjuntos de batería típicos de Ni-MH, con una potencia de 5 a 10 vatios por celda, generada durante una sobrecarga (máxima generación de calor), un caudal de 1 a 3 CFM de aire por celda es necesario para proporcionar una refrigeración adecuada, simplemente sobre la base de la capacidad de calor del aire y alcanzando una elevación admisible de la temperatura. Los ventiladores de tipo soplante radial se pueden usar para proporcionar el flujo de aire más efectivo para la gestión térmica. Esto se debe a la mayor presión de aire generado por estos tipos de ventiladores, en contraste con el generado por los ventiladores axiales. En general, una caída de presión de por lo menos 0,6 pulgadas de agua se necesita en el punto de funcionamiento del ventilador tal como se instala en el conjunto. Para producir esta caída de presión a grandes caudales, generalmente se necesita una capacidad de presión estática del ventilador de 1,5 a 3 pulgadas de agua.

Además, utilizando los ventiladores para enfriar el conjunto de batería cuando está caliente, los ventiladores pueden calentar el conjunto de baterías cuando está demasiado frío. Es decir, si el conjunto de batería está por debajo de su temperatura óptima, y el aire ambiente es más cálido el conjunto de baterías, los ventiladores se pueden activar para

## ES 2 275 318 T3

lanzar aire ambiente más cálido al conjunto de baterías. El aire más cálido transfiere entonces su energía térmica al conjunto de baterías y lo calienta, por lo menos al extremo bajo del intervalo óptimo de temperatura.

Uno o más medios de transporte de refrigerante 44 pueden disponerse en la entrada 41 de refrigerante para forzar el refrigerante reciente en la carcasa del conjunto de baterías 40, a través de los canales de flujo de refrigerante 43 y fuera de la salida de refrigerante 42. Como alternativa, uno o más medios de transporte de refrigerante 44 pueden estar dispuestos en la salida de refrigerante 42 para lanzar el refrigerante calentado fuera de la carcasa 40 del conjunto de batería, lo que hace que el refrigerante puro sea arrastrado a la carcasa 40 del conjunto de baterías a través de la entrada 41 de refrigerante y circule a través de los canales 43 de flujo de refrigerante.

El refrigerante puede fluir paralelo a la dimensión más larga de los canales de flujo de refrigerante 43 (es decir, en la dirección de la altura del módulo de la batería). Debe advertirse que dado que el refrigerante extrae el calor residual de las baterías, a medida que fluye a través de los canales de refrigeración 43, el refrigerante se calienta. Por lo tanto, es preferible que el fluido circule perpendicular a la dimensión más larga de los canales de refrigeración 43. Esto es debido a que a medida que el refrigerante se calienta, la diferencia de temperatura entre las baterías y el refrigerante disminuye y, por lo tanto, el régimen de refrigeración también disminuye. De este modo, se reduce la disipación de calor total. Para minimizar este efecto, el recorrido de flujo del refrigerante debe ser el más corto de los dos, es decir, a lo largo de la altura de las baterías.

Si bien el aire es el refrigerante más preferido (ya que es fácilmente disponible y es fácil de transportar, dentro y fuera de la carcasa), también pueden utilizarse otros gases o incluso líquidos. En particularmente, pueden utilizarse refrigerantes líquidos tales como el freón o el etilenglicol, así como otros materiales, comercialmente disponibles, con base de fluorocarbono y no fluorocarbono. Cuando son utilizados estos otros gases o líquidos como refrigerante, el medio de transporte de refrigerante 44 es, preferentemente, una bomba. Cuando se utilizan refrigerantes distintos al aire, los medios de transporte de refrigerante pueden, preferentemente, comprender un conducto de retorno acoplado a la salida 42 de refrigerante, que recicle el refrigerante calentado a un depósito de refrigerante (no representado) desde el que se transfiere a un intercambiador de calor de refrigerante (no representado) para extraer el calor y finalmente, se descarga a la bomba de refrigerante 44 para su reutilización en la refrigeración del conjunto de baterías 39.

El canal de flujo de refrigerante optimizado incorpora numerosos factores diferentes. Algunos de estos factores comprenden el número de baterías, su energía y capacidad, sus regímenes de carga y descarga, dirección, velocidad y caudal volumétrico del refrigerante, la capacidad de calor del refrigerante y otros. Se ha constatado que, con independencia de la mayoría de los factores, es importante diseñar los canales de refrigeración 43 para impedir o retardar el volumen de flujo de fluido de refrigeración a medida que pasa entre los módulos. En condiciones ideales, el retardo en el flujo se debe predominantemente a la fricción con las superficies de refrigeración de la celda, lo que da como resultado una reducción del flujo de 5 % a 30% en volumen de flujo. Cuando las separaciones entre los módulos forman la mayor reducción del flujo en el sistema de manipulación de fluido de refrigeración, esto produce un volumen de caudal de fluido de refrigerante uniforme y casi igual en las separaciones entre todos los módulos, dando como resultado una refrigeración uniforme, y reduciendo la influencia de otras restricciones de flujo (tales como entradas o salidas) que, de otro modo, podrían producir un flujo no uniforme entre los módulos. Además, la misma zona de cada celda está expuesta al fluido refrigerante con velocidad y temperatura similares.

