



(19) **RU** ⁽¹¹⁾ **2 214 652** ⁽¹³⁾ **C2**
(51) МПК⁷ **H 01 M 8/02, 4/06**

РОССИЙСКОЕ АГЕНТСТВО
ПО ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

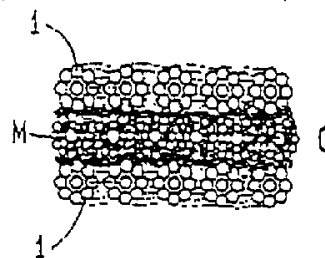
(21), (22) Заявка: 2001108578/09, 01.07.1999
(24) Дата начала действия патента: 01.07.1999
(43) Дата публикации заявки: 20.04.2003
(46) Дата публикации: 20.10.2003
(56) Ссылки: RU 2110118 C1, 27.04.1998. JP 06-290796 A, 18.10.1994. JP 63-140095 A, 11.06.1988. US 4339322 A, 13.07.1982.
(85) Дата перевода заявки РСТ на национальную фазу: 02.04.2001
(86) Заявка РСТ: IT 99/00196 (01.07.1999)
(87) Публикация РСТ: WO 01/03213 (11.01.2001)
(98) Адрес для переписки: 129010, Москва, ул. Б. Спасская, 25, стр.3, ООО "Юридическая фирма Городисский и Партнеры", пат.пов. Е.В.Томской

(71) Заявитель: СКВИРРЕЛ ХОЛДИНГЗ ЛТД. (КУ)
(72) Изобретатель: ЦОККИ Андреа (ИТ), ПЕЛЛЕГРИ Альберто (ИТ), БРОУМАН Барри Майкл (УС)
(73) Патентообладатель: СКВИРРЕЛ ХОЛДИНГЗ ЛТД. (КУ)
(74) Патентный поверенный: Томская Елена Владимировна

(54) **БИПОЛЯРНЫЙ ЭЛЕКТРОД ДЛЯ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ РЕАКЦИЙ**

(57) Изобретение относится к электродам на угольной основе. Согласно изобретению биполярный электрод на углеродной основе предназначен для электрохимических окислительно-восстановительных реакций в кислом электролите. Электрод выполнен в виде не проницаемой для текучих сред и электропроводящей перегородки, по меньшей мере, поверхность которой состоит, по меньшей мере частично, из проницаемого для текучих сред тканого или нетканого электродно-активного материала из углеродных волокон или из пряжи из углеродных волокон, имеет электропроводящую, не проницаемую для текучих сред перегородку, состоящую из композиционного материала из матричной ткани в виде плотно связанной или сотканной ткани из углеродных волокон или из пряжи из углеродных волокон, поры которой гидравлически загерметизированы электропроводящим углеродсодержащим материалом, по меньшей мере, частично заполняющим поры матричной ткани. Углеродсодержащий электропроводящий

материал может представлять собой стеклогуглерод, образованный на месте путем термической конверсии исходного материала, которым предварительно пропитана матричная ткань, или полимеризованную термоусадочную смолу, наполненную частицами и/или волокнами из углерода и/или графита, или термически оплавленный наполнитель из термопластичной смолы и частиц и/или волокон из углерода и/или графита. Проницаемый материал на поверхности электрода может представлять собой вспушенный стоячий ворс из углеродных волокон. 3 с. и 9 з.п.ф-лы, 8 ил.



Фиг.1



RUSSIAN AGENCY
FOR PATENTS AND TRADEMARKS

(19) **RU** ⁽¹¹⁾ **2 214 652** ⁽¹³⁾ **C2**
(51) Int. Cl.⁷ **H 01 M 8/02, 4/06**

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21), (22) Application: 2001108578/09, 01.07.1999
(24) Effective date for property rights: 01.07.1999
(43) Application published: 20.04.2003
(46) Date of publication: 20.10.2003
(85) Commencement of national phase: 02.04.2001
(86) PCT application:
IT 99/00196 (01.07.1999)
(87) PCT publication:
WO 01/03213 (11.01.2001)
(98) Mail address:
129010, Moskva, ul. B. Spasskaja, 25, str.3,
OOO "Juridicheskaja firma Gorodisskij i
Partnery", pat.pov. E.V.Tomskoj

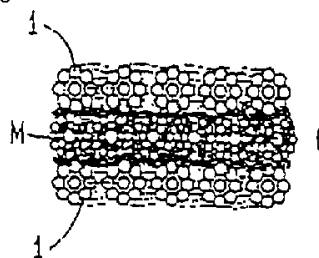
(71) Applicant:
SKVIRREL KhOLDINGZ LTD. (KY)
(72) Inventor: TsOKKI Andrea (IT),
PELLEGRI Al'berto (IT), BROUMAN Barri Majkl
(US)
(73) Proprietor:
SKVIRREL KhOLDINGZ LTD. (KY)
(74) Representative:
Tomskaja Elena Vladimirovna

(54) **BIPOLAR ELECTRODE FOR ELECTROCHEMICAL REDUCTION-OXIDATION REACTIONS**

(57) Abstract:

FIELD: carbon base electrodes.
SUBSTANCE: novelty is that carbon base bipolar electrode meant for electrochemical redox reactions in acid electrolyte is made in the form of electricity conducting barrier nonpenetrable for fluid media whose surface is at least partially made of woven or nonwoven electrode-active material of carbon fibers or yarn penetrable for fluid media; it also has partition non-penetrable for fluid media and made of composite material of array fabric in the form of tightly knitted or woven cloth of carbon fibers or yarn of carbon fibers whose voids are made water-tight by electricity conducting carbon-containing material at least partially filling array fabric voids. Carbon-containing electricity conducting material may be in-situ made glass-reinforced carbon produced by thermal

conversion of source material array fabric pre-impregnated with polymerized thermosetting resin filled with carbon and/or graphite particles and/or fibers, or with thermally fused filler of thermoplastic resin and carbon and/or graphite particles and/or fibers. Electrode- surface permeable material may be carbon-fiber shaggy nap. EFFECT: enhanced quality of electrode. 12 cl, 8 dwg



Фиг.1

Область изобретения

Настоящее изобретение относится к электродам для электрохимических реакций в кислых электролитах и, более точно, к электродам на угольной основе.

Существуют бесчисленные процессы, в которых целесообразно или удобно восстанавливать или окислять вещество, присутствующее в ионном виде (растворенное) в электролите. Наиболее часто электролит представляет собой водный раствор кислоты, содержащий ионы растворенного вещества, подлежащего восстановлению или окислению.

Наиболее характерным технологическим элементом такого типа является так называемая окислительно-восстановительная ячейка с проточным электролитом, решительный сдвиг в сторону разработки которой был обусловлен тем, что эти ячейки обеспечивают реализацию потенциально эффективного и простого способа накопления избыточной или возвращаемой электрической энергии в химическом виде (системы вторичных батарей).

Естественно, это не единственная область использования электрохимических окислительно-восстановительных процессов; во многих процессах химического синтеза, регенерации отработанных травильных растворов и борьбы с загрязнениями существует необходимость восстановления или окисления некоторых растворимых соединений.

В электрохимических окислительно-восстановительных процессах всех этих видов условия на полуэлементах на одном или обоих электродах должны предотвратить нежелательные паразитные окислительные или восстановительные реакции, чтобы гарантировать высокую отдачу (и, следовательно, высокий энергетический КПД) конкретной окислительной или восстановительной реакции, подлежащей выполнению на определенном электроде (полуэлементе). Наиболее стандартным требованием является требование предотвращения электролиза растворителя. В случае водного электролита важно предотвратить электролиз воды и при этом может потребоваться эффективное предотвращение или выделения кислорода на положительном электроде и/или выделения водорода на отрицательном электроде.

Стремление к выполнению этих требований приводит к исключению использования в качестве электродов в таких системах из полуэлементов проводящих материалов, имеющих от природы низкое перенапряжение для нежелательной реакции. В случае водного электролита это приводит к исключению материалов, имеющих особо низкое кислородное и/или водородное перенапряжение.

Эти требования в сочетании с требованием, заключающимся в том, что электрод должен быть чрезвычайно стойким к агрессивным кислым электролитам и промежуточным ионным частицам (находящимся в процессе образования частицам), возникающим в процессе реакции на полуэлементах, существенно ограничивают число пригодных материалов.

