

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(21) **202092506** (13) **A1**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки
2021.03.18

(22) Дата подачи заявки
2019.05.24

(51) Int. Cl. **C08J 5/04** (2006.01)
A61M 1/00 (2006.01)
C08K 7/06 (2006.01)
C08K 7/14 (2006.01)
C08L 71/00 (2006.01)
C08L 81/06 (2006.01)

**(54) КОМПОЗИТНЫЙ МАТЕРИАЛ ДЛЯ ИЗНОСОСТОЙКИХ МЕХАНИЧЕСКИХ
ДЕТАЛЕЙ, ПРЕДНАЗНАЧЕННЫХ ДЛЯ ПЕРЕДАЧИ СИЛЫ И ДВИЖЕНИЯ**

(31) **10 2018 208 149.2**

(32) **2018.05.24**

(33) **DE**

(86) **PCT/EP2019/063538**

(87) **WO 2019/224383 2019.11.28**

(71) Заявитель:

**ФРЕЗЕНИУС МЕДИКАЛ КЭР
ДОЙЧЛАНД ГМБХ (DE)**

(72) Изобретатель:

**Фишер Жером, Петерс Арне, Кунц
Вольфганг (DE), Коэн Скотт (US)**

(74) Представитель:

Медведев В.Н. (RU)

(57) Изобретение относится к композитному материалу, состоящему из по меньшей мере трех компонентов: матрицы, первого волокнистого усиливающего наполнителя и второго усиливающего наполнителя, причем первый волокнистый усиливающий наполнитель имеет коэффициент теплового расширения меньше, чем второй усиливающий наполнитель, и причем второй усиливающий наполнитель имеет электропроводность ниже, чем первый усиливающий наполнитель, причем композитный материал предусмотрен для применения в деталях для передачи силы и движения, в частности для таких используемых для передачи силы и движения деталей, которые вступают в контакт со сверхчистой водой.

A1

202092506

202092506

A1

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

2420-565689EA/55

КОМПОЗИТНЫЙ МАТЕРИАЛ ДЛЯ ИЗНОСОСТОЙКИХ МЕХАНИЧЕСКИХ ДЕТАЛЕЙ, ПРЕДНАЗНАЧЕННЫХ ДЛЯ ПЕРЕДАЧИ СИЛЫ И ДВИЖЕНИЯ

Объект изобретения

Изобретение относится к композитному материалу для механических деталей для передачи силы и движения. Изобретение относится также к механической детали для передачи силы и движения, содержащей композитный материал согласно изобретению. Кроме того, изобретение относится к шестеренчатому насосу, содержащему по меньшей мере одну шестерню, которая содержит композитный материал согласно изобретению. Изобретение относится также к применению композитного материала согласно изобретению для установленных на гидростатические подшипники механических деталей для насосов в области медицины.

Уровень техники

Настоящее изобретение относится к области композитных материалов. Композитные материалы применяются для механических деталей для передачи силы и движения. В частности, композитные материалы из пластмасс и армирующих материалов используются для придания изготовленным из них механическим деталям большей прочности, более высокой износостойкости, более легкого веса и других улучшенных свойств. Передающие силу и движение механические детали используются, например, в шестеренчатых насосах, в частности, в виде шестерен.

Шестеренчатые насосы применяются в медицинской технике, в частности, в диализных аппаратах, для перекачивания терапевтических сред. Это могут быть насосы для перекачивания жидкостей, используемых при диализной терапии, или насосы для дегазации, используемые для удаления газов из применяющихся при диализе жидкостей.

Диализный аппарат содержит гидравлический контур, который в основном обеспечивает получение, перекачивание и подачу раствора для диализа. При этом в некоторых случаях раствор для диализа в диализном аппарате получают из предоставленных диализных концентратов и воды ультравысокой степени чистоты (сверхчистая вода). Для этого сверхчистую воду смешивают в смесительной камере с диализным концентратом и превращают в готовый к применению диализный раствор. Для получения диализного раствора необходимо, помимо прочего, дегазировать и перекачивать сверхчистую воду. Как правило, эти процессы проводятся с предусмотренными для этого шестеренчатыми насосами. Кроме того, диализный аппарат содержит также насосные устройства, посредством которых раствор для диализа подается к фильтру для диализа и становится доступным для экстракорпоральной очистки крови. При экстракорпоральной очистке крови кровь, отобранная у пациента с помощью перфузионных устройств, перекачивается через соединительный шланг к фильтру для диализа и там подвергается массообмену с диализным раствором, также перекачиваемым

через полупроницаемую мембрану к фильтру для диализа, тем самым очищая кровь. По завершении такого лечения диализом из гигиенических соображений необходимо дезинфицировать гидравлический контур диализного аппарата. При этом осуществляют процесс промывки гидравлического контура сверхчистой водой и дезинфицирующим средством при повышенных температурах порядка 85°C. В качестве дезинфицирующих средств используются, в частности, окислители для обеззараживания гидравлического контура.

Поэтому предусматривается, чтобы шестеренчатые насосы, используемые в гидравлическом контуре диализного аппарата, были способны перекачивать диализный раствор, сверхчистую воду, окисляющие дезинфицирующие средства, а также воздушно-жидкостные смеси или даже просто воздух для дегазации. Наибольшая перекачивающая способность этих шестеренчатых насосов используется, в частности, для перекачивания диализных растворов. Кроме того, предусмотрена также возможность использования таких шестеренчатых насосов для осуществления процессов перекачивания, которые проводятся при повышенных температурах, например, во время горячей дезинфекции диализного аппарата, например, при температурах 85°C или выше, например, до 90°C или 95°C.