Los módulos de baterías están dispuestos para una refrigeración eficiente de las celdas de la batería, maximizando la velocidad del fluido refrigerante con el fin de alcanzar un coeficiente elevado de transferencia de calor entre la superficie de la celda y el fluido refrigerante. Esto se consigue estrechando la separación intermodular hasta el punto que el flujo volumétrico del fluido refrigerante empieza a disminuir, pero la velocidad del fluido sigue aumentando. La separación más estrecha ayuda también a elevar el coeficiente de transferencia térmica, puesto que la distancia más corta para la transferencia de calor en el fluido refrigerante eleva la celda al gradiente de temperatura de fluido.

El canal de flujo de refrigerante óptimo, que depende de la longitud del recorrido en la dirección de flujo así como del área del canal de flujo del refrigerante, en el plano perpendicular al flujo del refrigerante. Existe una dependencia menor de la separación óptima sobre las características del ventilador. Para el aire, la anchura de los canales de flujo del refrigerante 43 está comprendida entre 0,3 a 12 mm, preferentemente entre 1 a 9 mm y más preferentemente, entre 3 a 8 mm. Para el flujo de aire vertical a través del módulo de 7 pulgadas de altura, la separación del módulo media óptima alcanzable (anchura de los canales de flujo del refrigerante 43) es de aproximadamente 3 a 4 mm (separación de 105 mm desde la línea de centros). Para un flujo de aire horizontal, la longitud a través de 4 módulos de 16 pulgadas de longitud en una fila, para una distancia total de 64 pulgadas, la separación del módulo medio óptima alcanzable (anchura de los canales de flujo del refrigerante 43) es de 7 a 8 mm (109 mm de separación desde la línea de centros). Una separación intermodular algo más próxima en el extremo alejado de esta fila, dará como resultado un caudal de aire mayor y por consiguiente, un mayor coeficiente de transferencia de calor, compensando, de este modo, la más alta temperatura del aire flujo abajo. Una entrada secundaria o una serie de vías de etapa de entradas, a lo largo del recorrido de refrigerante, se pueden utilizar también como un medio de introducción de refrigerante adicional, haciendo, de este modo, que la transferencia de calor entre las celdas de la batería y el refrigerante sea más uniforme a lo largo de todo el recorrido de flujo.

Debe advertirse que la expresión “separación respecto a la línea de centros” se utiliza, a veces, de forma sinónima con la anchura de canal de flujo de refrigerante. La razón para ello es que las anchuras de canal de flujo del refrigerante citadas son valores de promedio. La razón de este promedio es que los lados de los módulos de batería que conforman

## ES 2 275 318 T3

los canales de flujo 43 no son siempre planos y uniformes y el zunchado que mantiene juntos los módulos y los lados de las propias baterías hacen que la anchura real del canal varíe en toda su longitud. Por lo tanto, es a veces más fácil describir la anchura en términos de la separación entre los centros de los módulos individuales, es decir, la anchura de la línea de centros, que cambia para baterías de diferentes tamaños. Por lo tanto, es genéricamente más útil establecer una anchura de canal promedio, que se aplica a módulos de baterías, con independencia del tamaño real de la batería aquí utilizada.

Para ayudar a conseguir y mantener la separación adecuada de los módulos dentro de la carcasa del conjunto, y para proporcionar aislamiento eléctrico entre los módulos, cada módulo comprende espaciadores 37 de canal-flujo-refrigerante que mantienen los módulos 32 a la óptima distancia desde cualesquiera otros módulos 32 y desde la carcasa del conjunto de baterías 40 para formar los canales de flujo de refrigerante 43. Como se ha indicado anteriormente, los espaciadores de canal-flujo-refrigerante 37 están preferentemente dispuestos en la parte superior e inferior de los módulos de batería 32, proporcionando protección a las esquinas de los módulos 32, los terminales de batería 7, 8 y a las interconexiones eléctricas 25. Y lo que es más importante, los terminales en los lados de los espaciadores 38 mantienen los módulos a la distancia óptima. Los espaciadores 37 están preferentemente realizados en un material de peso liviano eléctricamente no conductor, como por ejemplo un polímero duradero. Asimismo, es importante, para la densidad de energía del conjunto global, que los espaciadores incluyan un material total tan pequeño como sea posible, para cumplir la función requerida, y que siga siendo lo más liviano posible.

