

República Federativa do Brasil
Ministério do Desenvolvimento, Indústria
e do Comércio Exterior
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(21) **PI 0621965-9 A2**

(22) Data de Depósito: 18/08/2006
(43) Data da Publicação: 27/12/2011
(RPI 2138)



(51) *Int.Cl.:*
C08J 9/00

(54) Título: ESPUMA COMPÓSITA, E, BATERIA DE ÁCIDO E CHUMBO

(73) Titular(es): Firefly Energy Inc.

(72) Inventor(es): Boris I. Monahov, Kurtis C. Kelley, Matthew J. Maroon, Nicholas Brazis

(74) Procurador(es): Momsen, Leonardos & Cia

(86) Pedido Internacional: PCT US2006032366 de 18/08/2006

(87) Publicação Internacional: WO 2008/020852 de 21/02/2008

(57) Resumo: ESPUMA COMPÓSITA, E, BATERIA DE ÁCIDO E CHUMBO Uma espuma compósita, que inclui um material de espuma de carbono, que compreende uma rede de poros e uma pluralidade de descontinuidades e um material secundário depositado sobre pelo menos alguma da pluralidade de descontinuidades do material de espuma de carbono.

“ESPUMA COMPÓSITA, E, BATERIA DE ÁCIDO E CHUMBO”

DESCRIÇÃO DA INVENÇÃO

Campo Técnico

A presente invenção refere-se a materiais compósitos e, de um modo mais particular, a uma espuma de carbono compósita eletricamente condutora.

Fundamentos

Baterias eletroquímicas, que incluem, por exemplo, as baterias de ácido e chumbo e à base de níquel, dentre outras, são conhecidas como incluindo pelo menos um coletor de corrente positivo, pelo menos um coletor de corrente negativo, e uma solução eletrolítica. Em baterias de ácido e chumbo tradicionais, por exemplo, tanto os coletores de corrente positivo e negativo são construídos a partir de chumbo. A função destes coletores de corrente de chumbo é a de transferir a corrente elétrica para e a partir de terminais de bateria durante processos de carga e de descarga. O armazenamento e a liberação de energia elétrica em baterias de ácido de chumbo é proporcionado através de reações químicas, que ocorrem em uma pasta disposta sobre os coletores de corrente. Os coletores de corrente positivo e negativo, uma vez revestidos com esta pasta, são referidos como placas positiva e negativa, respectivamente. Uma limitação notável no que se refere à durabilidade de baterias de ácido e chumbo é a corrosão do coletor da corrente de chumbo da placa positiva.

A taxa de corrosão do coletor da corrente de chumbo é um fator principal na determinação da vida da bateria de ácido e chumbo. Uma vez que o eletrólito (por exemplo, o ácido sulfúrico) é adicionado à bateria e a bateria é carregada, o coletor de corrente de uma tal placa positiva é submetido, de um modo contínuo, à corrosão, devido à exposição ao ácido

sulfúrico e aos potenciais anódicos da placa positiva. Um dos efeitos mais danosos desta corrosão do coletor de corrente da placa positiva é a expansão do volume. De um modo particular, à medida em que o coletor da corrente de chumbo é corroído, é formado dióxido de chumbo a partir do metal da fonte de chumbo do coletor de corrente. Além disso, o produto de corrosão de dióxido de chumbo possui um maior volume do que o material a fonte de chumbo consumido para criar o dióxido de chumbo. A corrosão do material da fonte de chumbo e o aumento subsequente no volume do produção de corrosão de dióxido de chumbo é conhecido como a expansão de volume.

A expansão de volume induz a estresses mecânicos no coletor de corrente, que deforma e estira o coletor de corrente. Em um aumento de volume total do coletor de corrente de aproximadamente 4 por cento a 7 por cento, o coletor de corrente pode ser fraturado. Como um resultado, a capacidade da bateria pode cair, e, de um modo eventual, a bateria irá alcançar o término de sua vida útil. De um modo adicional, em estágios de corrosão avançados, o encurtamento interno dentro do coletor de corrente e a ruptura do invólucro da célula pode vir a ocorrer. Ambos estes efeitos de corrosão pode levar à falha de uma ou mais células no interior da bateria.

Um método para estender a vida útil de uma bateria de ácido e chumbo é o de aumentar a resistência à corrosão do coletor de corrente da placa positiva. Vários métodos foram propostos para inibir a corrosão em baterias de ácido e chumbo. Como o carbono não é oxidado em temperaturas, nas quais as baterias de ácido e chumbo geralmente operam, alguns destes métodos foram envolvidos no uso de carbono em várias formas, de um modo a retardar ou a prevenir o processo de corrosão danoso nas baterias de ácido e chumbo. Por exemplo, na Publicação de Patente Nº 20040121238, a espuma de carbono foi proposta como uma material coletor de corrente para o uso em baterias de ácido e chumbo. O uso de espuma de carbono (por exemplo, espuma de grafite) como um coletor de corrente pode aumentar a resistência à

corrosão e a área superficial do coletor de corrente nas grades do coletor de corrente de chumbo. Esta área superficial adicional dos coletores de corrente pode aumentar a energia específica e a potência da bateria, deste modo aumentando o seu desempenho. No entanto, dentre a rede de poros formada na espuma, pode existir uma pluralidade de descontinuidades, que podem permitir a intercalação de íons eletricamente carregados ao interior da estrutura da espuma. Estes íons podem agir tal qual uma cunha, sendo dirigidos ao interior da estrutura da espuma de carbono causando dano interno (por exemplo a formação de fissuras e a separação) e conduzindo à falha prematura do coletor de corrente. Os efeitos da intercalação podem ser em particular prevaletentes quando a estrutura da espuma de carbono inclui a grafite. Além disso, as descontinuidades podem prover sítios de reação, que promovem a interação química entre a espuma de carbono e várias espécies quimicamente reativas. Esta interação química pode comprometer a integridade estrutural da espuma de carbono. A reatividade química pode apresentar efeitos destrutivos sobre muitos tipos de espumas de carbono.

A presente invenção é dirigida à superação de um ou mais dos problemas ou desvantagens que existem na arte antecedente.

SUMÁRIO DA INVENÇÃO

Os aparelhos e os métodos da presente invenção referem-se a uma espuma de carbono compósita eletricamente condutora.

Uma modalidade da exposição inclui uma espuma compósita. A espuma compósita inclui um material de espuma de carbono, que inclui uma rede de poros e uma pluralidade de descontinuidades. A espuma compósita inclui ainda um material secundário seletivamente depositado sobre ou no interior de pelo menos alguma da pluralidade de descontinuidades do material de espuma de carbono, em uma quantidade de cerca de 0,5 por cento, em peso, ou mais e menos do que 25 por cento, em peso, da espuma compósita.

Em uma outra modalidade, uma espuma compósita eletricamente condutora é exposta. A espuma compósita eletricamente condutora inclui um material de espuma de carbono, que inclui uma rede de poros e uma pluralidade de descontinuidades, em que a espuma de carbono possui um valor de resistividade não superior a 50.000 micro ohm- cm. A espuma compósita eletricamente condutora inclui ainda um material secundário depositado sobre pelo menos alguma da pluralidade de descontinuidades do material de espuma de carbono.

Em ainda uma outra modalidade, é exposta uma bateria de ácido e chumbo. A bateria de ácido e chumbo inclui um alojamento, pelo menos uma célula disposta no interior do alojamento, um eletrólito, e pelo menos um componente eletricamente condutor, que inclui um material de espuma compósito. O material de espuma compósito inclui um material de espuma de carbono, que compreende uma rede de poros e uma pluralidade de descontinuidades e um material secundário depositado sobre ou no interior de pelo menos algumas da pluralidade de descontinuidades do material de espuma de carbono.