Одним из материалов для электродов,

который более широко используется при этих особых условиях, остается углерод в его различных видах.

Уровень техники

Графит, аморфный углерод, активированный уголь, стеклоуглерод являются основными электропроводящими материалами, используемыми для изготовления электродов для данных случаев применения.

В качестве биполярных электродов часто используют пластины из твердого графита или механически более прочного стеклоуглерода. Однако эксплуатационные качества таких электродов довольно низкие.

Соображения относительно факторов, ограничивающих скорость окислительно-восстановительных реакций на полуэлементах, как правило, диктуют необходимость использования электродов, имеющих большую активную зону на единицу площади выступающего элемента (электрода), чтобы обеспечить возможность поддержания реакции на полуэлементе с приемлемой скоростью, не вызывая внезапного повышения напряжения на полуэлементе вследствие препятствующих эффектов "насыщения", обусловленных механизмами массопереноса к активным участкам и от активных участков на поверхности электрода, в конце концов, через так называемый двойной слой электрода, часто выражаемыми в виде эмпирически определенных потенциальных коэффициентов. Повышение напряжения на полуэлементе, в свою очередь, будет способствовать паразитным реакциям на полуэлементе, например, выделению кислорода и/или водорода на соответствующих положительных и отрицательных электродах.

Пористые угольные электроды в виде тефлона (Тефлон®, зарегистрированный товарный знак E. Du Pont de Nemours), присоединенного с помощью пористого слоя частиц углерода, непосредственно присоединенных к ионообменной мембране или микропористому сепаратору химического источника тока, были предложены для окислительно-восстановительных батарей с проточным электролитом (см. GB-A-2 030 349-A), однако, несмотря на то, что эти присоединенные электродные структуры обеспечивают действительно сведенный к минимуму зазор в элементе, ширина которого может соответствовать толщине ионообменной мембраны или микропористой диафрагмы, используемой в качестве сепаратора элемента (в так называемых элементах с твердым полимерным электролитом (SPE - аббревиатура от Solid Polymer Electrolyte)), подобные структуры создают серьезную и часто не поддающуюся решению проблему эффективного и надежного распределения электрического тока по присоединенному слою электрода и токосъема с этого слоя. Ограниченная удельная электропроводность этих присоединенных с помощью полимера пористых слоев из углеродных частиц и трудность создания на практике надежных точечных контактов между соответствующим распределителем тока и электродно-активным присоединенным слоем за счет давления делает такую конструкцию

элемента не пригодной к использованию, особенно в случае элементов с относительно большими поверхностями, уложенных вместе в стопу в устройстве из биполярных элементов, которое может включать в себя до одной сотни или даже до нескольких сотен ячеек, соединенных электрически последовательно.

Несмотря на то, что использование пористых углеродных тканей или войлоков, проложенных между сепаратором элемента и токосъемником вместо присоединенных углеродных слоев, обеспечивает хорошую проводимость пористого электродного слоя, представленного углеродной тканью или войлоком, в поперечном направлении, такое использование, тем не менее, создает проблемы с точки зрения создания надежных поддерживаемых за счет давления электрических контактов с токораспределительной конструкцией, особенно в многокамерных комплектах.

Как правило, поддерживаемые за счет давления электрические контакты между углеродными материалами в электролитах характеризуются чрезвычайно нестабильными контактными сопротивлениями, которые со временем стремятся к увеличению, возможно, вследствие наращивания толщины образующих пленку соединений, химически связанных с углеродным материалом.

С целью преодоления проблем надежного распределения и отвода тока из пористой (трехмерной) активной электродной структуры и надежного создания имеющего низкое сопротивление пути электрического тока к потенциально активным участкам и от потенциально активных участков относительно пористой электродной структуры (трехмерной) было предложено непосредственно присоединять обладающую соответствующей пористостью (имеющую большую удельную поверхность) трехмерную углеродную электродную структуру, проницаемую для электролита, к соответствующей электропроводящей подложке, которая может образовывать концевую стенку камеры электрода (или полуэлемента) или не проницаемую для текущих сред биполярную перегородку, которая обеспечивает электрическую непрерывность между положительным электродом, присоединенным к одной ее стороне, и отрицательным электродом, присоединенным к другой ее стороне, при этом указанные электроды соответственно принадлежат двум отдельным элементам из комплекта элементов.

Образованная таким путем биполярная электродная структура гидравлически отделяет камеру отрицательного полуэлемента ячейки от камеры положительного полуэлемента соседней ячейки в стопе или батарее ячеек, соединенных электрически последовательно друг с другом.

Электропроводящая разделительная перегородка может быть изготовлена из пригодной термопластичной смолы, например из полиэтилена высокой плотности, смешанного с блоксополимерами стирола и этана/бутила и стирола или с сополимером стирола, изопрена и стирола, наполненными углеродными графитированными волокнами

и/или угольным порошком или порошком из другого коррозионностойкого проводящего материала для обеспечения надлежащей электрической проводимости.

В альтернативных вариантах были предприняты попытки приклеить войлок из углеродных волокон к поверхности твердой пластины из стеклоуглерода, графита или угля с помощью наполненных углеродом проводящих клеящих веществ. Однако эти попытки не удалось из-за недостаточно надежного приклеивания, а, кроме того, использование твердой пластины из графита или стеклоуглерода для элементов с большими поверхностями является дорогостоящим и может привести к образованию разрушительных трещин.

Было установлено, что при приспособлении известных биполярных электродных структур для конкретного использования в окислительно-восстановительных элементах с проточным электролитом проявляются их серьезные недостатки.

Даже процесс присоединения обладающих высокой пористостью и проницаемостью углеродных электродных слоев к термопластичному наполнителю путем ламинирования является чрезвычайно трудным из-за невозможности приложения необходимого для ламинирования давления с одной стороны для того, чтобы способствовать надежному прилипанию войлока или ткани к частично флюидизированному термопластичному наполнителю без постоянного сплющивания войлока или ткани и/или заделывания их в термопластичный наполнитель. Кроме того, условия, которые необходимы для такого процесса последующего ламинирования для соединения термопластичного наполнителя с пористыми электродными структурами вместе и с обеспечением непрерывности пути тока, входят в противоречие с требованиями низкого удельного электрического сопротивления наполнителя, что на практике приводит к серьезному ограничению количества проводящего порошка, который может быть введен без оказания отрицательного воздействия на возможность последующего присоединения пористых электродов к поверхности предварительно изготовленного проводящего листа путем ламинирования.

Другим ограничением, которое связано с этими полученными горячим прессованием композиционными материалами из-за присущих им свойств, является то, что часто на практике только относительно малое количество элементарных волокон или волокон электрода из войлока или ткани приклеивается с обеспечением электропроводности к листу электропроводящего термопластичного наполнителя.

Распределение электрического тока по остальному пористому слою войлока или ткани происходит с помощью случайных электрических путей среди макроскопически удаленных точек пористой структуры войлока или ткани. Большинство этих случайных электрических путей через массу пористой электродной структуры созданы и ограничены волокнами, которые ориентированы в основном параллельно плоскости

композиционного материала и которые образуют или способствуют образованию довольно извилистых и длинных путей, которые неизбежно представляют собой электрические пути с высоким сопротивлением.

Вне зависимости от используемой конструкции другим серьезным недостатком припрессованной таким горячим способом углеродной ткани или войлоков из углеродных волокон является то, что они обладают ограниченной остаточной "проницаемостью" по отношению к текущему электролиту, проходящему через камеру электрода.

Действительно, несмотря на то, что ткань или войлок можно сделать совершенно гидрофильной (-ым) с помощью соответствующих обработок с тем, чтобы они стали легко проницаемыми для жидкого электролита, их переплетенная структура создает путь со сравнительно большим падением давления для текущего электролита, прокачиваемого через камеру полуэлемента.

С другой стороны, переплетенная структура не может быть слишком рыхлой или иметь неограниченно большую пористость, поскольку в этом случае объемная электропроводность может упасть до недопустимых значений. Следовательно, текущий электролит неизбежно будет стремиться проходить почти исключительно по предпочтительным "обходным" путям, как правило, через пространства или каналы для потока, образованные структурой распределителя тока и/или через зазоры, которые могут образовываться между поверхностью ионообменной мембраны или микропористого сепаратора и электродом из ткани или войлока.