Известные шестеренчатые насосы, использующиеся при получении растворов для диализа, имеют такую конструкцию, чтобы шестерни при работе насоса могли перемещаться вдоль оси подшипника в перекачиваемой жидкости. При этом шестерни находятся, например, в корпусе из нержавеющей стали и могут приводиться в действие через вращающуюся магнитную муфту. Обычно для шестеренчатых насосов в диализных аппаратах используются шестерни из композитного материала, который состоит из полимерной матрицы, а также усиливающего наполнителя. Известны шестерни для шестеренчатых насосов, образованные из композитного материала, состоящего из полиэфирэфиркетона (РЕЕК) и углеродных волокон. При этом усилении РЕЕК углеродными волокнами приводит к более высокой прочности и меньшему тепловому расширению композитного материала по сравнению с чистым РЕЕК. Усиление матрицы усиливающим наполнителем особенно необходимо в случае насосов с шестернями, установленными на гидростатические подшипники, так как здесь шестерни сами несут всю нагрузку на подшипник и, тем самым, подвергаются высоким механическим нагрузкам. Таким образом, требуется высокая механическая прочность композитного материала, чтобы можно было в течение длительного времени создавать желаемое давление в перекачиваемой среде.

Из гигиенических соображений для получения диализных растворов используется сверхчистая вода с максимально высокой степенью чистоты. Для получения раствора для диализа предпочтительно использовать сверхчистую воду, которая имеет электропроводность 10^{-4} См/м и меньше. При этом низкая электропроводность считается показателем высокой чистоты сверхчистой воды. Однако высокая чистота сверхчистой воды приводит к неблагоприятному эффекту в отношении шестеренчатых насосов, в

которых используются известные композитные материалы. Оказалось, что композитные материалы, содержащие усиливающие наполнители с высокой электропроводностью, например, углеродные волокна, при контакте со сверхчистой водой демонстрируют высокий износ из-за низкой электропроводности сверхчистой воды. Срок службы шестерен, изготовленных из этих композитных материалов, при работе значительно снижается. Таким образом, следует ожидать, в частности, загрязнения жидкостей истершимися частицами, что может привести к серьезным проблемам во время диализной терапии или в процессе горячей очистки.

Известны усиливающие наполнители с низкой электропроводностью, основанные на неорганических материалах. Однако эти неорганические материалы имеют сравнительно высокий коэффициент теплового расширения. Высокий коэффициент теплового расширения у механических деталей для передачи силы и движения также приводит к повышенному износу. Поэтому соответствующие композитные материалы из полимерной матрицы и неорганического усиливающего наполнителя не подходят для применения при повышенных температурах. В частности, шестерни из такого композитного материала в шестеренчатых насосах диализных аппаратов не выдержали бы операции горячей очистки без высокого истирания материала.

В документе WO 2015/019047 A1 описываются детали, состоящие из первой части и второй части, причем первая часть содержит первый полукристаллический полимер с фенильными, карбонильными звеньями и звеньями простого эфира. Вторая часть содержит второй полукристаллический полимер, который также содержит фенильные, карбонильные звенья и звенья простого эфира. При этом второй полимер имеет температуру плавления ниже, чем температура плавления первого полимера. В одном варианте осуществления первый полимер и второй полимер могут быть частью первой и второй композиции, которая включает наполнитель, например, либо стекловолокно, либо углеродное волокно. В другом варианте осуществления документ WO 2015/019047 A1 описывает шестерню, которая состоит из двух частей, причем вторая часть задает картер шестерни, а первая часть содержит зубья шестерни. При этом вторая часть усилена волокнистым материалом, например, форме ткани.

В патенте US 4837251 описывается композиция для отлитого под давлением сердечника комбинированной конструкции. Композиция содержит термопластичную смолу, выбранную из группы полиэфирэфиркетонов, полиэфиркетонов, полиарилсульфидов, полиарилкетонов, полиарилсульфонов или полиарилэфирсульфонов. В одном варианте осуществления композиция содержит углеродные волокна, стекловолокна и стеклянные микросферы.

В документе WO 02/10320 описываются полимерные композиции для получения пластмассовых подшипников. В одном варианте осуществления полимерная композиция состоит из полимерного матричного материала, выбранного из группы, содержащей полиамидимид, простой полиэфиримид, полиимид, полиэфирэфиркетон, полифениленсульфид, жидкокристаллический полимер или их смеси. Кроме того,

полимерная композиция согласно этому варианту осуществления содержит углеродные волокна и добавку, выбранную из группы, содержащей нитрид бора, углерод, графит, сульфид молибдена, тальк, тетрафторэтилен и их комбинации.

Композитные материалы, описанные в документах, отражающих уровень техники, не дают удовлетворительного решения сформулированных проблем. В частности, в предшествующем уровне техники не описано никаких композитных материалов, которые имеют низкий коэффициент теплового расширения и при этом обладают хорошей износостойкостью, чтобы они подходили бы для механических деталей, передающих силу и движение.

Задачи изобретения

Таким образом, в первом аспекте изобретения стоит задача, разработать композитный материал для механических деталей для передачи силы и движения, который устраняет описанные выше недостатки высокого износа при контакте со сверхчистой водой и высокого износа, вызванного тепловым расширением.

В следующем аспекте задачей изобретения является создать механическую деталь для передачи силы и движения, в частности, шестерню, с улучшенной стойкостью к износу при контакте со сверхчистой водой и при использовании при повышенных температурах.

В следующем аспекте целью изобретения является создать шестеренчатый насос, который при применении насоса со сверхчистой водой и при повышенных температурах имеет улучшенную стойкость к износу и, тем самым, обеспечивает более длительный срок службы и меньшую подверженность отказам.

Сущность изобретения

В первом аспекте изобретения указанная задача решена посредством композитного материала для механических деталей для передачи силы и движения по пункту 1 формулы изобретения. Предпочтительные варианты осуществления представлены в пунктах 2-18.

Во втором аспекте задача изобретения решена посредством механической детали для передачи силы и движения согласно пунктам 19 или 20.

В третьем аспекте задача изобретения решена посредством шестеренчатого насоса по пункту 21.