Como se indicó anteriormente, las baterías de Ni-MH funcionan mejor en un intervalo de temperatura específico. Si bien el sistema de refrigeración antes descrito permite que los sistemas del conjunto de baterías de la presente invención mantengan temperaturas de funcionamiento inferiores al límite de temperatura alta del intervalo óptimo (y a veces funcionar por encima del límite de temperatura más bajo del intervalo óptimo, si la temperatura del aire ambiente es más elevada que la que tiene la batería y también que el límite de temperatura inferior del intervalo óptimo), seguirá habiendo momentos en los que el sistema de batería será más frío que el límite inferior de la gama de temperatura. Por lo tanto, existe la necesidad de proporcionar, de algún modo, un aislamiento térmico variable a algunas o a todas las baterías y módulos en el sistema de conjunto de baterías.

Además de los sistemas de refrigeración descritos anteriormente, otra forma de controlar térmicamente los sistemas de conjuntos de baterías de la presente invención, radica en el uso de regímenes de carga dependientes de la temperatura. Los regímenes de carga dependientes de la temperatura permiten una carga eficiente bajo un amplio intervalo gama de condiciones de temperatura ambiente. Un procedimiento implica cargar las baterías a una tensión dependiente de la temperatura actualizada continuamente, que se mantiene hasta que la corriente baja a un valor especificado después de que se haya aplicado una entrada de carga especificada a corriente constante. Otro procedimiento implica una serie de etapas de disminución de corriente constante o potencia constante a una tensión compensada de temperatura límite, seguida por una entrada de carga especificada aplicada a corriente o potencia constante. Otro procedimiento implica una serie de etapas de disminución de corriente constante o potencia constante terminada por una tasa medida máxima de elevación de temperatura seguido por una entrada de carga aplicada a corriente o potencia constantes. El uso de etapas de tensión dependiente de la temperatura asegura una capacidad uniforme sobre un amplio intervalo de temperaturas y garantiza que la terminación de la carga se produce con una elevación mínima de temperatura. Por ejemplo, el uso de etapas de carga de tensión fija da como resultado una elevación de temperatura de 8°C en el caso en el que el uso de carga compensada de temperatura produzca una elevación de temperatura de 3°C bajo condiciones similares. Los límites de temperatura (60°C) de temperatura de carga absoluta son requeridos para esta batería con el fin de evitar un sobrecalentamiento severo que podría producirse en caso de fallo simultáneo del cargador y del sistema de refrigeración. La detección de la tasa de cambio de tensión con respecto al tiempo ( $dV/dt$ ) en un conjunto o módulo base permite que un valor negativo de  $dV/dt$  sirva como terminador de carga. Esto puede evitar una sobrecarga excesiva y mejorar la eficiencia de funcionamiento de la batería así como actuar como un límite de seguridad adicional.

Como se indicó anteriormente, además de presentar un límite superior sobre el intervalo de temperatura de funcionamiento de las baterías actuales, existe también un límite inferior. Como también se ha explicado anteriormente, cuando la temperatura ambiente está por encima de la temperatura de la batería, el "sistema del refrigerante" puede utilizarse como sistema de calentamiento. Sin embargo, es mucho más probable que si la temperatura del conjunto de baterías es baja, la temperatura ambiente sea asimismo baja y probablemente inferior a la temperatura del conjunto de batería. Por lo tanto, habrá momentos, durante el uso funcional del sistema de conjunto de baterías, en los que será ventajoso aislar térmicamente las baterías del ambiente. Sin embargo, la necesidad de aislamiento térmico no será constante y puede variar arias drásticamente en solamente una fracción de tiempo muy pequeña. Por lo tanto, el aislamiento térmico también necesita ser variable.

Con el fin de admitir esta necesidad variable de aislamiento térmico, los inventores han ideado unos medios para proporcionar aislamiento térmico variable. Los medios de aislamiento térmico variable de la invención pueden utilizarse en baterías individuales, módulos de baterías y sistemas de conjuntos de baterías similares.

En su forma más básica, los medios proporcionan aislamiento térmico variable, por lo menos a la parte del sistema de batería recargable que está más directamente expuesta a la condición térmica ambiente citada, de modo que mantenga la temperatura del sistema de batería recargable dentro del intervalo de funcionamiento bajo condiciones ambientales variables.

## ES 2 275 318 T3

Para proporcionar este aislamiento térmico variable, los inventores han combinado medios sensores de temperatura, medios de aislamiento térmico compresibles y medios para comprimir el medio de aislamiento térmico compresible, en respuesta a la temperatura detectada por el sensor térmico. Cuando el sensor de temperatura indica que el ambiente es frío, el aislamiento térmico se posiciona en las zonas necesarias para aislar las superficies afectadas de la batería, módulo o sistema de conjuntos de baterías. Cuando el ambiente es más cálido, el sensor de temperatura hace que el aislamiento térmico sea parcial o totalmente comprimido, de manera que el factor de aislamiento proporcionado al sistema de baterías por el aislamiento compresible sea eliminado, total o parcialmente.