На практике электролит внутри массы перепутанных углеродных волокон или элементарных волокон электрода из войлока или ткани будет "обновляться" практически только за счет процессов локальной диффузии, вызванных имеющими место градиентами концентраций, вместо того, чтобы более эффективно и равномерно "обновляться" за счет гидравлического течения, обусловленного закачиванием.

Действительно, перенапряжение, возникающее на полуэлементе при увеличении плотности тока, может в значительной мере быть обусловлено совершенно недостаточным механическим переносом (распределением) вступающих в реакцию частиц к популяции активных участков внутри трехмерной электродной структуры.

Все эти признаки известных углеродных электродных структур и присущие им, имеющие решающее значение свойства и ограничения, связанные с ними, подтверждают большую трудность реализации электродной структуры, имеющей низкое электрическое сопротивление и способной выдерживать большие плотности тока до 1000 А/м² или даже выше без серьезного снижения напряжения на электрохимическом окислительно-восстановительном элементе.

В завершение можно указать на то, что известные биполярные электродные устройства являются довольно тяжелыми, при этом основной вклад в их вес дает

проводящая термопластичная перегородка или основа.

Общее описание изобретения

Задача настоящего изобретения

5 заключается в создании особо эффективной биполярной электродной структуры для окислительно-восстановительных реакций в кислом электролите, которая позволяет преодолеть ограничения электродов по предшествующему техническому уровню, указанные выше, а также в разработке практических способов ее изготовления.

10 Первым существенным аспектом изобретения, который позволяет преодолеть недостатки, связанные с хрупкостью и относительно большим весом твердой угольной пластины, является то, что электропроводящая и не проницаемая для текучих сред перегородка представляет собой композиционный материал на основе ткани, выполняющей функцию основы (матричной ткани) с плотным вязаным переплетением или 15 материала с тканой основой из углеродных волокон или из пряжи из углеродных волокон, который отличается хорошей прочностью и отличной гибкостью в сочетании с хорошей электрической проводимостью в поперечном направлении и в высшей степени малым весом.

20 Перегородку делают не проницаемой по отношению к текучим средам путем герметизации пор матричной ткани плотного вязаного переплетения или электропроводящим стеклоуглеродом, получаемым на месте путем карбонизации 25 исходного вещества, которым предварительно пропитана матричная ткань.

В альтернативном варианте матричная ткань может быть предварительно пропитана 30 термореактивной смолой или смесью исходных веществ в виде термореактивных и термопластичных смол, обычно наполненной угольным порошком и/или углеродными волокнами с тем, чтобы образовать электропроводящий, герметизирующий поры наполнитель при полимеризации смолы.

В соответствии с другим альтернативным вариантом свойство непроницаемости по отношению к текучим средам придают путем изготовления слоистого материала горячим способом за счет присоединения матричной 35 ткани, по меньшей мере, к одной тонкой пленке или, предпочтительно, размещения матричной ткани между двумя тонкими пленками из электропроводящей термопластичной смолы, наполненной угольным порошком и/или углеродными 40 волокнами, при температуре, достаточной для того, чтобы вызвать оплавление термопластичной смолы. Происходит "приспособливание" оплавленного наполнителя к морфологии поверхности подложки из матричной ткани, при этом 45 осуществляется эффективная герметизация ее с помощью пленки из проводящей смолы, частично проходящей в поры, открытые к поверхности матричной ткани.

Второй аспект изобретения 50 характеризуется тем обстоятельством, что какой бы электропроводящий материал ни использовался для того, чтобы сделать электропроводящую матричную ткань не проницаемой по отношению к текучим средам, в соответствии с вышеуказанными альтернативными вариантами, герметик также

расплавляется и/или сцепляется с не проницаемой для текучих сред и электропроводящей перегородкой, сформированной таким образом, а также с поверхностными углеродными волокнами или пряжей из углеродных волокон проницаемой для текучих сред ткани или мата, зафиксированного в контакте с поверхностью предварительно пропитанной матричной ткани или в контакте со способной к оплавлению, расположенной между матричной тканью и проницаемой для текучих сред тканью пленкой из электропроводящего термопластичного наполнителя во время процесса герметизации пор электропроводящим материалом.

В том случае, когда матричная ткань представляет собой плотный тканый материал или полотно плотного вязаного переплетения и имеет ограниченную пористость в поперечном направлении и высокую прочность на растяжение, наиболее предпочтительно, если проницаемые для текучих сред ткани, присоединенные к противоположным сторонам герметизированной перегородки, состоят из ткани или трикотажного полотна, имеющего сравнительно редкое переплетение, или из нетканого, имеющего неплотную структуру мата или войлока из углеродных волокон или из пряжи из углеродных волокон, который является легко проницаемым для электролита и фактически обеспечивает возможность сквозного прохода электролита через него.

Биполярная структура по изобретению имеет очень хорошую механическую прочность, позволяющую воспринимать деформации от умеренных до больших без образования трещин, имеет сравнительно небольшой вес и обеспечивает очень хорошую электрическую проводимость в поперечном направлении. Структура по изобретению обладает этим последним и имеющим очень важное значение свойством благодаря тому, что в отличие от известных структур наличие и влияние диэлектрических связующих (смолы) или устраняется, как в случае выполняемого на месте превращения пропитывающего исходного вещества в электропроводящий стеклоуглерод, заполняющий пустоты и сплавляющий волокна вместе, или в значительной степени минимизируется, как в случае матричной ткани, предварительно пропитанной наполненной углеродом термореактивной смолой или расположенной между тонкой пленкой из способной к оплавлению, наполненного углеродом термопластичного наполнителя.

Основным признаком электродной структуры по изобретению является особое строение не проницаемой для текучих сред и электропроводящей перегородки, на поверхностях которой имеются электродно-активные пористые материалы из углеродных волокон или пряжи. Действительно, композиционная перегородка выполнена по существу не проницаемой для текучих сред, чтобы предотвратить смешивание положительно и отрицательно заряженных электролитов, имеющих в камерах, принадлежащих двум отдельным гальваническим элементам, соединенным электрически последовательно друг с другом.

В то же время перегородка обеспечивает электрический путь для тока, характеризующийся низким омическим падением напряжения. В том случае, когда биполярная электродная структура обязательно или наиболее предпочтительно представляет собой полностью углеродную структуру, довольно значительное удельное сопротивление углерода диктует абсолютную необходимость уменьшения, насколько это возможно, электрической проводимости биполярной электродной структуры в ее поперечном направлении.

В этой связи непроницаемая электропроводящая перегородка на углеродной основе играет определяющую роль.

В соответствии с изобретением электрическая проводимость в поперечном направлении значительно повышается за счет того, что по существу устраняется наличие электрически непроводящего связующего, подобного широко используемому в биполярных углеродных электродных структурах по предшествующему техническому уровню. Ткань из углеродных волокон или из пряжи из углеродных волокон образует механически прочную и электропроводящую основу или матрицу, поры в которой герметизируются путем заполнения матрицы обладающим очень высокой электрической проводимостью стеклоуглеродом согласно варианту осуществления, который образуется на месте внутри пор матричной ткани путем карбонизации исходного вещества, которым предварительно пропитана ткань.

Основа из матричной ткани обеспечивает механическую прочность, в достаточной степени уравнивая хрупкость стеклоуглерода. Следовательно, композиционный материал становится по существу жестким, хотя в то же время его можно немного согнуть без растрескивания.

Матричная ткань может быть изготовлена из углеродных волокон, полученных путем карбонизации, или из полиакрилонитрила, или из пека, или другого пригодного исходного вещества.

Ткань может представлять собой тканый материал или трикотажное полотно или даже может представлять собой нетканый мат или войлок, и в любом случае она имеет предпочтительно плотную структуру. В том случае, если ткань изготовлена из пряжи из углеродных волокон, эта пряжа может иметь умеренную или довольно сильную крутку для повышения степени плотности и микропористости в сочетании с относительно высокой прочностью на растяжение.

Ткань может быть соткана или связана из углеродных волокон или пряжи или она может исходно представлять собой ткань из исходного вещества, такую как ткань из полиакрилонитрила, которая впоследствии карбонизируется.

В случае тканого материала или трикотажного полотна ткань может представлять собой ткань плотняного переплетения или иметь более сложное переплетение.

Толщина матричной ткани может находиться в диапазоне от 0,5 до 2 мм или более в зависимости от площади элемента, для которого предназначен биполярный

электрод. В альтернативном варианте два или более кусков одинаковой углеродной ткани могут быть уложены друг на друга для получения заданной толщины перегородки из композиционного материала.