Подробное описание изобретения

В первом аспекте изобретение относится к композитному материалу для механических деталей для передачи силы и движения, состоящему из или содержащему по меньшей мере три компонента:

(i) по меньшей мере 45 вес.%, в расчете на полный вес композитного материала, матрицы,

(ii) 3-20 вес.%, в расчете на полный вес композитного материала, первого волокнистого усиливающего наполнителя и

(iii) 10-45 вес.%, в расчете на полный вес композитного материала, второго усиливающего наполнителя,

причем

первый волокнистый усиливающий наполнитель имеет коэффициент теплового расширения ниже, чем второй усиливающий наполнитель, и второй усиливающий наполнитель имеет электропроводность, которая ниже, чем электропроводность первого усиливающего наполнителя, при этом сумма весовых долей компонентов, содержащихся в композитном материале, составляет 100%.

Как следует из вышесказанного, композитный материал по настоящему изобретению, в дополнение к указанным трем компонентам, может содержать и другие компоненты, которые могут свободно выбираться в соответствии с потребностью и конкретным применением. В каждом случае сумма долей присутствующих компонентов составляет 100 вес. %.

В следующем варианте осуществления согласно первому аспекту композитный материал отличается тем, что первый волокнистый усиливающий наполнитель имеет коэффициент теплового расширения от $-0,15 \times 10^{-6}/\text{К}$ до $2 \times 10^{-6}/\text{К}$ в направлении, параллельном волокнам, а второй усиливающий наполнитель имеет электропроводность 10^{-4} См/м или меньше.

Композитный материал отличается от известных из уровня техники композитных материалов, которые содержат только один усиливающий наполнитель с высокой электропроводностью и низким тепловым расширением, как, например, углеродные волокна, заметно более низким износом. Кроме того, коэффициент теплового расширения композитного материала является низким, так что композитный материал подходит также для изготовления механических деталей для передачи силы и движения при повышенных температурах. Кроме того, композитный материал согласно изобретению отличается низким коэффициентом трения. Далее, композитный материал согласно изобретению отличается от известных из уровня техники композитных материалов, которые содержат только усиливающий наполнитель с низкой электропроводностью, но имеют высокий коэффициент теплового расширения, как, например, стекловолокно, заметно более низким износом. Кроме того, было установлено, что композитный материал имеет также высокую стойкость к окислительным воздействиям.

Определение термического (теплового) расширения усиливающих наполнителей проводится известным методом термомеханического анализа (ТМА) в технически релевантном диапазоне температур 10-110°C. В частности, для определения коэффициента теплового линейного удлинения твердых тел известен стандарт DIN 51045-1:2005-8. Кроме того, данные по тепловому расширению и электропроводности усиливающих наполнителей приводятся в специальной литературе.

Термин "*композитный материал*" в контексте настоящей заявки означает когезионную массу различных материалов, которые отличаются своими свойствами. При этом материалы различаются механическими свойствами, как, например, прочность при растяжении, термическими свойствами, как, например, коэффициент теплового расширения, температура плавления или температура стеклования, или химическими

свойствами. В частности, в контексте настоящей заявки под термином "композитный материал" понимается масса, состоящая из матрицы и усиливающих наполнителей. При этом под "матрицей" понимается материал, который представляет собой непрерывную фазу в композитном материале. Согласно настоящему изобретению, в качестве матрицы используется полимер. Для целей настоящего изобретения предпочтительными являются полимеры, имеющие высокую температуру плавления и/или высокую температуру стеклования, так что они сохраняют стабильность размеров и при высоких температурах. Помимо этого, указанные полимеры отличаются также зависящими от температуры характеристиками размягчения, так что эти полимеры выше их температуры плавления можно обрабатывать в расплаве.

В качестве "*усиливающего наполнителя*" в контексте настоящей заявки понимается материал, который имеет более высокую прочность при растяжении и/или износостойкость, чем матрица. В частности, усиливающий наполнитель в сочетании с матрицей придает композитному материалу более высокую прочность при растяжении. Согласно настоящему изобретению предусматривается по меньшей мере два усиливающих наполнителя. Усиливающие наполнители могут быть волокнистыми или неволокнистыми, например, иметь форму частиц или пластинок. Известными волокнистыми усиливающими наполнителями являются, например, стекловолокна, углеродные волокна, асбестовые волокна, кварцевые волокна, алюмооксидные волокна, волокна из оксида циркония, нитрита бора или нитрита кремния. Известными неволокнистыми усиливающими наполнителями являются, например, слюда, оксид кремния, тальк, оксид алюминия, каолин, сульфат кальция, карбонат кальция, диоксид титана, феррит, глина, стеклянный порошок, оксид цинка, оксид железа, кварцевая пудра, карбонат магния, графит, углеродный порошок, например, также в виде нанотрубок.

Предлагаемый в настоящей заявке композитный материал, содержащий или состоящий из по меньшей мере трех компонентов, предпочтительно получают способом компаундирования. Для этого полимерную матрицу смешивают с первым волокнистым усиливающим наполнителем и вторым усиливающим наполнителем при повышенной температуре, которая предпочтительно лежит выше температуры плавления полимерной матрицы. При этом повышенная температура ниже температуры разложения полимерной матрицы. В контексте настоящей заявки под "*температурой плавления*" полимерной матрицы понимается температура плавления, определенная методом динамического дифференциально-термического анализа (DSC). В частности, для определения температуры плавления пластмасс известен стандарт DIN EN ISO 11357-3:2013-04. Предпочтительно, чтобы расплавленная полимерная матрица могла немного смачивать усиливающие наполнители, чтобы первый волокнистый усиливающий наполнитель и второй усиливающий наполнитель равномерно распределялись в полимерной матрице и были окружены ей.