Em ainda uma outra modalidade, um método para a produzir uma espuma compósita é exposta. O método inclui o estágio de prover um mistura de tratamento, que inclui um material secundário e um solvente substancialmente polar, em que o material secundário mantém uma carga elétrica de uma primeira polaridade. O método ainda inclui os estágios de expor um material de espuma de carbono, que inclui uma rede de poros e uma pluralidade de descontinuidades, à mistura de tratamento, e aplica um potencial de voltagem de uma segunda polaridade ao material de espuma de carbono, em que a segunda polaridade está em posição à primeira polaridade.

Em uma outra modalidade, um método para reforçar um componente de espuma compósita é exposto. O método inclui os estágios de prover uma mistura de tratamento, que compreende um material secundário e

um solvente, e expor um material de espuma de carbono, que compreende uma rede de poros e uma pluralidade de descontinuidades à mistura de tratamento, em que a exposição do material de espuma de carbono à mistura de tratamento efetua uma transferência de pelo menos algum do material secundário ao material de espuma de carbono, de tal modo que o material secundário seja depositado, de um modo seletivo, sobre ou no interior de pelo menos algumas da pluralidade de descontinuidades em uma quantidade de 0,5 por cento, em peso, ou mais do que e menos do que 25 por cento, em peso, da espuma compósita.

10 **BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS**

Os desenhos anexos, que são incorporados e que constituem uma parte deste relatório, ilustram modalidades da invenção e junto com a descrição servem para explicar os princípios da invenção. Nos desenhos :

15 A Figura 1 ilustra uma bateria 10 de acordo com uma modalidade exemplar da presente invenção;

A Figura 2A ilustra um coletor de corrente 20 de acordo com uma modalidade exemplar da presente invenção;

A Figura 2B ilustra uma vista mais próxima da aba 21, que pode ser formada opcionalmente sobre o coletor de corrente 20;

20 A Figura 3 provê uma representação bidimensional, em aproximadamente uma ampliação de 100 x, de uma espuma de carbono exemplar;

A Figura 4 é um diagrama de fluxo, que ilustra um método exemplar para tratar uma espuma de carbono com um material secundário, consistente com uma modalidade da presente invenção; e

25 A Figura 5 é um diagrama de fluxo, que ilustra um outro método exemplar para o tratamento de uma espuma de carbono com um material secundário, consistente com uma modalidade da presente invenção.

DESCRIÇÃO DAS MODALIDADES

Faz-se agora referência, de um modo detalhado, a modalidades exemplares da invenção, cujos exemplos são ilustrados nos desenhos anexos. Sempre que possível, os mesmos números de referência serão usados em todos os desenhos, de modo a fazer referência às mesmas partes ou a partes similares.

A Figura 1 ilustra uma bateria 10 de acordo com uma modalidade exemplar da presente invenção. A bateria 10 inclui um alojamento 11 e terminais 12, que podem ser externos ao alojamento 11. Pelo menos uma célula 13 está disposta dentro do alojamento 11. A bateria 10 pode operar com uma única célula 13, ou de um modo alternativo, múltiplas células podem ser conectadas, em série ou em paralelo, de modo a prover um potencial total desejado da bateria 10.

Cada célula 13 pode ser composta de placas positiva e negativa alternadas ou de eletrodos imersos em uma solução eletrolítica. A composição da solução eletrolítica pode ser selecionada de um modo a corresponder a uma química de bateria particular. Por exemplo, as baterias de ácido e chumbo podem incluir uma solução eletrolítica ácida. Um ácido adequado pode ser usado para prover o eletrólito de uma bateria de ácido e chumbo. Em uma modalidade particular, o ácido sulfúrico pode ser misturado com a água, de um modo a prover a solução de eletrólito da bateria 10. De um modo alternativo, as baterias ou outras químicas podem incluir outros eletrólitos. Por exemplo, as baterias à base de níquel podem incluir soluções de eletrólito alcalinas, que incluem uma base (por exemplo, KOH) misturada com água.

A bateria 10 inclui ainda pelo menos um componente eletricamente condutor, que inclui, por exemplo, coletores de corrente, barras coletoras, e qualquer outro componente eletricamente condutor, consistente com a presente invenção. Em uma modalidade, as placas positivas e negativas de cada célula 13 podem incluir um coletor de corrente eletricamente

condutor, embalado ou revestido com um material quimicamente ativo. A composição do material quimicamente ativo pode depender da química da bateria 10. Por exemplo, as baterias de ácido e chumbo podem incluir um material quimicamente ativo, que inclui, por exemplo, um óxido ou um sal de chumbo. Além disso, as placas de anodo (isto é, as placas positivas) de baterias de níquel cádmio (NiCd) podem incluir um material de hidróxido de cádmio ($\text{Cd}(\text{OH})_2$); baterias de hidreto de metal de níquel podem incluir um material de lantânio níquel (LaNi_5); baterias de níquel zinco (NiZn) podem incluir um material de hidróxido de zinco ($\text{Zn}(\text{OH})_2$); e baterias de níquel ferro (NiFe) podem incluir um material de hidróxido de ferro ($\text{Fe}(\text{OH})_2$). Em todas as baterias à base de níquel, o material quimicamente ativo sobre a placa do catodo (isto é, negativo) pode ser hidróxido de níquel.

A Figura 2A ilustra um coletor de corrente 20 de acordo com uma modalidade exemplar da presente invenção. O coletor de corrente 20 pode incluir um corpo retangular, delgado, e uma aba 21, usada para formar uma conexão elétrica com o coletor de corrente 20. A aba 21, no entanto, pode ser omitida em algumas modalidades.

O coletor de corrente apresentado na Figura 2A pode ser usado para formar ou uma placa positiva ou uma placa negativa. Como previamente mencionado, as reações químicas no material ativo disposto sobre os coletores de corrente da bateria permitem o armazenamento e a liberação de energia. A composição deste material ativo, e não o material coletor de corrente, determina se um determinado coletor de corrente funciona ou como uma placa positiva ou como uma placa negativa.

Embora o tipo de placa, seja positiva ou negativa, não dependa do material selecionado para o coletor de corrente 20, o material do coletor de corrente e a configuração podem afetar as características e o desempenho da bateria 10. Por exemplo, durante os processos de carga e de descarga, cada coletor de corrente 20 transfere a corrente elétrica resultante para e a partir

dos terminais de bateria 12. De modo a transferir a corrente eficientemente para e a partir dos terminais de corrente 12, o coletor de corrente 20 pode ser formado a partir de um material condutor. Além disso, a suscetibilidade do material coletor de corrente à corrosão pode afetar não apenas o desempenho da bateria 10, mas pode também causar impacto sobre a vida útil da bateria 10. Em adição ao material selecionado para o coletor de corrente 20, a configuração do coletor de corrente 20 pode ser também importante para o desempenho da bateria. Por exemplo, a quantidade de área superficial disponível sobre o coletor de corrente 20 pode influenciar a energia específica, a potência específica, e as taxas de carga/ descarga da bateria 10.

Em uma modalidade exemplar da presente invenção, o coletor de corrente 20, tal como mostrado na Figura 2A, é formado a partir de um material de espuma de carbono, que pode incluir carbono ou materiais à base de carbono, que exibam algum grau de porosidade. Em certas modalidades, o carbono pode incluir a espuma de grafite. Como a espuma é carbono, ela pode resistir à corrosão mesmo quando exposta a eletrólitos e a potenciais elétricos das placas positiva ou negativa. Além disso, os coletores de corrente compostos de espuma de carbono podem exibir mais do que 2000 vezes a quantidade de área superficial provida através dos coletores de corrente convencionais.

O material de espuma exposto pode incluir qualquer material à base de carbono, incluindo uma rede tridimensional de escoras e poros. A espuma pode compreender cada um ou ambos de materiais de ocorrência natural e derivados artificialmente.