Исходное вещество может представлять собой любой пригодный растворимый или суспендируемый, частично полимеризованный материал или форполимеры сложного полиэфира, простого полиэфира, полиуретана, форполимер фурилового спирта и т.п. Для пропитывания матричной ткани предпочтительно может быть использована частично полимеризованная фенолоальдегидная смола, возможно, но не обязательно, растворенная в соответствующем растворителе, таком как ацетон, с целью регулирования вязкости, или фурановая смола, такая как фуриловый спирт, и форполимер фурилового спирта с низкой молекулярной массой, в конечном счете смешанный со сложным эфиром, простым эфиром или с частями простого полиэфира и/или полиуретана, суспендированными в нем.

Обработка путем карбонизации может быть проведена при температуре около 1000 °C или даже при более высокой температуре в неокислительной атмосфере, например в азотной среде в течение нескольких часов.

Перед подверганием матричной ткани пропитыванию раствором исходного вещества для получения стеклоглерода или смесью терморезистивной смолы и проводящего угольного порошка ткань может быть подвергнута термообработке в регулируемой газовой среде для кондиционирования (предварительной обработки) поверхности углеродных волокон путем стимулирования образования химически связанных активных групп на поверхности углеродных волокон с целью повышения способности к смачиванию и с тем, чтобы способствовать наиболее полному пропитыванию всех пор матричной ткани раствором исходного вещества или наполненной полимерной смесью.

В том случае, когда используются разные ткани, первая - в качестве матричной ткани и другая ткань - в качестве проницаемой для текучих сред открытого электрода, проницаемая для текучих сред ткань из углеродных волокон или из пряжи из углеродных волокон, подлежащая присоединению с обеспечением электрической непрерывности к противоположным поверхностям гидравлически герметизированной матричной ткани, также может представлять собой тканый материал, трикотажное полотно или нетканый войлок или мат из углеродных волокон или из пряжи из углеродных волокон, полученных или из полиакрилонитрила, или из пека другого пригодного исходного вещества. Даже в этом случае ткань может быть выполнена с углеродными волокнами или может представлять собой тканый материал или войлок из волокон исходного вещества, которое впоследствии карбонизируется.

В отличие от матричной ткани эта другая ткань выполнена со сравнительно неплотной структурой с тем, чтобы сделать ее легко

проницаемой для электролита, и ткань предпочтительно подвергается термическим обработкам в регулируемой газовой среде с целью кондиционирования поверхности углеродных волокон путем стимулирования образования химически связанных активных групп, таких как карбоксильные, лактонные, фенольные и карбонильные группы, на поверхности углеродных волокон. Это кондиционирование улучшает каталитические и гидрофильные свойства углеродных волокон, которые могут сохранять преобладающую графитоподобную структуру, сильно ориентированную в направлении оси волокна, которая придает волокнам высокую электрическую проводимость.

5 Ткань с неплотной структурой, используемая для изготовления двух проницаемых для текучих сред, по существу, трехмерных электродов, может иметь толщину от 1,0 до 10,0 мм, хотя, как правило, толщина таких тканей составляет от 2,0 до 5,0 мм.

10 Ткани из активированного угля также чрезвычайно эффективны благодаря отличным каталитическим свойствам углеродных волокон, из которых они получены. Как правило, эти ткани не сотканы и не связаны из пряжи из углеродных волокон, а они изготовлены непосредственно из исходного текстильного материала с помощью процесса карбонизации.

В соответствии с вариантом осуществления изобретения, после того как матричная ткань будет полностью пропитана, два куска имеющей сравнительно редкое переплетение, проницаемой для текучих сред ткани из углеродных волокон размещают на противоположных поверхностях пропитанной матричной ткани и плотно удерживают вместе в виде многослойной конструкции с помощью специальных ажурных решетчатых приспособлений, выполненных в виде имеющих форму сеток или сот металлических зажимов, которые сдавливают вместе три отдельных куска ткани в точках, в которых создается точечное или линейное давление и которые образуют совокупность с высокой плотностью и равномерно распределены по площади многослойной конструкции.

40 Следовательно, в каждой точке приложения давления и близости от нее волокна двух пористых тканей "прикалываются" к пропитанной поверхности внутренней матричной ткани и, по меньшей мере, частично смачиваются пропитывающим раствором или полимерной смесью.

50 Многослойная конструкция, удерживаемая вместе таким образом, может быть помещена в печь для карбонизации и нагрета в регулируемой газовой среде в течение времени, необходимого для карбонизации исходного вещества, при этом исходные вещества превращаются в стеклоглерод, который, герметизируя, заполняет полости и поры матричной ткани, делая ее по существу не проницаемой для текучих сред, и одновременно обеспечивает сплавление "приколотых" волокон двух наружных углеродных матов или тканей с композиционной структурой из стеклоглерода и матричной ткани внутреннего слоя или перегородки многослойной конструкции, в результате чего создается очень хорошая электрическая

непрерывность в поперечном направлении образованной таким путем биполярной электродной структуры на основе углерода.

В альтернативном варианте, в случае вещества для пропитки, состоящего из наполненной термореактивной смолы, многослойную конструкцию нагревают в печи в течение времени, необходимого для полимеризации или для полной полимеризации смолы. И в этом случае проводящая полимерная смесь (наполнитель) смачивает "приколотые" волокна наружных матов или тканей из углеродных волокон и в конце концов соединяет их с проводящей перегородкой с обеспечением постоянства сцепления и электрической непрерывности.

В соответствии с особо эффективным дополнительным вариантом осуществления изобретения две наружные, служащие в качестве электродов ткани, присоединенные к центральной, не проницаемой для текучих сред перегородке, изготовлены из тканого материала, или из трикотажного полотна, или из мата из пряжи из углеродных волокон, имеющего вспушенный стоячий ворс из элементарных углеродных волокон.

На практике трехмерная, проницаемая для текучих сред электродная структура представлена вспушенным стоячим ворсом из углеродных волокон или элементарных волокон, выступающих по существу в перпендикулярном направлении от поверхности основы, которая является тканью из углеродных волокон.

Каждое отдельное элементарное волокно вспущенного стоячего ворса представляет собой полученный путем отрывания и/или поднятый "столбик" (ворсинку) из элементарной нити или волокна пряжи, из которой ткань соткана или связана, и, следовательно, за исключением поднятого участка элементарного волокна каждое элементарное поднятое волокно остается надежно и электрически присоединенным к другим элементарным волокнам (нитям) пряжи и к трикотажному полотну или тканому материалу в целом.

Следовательно, ткань в целом представляет собой обладающую высокой проводимостью углеродную основу, от которой плотно распределенное множество элементарных углеродных волокон выступает на короткое расстояние. Средняя высота вспущенного стоячего ворса может составлять от приблизительно 1,5 до 6,0 мм, хотя в некоторых случаях применения может быть использован более короткий и более длинный ворс.

Элементарные нити или волокна из углерода, образующие вспушенный стоячий ворс, могут иметь диаметр, как правило, составляющий от 0,01 до 0,006 мм, в то время как средняя плотность на единицу площади вспушенных элементарных волокон, как правило, может составлять от 1 до 15 вспушенных элементарных волокон на квадратный миллиметр.

Естественно, все эти параметры - плотность вспушенных элементарных волокон на единицу площади, диаметр элементарных волокон и средняя высота ворса могут быть согласованно оптимизированы для достижения наилучших эксплуатационных характеристик при определенных условиях работы (имеются в виду состав электролита,

максимальная плотность тока, электрокаталитические свойства углеродного волокна, температура, скорость потока электролита и т.д.).

В соответствии с данным вариантом осуществления электродная структура по изобретению имеет идеальную конфигурацию с точки зрения минимизации длины электрических путей к активным участкам и от активных участков поверхности электрода, которая представлена, по меньшей мере, частично цилиндрической поверхностью элементарных углеродных волокон, выступающих от основной ткани, и сама ткань, присоединенная к центральной перегородке, имеет отличную проводимость, тем самым обеспечивая создание пути с действительно низким сопротивлением для тока; при этом электродная структура по изобретению идеальным образом отвечает по существу противоречащим друг другу требованиям создания относительно большой удельной площади поверхности (чтобы поддерживать "фактическую" плотность тока на сравнительно низком уровне) при одновременном содействии "беспрепятственному" течению электролита вдоль трехмерной электродной структуры и через нее.