Los sensores térmicos pueden ser sensores electrónicos que alimentan información a dispositivos de pistón que, variablemente, aumentan o disminuyen la compresión en un aislamiento de espuma o de fibra compresible. Como alternativa (y más preferentemente, desde un punto de vista de utilización de la energía eléctrica y una fiabilidad mecánica), el sensor y los dispositivos de compresión pueden combinarse en dispositivos mecánicos únicos que provocan la compresión variable en el aislamiento térmico, en reacción directa con las condiciones térmicas del ambiente. Dicho dispositivo de sensor/compresión combinado está constituido por un material bimetalico, como las tiras utilizadas en los termostatos. Bajo temperaturas ambiente bajas, el dispositivo bimetalico permitirá que el aislamiento térmico se expanda en su lugar para proteger el sistema de baterías contra las frías condiciones del ambiente, pero cuando la temperatura de la batería o del ambiente, se eleva, el dispositivo bimetalico comprime el aislamiento para eliminar el efecto aislante del sistema de baterías.

Aunque el aislamiento térmico variable puede utilizarse para rodear completamente toda la batería, el módulo o el sistema de baterías, no siempre es necesario hacerlo de este modo. El aislamiento térmico variable puede ser exactamente tan efectivo cuando aísla los puntos problemáticos del sistema. Por ejemplo, en los módulos de baterías y sistemas de conjuntos de la presente invención, que emplea placas extremas rebordeadas, podría ser únicamente necesario aislar térmicamente los extremos de los módulos que están más directamente influenciados por las condiciones de temperatura ambiente. Estas condiciones ambiente podrían crear grandes desequilibrios entre las baterías de los módulos y como resultado, degradar el rendimiento del módulo o sistema del conjunto. Proporcionando aislamiento variable a los extremos afectados de los módulos, el diferencial de temperatura entre las baterías puede ser reducido o eliminado y la temperatura global de los módulos puede ser controlada. Finalmente, debe advertirse también que el aislamiento térmico no necesariamente está en contacto con las baterías o módulos, sino que pueden separarse de los módulos y dejar una zona de aire inactiva cerca de la batería o módulo que actúa como un aislante térmico adicional.

La carcasa de las baterías según la presente invención está preferentemente realizada en un material metálico, como por ejemplo, acero. En una forma de realización preferida, el material metálico es troquelado, realizado o moldeado para formar superficies que contengan presión que se opongan a la presión interna de la batería sellada y, de esta forma, impedir el pandeo de la carcasa. El pandeo es perjudicial para baterías individuales porque altera la distribución de electrolito y la orientación espacial de los electrodos y separadores. Como alternativa, puede utilizarse una carcasa metálica cilíndrica.

En todas las baterías de hidruro metálico comerciales selladas, el electrodo positivo está diseñado para presentar una capacidad limitada. Esto significa que el electrodo positivo alcanza la plena carga antes que el electrodo negativo. Cuando esto ocurre, el gas oxígeno evoluciona en el electrodo positivo en proporción a la corriente suministrada. En sobrecarga, toda la corriente está produciendo gas oxígeno. Con el fin de que la batería permanezca sellada, debe existir un mecanismo de recombinación para el gas oxígeno que se desarrolla.

Un mecanismo de recombinación implica la difusión del gas oxígeno generado en el electrodo positivo a través del separador a la superficie del electrodo de hidruro metálico en donde se recombina. La etapa de limitación de tasa de este mecanismo es la difusión del gas oxígeno a través de la película de electrolito para alcanzar la superficie del electrodo metálico. Una vez que el gas oxígeno alcanza la superficie del electrodo, la recombinación del gas es rápida. Si, no obstante, el oxígeno puede difundirse a través de una delgada película de electrolito de la superficie del electrodo negativo, las tasas de recombinación de gas descenderán significativamente. De este modo, la tasa de la reacción es proporcional a la cantidad de electrolito en la superficie del electrodo. Esta cantidad es mencionada como el espesor de película del electrolito.

Un aspecto adicional de la presente invención, es un tratamiento hidrofóbico que actúa para disminuir significativamente este espesor de película. El tratamiento hidrofóbico descrito genera una película de electrolito delgada precisamente donde es más beneficioso, en la superficie del electrodo negativo de hidruro metálico.