A Figura 2B ilustra uma vista mais próxima da aba 21, que pode, de um modo opcional, ser formada sobre o coletor de corrente 20. A aba 21 pode ser revestida com um material condutor e usada para formar uma conexão elétrica com o coletor de corrente 20. Em adição à aba 21, outras configurações adequadas para estabelecer conexões elétricas com o coletor de

corrente 20 podem ser usadas. O material condutor, usado para revestir a aba 21 pode incluir um metal, que é mais condutor do que o coletor de corrente de espuma de carbono. A aba de revestimento 21 com um material condutor pode prover suporte estrutural para a aba 21 e criar uma conexão elétrica adequada, capaz de manipular as altas correntes presentes em baterias de ácido e chumbo e em baterias à base de níquel.

A Figura 3 provê uma representação bidimensional, em aproximadamente uma ampliação de 100 x, de uma espuma de carbono exemplar. A espuma de carbono pode incluir uma rede de poros 41. Estes poros proporcionam uma grande quantidade de área superficial para cada coletor de corrente 20. A espuma de carbono pode ainda incluir outras descontinuidades 43. O termo “descontinuidade”, como aqui usado, deve ser entendido como compreendendo quaisquer aberturas, fendas, degraus, fissuras, separações, ranhuras, aberturas ou perfurações no interior da estrutura sólida do material de espuma de carbono. As descontinuidades podem ser prontamente aparentes ou substancialmente não- discerníveis quando observadas a olho nu ou sob um microscópio. Além disso, as descontinuidades podem variar em tamanho, forma e estrutura. Por exemplo, uma descontinuidade pode incluir uma fenda similar a uma linha de cabelo de uma separação tipo poro ou ranhura entre as folhas de grafite no interior da espuma, dentre outros.

Em uma modalidade, a espuma de carbono pode incluir de cerca de 4 a cerca de 50 poros por centímetro e um tamanho de poro médio de pelo menos cerca de 200 micrômetros. Em outras modalidades, no entanto, o tamanho de poro médio pode ser menor. Por exemplo, em certas modalidades, o tamanho de poro médio pode ser de pelo menos cerca de 40 micrômetros. Em ainda outras modalidades, o tamanho de poro médio pode ser de, pelo menos, cerca de 20 micrômetros. Embora a redução do tamanho de poro médio do material de espuma de carbono possa apresentar o efeito de

aumentar a área superficial efetiva do material, tamanhos de poro médios abaixo de 20 micrômetros podem impedir ou evitar a penetração do material quimicamente ativo ao interior dos poros do material de espuma de carbono.

Independentemente do tamanho de poro médio, um valor de porosidade total para a espuma de carbono pode ser de pelo menos 60 por cento. Em outras palavras, pelo menos 60 por cento do volume da estrutura de espuma de carbono podem ser incluídos no interior dos poros 41. Os materiais de espuma de carbono podem também apresentar valores de porosidade total inferiores a 60 por cento. Por exemplo, em certas modalidades, a espuma de carbono pode apresentar um valor de porosidade total de pelo menos 30 por cento.

Além disso, a espuma de carbono pode apresentar um valor de porosidade aberta de pelo menos 90 por cento. Portanto, pelo menos 90 por cento dos poros 41 estão abertos a poros adjacentes, de um modo tal que a rede de poros 41 forme uma rede substancialmente aberta. Esta rede aberta de poros 41 pode permitir com que o material ativo, depositado sobre cada coletor de corrente 20, penetre no interior da estrutura de espuma de carbono. Em adição à rede de poros 41, a espuma de carbono inclui um tecido de elementos estruturais 42, que proporcionam o suporte para a espuma de carbono. No total, a rede de poros 41 e os elementos estruturais 42 da espuma de carbono podem resultar em uma densidade de menos do que cerca de 0,6 gm / cm³ para o material de espuma de carbono.

Devido à condutividade da espuma de carbono da presente invenção, os coletores de corrente 20 podem transferir, de um modo eficiente, a corrente para e a partir dos terminais de bateria 12, ou quaisquer outros elementos condutores, que possam prover acesso ao potencial elétrico da bateria 10. Em certas formas, a espuma de carbono não- tratada pode oferecer valores de resistividade de folha de menos do que cerca de 1 ohm- cm. Em ainda outras formas, a espuma de carbono não- tratada pode apresentar

valores de resistividade de folha de menos do que cerca de 0,75 ohm – cm.

Em uma modalidade, a espuma de carbono pode ser uma espuma de grafite, usada para formar o coletor de corrente 20. Uma tal espuma de grafite, sob a marca registrada PocoFoam™, está disponível de

5 Poco Graphite, Inc. A densidade e a estrutura de poro da espuma de grafite pode ser similar à espuma de carbono. Uma diferença primária entre a espuma de grafite e a espuma de carbono é a orientação dos átomos de carbono, que compõem os elementos estruturais 42. Por exemplo, na espuma de carbono, o carbono pode ser pelo menos parcialmente amorfo. Na espuma de grafite, no

10 entanto, mais do carbono é ordenado sob uma estrutura em camadas, de grafite. Como a natureza ordenada da estrutura de grafite, a espuma de grafite pode oferecer uma condutividade mais alta do que a espuma de carbono. A espuma de grafite não- tratada pode exibir valores de resistividade elétrica de entre cerca de 100 micro- ohm- cm e cerca de 2.500 micro- ohm- cm. Em

15 alguns casos, as espumas de grafite podem se aproximar de valores de resistividade de até 50.000 micro- ohm- cm.

As espumas de carbono e de grafite da presente invenção podem ser também obtidas submetendo-se vários materiais orgânicos a um processo de carbonização e/ ou grafitização. Em uma modalidade exemplar,

20 várias espécies de madeira podem ser carbonizadas e/ ou grafitizadas de modo a fornecer o material de espuma de carbono para o coletor de corrente 20. A madeira inclui uma rede de ocorrência natural de poros. Estes poros podem ser alongados e orientados de um modo linear. Além disso, como um resultado de suas propriedades portadoras de água, os poros na madeira

25 formam uma estrutura substancialmente aberta. Certas espécies de madeira podem oferecer um valor de porosidade aberta em pelo menos cerca de 90 por cento. O tamanho de poro médio da madeira pode variar dentre diferentes espécies de madeira, mas em uma modalidade exemplar da invenção, a madeira usada para formar o material de espuma de carbono possui um

tamanho de poro médio de pelo menos 20 microns.

Muitas espécies de madeira podem ser usadas para formar a espuma de carbono da invenção. Como uma classe geral, as maior parte das madeiras duras possuem estruturas de poro adequadas para o uso em coletores

5 de corrente de espuma de carbono da invenção. De um modo opcional, a madeira selecionada para o uso na criação da espuma de carbono pode se originar a partir de áreas de crescimento tropicais. Por exemplo, diferentemente da madeira que cresce em climas com uma variação sazonal significativa, a madeira a partir de regiões tropicais pode apresentar uma

10 estrutura de anel de crescimento menos definida. Como um resultado, a rede porosa de madeira a partir de áreas tropicais pode carecer de certas não-uniformidades, que podem resultar a partir da presença de anéis de crescimento. Espécies de madeira exemplares, que podem ser usadas para criar espuma de carbono incluem carvalho, mogno, teca, nogueira, olmo,

15 sassafrás, bubinga, palmas e muitos outros tipos de madeira.