Наружный вспушенный стоячий ворс электродной структуры обладает значительной проницаемостью по отношению к текущему электролиту, проходящему тангенциально к поверхности ткани и идеально через межэлектродный зазор элемента, занятый вспушенным стоячим ворсом.

Ткань из углеродных волокон может представлять собой тканый материал или трикотажное полотно, изготовленное из пряжи из углеродных волокон, которая предпочтительно имеет относительно слабую крутку. Волокна пряжи слабой крутки легче разрываются или частично разъединяются и поднимаются с помощью машины для получения вспущенного стоячего ворса, как будет описано ниже. Однако может быть использована любая другая исходная ткань из углеродных волокон.

Среднее число элементарных волокон пряжи, как правило, может составлять от 1500 до 6000.

Углеродные волокна могут быть получены, или из полиакрилонитрила, или из пека, или другого пригодного исходного материала.

Ворс может быть вспушен или перед, или после преобразования исходного текстильного материала по существу в ткань из углеродных волокон.

В соответствии с альтернативным вариантом осуществления особенно подходящим для получения биполярной электродной структуры, отличающейся исключительной гибкостью и малым весом, два или более преобразованных (карбонизированных) текстильных материала могут быть соединены вместе для образования не проницаемой для текучих сред проводящей перегородки путем создания многослойного материала из данных тканей с размещенной между ними, способной к оплавлению проводящей тонкой пленкой из по существу термопластичной смолы и наполнителя из графитированных или углеродных частиц и/или волокон. После

этого две поверхности соединенных вместе тканей подвергают обычной механической обработке для вспушки ворса с тем, чтобы поднять плотный ворс из углеродных волокон.

Электрическая проводимость в поперечном направлении обеспечивается множеством плотно распределенных непосредственных контактов между пряжей из углеродных волокон двух тканей, при этом данные контакты соответствуют геометрически совпадающим пикам обычно волнистой поверхности трикотажного полотна или тканого материала.

Электрическая непрерывность многослойной конструкции обеспечивается как точками непосредственного контакта ткани с тканью, образованными за счет входа выступов двух тканей в контакт друг с другом с проходом через толщину флюидизированного наполнителя из термопластичной смолы при сдавливании тканей, так и пластическим течением окружающего электропроводящего наполнителя, заполняющего промежуточные полости между выступами двух тканей и практически герметизирующего многослойную конструкцию и делающего ее по существу не проницаемой для потока текучих сред в поперечном направлении.

Изобретение определено в приложенном пункте 1 формулы изобретения, направленном на электродную структуру, и в пунктах 9 и 10 формулы изобретения, направленных на два альтернативных способа ее изготовления, а предпочтительные варианты осуществления структуры и способа определены в зависимых пунктах 2-8 и 11 формулы изобретения.

Краткое описание чертежей

Фиг.1, 2 и 3 представляют собой графические изображения биполярной электродной структуры по изобретению в соответствии с альтернативными вариантами осуществления.

Фиг. 4 и 5 схематично показывают, как многослойная конструкция, предназначенная для получения структур по фиг.1 и 2, удерживается вместе во время карбонизации или полимеризации.

Фиг.6 представляет собой перспективное частичное изображение двух проводящих тканей из углеродных волокон, герметично соединенных по изнаночным сторонам [изнанка к изнанке] для образования не проницаемой для текучих сред перегородки и имеющих вспушенный стоячий ворс из обрезанных столбиков из углеродных волокон.

Фиг. 7 представляет собой схематичное изображение ворса, выполняющего функцию электрода.

Фиг. 8 показывает биполярный электрод с не проницаемой для текучих сред перегородкой по настоящему изобретению, установленный в рамку элемента.

Описание нескольких вариантов осуществления изобретения

Следует отметить, что нижеприведенное описание нескольких предпочтительных вариантов осуществления не предназначено для того, чтобы ограничить объем данного изобретения, определенный в приложенной формуле изобретения, а служит лишь в иллюстративных целях, чтобы облегчить практическую реализацию изобретения для

любого специалиста в данной области.

Фиг. 1 показывает поперечное сечение биполярного электрода на углеродной основе, изготовленного в соответствии с первым вариантом осуществления.

На фигуре различимы три разных куска тканей из углеродных волокон или из пряжи из углеродных волокон, уложенные в стопу в виде многослойной конструкции. Центральная или матричная ткань М имеет сравнительно плотное переплетение по сравнению с наружными тканями 1, которые идентичны и имеют сравнительно редкое (неплотное) переплетение с тем, чтобы они были легко проницаемыми для электролита. В альтернативном варианте две наружные ткани 1 могут представлять собой нетканые маты или войлоки из углеродных волокон, также имеющие сравнительно неплотную структуру с тем, чтобы они были легко проницаемыми для электролита.

Матричный слой М гидравлически герметизируется путем фактического заполнения всех промежутков и пор электропроводящим углеродсодержащим материалом С, показанным на фигуре затемненными промежуточными зонами.

Герметизирующий материал С, по существу, является электропроводящим и в соответствии с первым вариантом осуществления может представлять собой стеклоуглерод, образованный на месте путем карбонизации исходного вещества, которым предварительно пропитана матричная ткань М. Исходное вещество может представлять собой любой пригодный растворимый или суспендируемый материал, представляющий собой частично полимеризованный или находящийся в состоянии форполимера сложный полиэфир или простой полиэфир, или полиуретан, или фуриловый спирт и т.п. На практике может быть использован любой материал, который может быть карбонизирован до материала, представляющего собой по существу стеклоуглерод, в виде, пригодном для диспергирования внутри матричной ткани из углеродных волокон.

В альтернативном варианте электропроводящий материал С, заполняющий промежутки и гидравлически герметизирующий композиционную перегородку на основе ткани из углеродных волокон, может представлять собой наполнитель из полимеризованной проводящей смолы, например, такой как смесь блоксополимера стирола и этилена/бутилена и стирола и полиэтилена высокой плотности, эпоксидной смолы и т.п., наполненной углеродными и/или графитированными частицами и/или волокнами с целью придания наполнителю хорошей электрической проводимости. Матричную ткань предварительно пропитывают смесью, находящейся в текучем состоянии, и эта смесь, в конце концов, полимеризуется на месте.

В любых случаях преобразование стеклоуглерода, образованного из исходного вещества, которым пропитана матричная ткань, или полимеризация использованной для пропитывания полимерной смеси не только обеспечивает герметизацию матричной ткани гидравлически для образования гидравлически непроницаемой и

электропроводящей перегородки из композиционного материала, но и делает перегородку из композиционного материала по существу жесткой.

В качестве существенного аспекта изобретения следует отметить то, что проводящий герметик С также обеспечивает сплавление с перегородкой из композиционного материала контактирующих волокон двух наружных тканей 1 и/или присоединение к перегородке из композиционного материала контактирующих волокон двух наружных тканей 1, соответствующим образом сжатых в многослойную конструкцию во время операции карбонизации или полимеризации.

В результате образуется эффективная биполярная электродная структура, которая сочетает очень хорошую электрическую проводимость в поперечном направлении с очень хорошей механической прочностью и малым весом.

В соответствии с альтернативным вариантом осуществления, изображенным в поперечном сечении по фиг. 2, гидравлическая непроницаемость биполярной электродной структуры на углеродной основе обеспечивается за счет подвергнувшегося оплавлению и повторно затвердевшего электропроводящего материала двух тонких пленок Fa и Fb из термопласта, наполненного частицами и/или волокнами из графита или углерода, при этом указанные тонкие пленки размещены на двух поверхностях матричной ткани М и расположены между матричной тканью М и наружными тканями 1, выполняющими функцию электродов.

Тонкие пленки из способного к оплавлению термопласта Fa и Fb могут быть образованы из пленки из наполненного полиэтилена или из смеси блоксополимера стирола и этилена/бутилена и стирола и полиэтилена высокой плотности, или из трифторхлорполиэтилена, или из любого эквивалентного проводящего наполненного углеродом термопласта. Как правило, толщина тонких пленок может находиться в диапазоне от 0,5 до 2,0 мм.

Сформированный таким образом комплект подвергают ламинированию горячим способом, чтобы вызвать достаточное псевдооживление двух проводящих тонких пленок Fa и Fb из термопласта, материал которых заполняет промежутки, герметизируя открытые поры для контакта с пластицированным материалом матричного слоя и присоединяя этот материал к контактирующим волокнам наружных тканей 1.