Полимерная матрица, а также первый волокнистый усиливающий наполнитель и второй усиливающий наполнитель могут непрерывно подаваться к месту процесса

компаундирования, где они смешиваются, нагреваются и формируются путем экструзии с получением композитного материала. В одном примере массу волокнистого усиливающего наполнителя можно пропустить через расплав полимерной матрицы. Масса может содержать волокнистый наполнитель непрерывной длины или, более предпочтительно, множество непрерывных филаментов, которые по меньшей мере в некоторой степени скреплены между собой. Непрерывная волокнистая масса может, например, содержать тесьму, ткань или флис. Филаменты, из которых состоит волокнистая масса, могут быть распределены по существу равномерно или стохастически в массе и, кроме того, могут быть ориентированы без предпочтительного направления.

Альтернативно композитный материал может быть получен способом, в котором определенное количество полимерной матрицы и определенное количество первого волокнистого усиливающего наполнителя и второго усиливающего наполнителя получают смешением в расплаве.

Предпочтительно предусматривается, чтобы в результате выбранного способа получения первый волокнистый усиливающий наполнитель и второй усиливающий наполнитель были изотропно диспергированы в матрице. Это означает, что распределение первого усиливающего наполнителя и второго усиливающего наполнителя в матрице не зависит от места, и ориентация волокон не имеет предпочтительного направления. Таким образом, свойства композитного материала не зависят от возможной ориентации первого волокнистого усиливающего наполнителя и второго усиливающего наполнителя в матрице. Следовательно, механические свойства композитного материала и полученных из композитного материала механических деталей для передачи силы и движения одинаковы во всех направлениях, что является преимуществом.

Первый волокнистый усиливающий наполнитель предпочтительно имеет коэффициент теплового расширения от $-0,15 \times 10^{-6}/\text{K}$ до $2 \times 10^{-6}/\text{K}$ в направлении, параллельном направлению волокон. Значение коэффициента теплового расширения первого волокнистого усиливающего наполнителя является очень низким по сравнению с полимерной матрицей или даже отрицательным. Типичные коэффициенты теплового расширения для полимерных матриц, подходящих для целей настоящего изобретения, лежат в интервале от $30 \times 10^{-6}/\text{K}$ до $60 \times 10^{-6}/\text{K}$. Волокнистые усиливающие наполнители, которые имеют отрицательный коэффициент теплового расширения, являются предпочтительными, поскольку они в определенной степени противодействуют естественному высокому общему тепловому расширению полимерной матрицы и ответственны за низкое тепловое расширение композитного материала как целого. Изотропное распределение первого волокнистого усиливающего наполнителя в полимерной матрице приводит к однородной компенсации термического расширения матрицы во всех пространственных направлениях. В предпочтительных вариантах осуществления первый волокнистый усиливающий наполнитель имеет коэффициент теплового расширения $-0,12 \times 10^{-6}/\text{K}$ или больше, в частности, $-0,1 \times 10^{-6}/\text{K}$ или больше, в частности $-0,8 \times 10^{-6}/\text{K}$ или, в частности, $0,5 \times 10^{-6}/\text{K}$ или больше, в частности $-0,02 \times 10^{-6}/\text{K}$

или больше, но меньше $1,8 \times 10^{-6}/\text{К}$, в частности, меньше $1,5 \times 10^{-6}/\text{К}$, в частности, меньше $1,2 \times 10^{-6}/\text{К}$, в частности, меньше $1 \times 10^{-6}/\text{К}$, в частности, меньше $0,8 \times 10^{-6}/\text{К}$, в частности, меньше $0,5 \times 10^{-6}/\text{К}$.

Согласно изобретению, второй усиливающий наполнитель имеет электропроводность, которая составляет 10^{-4} См/м или меньше. Низкая электропроводность второго усиливающего наполнителя приводит к пониженной склонности к износу композитного материала. К удивлению было установлено, что удельная степень изнашивания композитного материала согласно изобретению неожиданно является ниже, чем у одной матрицы или у композитного материала, состоящего только из полимерной матрицы и первого волокнистого усиливающего наполнителя, или чем у композитного материала, состоящего только из полимерной матрицы и второго усиливающего наполнителя. В предпочтительных вариантах осуществления электропроводность второго усиливающего наполнителя составляет 10^{-5} См/м или меньше, в частности, 10^{-6} См/м или меньше, в частности, 10^{-7} См/м или меньше, в частности, 10^{-8} или меньше, в частности, 10^{-9} См/м или меньше, в частности, 10^{-10} См/м, или меньше, но по меньшей мере превышает 10^{-15} См/м, в частности, больше 10^{-14} См/м, в частности, больше 10^{-13} См/м, в частности, больше 10^{-12} См/м, в частности, больше 10^{-11} См/м.

В следующем варианте осуществления согласно первому аспекту изобретение отличается тем, что второй усиливающий наполнитель является волокнистым. Волокнистые усиливающие наполнители предпочтительны, так как они придают матрице более высокую прочность, в частности, более высокую прочность при растяжении и более высокую ударную вязкость образца с надрезом. В зависимости от требуемой прочности композитного материала и предполагаемой нагрузки механической детали при передаче силы и движения может быть предпочтительным использовать второй усиливающий наполнитель в форме волокон.

В следующем варианте осуществления согласно первому аспекту изобретение отличается тем, что полимерная матрица имеет температуру стеклования от 120°C до 200°C , предпочтительно от 125°C до 190°C , более предпочтительно от 130°C до 160°C . Определение температуры стеклования можно провести, например, методом динамического дифференциально-термического анализа (DSC). В частности, известен стандарт DIN EN ISO 11357-2:2014-07 для определения температуры стеклования. При температурах выше температуры стеклования вызванное теплом размягчение полимерной матрицы, в частности, под механическим напряжением, усиливается с повышением температуры. Поэтому температуру стеклования можно рассматривать как меру, характеризующую термическое размягчение полимеров. В частности, для целей настоящего изобретения полимеры с температурой стеклования 120°C и выше считаются жесткими и поэтому особенно хорошо подходят в качестве полимерных матриц для композитного материала согласно настоящему изобретению.