De modo a prover a espuma de carbono, a madeira pode ser submetida a um processo de carbonização para criar a madeira carbonizada (por exemplo, um material de espuma de carbono). Por exemplo, o aquecimento da madeira a uma temperatura de entre cerca de 800 graus C e

20 cerca de 1400 graus C pode apresentar o efeito de expelir os componentes voláteis a partir da madeira. A madeira pode ser mantida nesta faixa de temperatura durante um período de tempo suficiente para converter pelo menos uma porção da madeira a uma matriz de carbono. Esta madeira carbonizada iria incluir a estrutura porosa original da madeira. Como um

25 resultado de sua matriz de carbono, no entanto, a madeira carbonizada pode ser eletricamente condutora e resistente à corrosão. Durante o processo de carbonização, a madeira pode ser aquecida e resfriada em qualquer taxa desejada. Em uma modalidade, no entanto, a madeira pode ser aquecida e resfriada de um modo suficientemente lento para minimizar ou evitar a

formação de rachaduras da madeira/madeira carbonizada. Além disso, o aquecimento da madeira pode ocorrer em um ambiente inerte.

5 A madeira carbonizada pode ser usada para formar os coletores de corrente 20, sem processamento adicional. De um modo opcional, no entanto, a madeira carbonizada pode ser submetida a um processo de grafitação de modo a criar madeira grafitada (por exemplo, um material de espuma de grafite). A madeira grafitada é madeira carbonizada, na qual pelo menos uma porção da matriz de carbono foi convertida a uma matriz de grafite. Como previamente observado, a estrutura de grafite pode exibir condutividade elétrica aumentada, quando comparada a estruturas de carbono não- grafite. A grafitação da madeira carbonizada pode ser efetuada através do aquecimento da madeira carbonizada a uma temperatura de entre cerca de 2400 graus C e cerca de 3000 graus C, durante um período de tempo suficiente para converter pelo menos uma porção da matriz de carbono da madeira carbonizada a uma matriz de grafite. O aquecimento e o resfriamento da madeira podem ser efetuado em qualquer taxa desejada. Em uma modalidade, no entanto, a madeira carbonizada pode ser aquecida e resfriada de um modo suficientemente lento para minimizar a formação de rachaduras. Além disso, o aquecimento da madeira carbonizada pode ocorrer em um ambiente inerte.

20 As descontinuidades 43 podem ser de formas e tamanhos variáveis e existir em numerosas áreas e em intervalos aleatórios em toda a estrutura da espuma de carbono. As descontinuidades 43 podem permitir a intercalação de íons eletricamente carregados e podem também criar múltiplos sítios reativos em uma estrutura de espuma de carbono para o ataque químico, dentre outras coisas. De um modo particular, a espuma de grafite não tratada pode experimentar a intercalação destrutiva de íons eletricamente carregados através das descontinuidades 43, quando exposta a certos ambientes químicos (por exemplo, aqueles presentes em uma bateria de

ácido de chumbo) e ausentes em qualquer tratamento de descontinuidades 43. Por exemplo, quando revestidas com um material ativo e utilizadas como um coletor de corrente em uma bateria, a estrutura de espuma de grafite não tratada pode experimentar forças, tais que uma cunha, levando a estrutura de grafite em camadas à separação. A natureza eletricamente carregada do coletor de corrente atrai os íons e causa com que estes sejam extraídos ao interior das descontinuidades 43 de um modo mais profundo, causando assim um dano adicional.

De um modo adicional, as superfícies das descontinuidades 43 proporcionam um grande número de áreas reativas, pelo que substâncias químicas reativas podem operar de modo a romper a estrutura de carbono subjacente. Tais forças podem causar a formação de rachaduras adicional em um aumento nas descontinuidades 43, deste modo conduzindo a sítios quimicamente reativos adicionais e, no caso da grafite, à intercalação adicional. Finalmente, estas forças podem, de um modo eventual, conduzir à destruição completa do trajeto condutor através da espuma, o que pode denotar a falha de um coletor de corrente.

De um modo a minimizar a intercalação, reduzir a área reativa, e/ ou adicionar reforço estrutural adicional a uma espuma de carbono eletricamente condutora, o tratamento com um material secundário pode ser efetuado, resultando em uma espuma de carbono compósita. Por exemplo, um material secundário pode ser depositado sobre uma estrutura de espuma de carbono, de um modo particular sobre e em torno das descontinuidades 43, de um modo a substancialmente fechar ou limitar a área aberta associada com as descontinuidades 43. Através da concentração do material secundário sobre e em torno das descontinuidades 43, as descontinuidades 43 se tornam substancialmente cobertas ou vedadas, deste modo criando uma restrição física e impedindo a intercalação dos íons carregados, ao mesmo tempo em que é reduzida a área reativa disponível. A área superficial remanescente da

espuma de carbono (por exemplo, incluindo áreas com pouca ou nenhuma descontinuidade) pode permanecer substancialmente descobertas pelo material secundário. Como as descontinuidades 43 podem também criar áreas de estresse físico concentrado, o provimento de suporte adicional em tais áreas pode também apresentar o efeito benéfico de aumentar a integridade estrutural da espuma de carbono.

Em uma modalidade consistente com a presente invenção, o material secundário, usado para o tratamento de uma espuma de carbono, pode incluir materiais não- condutores, tais que polímeros e vidros. Por exemplo, o material secundário pode incluir um polímero, tal que polivinil alanina ou policarbonatos. No entanto, o material secundário pode incluir qualquer polímero adequado, tal que, por exemplo, polietileno, polipropileno, poliestireno, Teflon, uretano, poliésteres, polivinil pirrolidona, cloreto de polivinila, ou qualquer outro material termoplástico ou de termocura adequado, conhecido na arte. Em uma outra modalidade, o material secundário pode incluir, por exemplo, um vidro de fosfato, um vidro de silicato, ou um outro material derivado de um modo similar. Aquele de habilidade na arte irá reconhecer que numerosos outros materiais adequados podem ser também usados como um material secundário, ao mesmo tempo permanecendo dentro do escopo da invenção.

Em um exemplo consistente com a presente invenção, um material secundário pode ser depositado sobre uma estrutura de espuma de carbono, em uma quantidade de cerca de 0,5 por cento, em peso, ou maior e menor do que 25 por cento, em peso, da espuma compósita. Em uma tal modalidade, e usando os métodos de tratamento discutidos em maior detalhe com referência às figuras 4 e 5, o material secundário pode ser concentrado sobre as descontinuidades 43. As superfícies dos elementos estruturais 42 e dos poros 41 da espuma de carbono podem permanecer substancialmente livres do material secundário, enquanto que as descontinuidades 43 podem ser

substancialmente cobertas. Em uma tal modalidade, o aumento de peso da espuma compósita pode ser minimizado, que pode prover uma energia benéfica para a razão em peso, quando a espuma é utilizada dentro de uma bateria de ácido e chumbo.

5 A Figura 4 é um diagrama de fluxo, que ilustra um método exemplar para o tratamento de uma espuma de carbono com um material secundário. De um modo a aplicar um material secundário a uma estrutura de espuma de carbono, uma mistura de tratamento adequada para expor a espuma de carbono ao material secundário pode ser preparada (estágio 50). O
10 termo “mistura”, como aqui usado, pode abranger qualquer combinação de um solvente e de materiais secundários (sólidos ou líquidos) que resultem em uma suspensão, solução, emulsão, suspensão ou preparação coloidal. A combinação resultante (mistura) pode ser distribuída sobre as superfícies, poros e descontinuidades de uma estrutura de forma porosa e irregular. O
15 termo “solvente”, como aqui usado, tem a intenção de referir-se a uma porção de qualquer tal mistura, ao interior da qual o material secundário é introduzido.

 Antes de criar uma mistura de tratamento, a preparação inicial de um material secundário pode ser executada. Por exemplo, em uma
20 modalidade, em que o material secundário é obtido em forma sólida (por exemplo, um bloco), alguma trituração ou moagem mecânica do material pode ser inicialmente executada de modo a colocar o material secundário em um estado pulverizado ou granular. Aquele de habilidade na arte irá reconhecer que outros métodos para preparar um material secundário podem
25 ser usados, sem que haja afastamento do escopo da presente invenção. Por exemplo, quando um material secundário é obtido em folhas, o corte e/ ou a moagem das folhas em pedaços de um tamanho desejado pode ser efetuado.