В этом случае получающаяся в результате многослойная конструкция также имеет очень хорошую проводимость в поперечном направлении, прочность и малый вес и сохраняет большую гибкость по сравнению с композиционным материалом по фиг.1.

На фиг. 4 и 5 изображены соответствующие приспособления для создания структур по фиг.1 и 2.

Как показано, специальные зажимы J1, J2 выполнены в виде металлической решетки с открытой структурой, при этом в показанном примере они изображены в виде ячеистых конструкций из листового металла. Края металлических пластин, которые образуют ячеистые конструкции J1 и J2, могут иметь

зубчатый профиль, так что элементы многослойной конструкции, а именно предварительно пропитанная матричная ткань М и две наружные ткани 1 по фиг.4 и матричная ткань М, две тонкие, расположенные между матричной тканью М и наружными тканями 1 пленки Fa и Fb из электропроводящего термопласта и наружные ткани 1 по фиг.5 зажимаются в равномерно и плотно распределенных точках сдавливания по всей поверхности многослойной конструкции.

Открытая структура зажимов J1 и J2 обеспечивает возможность выхода паров и газов из многослойной конструкции в процессе термообработки при карбонизации и полимеризации и не сдавливает имеющие довольно неплотную структуру наружные ткани 1 слишком сильно.

Еще один вариант осуществления изобретения изображен на фиг.3. В соответствии с данным вариантом осуществления гидравлически не проницаемая перегородка образована путем склеивания двух аналогичных тканей 1, представляющих собой тканый материал или трикотажное полотно из многоволоконной пряжи из углеродных волокон, путем ламинирования горячим способом двух тканей 1 вместе с расположенной между ними тонкой пленкой F из проводящего термопластичного наполнителя с частицами и/или волокнами из графита или углерода. Во время ламинирования горячим способом проводящая тонкая пленка F из термопласта псевдооживляется до степени, достаточной для пластического течения, и заполняет промежутки, оставшиеся между нитями двух тканей 1, прижатых друг к другу с образованием тесного контакта друг с другом.

Электрическая проводимость в поперечном направлении обеспечивается как за счет непосредственного контакта между двумя тканями, склеенными по изнаночным сторонам (изнанка к изнанке), так и за счет проводящего термопласта, повторно затвердевшего в промежутках, что создает эффективную гидравлическую герметизацию многослойной конструкции.

Как показано на фиг.3, в соответствии с этим альтернативным вариантом осуществления служащие в качестве электродов наружные структуры биполярной конструкции, по меньшей мере, частично образованы вспушенным стоячим ворсом 4 из углеродных волокон.

Обработку для получения вспушенного стоячего ворса предпочтительно выполняют после образования не проницаемой для текучих сред перегородки путем соединения вместе двух образующих основу тканей, которые в данном случае сотканы или связаны из пряжи из углеродных волокон, предпочтительно имеющей сравнительно слабую крутку с тем, чтобы облегчить последующую обработку для вспушки ворса, которая позволяет создать легко проницаемые углеродные электродные структуры на двух поверхностях биполярного электрода.

Частичное перспективное изображение по фиг. 6 показывает две ткани 1 полотняного переплетения из уточной пряжи 2 и основной пряжи 3, при этом и пряжа 2, и пряжа 3 состоит из углеродных волокон. Среднее

количество элементарных нитей (волокон) в пряже 2 и 3 может составлять от 1000 до 6000, и волокна или элементарные нити пряжи могут иметь степень кручения от умеренной до чрезвычайно низкой.

В качестве примера показана ткань плотного переплетения, в которой нити (концы) основной пряжи 3 проходят над и под чередующимися нитями уточной пряжи (уточными нитями) и наоборот, и величина, представляющая собой произведение числа основных нитей на число уточных нитей на единицу длины, как правило, может составлять от 40•40 на 10 см до 140•140 на 10 см.

Две ткани соединяют вместе путем горячего припрессовывания их друг к другу с расположенной между ними электропроводящей тонкой пленкой из полиэтилена, наполненного графитовым порошком и/или графитированными волокнами и имеющего объемное удельное сопротивление, составляющее от 0,3 до 1,0 Ом•см. Могут быть использованы другие способы к сплавлению термопласты, отличные от полиэтилена, например термопластичный трифторхлорполиэтилен, наполненный частицами графита и отрезками углеродных волокон, чтобы сделать наполнитель проводящим. Температуру горячего прессования оптимизируют для получения регулируемой степени псевдооживления наполнителя с целью эффективной герметизации пор и придания многослойной конструкции непроницаемости по отношению к электролиту, проходящему через нее без чрезмерного пропитывания двух тканей.

Наружная поверхность тканей 1 имеет вспушенный стоячий ворс 4 (механически вспушенный после соединения вместе двух тканей, представляющих собой основу) из элементарных углеродных волокон или элементарных нитей 5. Средняя высота выступающих ворсинок 5 из углеродных волокон, поднятых из соответствующих нитей пряжи низкой крутки (уточной и основной), как правило, может составлять от 1,5 до 6,0 мм или даже больше.

Вспушка ворса может быть выполнена путем обработки тканого материала или трикотажного полотна 1 из углеродных волокон в специально сконструированной машине для вспушки ворса в соответствии с хорошо известной и обычно выполняемой обработкой текстильных материалов.

Такой вид обработки текстильных материалов хорошо известен и существует масса технической и коммерческой литературы, описывающей его.

В патенте США 4 463 483 описана машина такого типа, которая обычно используется для ворсования ткани и вспушки ворса.

Параметры обработки при вспушке ворса должны быть согласованы с конкретной тканью из углеродных волокон или исходным текстильным материалом, подлежащим обработке.

При вспушке ворса происходит подъем отдельных элементарных волокон за счет того, что, в конце концов, их отрывают от верхних или поверхностных слоев из пряжи довольно низкой крутки, при этом множество отдельных ворсинок из волокон оттягивают от нитей пряжи и оставляют эти ворсинки по

существу в вертикальном положении. В зависимости от геометрии игольчатого покрова и регулирования ворсовальных валиков ткань может быть обработана один или несколько раз последовательно (за несколько проходов) до тех пор, пока не будет получена заданная плотность ворса (число поднятых элементарных волокон на единицу площади ткани).

Естественно, вспушка ворса вызывает отрыв умеренного количества оборванных волокон, которые представляют собой потери, однако эти потери чрезвычайно малы и не изменяют каким-либо заметным образом исходный удельный вес, механические свойства и электропроводящие свойства ткани.

Вспушенный стоячий ворс 4 из углеродных волокон 5 образует трехмерную (с большой площадью поверхности) электродную структуру. Несмотря на то, что ткань 1 представляет собой часть общей активной поверхности электрода, на практике она образует хорошо проводящую основу, имеющую отличную проводимость как вдоль плоскости ткани, так и в поперечном направлении через толщину ткани. Более того, обрывы нитей на поверхности ткани, возникшие при вспушке ворса, способствуют увеличению имеющейся полезной площади электрода.

При рассмотрении схематичной иллюстрации по фиг.7 можно легко оценить исключительно целесообразную конфигурацию трехмерной электродной структуры по изобретению.

Если предположить, что средняя длина поднятых ворсинок из электродных волокон составляет 0,3 мм и диаметр каждого элементарного волокна из углеродных волокон равен 0,01 мм, каждое элементарное волокно 5 вспушенного стоячего ворса 4 (фиг.6, 7) будет представлять собой электрическое сопротивление, которое при объемном удельном сопротивлении углерода, равном 400 мк Ом • см, может составлять 15,28 Ом от кончика до основания.

При плотности тока через элемент (на поверхности), составляющей 1000 А/м², что соответствует 1 мА/мм², омическое падение напряжения на одном углеродном элементарном волокне в гипотетическом наихудшем случае пропускания 1мА от кончика до основания будет равно 15,3 мВ.

Естественно, при плотности ворса в несколько элементарных волокон на квадратный миллиметр выступающей поверхности элемента (электрода) фактическое омическое падение напряжения будет пропорционально меньше.

С другой стороны, каждая ворсинка 5 из элементарного углеродного волокна длиной 0,3 мм образует дополнительную цилиндрическую поверхность площадью приблизительно 79•10⁻⁶ мм², пригодную для поддержания электродной реакции на полужелателе.