В следующем варианте осуществления согласно первому аспекту изобретение

характеризуется тем, что полимерная матрица имеет коэффициент трения от 0,13 до 0,21 мкс и/или удельную степень износа от 2×10^{-6} до 6×10^{-6} мм³/Нм, измеренную согласно испытанию на износ блока на кольце (Block on the Ring Test). Применяющееся для исследования испытание "Block on the Ring Test" основано на описании стандарта ASTM G77-17. Исследуемая деталь помещается на металлическое кольцо под нагрузкой и кольцо приводится во вращение. В соответствии с этой схемой испытания определяются коэффициент трения и удельная степень износа. Использование полимерной матрицы с коэффициентом трения от 0,13 до 0,21 мкс и/или удельной степенью износа $(2-6) \times 10^{-6}$ мм³/Нм является выгодным для получения композитного материала вместе с первым волокнистым усиливающим наполнителем и вторым усиливающим наполнителем, чтобы установить предпочтительные низкие значения коэффициента трения и удельной степени износа композитного материала как целого.

В следующем варианте осуществления согласно первому аспекту изобретение отличается тем, что в полимерной матрице полимер выбран из группы, состоящей из полиарилэфиркетонов и полиарилсульфонов, предпочтительно полимер выбран из группы, содержащей или состоящей из полиэфирэфиркетонов (PEEK), полиэфиркетонов (PEK), полиэфиркетонкетонов (PEKK), полиэфиркетонэфиркетонкетонов, полифениленсульфидов (PPS), полифенилсульфонов (PPSU), полисульфонов (PSU), полиэфирсульфонов (PESU) или их смесей. Более предпочтительно, полимерная матрица представляет собой полиэфирэфиркетон (PEEK). Эти полимеры особенно хорошо подходят для получения композитных материалов согласно изобретению благодаря их термостойкости, их механическим свойствам, их химической инертности и с точки зрения их способности к обработке в расплаве.

В следующем варианте осуществления согласно первому аспекту изобретение отличается тем, что первый волокнистый усиливающий содержит наполнитель углеродные волокна или состоит из углеродных волокон. В контексте настоящей заявки под термином "*углеродные волокна*" понимается волокно, полученное из полимерных волокон в процессе пиролиза. Углеродные волокна отличаются высокой прочностью при растяжении и низким, в частности, отрицательным, коэффициентом теплового расширения в направлении параллельном ориентации волокон. При изотропном расположении углеродных волокон в композитном материале согласно изобретению, зависящее от температуры расширение композиционного материала может удерживаться низким, тем самым, износ передающих силу и движение механических деталей, выполненных из композиционного материала, может быть сохранен низким.

В следующем варианте осуществления согласно первому аспекту изобретение отличается тем, что второй усиливающий наполнитель содержит стекловолокна или состоит из стекловолокон. Стекловолокна отличаются высокой прочностью при растяжении и благодаря этому придают композитному материалу повышенное предельное удлинение. Кроме того, стекло отличается низкой электропроводностью. В результате при передаче силы и движения снижается износ механических деталей, которые выполнены из

композитного материала и вступают в контакт со сверхчистой водой.

В следующем варианте осуществления согласно первому аспекту изобретение отличается тем, что доля первого волокнистого усиливающего наполнителя в композитном материале составляет 3 вес.% или больше, предпочтительно 4 вес.% или больше, более предпочтительно 5 вес.% или больше, более предпочтительно 6 вес.% или больше, более предпочтительно 7 вес.% или больше, но меньше или равна 20 вес.%, предпочтительно составляет 19 вес.% или меньше, более предпочтительно 18 вес.% или меньше, более предпочтительно 17 вес.% или меньше, более предпочтительно 16 вес.% или меньше, более предпочтительно 15 вес.% или меньше, в частности, составляет от 3 вес.% до 18 вес.%, более предпочтительно от 5 вес.% до 18 вес.%, более предпочтительно от 5 вес.% до 15 вес.%, более предпочтительно от 7 вес.% до 15 вес.% в расчете на полный вес композитного материала. Слишком высокое содержание, более 20 вес.% от полного веса композитного материала, первого волокнистого усиливающего наполнителя, например, углеродных волокон, ведет при использовании механических деталей в передаче силы и движения и при контакте со сверхчистой водой к недопустимо высокому износу. При содержании первого волокнистого усиливающего наполнителя, например, углеродных волокон, менее 3 вес.% от полного веса композитного материала, высокий коэффициент теплового расширения полимерной матрицы или второго усиливающего наполнителя, например, стекловолокна, больше не может быть компенсирован в достаточной степени. Соответственно, при повышенных температурах механическая деталь может изнашиваться из-за слишком высокого коэффициента теплового расширения в приложениях для передачи силы или движения.

В следующем варианте осуществления согласно первому аспекту изобретение отличается тем, что доля второго усиливающего наполнителя, например, стекловолокна, в композитном материале составляет 10 вес.% или больше, предпочтительно 12 вес.% или больше, предпочтительно 14 вес.% или больше, более предпочтительно 15 вес.% или больше, более предпочтительно 17 вес.% или больше, но не более 45 вес.%, предпочтительно не более 42 вес.%, более предпочтительно не более 40 вес.%, более предпочтительно не более 38 вес.%, более предпочтительно не более 35 вес.%, более предпочтительно не более 33 вес.%, более предпочтительно не более 30 вес.%, в частности, предпочтительно составляет от 10 вес.% до 40 вес.%, более предпочтительно от 15 вес.% до 35 вес.%, более предпочтительно от 15 вес.% до 30 вес.%, в расчете на полный вес композитного материала.

Содержание второго усиливающего наполнителя, например, стекловолокна, более 45 вес.% от полного веса композитного материала, может привести к слишком высокому коэффициенту теплового расширения композитного материала, что, в частности, у механических деталей для передачи силы и движения, выполненных из композитного материала согласно изобретению, приводит к недопустимому износу при повышенных температурах. Слишком низкое содержание второго усиливающего наполнителя, например, стекловолокна, менее 10 вес.% от полного веса композитного материала,

должно быть компенсировано дополнительным усиливающим наполнителем, например, первым волокнистым усиливающим наполнителем, чтобы композитный материал обеспечивал достаточную прочность механических деталей для передачи силы и движения. Так как эти усиливающие наполнители из-за их более высокой электропроводности не являются инертными по отношению к сверхчистой воде, использование таких механических деталей в контакте со сверхчистой водой привело бы к неприемлемому износу.