 Uma vez que o material secundário tenha sido preparado, o material secundário pode ser adicionado a um solvente, em uma quantidade

de entre cerca de 0,05 por cento a 25 por cento, em peso, da mistura. Em uma modalidade, o material secundário pode ser adicionado ao solvente em uma quantidade de entre cerca de 0,1 por cento a 0,5 por cento, em peso, da mistura. A mistura de tratamento resultante pode ser agitada, sacudida ou
5 ainda deixada ser combinada, em si mesma, com materiais base solventes usados, assim como com restrições de tempo. Em uma modalidade, o solvente pode incluir um solvente polar, tal que a água. O uso de um solvente polar pode causar com que as partículas de um material secundário adquiram uma carga através de interação friccional ou outra interação com o solvente polar.
10 Isto pode ser útil quando da aplicação de um potencial de voltagem, intencionado a induzir uma carga oposta sobre um material de espuma de carbono, com o propósito de atrair partículas de material secundário. Em outras modalidades, consistentes com a presente invenção, o solvente pode também incluir ácido acético, amônia e metanol. Aquele de habilidade na arte
15 irá reconhecer que outros solventes polares podem ser usados, sem que haja afastamento do escopo da presente invenção.

Através da adição do material secundário a um solvente polar, partículas do material secundário podem desenvolver uma carga elétrica sobre a sua superfície. A carga desenvolvida por estas partículas pode causar com
20 que as partículas de material secundária possa repelir, uma à outra. Esta carga pode também permitir com que as partículas permaneçam “suspensas” na mistura. A carga desenvolvida pelas partículas de material secundário pode ser positiva ou negativa e depender do solvente polar usado, assim como do material secundário em si mesmo. Por exemplo, quando materiais incluindo
25 policarbonatos, polivinil alanina, e epóxis forem combinados com água, as partículas de material secundário podem desenvolver uma carga positiva. De um modo alternativo, um tensoativo (por exemplo, Darvon- C ou metacrilato de metila) pode ser adicionado a uma tal mistura de tratamento, o que pode causar com que as mesmas partículas positivamente carregadas de material

secundário sejam circundadas com uma carga negativa como um resultado da presença de um tensoativo. Outros materiais secundários podem também desenvolver uma carga negativa quando combinados com a água, na ausência de um tensoativo. Por exemplo, as partículas de materiais secundários incluindo silicatos podem desenvolver uma carga negativa quando combinadas com a água.

Uma vez que a mistura de tratamento tenha sido preparada, uma estrutura de espuma de carbono pode ser exposta à mistura de tratamento (Estágio 52). Em uma modalidade, a exposição da mistura de tratamento pode incluir a imersão da estrutura de espuma de carbono na mistura, de tal modo que toda a estrutura, incluindo os poros 41, os elementos estruturais 42, e as descontinuidades 43 possam ser expostos à mistura de tratamento. Em uma tal modalidade, a mistura de tratamento pode ser deixada penetrar, de um modo substancial, nos poros 41 e descontinuidades 43, presentes sobre a estrutura de espuma de carbono. De um modo alternativo, a estrutura da espuma de carbono pode não estar totalmente imersa mas pode ser banhada pela mistura de tratamento, ao mesmo tempo em que mantém pelo menos uma porção da estrutura da espuma de carbono acima do nível da mistura. Aquele de habilidade na arte irá reconhecer que muitos outros método para expor a estrutura da espuma de carbono à mistura de tratamento podem ser usados. Por exemplo, uma mistura de tratamento pode ser pulverizada sobre, pingada sobre, agitada sobre, pintada sobre, aplicada de um modo eletroestático, etc.

Embora a estrutura da espuma de carbono esteja exposta à mistura de tratamento, um potencial de voltagem tendo uma polaridade oposta à carga superficial adquirida pelas partículas de material secundário na mistura de tratamento pode ser aplicada à estrutura de espuma de carbono (Estágio 54). Em resposta à voltagem aplicada, as extremidades de descontinuidades 43, presentes no interior da espuma, podem exibir densidades de corrente mais altas do que a estrutura da espuma circundante.

Isto se deve ao fato de que uma descontinuidade causa com que a corrente possa fluir em torno de suas extremidades, devido ao trajeto condutor rompido, que existe normalmente na ausência de descontinuidade. Este fluxo causa uma concentração de corrente ao longo das extremidades de uma descontinuidade e uma redução da densidade de corrente em outras áreas, que estão mais distantes a partir da descontinuidade. Uma tal concentração de corrente, que circunda uma descontinuidade, pode resultar em uma quantidade substancialmente mais alta de partículas de material secundário carregadas sendo extraída e depositada sobre as descontinuidades 43, com uma quantidade relativamente mais baixa de partículas sendo depositada sobre as superfícies remanescentes dos elementos estruturais 42 da estrutura de espuma de carbono.

A aplicação de um material secundário não- condutor, consistente com uma modalidade da presente invenção, pode ser auto-limitativa. Ou seja, a deposição do material secundário sobre as descontinuidades 43 e a estrutura da espuma de carbono podem reduzir as densidades de corrente associadas, deste modo reduzindo as forças atrativas entre a estrutura da espuma de carbono e as partículas carregadas de material secundário. Ou seja, as partículas de material secundário são extraídas a partir da mistura de tratamento, menos partículas no interior da mistura de tratamento estando disponíveis para a deposição. A quantidade de material secundário depositada sobre a estrutura da espuma de carbono pode estar relacionada à duração da voltagem aplicada, à magnitude da voltagem aplicada, à quantidade de material secundário na mistura de tratamento, às propriedades de transporte da mistura de tratamento, ao número e à densidade das descontinuidades 43, e à área superficial da estrutura da espuma de carbono. Em certas modalidades, uma voltagem inferior a cerca de 5 V (e de um modo preferido entre 50 mV e cerca de 1,4 V) pode ser aplicada à espuma de modo a depositar o material secundário substancialmente sobre e em torno

das descontinuidades 43. A duração da aplicação de voltagem pode variar dependendo da área superficial da espuma e da cobertura desejada. Quando a cobertura adicional da estrutura da espuma de carbono particular com um material secundário for desejada, a voltagem pode ser aplicada por períodos de tempo mais longos e/ ou material secundário adicional pode ser adicionado à mistura de tratamento. De um modo inverso, durações mais curtas de voltagem aplicada e/ ou menos material secundário na mistura de tratamento podem ser usados quando menos cobertura for desejada.

Uma vez que o material secundário tenha sido depositado sobre a estrutura de espuma de carbono em uma quantidade desejada, a estrutura pode ser removida a partir da mistura de tratamento e curada (Estágio 56) A necessidade de cura pode depender do material secundário particular selecionado. Por exemplo, um material secundário à base de epóxi ou um polímero de termocura pode requerer a cura, enquanto que outros materiais secundários podem não requerer cura ou requerer uma cura mínima. O termo “cura”, como aqui usado, tem a intenção de abranger qualquer processo, em que um material secundário seja submetido a um processo (físico, químico, ou uma combinação dos mesmos) resultando em um estado final e/ ou forma do material diferente daquele existente após a deposição, mas antes do processo.

A cura pode envolver um tratamento térmico aplicado à estrutura de espuma de carbono e o material secundário. Por exemplo, quando um polímero termoplástico foi selecionado como o material secundário, o tratamento térmico pode envolver o aquecimento da estrutura da espuma de carbono (e o material secundário depositado) a entre cerca de 90 graus C e cerca de 300 graus C e a manutenção daquela temperatura por entre 1 a 10 minutos. O polímero termoplástico quando aquecido pode ser amolecido, fundido, ou liquefeito, deste modo permitindo com que o polímero possa fluir ao interior de e em torno das descontinuidades 43 na espuma de carbono.