La presente invención reconoce que un tratamiento hidrofóbico es más importante en las superficies exteriores del electrodo de hidruro metálico y, en particular, en la interfase electrolito-metal. La presente invención da a conocer un pequeño revestimiento delgado en la superficie del electrodo negativo o en la superficie del separador en contacto con el electrodo negativo. Esto proporciona un grado de hidrofobicidad allí donde se necesita. El revestimiento de la presente invención presenta una enorme ventaja sobre la técnica anterior, porque si bien la superficie del electrodo negativo se hace hidrofóbica, el interior permanece sin ser afectado. Esto se debe a que la combinación del estado gaseoso se produce solamente sobre la superficie exterior del negativo. De este modo, la presencia de un interior hidrofóbico, como en la técnica anterior, resulta realmente perjudicial para las tasas de absorción del electrolito, absorción de electrolito global, potencia, duración, temperatura baja, y otros parámetros de rendimiento relacionados con el electrodo negativo.

## ES 2 275 318 T3

Es una práctica común entre los fabricantes de las baterías de NiMH, mezclar un aglutinante orgánico, como el politetrafluoroetileno (PTFE) con el polvo de aleación del electrodo negativo para impedir el agrietamiento de los materiales de hidruro metálico. Dicha formulación da como resultado un material hidrofóbico en la masa del electrodo (incrementando por ello la resistencia del electrodo) y la hidrofobicidad resultante reduce la  
5 rendimiento del aguafuerte inicial a la hora de eliminar las impurezas de la superficie. Además, los aglutinantes hidrofóbicos en la masa reduce la absorción del electrolito que hace disminuir el ciclo de vida, disminuye la conductividad y absorbe espacio

Contrariamente a las enseñanzas de la presente solicitud, el documento JP A 4-277467 da a conocer la realización  
10 de la superficie hidrofóbica del electrodo pulverizándola con alcohol, con el fin de mejorar la presión interna.

Inesperadamente, los inventores de la presente invención constataron que, además de utilizar un electrodo negativo en el que la superficie enfrentada al separador ha sido tratada para dejarla hidrofóbica, también fue posible alcanzar resultados similares utilizando un separador y un electrodo negativo no tratado en el que la superficie del separador  
15 enfrentada al electrodo negativo ha sido tratada para hacerla hidrofóbica. Sin pretender limitarse a la teoría, se cree que el material hidrofóbico sobre la superficie del separador que se enfrenta al electrodo negativo, está en estrecho contacto con el electrodo negativo que reduce el espesor de película del electrolito sobre el electrodo como si el propio electrodo negativo hubiese sido tratado.

Aunque, a primera vista, podría parecer desventajoso tratar la superficie del electrodo negativo y la superficie del separador frente al electrodo negativo para hacer hidrofóbicos a ambos, los inventores han descubierto que esto no es efectivo. Cuando ambas superficie son tratadas, el espesor del material hidrofóbico resultante es tan grande que la recombinación del oxígeno baja significativamente.

Este es el caso del documento JP A 5-242908 que describe la utilización de una capa de PTFE entre el electrodo negativo y el separador (tratando efectivamente tanto la superficie del negativo como la superficie del separador). Si bien JP A 5-242908 expone las ventajas de la recombinación de oxígeno en el electrodo, una tabla en el documento JP A 5-242908 muestra presiones en la celda reducidas solamente al intervalo de 81 a 114 psi. (La temperatura de las celdas no se indica). Estas presiones son mucho mayores que las presiones en las celdas de la presente invención,  
25 como se ilustra en la Tabla 1 siguiente. El uso de un electrodo de contacto o separador, tal como se describe en la presente invención, evita los problemas inherentes en una capa extra. Un electrodo revestido según la presente invención simplifica y reduce el coste del montaje, ya que el revestimiento puede aplicarse antes del montaje. Utilizando una capa fina de PTFE entre el separador y el electrodo se podría generar una variedad de problemas durante el montaje. Por ejemplo, el estiramiento podría producir una porosidad no uniforme que podría producir tasas no uniformes de recombinación de gas y difusión. Un electrodo revestido de manera efectiva permite el uso de una capa hidrofóbica más delgada, con lo que favorece una recombinación de oxígeno uniforme y rápida, sin impedir las tasas de  
35 difusión.

La presente invención es efectiva en todos los tipos de sistemas de baterías en las que el oxígeno se desarrolla en el electrodo positivo durante una sobrecarga. La presente invención es particularmente útil con sistemas de níquel e hidruro metálico (tales como los que se suelen denominar sistemas Ovonic, AB<sub>2</sub>, AB<sub>5</sub> y sistemas de mischmetal. Más particularmente, la presente invención es útil con aleaciones del tipo descrito en la solicitud de patente US nº 08/259.793 en trámite, publicada como US nº 5.506.069, registrada el 14 de junio de 1994, titulada "*ELECTRO-CHEMICAL HYDROGEN STORAGE ALLOYS AND BATTERIES FABRICATED FROM MG CONTAINING BASE*  
45 *ALLOYS*".