В следующем варианте осуществления согласно первому аспекту изобретение отличается тем, что доля полимерной матрицы в композитном материале составляет 45 вес.% или больше, предпочтительно 50 вес.% или больше, более предпочтительно 55 вес.% или больше, более предпочтительно 60 вес.% или больше, в расчете на полный вес композитного материала. Содержание полимерной матрицы менее 45 вес.% может привести к тому, что первый волокнистый усиливающий наполнитель и второй усиливающий наполнитель не будут полностью окружены полимерной матрицей. В результате может снизиться прочность композитного материала, и использование композитного материала для передающих силу и движение механических деталей может привести к повышенному износу.

В следующем варианте осуществления согласно первому аспекту изобретение отличается тем, что композитный материал содержит антиоксидант. Антиоксидант предотвращает деградацию матрицы и первого волокнистого усиливающего наполнителя в композитном материале, вызываемую образованием ионов или радикалов.

В частности, на композитных материалах, используемых в деталях для передачи силы и движения, из-за фрикционного контакта и возникающего в результате трибоэлектрического эффекта образуются заряды. В случае композитного материала согласно первому аспекту электрические заряды индуцируются в результате гомолитического и гетеролитического расщепления ковалентных связей в матрице и/или первом волокнистом усиливающем наполнителе, в частности, углеродном волокнистом материале.

При гетерогенном расщеплении связи образуется ионная пара в результате разрыва ковалентных связей, при этом ионные центры локализуются на осколках молекулярного расщепления матрицы или волокнистого усиливающего наполнителя. Ионные центры, образованные таким способом в матрице или первом волокнистом усиливающем наполнителе, в контексте настоящей заявки называются механо-ионами, так как они возникают в результате механического фрикционного контакта. Механо-ионы включают катионные механо-ионы, то есть положительно заряженные осколки молекулярного расщепления, и анионные механо-ионы, т.е. отрицательно заряженные осколки молекулярного расщепления.

При гомолитическом расщеплении связи образуется пара радикалов, при этом радикальные центры локализуются на соответствующих осколках молекулярного расщепления. Такие радикальные центры в контексте настоящей заявки называются

механо-радикалами, поскольку они образованы в результате механического фрикционного контакта.

Механо-ионы и механо-радикалы вызывают побочные химические реакции, которые, в свою очередь, индуцируют новые разрывы ковалентных связей и, таким образом, способствуют деградации и потере прочности композитного материала. Если противодействовать образованию таких механо-ионов и механо-радикалов, можно избежать ослабления композитного материала. Сверхчистая вода с электропроводностью 10^{-4} См/м неспособна, в частности, в достаточной мере реагировать с механо-ионами и механо-радикалами, так как она содержит мало ионов, которые могут реагировать с механо-ионами или механо-радикалами в композитном материале. Следовательно, возникает проблема, что композитные материалы согласно первому аспекту изобретения при использовании в передающих силу или движение деталях в сочетании со сверхчистой водой при слишком высоких напряжениях трения теряют прочность из-за трибологического эффекта.

Прочность композитных материалов по первому аспекту изобретения может быть еще больше повышена в условиях высокого напряжения трения и при контакте со сверхчистой водой за счет наличия антиоксиданта в композитном материале.

Получение композитного материала, содержащего антиоксидант, можно осуществить экструзией в расплаве, путем компаундирования компонентов: матрицы, первого волокнистого усиливающего наполнителя, второго усиливающего наполнителя и антиоксиданта, с образованием композитного материала. В контексте настоящей заявки под термином "антиоксидант" понимается вещество или несколько веществ, обладающих химической активностью к ионам или радикалам. В частности, согласно настоящей заявке используются такие антиоксиданты, которые могут реагировать с образованными механо-ионами и механо-радикалами в композитном материале по первому аспекту изобретения.

В частности, в качестве антиоксидантов можно использовать такие соединения как токоферолы, токотриенолы, ресвератролы, флавоноиды, доноры водорода, как, например, ароматические амины и стерически затрудненные фенолы, вещества, эквивалентные гидропероксидам, например, фосфиты, фосфониты, тиосинергисты, ловушки алкильных радикалов, например, старически затрудненные аминовые стабилизаторы, гидроксиламины, бензофураноны, фенолы, модифицированные акрилоилом, или многофункциональные стабилизаторы вышеуказанного типа, или смеси стабилизаторов вышеуказанного типа.

В следующем варианте осуществления согласно первому аспекту изобретение отличается тем, что антиоксидант является первичным и/или вторичным антиоксидантом. Под первичным антиоксидантом могут иметься в виду стерически затрудненные фенолы или вторичные ароматические амины. При этом "стерически затрудненный" означает молекулярные группы, испытывающие пространственные препятствия на молекулярном уровне. Предпочтительным первичным антиоксидантом является имеющийся в продаже Evernox 1330, который содержит соединение 3,3',3',5,5',5'-гекса-трет-бутил-а, а',а'-

(мезитилен-2,4,6-триметил)три-п-крезол. Вторичные антиоксиданты могут представлять собой пероксиды, органические гидропероксиды, фосфиты, тиозолины или органические сульфиды. Предпочтительным вторичным антиоксидантом является имеющийся в продаже Doverphos S-9228, который содержит соединение дифосфит бис(2,4-дикумилфенил)-пентаэтитрита. Предпочтительно использовать первичные антиоксиданты.