Quando do resfriamento do polímero, ele pode endurecer em uma forma diferente (devido ao fluxo ou a outros fatores) e pode aderir à estrutura de espuma de carbono subjacente, resultando em uma estrutura de espuma de carbono compósita com descontinuidades substancialmente cobertas e suporte

5 estrutural adicional. Em uma outra modalidade, um vidro pode ser selecionado como o material secundário. Quando um vidro tiver sido selecionado como o material secundário, o tratamento térmico pode envolver o aquecimento da estrutura da espuma de carbono (e material secundário depositado) a entre cerca de 180 graus C e cerca de 800 graus C e manutenção

10 daquela temperatura a entre cerca de 2 a 6 horas. Aquele de habilidade ordinária na arte irá reconhecer que as temperaturas de cura e as durações podem ser substancialmente dependentes do material secundário usado.

A cura pode também envolver a exposição da estrutura da espuma de carbono e do material secundário a um reagente. Por exemplo, um

15 material secundário à base de epóxi, depositado sobre uma espuma de carbono, pode ser exposto a uma substância designada para efetuar um endurecimento do epóxi. Uma tal exposição pode causar com que o epóxi seja submetido a uma reação química e endurecido, substancialmente cobrindo e aderindo às descontinuidades 43. A exposição a um reagente pode ser

20 executada através de numerosos métodos, por exemplo, através da pulverização e pintura do reagente sobre a estrutura da espuma de carbono e o material secundário.

A Figura 5 é um diagrama de fluxo, que ilustra um outro método exemplar para o tratamento de uma espuma de carbono com um

25 material secundário. Antes do tratamento da estrutura de espuma de carbono com um material secundário, uma mistura de tratamento adequada para a exposição da espuma de carbono ao material secundário pode ser preparada (Estágio 60).

Antes da criação de uma mistura de tratamento, a preparação

inicial de um material secundário pode ser executada. Por exemplo, em uma modalidade em que o material secundário é obtido em forma sólida (por exemplo, um bloco), alguma trituração mecânica ou moagem do material pode ser inicialmente executada, de modo a colocar o material secundário em um estado pulverizado ou granular. Aquele de habilidade na arte irá reconhecer que outros métodos para preparar um material secundário podem ser usados, sem que haja afastamento do escopo da presente invenção. Por exemplo, quando um material secundário é obtido em folhas, o corte e/ ou a moagem das folhas em pedaços de um tamanho desejado pode ser executado.

Seguindo-se à preparação de um material secundário, uma quantidade do material secundário preparada de entre cerca de 1 por cento e 10 por cento, em peso, da mistura resultante podem ser adicionados a um solvente substancialmente não- polar, de modo a formar uma mistura de tratamento. Em uma modalidade, o material secundário preparado pode ser adicionado ao solvente em uma quantidade de entre cerca de 4 por cento e 6 por cento, em peso, da mistura resultante. Exemplos de solventes substancialmente não- polares podem incluir, xileno, cloreto de metileno, benzeno, cetonas, e acetona. Aquele de habilidade na arte irá reconhecer que numerosos outros solventes não- polares podem ser usados, sem que haja afastamento do escopo da presente invenção. Uma vez que o material secundário tenha sido adicionado ao solvente não- polar, a mistura pode ou não ser agitada, conforme desejado, de modo a produzir uma mistura de tratamento preparada.

Seguindo-se à preparação da mistura de tratamento, uma estrutura de espuma de carbono pode ser exposta à mistura (Estágio 62). A exposição à mistura pode incluir “camada de lavagem” ou imersão da estrutura de espuma de carbono na mistura, de um modo tal que a totalidade da estrutura seja exposta à mistura, seguido pela remoção da estrutura da espuma de carbono a partir da mistura. Em uma tal modalidade, a mistura de

tratamento pode ser deixada penetrar, de um modo substancial, nos poros 41 e
descontinuidades 43, presentes sobre a estrutura da espuma de carbono. De
um modo alternativo, a estrutura da espuma de carbono pode ser parcialmente
imersa na mistura, de um modo tal que uma porção da estrutura permaneça
5 acima do nível da mistura. Aquele de habilidade na arte irá reconhecer que
outros métodos para a exposição da estrutura de espuma de carbono à mistura
de tratamento podem ser usados. Por exemplo, uma mistura de tratamento
pode ser pulverizada sobre, pingada sobre, agitada sobre, pintada sobre, etc.

Durante a exposição à mistura, a ação capilar associada com as
10 descontinuidades presentes na estrutura da espuma de carbono podem causar
com que quantidades maiores da mistura (e material secundário) sejam
extraídos próximo e ao interior das descontinuidades 43. Esta ação capilar
pode promover a cobertura das descontinuidades 43, ao mesmo tempo em que
minimiza a cobertura das superfícies circundantes dos elementos estruturais
15 42. Além disso, pode ser possível controlar a quantidade de material
secundário depositado sobre a espuma de carbono e descontinuidades na
mesma, através da variação do tempo de exposição à mistura de tratamento.
Por exemplo, uma estrutura de espuma de carbono exposta a uma mistura
contendo material secundário em uma quantidade de aproximadamente 5 por
20 cento, em peso, pode resultar na deposição de entre cerca de 0,5 por cento e
25 por cento do material secundário, em peso, da espuma compósita
resultante dependendo da duração de exposição. Uma exposição mais longa
pode fornecer maiores quantidades de material secundário depositadas sobre a
espuma de carbono, enquanto que durações de exposição mais curtas podem
25 resultar em quantidades menores.

Uma vez que a estrutura da espuma de carbono tenha sido
removida a partir da mistura, o solvente remanescente pode ser removido (por
exemplo evaporado) deixando o material secundário por trás da espuma de
carbono compósita (Estágio 64). Em uma modalidade consistente com a

presente invenção, a volatilidade de um solvente pode ser aumentada, deste modo aumentando a evaporação, através da colocação da espuma de carbono compósita em um vácuo ou através da aplicação de calor à estrutura. O aquecimento da espuma de carbono compósita pode também executar o processo secundário de cura (quando desejado). De um modo alternativo, um solvente pode ser deixado evaporar em uma taxa baseada na volatilidade atmosférica padrão do solvente. Por exemplo o xileno, um solvente altamente volátil, pode ser usado como o solvente para a mistura de tratamento e pode ser deixado evaporar sob condições atmosféricas convencionais, seguindo-se ao tratamento. Os solventes menos voláteis podem requerer medidas adicionais para facilitar a remoção a partir da espuma de carbono compósita. Além disso, outros métodos que incluem, por exemplo, reações químicas ou métodos mecânicos, podem ser usados para a remoção do solvente a partir da espuma de carbono compósito.

Seguindo-se à remoção do solvente, quando desejado, o material secundário pode ser curado. A cura pode envolver um tratamento térmico aplicado à estrutura de espuma de carbono e ao material secundário. Por exemplo, quando um polímero termoplástico tiver sido selecionado como o material secundário, o tratamento térmico pode envolver o aquecimento da estrutura de espuma de carbono (e do material secundário depositado) a entre cerca de 90 graus C e cerca de 300 graus C e a manutenção naquela temperatura durante entre cerca de 1 e 10 minutos. O polímero termoplástico, quando aquecido, pode ser amolecido, fundido ou liquefeito, permitindo com que o polímero possa fluir ao interior de e em torno das descontinuidades na espuma de carbono. Quando do resfriamento do polímero, ele pode ser endurecido em uma forma diferente (devido ao fluxo ou a outros fatores) e pode aderir à estrutura da espuma de carbono subjacente, resultando em uma estrutura de espuma de carbono compósita, com descontinuidades substancialmente cobertas e suporte estrutura adicional. Em uma outra

modalidade, um vidro pode ser selecionado como o material secundário. Quando um vidro for selecionado como o material secundário, o tratamento térmico pode envolver o aquecimento da estrutura de espuma de carbono (e do material secundário depositado) a entre cerca de 180 graus C e cerca de 800 graus C e a manutenção naquela temperatura durante entre 2 e 6 horas. Aquele de habilidade ordinária na arte irá reconhecer que as temperaturas de cura e as durações podem depender, de um modo substancial, do material secundário usado.