La presente invención es particularmente útil en baterías del sistema de HEV porque dichas baterías deben soportar numerosos ciclos de carga descarga rápida. Esto se debe a que una carga rápida da como resultado una más rápida generación de gas oxígeno. En baterías que son rápidamente cargadas, también es importante que el oxígeno generado durante estos períodos de sobrecarga se recombine rápidamente para evitar la ventilación y la pérdida de capacidad. Además, la presente invención es particularmente efectiva a elevadas temperaturas, lo que aumenta su utilidad en baterías que van a ser cargadas rápidamente. Evidentemente, el uso del sistema de gestión térmica descrito anteriormente incrementará las eficiencias de dicha recombinación de gas.

Si bien una suspensión de PTFE al 1% se da a conocer específicamente a continuación, se puede usar cualquier tratamiento hidrofóbico adecuado, lo que reducirá el espesor de la película del electrolito en la superficie del electrodo negativo de hidruro metálico. Las celdas de la presente invención no sufren ninguna solución de compromiso en cuanto a rendimiento, duración, potencia, retención de carga o rendimiento a temperatura baja como resultado del tratamiento hidrofóbico.

Aunque se puede utilizar cualquier aleación de hidruro metálico, las celdas de la presente invención están preferentemente realizadas en materiales de electrodos negativos de baja presión tales como los descritos en la patente US nº 5.277.999. Dichas aleaciones de almacenamiento de hidrógeno tienen la composición

(Aleación base)<sub>a</sub>Co<sub>b</sub>Mn<sub>c</sub>Al<sub>d</sub>Fe<sub>e</sub>La<sub>f</sub>Mo<sub>g</sub>

## ES 2 275 318 T3

en la que la aleación base representa una aleación multicomponente desordenada que tiene por lo menos: una estructura seleccionada de entre el grupo constituido por estructuras amorfa, microcristalina, policristalina (con falta de orden composicional de largo alcance con tres ó más clases de la estructura policristalina) y cualquier combinación de estas estructuras; b es 0 a 7,5 de porcentaje atómico, preferentemente 4 a 7 de porcentaje atómico; c es 0 a 8,5 de porcentaje atómico, preferentemente 6 a 8 de porcentaje atómico; d es 0 a 2,5 de porcentaje atómico, preferentemente 0,1 a 2 de porcentaje atómico; e es 0 a 6 de porcentaje atómico, preferentemente 1 a 3 de porcentaje atómico; f es 0 a 4,5 de porcentaje atómico, preferentemente 1 a 4 de porcentaje atómico; g es 0 a 6,5 de porcentaje atómico, preferentemente 0,1 a 6 de porcentaje atómico y más preferentemente aproximadamente 6 de porcentaje atómico;  $b + c + d + e + f + g > 0$  y  $a + b + c + d + e + f + g = 100$  de porcentaje atómico. Una formulación preferida de esta aleación base contiene 0,1 a 60 de porcentaje atómico de Ti, 0,1 a 25 de porcentaje atómico, Zr 0,1 a 60 de porcentaje atómico de V, 0,1 a 57 de porcentaje atómico de Ni y 0,1 a 56 de porcentaje atómico de Cr y b es 4 a 7 de porcentaje atómico; c es 6 a 8 de porcentaje atómico; d es 0,1 a 2 de porcentaje atómico; e es 1 a 2 de porcentaje atómico; f es 0,1 a 4 de porcentaje atómico y g es 0,1 a 6 de porcentaje atómico;  $b + c + d + e + f + g > 0$  y  $a + b + c + d + e + f + g = 100$  de porcentaje atómico.

Aunque se puede utilizar cualquier material de electrodo positivo compatible con los electrodos negativos de hidróxido metálico (tal como hidróxido de níquel), los electrodos positivos de la presente invención son preferentemente del tipo descrito en las patentes US n° 5.344.782, n° 5.348.822, n° 5.523.182, n° 5.569.562 y n° 5.567.549. Estos electrodos son electrodos positivos de vida de ciclo de servicio larga, alta capacidad, desordenados y localmente ordenados que comprenden un material de electrodo de hidróxido de níquel de solución macizo, que presenta una estructura multifásica y por lo menos un modificador composicional para promocionar la estructura multifásica. La estructura multifásica de estos electrodos comprende por lo menos una fase  $\gamma$  policristalina que comprende una celda de unidad de fase  $\gamma$  policristalina comprendiendo placas dispuestas de manera separada con por lo menos un ion materializado alrededor de las placas, presentando las placas un intervalo de distancias interláminas estable correspondiente al estado de oxidación  $2^+$  y un estado de oxidación de  $3,5^+$  o mayor. Por lo menos un modificador composicional es un metal, un óxido metálico, una aleación de óxidos metálicos, un hidruro metálico y/o una aleación de hidruros metálicos. Preferentemente, por lo menos un modificador composicional se selecciona de entre el grupo constituido por Al, Bi, Co, Cr, Cu, Fe, Ln, LaH<sub>3</sub>, Mn, Ru, Sb, Sn, TiH<sub>2</sub>, TiO, Zn.