В следующем варианте осуществления согласно первому аспекту изобретение отличается тем, что доля антиоксиданта в композитном материале составляет от 0,001 вес.% до 2,5 вес.%, предпочтительно от 0,01 вес.% до 2,0 вес.%, более предпочтительно от 0,1 вес.% до 1 вес.%, в расчете на полный вес композитного материала. В частности, при содержании антиоксиданта в указанном диапазоне свойства композитного материала, что касается электропроводности и теплового расширения, изменяются незначительно, так что износ композитного материала при его применении в качестве механической детали при передаче силы и движения при контакте со сверхчистой водой и тепловое расширение не проявляются.

Далее, указанный композитный материал согласно первому аспекту изобретения может отличаться, в частности тем, что суммарное содержание матрицы, первого волокнистого усиливающего наполнителя и второго усиливающего наполнителя, а также антиоксиданта составляет 100 вес.%.

В следующем варианте осуществления согласно первому аспекту изобретение отличается тем, что весовое отношение второго усиливающего наполнителя к волокнистому первому усиливающему наполнителю в композитном материале составляет от 3:1 до 1:1. Оказалось, что в этом диапазоне весовых соотношений степень износа композитного материала при использовании в передающих силу и движение механических деталях имеет наименьшие значения.

В следующем варианте осуществления согласно первому аспекту изобретение отличается тем, что волокна волокнистого первого усиливающего наполнителя и/или волокна волокнистого второго усиливающего наполнителя имеют диаметр, измеряемый поперек продольному направлению волокна, 1 мкм или больше, предпочтительно 2 мкм или больше, более предпочтительно 3 мкм или больше, но меньше или равный 10 мкм, более предпочтительно 9 мкм или меньше, более предпочтительно 8 мкм или меньше, в частности, от 1 мкм до 10 мкм, от 2 мкм до 9 мкм, более предпочтительно от 3 до 8 мкм.

В следующем варианте осуществления согласно первому аспекту изобретение отличается тем, что волокна волокнистого первого усиливающего наполнителя и/или волокна второго волокнистого усиливающего наполнителя имеют длину 10 мкм или больше, предпочтительно 15 мкм или больше, предпочтительно 20 мкм или больше, предпочтительно 25 мкм или больше, но не более 60 мкм, предпочтительно 55 мкм или меньше, более предпочтительно 50 мкм или меньше, в частности, от 10 мкм до 60 мкм, предпочтительно от 15 мкм до 55 мкм, более предпочтительно от 20 мкм до 50 мкм. Длина волокон свыше 60 мкм может препятствовать предпочтительному изотропному

распределению волокон в композитном материале. В частности, в случае механических деталей малого размера при длине волокон более 60 мкм при изготовлении деталей может возникнуть ориентация волокон, что отрицательно сказывается на прочности деталей. Если длина волокон меньше или равна 10 мкм, сшивающая способность волокнистого первого или второго усиливающего наполнителя в композитном материале может быть утрачена, что приводит к снижению прочности композитного материала.

В частности, предпочтительный диапазон диаметров и длин волокон волокнистого первого и волокнистого второго усиливающих наполнителей выбирается так, чтобы отношение диаметра к длине волокна первого волокнистого усиливающего наполнителя и волокна второго волокнистого усиливающего наполнителя составляло от 1:2 до 1:20. При этом по меньшей мере 60%, предпочтительно по меньшей мере 70%, более предпочтительно по меньшей мере 80% волокон волокнистого первого и волокнистого второго усиливающего наполнителя имеют это предпочтительное отношение.

Следующий вариант осуществления согласно первому аспекту изобретения отличается тем, что композитный материал содержит дополнительный компонент для модификации трения. Этот дополнительный компонент представляет собой, например, нитрит бора и/или тефлон. Доля дополнительного компонента для модификации трения составляет 15 вес.% или меньше, предпочтительно 10 вес.% или меньше, более предпочтительно 5 вес.% или меньше, но, если компонент для модификации трения предусмотрен в композитном материале, не менее 0,2 вес.%, или не менее 0,5 вес.%, или не менее 1 вес.%, в расчете на полный вес композитного материала.

В следующем варианте осуществления согласно первому аспекту изобретение отличается тем, что суммарное содержание полимерной матрицы, первого волокнистого усиливающего наполнителя и второго усиливающего наполнителя составляет 97 вес.% или больше, в частности, 100 вес.%.

Во втором аспекте изобретение относится к механической детали для передачи силы и движения, содержащей композитный материал по меньшей мере по одному варианту осуществления согласно первому аспекту изобретения. Механическая деталь согласно изобретению отличается малым износом. В частности, механическая деталь даже в контакте со сверхчистой водой имеет низкий износ.

В одном варианте осуществления второго аспекта изобретение относится к механической детали, причем механическая деталь представляет собой шестерню.

В третьем аспекте изобретение относится к шестеренчатому насосу, отличающемуся тем, что шестеренчатый насос содержит по меньшей мере одну шестерню по одному варианту осуществления второго аспекта изобретения. Согласно конструкции, шестерни шестеренчатого насоса установлены на подшипниках в перекачиваемой среде. Преимущество шестеренчатого насоса согласно изобретению можно усмотреть в том, что он имеет малый износ при перекачивании сверхчистой воды, в частности, даже при повышенных температурах. Кроме того, было установлено, что шестеренчатый насос слабо изнашивается также при перекачке окисляющих дезинфицирующих средств,

например, при горячей очистке медицинских аппаратов. Таким образом, шестеренчатый насос согласно изобретению пригоден для использования в секторе медицинской техники и, в частности, в качестве насосного устройства в диализных аппаратах.

Примеры

Испытания на износ блока на кольце

Испытание на износ блока на кольце (Block on the Ring Test) проводили в соответствии с описанием стандарта ASTM G77-17. Из исследуемого композитного материала изготавливали образец для испытаний с размерами 4×4×17 мм. Образец помещали в испытательный стенд и устанавливали на кольцевую деталь. Кольцевая деталь изготовлена из стали CrNiMo. Затем к образцу для испытаний прикладывали усилие 2,5 МПа и прижимали к внешней поверхности кольца. Кольцо приводили во вращение, так что образец скользил с относительной скоростью 0,5 м/с по площади контакта кольцевой детали. Температура кольцевой детали и образца составляла 23°C. В ходе испытания образец и кольцо промывали водой. Относительный общий путь скольжения составил 36000 м.