A cura pode também envolver a exposição da estrutura da espuma de carbono e do material secundário a um reagente. Por exemplo, um material secundário à base de epóxi, depositado sobre uma espuma de carbono, pode ser exposto a uma substância designada para efetuar um endurecimento do epóxi. Uma tal exposição pode causar com que o epóxi seja submetido a uma reação química para endurecer, cobrindo substancialmente e aderindo às descontinuidades 43. A exposição a um reagente pode ser executada através de numerosos métodos, por exemplo, a pulverização ou a pintura do reagente sobre a estrutura da espuma de carbono e o material secundário.

Outros materiais não mencionados podem ser usados em componentes de manufatura consistentes com a presente invenção e sem que haja afastamento do escopo e do espírito da invenção.

É intencionado que o relatório e os exemplos sejam considerados apenas exemplares, com um verdadeiro escopo e espírito da invenção sendo indicado pelas reivindicações apensas.

REIVINDICAÇÕES

1. Espuma compósita, caracterizada pelo fato de que compreende:

- um material de espuma de carbono, que inclui uma rede de poros e uma pluralidade de descontinuidades; e

- um material secundário seletivamente depositado sobre ou no interior de pelo menos algumas da pluralidade de descontinuidades do material de espuma de carbono, em uma quantidade de entre cerca de 0,5 por cento, em peso, ou mais e menos do que 25 por cento, em peso, da espuma compósita.

2. Espuma compósita de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o material secundário inclui um polímero.

3. Espuma compósita de acordo com a reivindicação 3, caracterizada pelo fato de que o polímero inclui pelo menos um de polivinilalanina, poliestireno, e policarbonato.

4. Espuma compósita de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de que o material secundário inclui pelo menos um de um vidro de fosfato e um vidro de silicato.

5. Espuma composta de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de que pelo menos algumas superfícies de elementos estruturais que definem a rede de poros são substancialmente isentos do material secundário.

6. Espuma compósita de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de que a espuma compósita possui um valor de resistividade não superior a 50.000 micro- ohm- cm.

7. Bateria de ácido e chumbo, caracterizada pelo fato de que compreende:

- um alojamento;
- pelo menos uma célula disposta no interior do alojamento;

- um eletrólito; e
- pelo menos um componente eletricamente condutor, que

inclui um material de espuma compósito, que compreende:

- um material de espuma de carbono, que compreende uma
- 5 rede de poros e uma pluralidade de descontinuidades;
- um material secundário depositado sobre pelo menos
- algumas da pluralidade de descontinuidades do material de espuma de carbono.

8. Bateria de ácido e chumbo de acordo com a reivindicação 7,

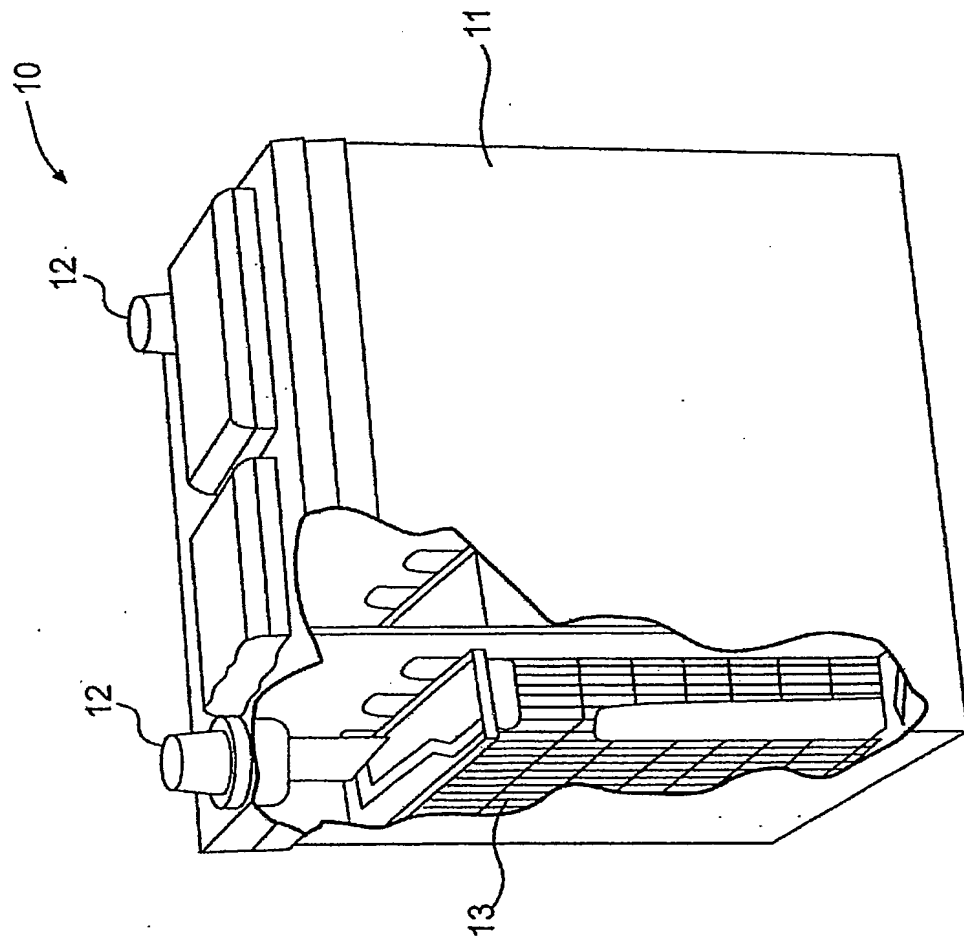
10 caracterizada pelo fato de que compreende ainda uma pasta quimicamente ativa disposta sobre material de espuma compósito, de tal modo que a pasta quimicamente ativa penetre pelo menos alguns dos poros do material de espuma de carbono.

9. Bateria de ácido e chumbo de acordo com a reivindicação 7,

15 caracterizada pelo fato de que o material secundário é disposto sobre o material de espuma compósito em uma quantidade de entre cerca de 0,5 por cento, em peso, e menos do que 25 por cento, em peso, do material de espuma compósito.

10. Bateria de ácido e chumbo de acordo com a reivindicação

20 7, caracterizada pelo fato de que a resistividade do material de espuma compósito não é superior a 50.000 micro-ohm-cm.