Los separadores y bolsas del presente material se realizan en material descrito en detalle en la patente US n° 5.330.861. En esta patente se describe con detalle los materiales de polipropileno humectables y de nilón retentivo de electrolito que no son reactivos con el gas H<sub>2</sub> y electrolito alcalino. El material de nilón retentivo es capaz de absorber y retener más solución de electrolito que los separadores de nilón estándar. Los separadores de polipropileno humectables se injertan con material de polipropileno que retienen y absorben el electrolito de modo que las partículas, rebabas y residuos no se obtienen. El material de polipropileno injertado se utiliza preferentemente para los separadores y las bolsas de las celdas de la presente invención.

Aunque las mejoras de los electrodos de las baterías descritas en la presente memoria están orientadas a los electrodos positivos o negativos, no pretende ser en modo alguno, una limitación. De este modo, la formación de baterías según la invención, que comprenden electrodos negativos sinterizados combinados con electrodos positivos de conductividad mejorada o electrodos negativos empastados de la técnica anterior combinados con electrodos positivos de conductividad mejorada o electrodos negativos de conductividad mejorada combinados con electrodos positivos de la técnica anterior o electrodos negativos de conductividad mejorada combinados con electrodos positivos de conductividad mejorada están destinados en su totalidad a estar dentro del alcance de la presente invención. (La expresión "conductividad mejorada" tal como se utiliza en la presente memoria pretende referirse concretamente a los electrodos negativos o positivos de las baterías según la presente invención).

### Ejemplos

#### Ejemplo 1

Una forma de realización de celdas para sistemas de vehículos HEV, según la presente invención, y las de celdas de comparación se describen en la Tabla 1 siguiente.

# ES 2 275 318 T3

TABLA 1

	Comparación	Prototipo HEV	Prototipo optimizado HEV
5	Densidad de potencia (W/L)	1.300	2.700
10	Potencia máxima específica (W/kg)	600	1.000
	Densidad de energía (Wh/L)	120	160
15	Potencia específica (Wh/Kg)	55	60
	Construcción electrodo negativo	Empastado	Sustrato Cu, electrodos delgados
20	Colector de corriente negativa	Níquel	cobre
25	Composición de aleación negativa	metal misch	$V_{16}Ti_{15}Zr_{18}Ni_{29}Cr_5Co_7Mn_8$
30	Electrodo positivo	Electrodo empastado y $Ni(OH)_2$ delgado	Empastado fase y $Ni(OH)_2$ con aditivos conductores, delgados
35	Separador	Polipropileno delgado	Polipropileno grueso
	Carcasa	Plástico	Acero inoxidable
40	Relación de aspecto	Cuadrado	Cuadrado
	Parte superior	Plástico	Acero inoxidable
45	Apéndices	Gruesas	Gruesas/soldadas por láser

Según se puede observar en la Tabla 1, la forma de realización de la invención, las celdas prototipo HEV y las celdas prototipo optimizadas de HEV representan mejoras respecto a las celdas de comparación. En particular, el prototipo de HEV optimizado materializa las mejoras más espectaculares.

En la Tabla 1 se indica que el sustrato Cu de la invención proporciona la conducción de corriente mejorada esencial para reducir la resistencia interna. Análogamente, el uso de aditivos conductores, tal como fibras de níquel, partículas de grafito recubiertas de níquel, partículas de cobre recubiertas de níquel, fibras de cobre recubiertas de níquel, o el uso de esterilla conductora materializada en el material de electrodo negativo empastado, contribuyen en su totalidad a la conductividad del electrodo positivo. Además, el uso de apéndices gruesas que son soldadas por láser asegura que la conductividad mejorada de los electrodos no se pierda en los puntos de recogida. Como alternativa, se pueden utilizar electrodos negativos que presentan la composición  $Ti_{10}Zr_{28}Ni_{36}Cr_5Co_5Mn_{16}$ .

## Ejemplo 2

El impacto de los electrodos térmicamente conductores de la presente invención se puede evaluar de forma independiente. Celdas de comparación y celdas térmicamente conductoras se fabricaron según se describe en la Tabla 2.