Более высокие плотности ворса приведут к пропорциональному увеличению этого "вклада" в дополнение к увеличению, обусловленному "разрывом" упорядоченной поверхностной текстуры ткани, образующей основу.

На практике в процессе вспушки ворса будут создаваться совокупности более

длинных и более коротких ворсинок из волокон для получения комбинированной общей плотности ворса, которая может быть существенно больше по сравнению с плотностью, равной одному элементарному волокну на квадратный миллиметр, тем самым создается наиболее эффективная трехмерная электродная структура.

С другой стороны, как можно видеть из схематического изображения по фиг.7, вспушенный стоячий ворс из отдельных ворсинок из волокон остается легко проницаемым для потока электролита в поперечном направлении (перпендикулярного к ворсинкам из углеродных волокон, которые выступают от плоской поверхности ткани, служащей в качестве основы, перпендикулярно к ней).

Это обстоятельство имеет большое значение для обеспечения быстреего обновления электролита, находящегося в контакте с активной поверхностью трехмерной электродной структуры для достижения наиболее быстрого переноса вступающих в реакцию ионов к электродно-активным местам и от электродно-активных мест, распределенных по поверхности трехмерного электрода.

На фиг.8 проиллюстрирована биполярная электродная структура по изобретению, установленная в рамке элемента. Множество этих элементов выполнено с возможностью укладывания их в стопу в фильтр-прессной конструкции с расположенными между ними ионообменными разделительными мембранами, при этом вся стопа располагается между двумя концевыми элементами.

Формула изобретения:

1. Биполярный электрод на углеродной основе, предназначенный для электрохимических окислительно-восстановительных реакций в кислом электролите, в виде не проницаемой для текучих сред и электропроводящей перегородки, по меньшей мере, поверхность которой состоит, по меньшей мере частично, из проницаемого для текучих сред тканого или нетканого электродно-активного материала из углеродных волокон или из пряжи из углеродных волокон, отличающийся тем, что указанная электропроводящая, не проницаемая для текучих сред перегородка представляет собой композиционный материал из матричной ткани в виде плотно связанной или сотканной ткани из углеродных волокон или из пряжи из углеродных волокон, поры которой гидравлически загерметизированы электропроводящим углеродсодержащим материалом, по меньшей мере, частично заполняющим поры указанной матричной ткани.

2. Биполярный электрод на углеродной основе по п.1, в котором углеродсодержащий электропроводящий материал представляет собой стеклоуглерод, образованный на месте путем термической конверсии исходного материала, которым предварительно пропитана матричная ткань.

3. Биполярный электрод на углеродной основе по п.1, в котором углеродсодержащий электропроводящий материал представляет собой полимеризованную термореактивную смолу, наполненную частицами и/или волокнами из углерода и/или графита.

4. Биполярный электрод на углеродной основе по п.1, в котором углеродсодержащий электропроводящий материал представляет собой термически оплавленный наполнитель из термопластичной смолы и частиц и/или волокон из углерода и/или графита.

5. Биполярный электрод на углеродной основе по п.1, в котором проницаемая для текучих сред ткань присоединена с обеспечением электрической непрерывности к гидравлически герметизированному композиционному материалу с помощью углеродсодержащего электропроводящего материала.

6. Биполярный электрод на углеродной основе по п.1, в котором проницаемая для текучих сред ткань на поверхности электрода представляет собой вспушенный стоячий ворс из элементарных углеродных волокон.

7. Биполярный электрод на углеродной основе по п.6, в котором элементарные волокна вспушенного стоячего ворса имеют диаметр, составляющий от 0,01 до 0,006 мм.

8. Биполярный электрод на углеродной основе по п.6, в котором средняя плотность элементарных волокон вспушенного стоячего ворса на единицу площади, занимаемой вспушенным стоячим ворсом, составляет от 1 до 15 вспушенных стоячих элементарных волокон на квадратный миллиметр.

9. Способ изготовления биполярного электрода на углеродной основе, предназначенного для электрохимических окислительно-восстановительных реакций в кислом электролите, включающий в себя следующие операции: а) использование матричной ткани из углеродных волокон или из пряжи из углеродных волокон; б) использование проницаемой для текучих сред ткани из углеродных волокон или из пряжи из углеродных волокон; в) получение текучей смеси, содержащей материал, принадлежащий к карбонизируемому предшественнику стеклоуглерода, способную к полимеризации, неполимеризованную или частично полимеризованную термоусадочную смолу, наполненную частицами и/или волокнами из графита или углерода; г) пропитывание матричной ткани указанной текучей смесью; е) размещение кусков проницаемой для текучих сред ткани из углеродных волокон или из пряжи из углеродных волокон в контакте с противоположными поверхностями пропитанной матричной ткани; ф) термообработка многослойной конструкции в условиях и в течение времени, достаточных для образования стеклоуглерода или для завершения полимеризации наполненной термоусадочной смолы внутри пор матричной ткани и на контактирующих углеродных волокнах указанных кусков проницаемых для текучих сред тканей, удерживаемых в контакте с противоположными поверхностями пропитанной матричной ткани, герметизацию пор матричной ткани гидравлически и приклеивание указанных двух кусков пористой ткани к герметизированной матричной ткани с помощью электропроводящего стеклоуглерода или наполнителя, состоящего из проводящих частиц и/или волокон и смолы.

10. Способ по п.9, отличающийся тем, что многослойную конструкцию удерживают вместе с помощью открытой металлической решетчатой конструкции, прижимающей

наружные куски проницаемой для текучих сред ткани из углеродных волокон или из пряжи из углеродных волокон для ввода этих кусков в тесный контакт с поверхностью пропитанной матричной ткани или с поверхностями расположенных между электропроводящих термопластичных тонких пленок во множестве точек прижима, равномерно и плотно распределенных по всем зонам контакта, не мешая выходу газов и паров из многослойной конструкции в процессе термообработки.

11. Способ изготовления биполярного электрода на углеродной основе, предназначенного для электрохимических окислительно-восстановительных реакций в кислом электролите, включающий в себя следующие операции: а) использование матричной ткани из углеродных волокон или из пряжи из углеродных волокон; б) использование проницаемой для текучих сред ткани из углеродных волокон или из пряжи из углеродных волокон; с) получение тонкой пленки из электропроводящего наполнителя из термопластичной смолы и углеродных частиц и/или волокон; д) размещение кусков указанной электропроводящей тонкой пленки на противоположных поверхностях матричной ткани; е) размещение кусков проницаемой для

текучих сред ткани из углеродных волокон или из пряжи из углеродных волокон в контакте с противоположными поверхностями пропитанной матричной ткани; ф) горячее прессование многослойной конструкции в условиях и в течение времени, достаточных для оплавления проводящего наполнителя, герметизацию пор матричной ткани гидравлически и приклеивание указанных кусков пористой ткани к герметизированной матричной ткани с помощью повторно затвердевшего проводящего наполнителя.

12. Способ по п. 11, отличающийся тем, что многослойную конструкцию удерживают вместе с помощью открытой металлической решетчатой конструкции, прижимающей наружные куски проницаемой для текучих сред ткани из углеродных волокон или из пряжи из углеродных волокон для ввода этих кусков в тесный контакт с поверхностью пропитанной матричной ткани или с поверхностями расположенных между электропроводящих термопластичных тонких пленок во множестве точек прижима, равномерно и плотно распределенных по всем зонам контакта, не мешая выходу газов и паров из многослойной конструкции в процессе термообработки.