**FIG. 1**

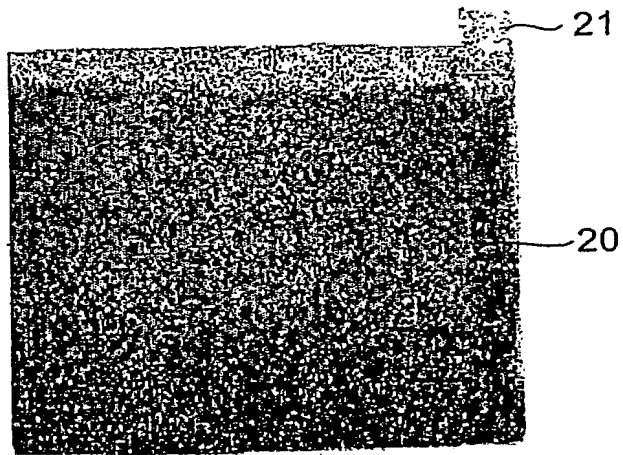


FIG. 2A

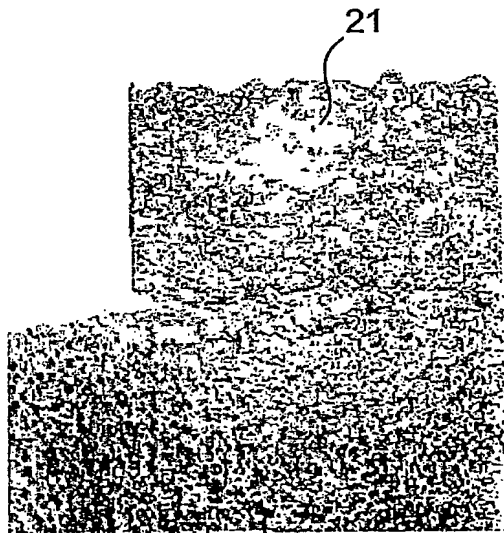


FIG. 2B

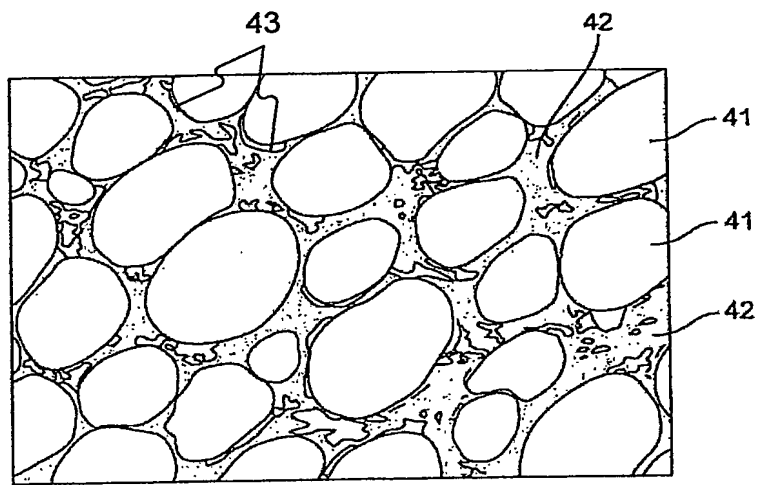
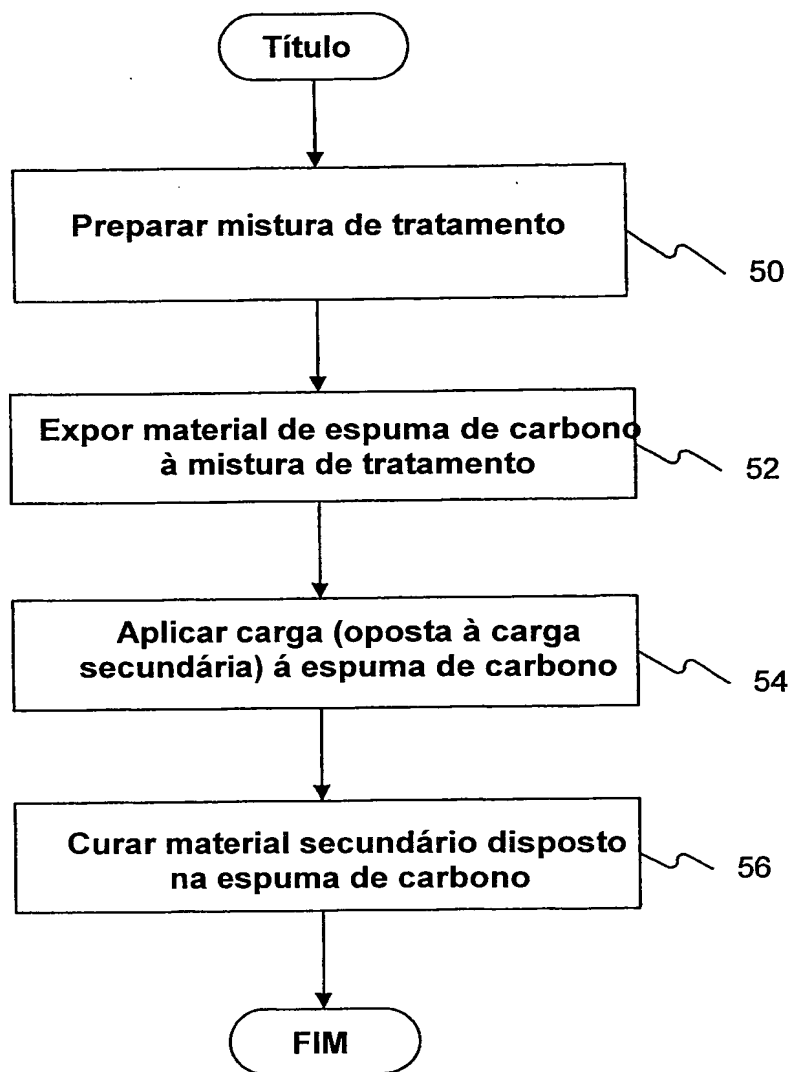
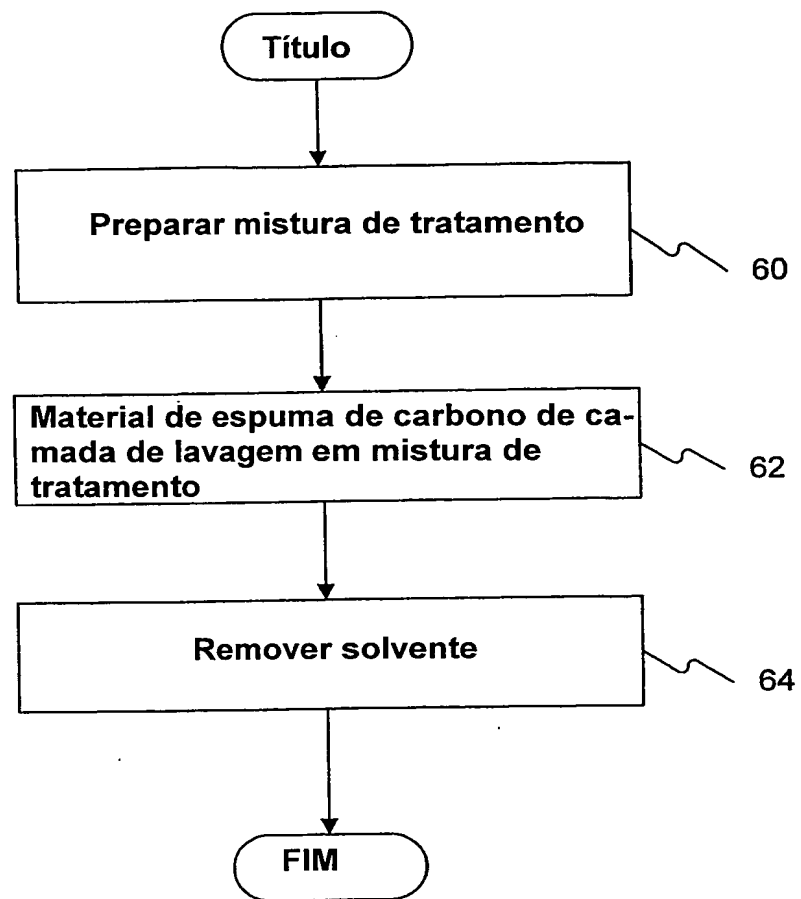


FIG. 3

**FIG. 4**

**FIG. 5**

RESUMO**“ESPUMA COMPÓSITA, E, BATERIA DE ÁCIDO E CHUMBO”**

5. Uma espuma compósita, que inclui um material de espuma de carbono, que compreende uma rede de poros e uma pluralidade de descontinuidades e um material secundário depositado sobre pelo menos alguma da pluralidade de descontinuidades do material de espuma de carbono.