# ES 2 275 318 T3

TABLA 2

5		Celdas de comparación	Células térmicamente conductoras
	Capacidad	100 Ah	100 Ah
10	Potencia específica	~ 70 Wh/kg	~ 70 Wh/kg
	Construcción electrodo negativo	empastado	Sinterizado, compactado
15	Composición aleación negativa	metal misch	$V_{15}Ti_{15}, Zr_{18}, Ni_{29}Cr_5Co_7Mn_8$
	Electrodo positivo	$Ni(OH)_2$ empastado en sustrato de espuma	$Ni(OH)_2$ empastado en sustrato de espuma
20	Carcasa	Plástico	Acero inoxidable
	Parte superior	Plástico	Acero inoxidable
25	Temperatura después de ciclos (ciclos de carga/descarga) a C/10 sobrecarga a 120% de capacidad	80°C	34°C
30			

## Ejemplo 3

Las celdas (1 a 7 en la Tabla 3 siguiente) se fabricaron según se describe en la patente US n° 5.330.861 utilizando un separador de polipropileno de alta elasticidad y aleación de electrodos negativos que presenta la composición siguiente:



exceptuado que los separadores fueron pulverizados con soluciones acuosas al 1% de PTFE en el lado situado frente al electrodo negativo antes del montaje de la celda. Las celdas de control (designadas C1-C7 en la Tabla 3 siguiente) fueron montadas utilizando separadores no tratados.

Estas celdas fueron cargadas y descargadas a las temperaturas indicadas. Las celdas que presentan el revestimiento de PTFE al 1% sobre la superficie del separador mostraron una reducción de presión consistente, según puede observarse, este efecto es incluso más pronunciado a temperaturas elevadas y representa una mejora significativa respecto a la técnica anterior. Además, la Tabla 3 indica que las celdas de la presente invención no sufren ninguna solución de compromiso en términos de capacidad.

# ES 2 275 318 T3

TABLA 3

	Temperatura (°C)	Presión de sobrecarga (psi)	Capacidad (Ah)	
5				
	C1	0	32	4,77
10	C2	10	39	4,58
	C3	20	89	4,46
	C4	30	113	4,53
15	C5	40	136	4,53
	C6	50	175	4,45
20	C7	60	138	3,97
	1% Teflón			
	1	0	46	4,76
25	2	10	44	4,45
	3	20	42	4,47
30	4	30	47	4,52
	5	40	55	4,54
	6	50	75	4,49
35	7	60	63	4,02

40 Resulta evidente para los expertos en la materia que se pueden realizar combinaciones adicionales de los componentes descritos anteriormente sin apartarse del alcance de la presente invención. Por ejemplo, una adición extensiva de componentes conductores, tales como polvo de cobre o níquel metálico a un electrodo empastado está prevista. La exposición y descripción de la presente memoria son únicamente meramente ilustrativos de formas de realización particulares de la invención y no se deben considerar como limitaciones sobre la invención. Son las reivindicaciones siguientes, comprendiendo todas las equivalentes, las que definen el alcance de la invención.

45 Aunque la invención ha sido descrita haciendo referencia a formas de realización y procedimientos preferidos, se apreciará que no se pretende limitar la invención a los procedimientos y las formas de realización preferidos. Por el contrario, se pretende cubrir todas las alternativas, modificaciones y equivalencias que puedan incluirse dentro del alcance de la invención tal como se define por las reivindicaciones adjuntas.

50

55

60

65

# ES 2 275 318 T3

## REIVINDICACIONES

1. Sistema de impulsión de vehículo eléctrico híbrido que comprende:

5 un motor de combustión, un motor eléctrico y por lo menos un módulo de baterías de níquel e hidruro metálico que proporciona una potencia eléctrica a dicho motor eléctrico, comprendiendo por lo menos un módulo de baterías electrodos positivos y negativos,

10 **caracterizado** porque el módulo de baterías níquel e hidruro metálico presenta una potencia máxima específica superior a un límite superior de una banda (E) delimitada por los puntos A, B, C y D que representan las energías específicas de 75, 70, 45 y 45 Wh/kg, respectivamente, y potencias máximas específicas de 250, 300, 650 y 700 W/kg respectivamente, en el que dichos electrodos positivos comprenden aditivos conductores y dichos electrodos negativos comprenden un material de aleación de hidruro metálico desordenado.

15 2. Sistema de impulsión según la reivindicación 1, en el que dicha potencia máxima específica es superior a 700 vatios/kg.

20 3. Sistema de impulsión según la reivindicación 1 ó 2, en el que dicha potencia máxima específica es de por lo menos 1.000 vatios/kg.

4. Vehículo eléctrico híbrido **caracterizado** porque comprende un sistema de impulsión de vehículo eléctrico híbrido según la reivindicación 1.

25 5. Vehículo eléctrico híbrido según la reivindicación 4, en el que dicha potencia máxima específica es superior a 700 vatios/kg.

30 6. Vehículo eléctrico híbrido según la reivindicación 4 ó 5, en el que dicha potencia máxima específica es de por lo menos 1.700 vatios/kg.

35

40

45

50

55

60

65

70

FIG - 1