5

10

15

20

25

30

35

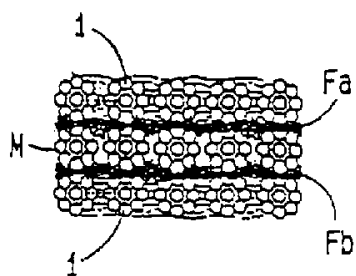
40

45

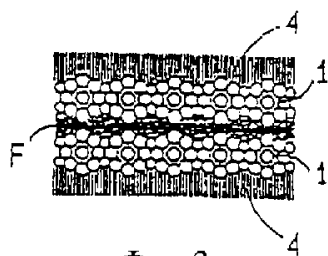
50

55

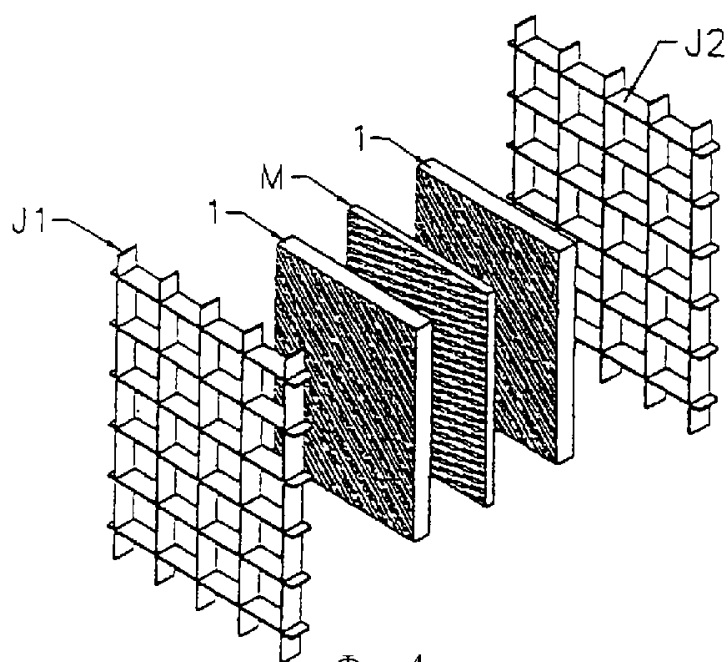
60



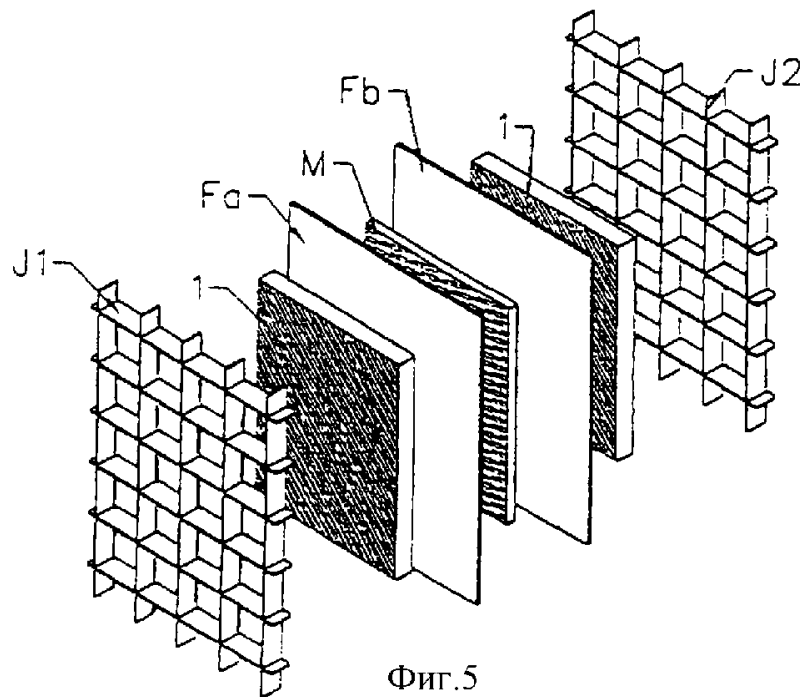
Фиг.2



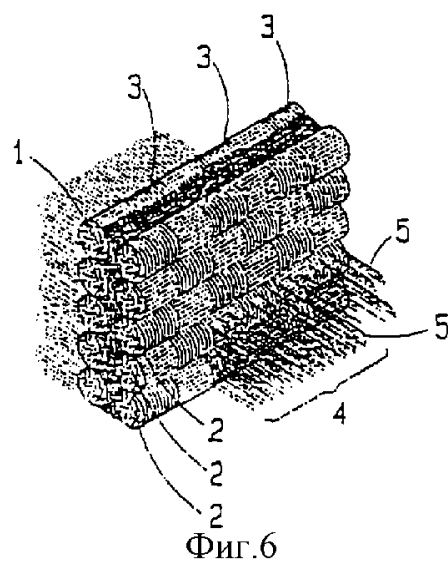
Фиг.3



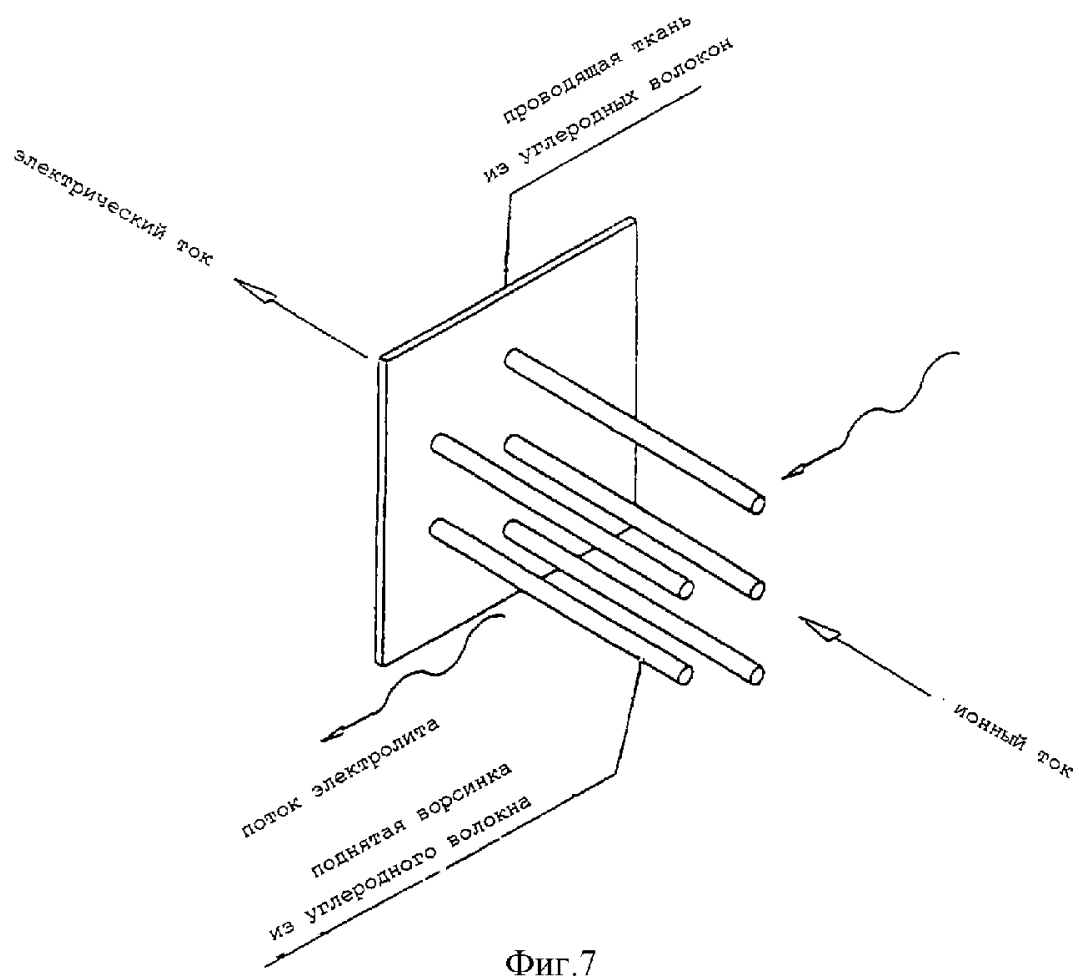
Фиг.4



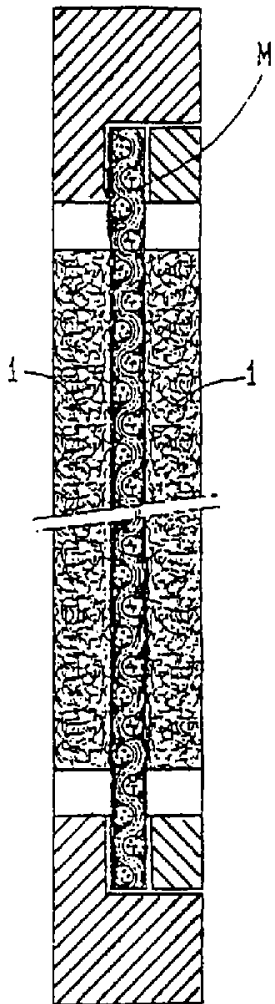
Фиг.5



Фиг.6



Фиг.7



Фиг. 8