(1) Удельная степень износа

Для определения удельной степени износа во время испытания между образцом для испытаний и кольцевой деталью прикладывалось электрическое напряжение 2,5в. Приложенное напряжение создает на образце и кольцевой детали поверхностные заряды, которые имитируют условия коррозии, когда композитный материал используется со сверхчистой водой. В качестве смазки использовалась стандартная лабораторная деминерализованная вода. В процессе скольжения измеряли объем истирания образца в зависимости от времени. Удельный коэффициент истирания определяли из наклона установленной линейной зависимости между объемом истирания и временем.

Одновременно определяли коэффициент трения из крутящего момента ведомой кольцевой детали.

Для сравнительных исследований различных композиционных материалов в каждом случае устанавливались одни и те же условия процесса, так что определенная удельная степень износа и коэффициент трения зависят только от состава исследуемых композитных материалов.

Получение композитных материалов

(1) **Пример 1.** Композитный материал PEEK/CF/GF из PEEK, углеродных волокон и стекловолокон

Массу из полиэфирэфиркетона от фирмы Victrex, углеродных волокон с коэффициентом теплового расширения $-0,1 \times 10^{-6}/\text{K}$ и стекловолокон с электропроводностью 1×10^{-9} См/м компаундировали путем экструзии расплава и обрабатывали с получением образца для испытаний. Углеродные волокна и стекловолокон использовались в одинаковых весовых долях. Доля углеродного волокна и стекловолокна в образце для испытаний составляла 15 вес.% каждого. Удельный коэффициент износа и коэффициент трения определяли путем испытания "Block on the Ring Test". Кроме того,

определяли коэффициент теплового расширения композитного материала методом термомеханического анализа. Значения приведены в таблице 1.

(2) **Пример 2.** Композитный материал PEEK/CF из PEEK и углеродных волокон (сравнительный пример)

Массу из полиэфирэфиркетона от фирмы Victrex и углеродных волокон с коэффициентом теплового расширения $-0,1 \times 10^{-6}/\text{K}$ компаундировали путем экструзии расплава и обрабатывали с получением образца для испытаний. Доля углеродных волокон в образце для испытаний составляла 30 вес.%. Удельную степень износа и коэффициент трения определяли путем испытания "Block on the Ring Test". Кроме того, определяли коэффициент теплового расширения композитного материала методом термомеханического анализа. Значения приведены в таблице 1.

Пример 3. Композитный материал PEEK/GF из PEEK и стекловолокна (сравнительный пример)

Массу из полиэфирэфиркетона от фирмы Victrex и стекловолокон с электропроводностью 1×10^{-9} См/м компаундировали путем экструзии расплава и обрабатывали с получением образца для испытаний. Доля стекловолокон в образце для испытаний составляла 30 вес.%. Удельную степень износа и коэффициент трения определяли путем испытания "Block on the Ring Test". Кроме того, определяли коэффициент теплового расширения композитного материала методом термомеханического анализа. Значения приведены в таблице 1.

Пример 4. Сравнительный пример

Был изготовлен образец для испытаний из PEEK. Удельную степень износа и коэффициент трения определяли путем испытания "Block on the Ring Test". Кроме того, определяли коэффициент теплового расширения композитного материала. Значения приведены в таблице 1.

Таблица 1

пример	коэффициент теплового расширения [$10^{-6}/\text{K}$]	коэффициент трения [мкс]	удельная степень износа [10^{-6} мм ³ /Нм]
(1) PEEK/CF/GF	7	0,14	0,9
(2) PEEK/CF	4	0,14	9
(3) PEEK/GF	16	0,22	8
(4) PEEK	47	0,17	4

Результаты показывают, что композитный материал согласно изобретению PEEK/CF/GF имеет коэффициент трения, соответствующий композитному материалу PEEK/CF. При этом коэффициент трения ниже, чем у композитного материала PEEK/GF. Коэффициент теплового расширения у PEEK/CF/GF ниже, чем у композитного материала PEEK/GF, однако более высокий по сравнению с композитным материалом PEEK/CF из-

за содержания стекловолокна. Неожиданно оказалось, что удельная степень износа композитного материала PEEK/CF/GF заметно ниже, чем удельная степень износа сравнительных композитных материалов PRRK/CF и PEEK/GF.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Композитный материал для механических деталей, предназначенных для передачи силы и движения, состоящий из по меньшей мере трёх компонентов:

(i) по меньшей мере 45 вес.% материала матрицы, в расчете на полный вес композитного материала,

(ii) 3-20 вес.%, в расчете на полный вес композитного материала, первого волокнистого усиливающего наполнителя, и

(iii) 10-45 вес.%, в расчете на полный вес композитного материала, второго усиливающего наполнителя,

причем

первый волокнистый усиливающий наполнитель имеет коэффициент теплового расширения ниже, чем второй усиливающий наполнитель, и второй усиливающий наполнитель имеет электропроводность, которая ниже, чем электропроводность первого усиливающего наполнителя, при этом сумма весовых долей компонентов, содержащихся в композитном материале, составляет 100%.

2. Композитный материал по п. 1, отличающийся тем, что первый волокнистый усиливающий наполнитель имеет коэффициент теплового расширения от $-0,15 \times 10^{-6}/\text{К}$ до $2 \times 10^{-6}/\text{К}$ в направлении, параллельном направлению волокон, а второй усиливающий наполнитель имеет электропроводность 10^{-4} См/м или меньше.

3. Композитный материал по п. 1 или 2, отличающийся тем, что первый усиливающий наполнитель и второй усиливающий наполнитель изотропно диспергированы в матрице.

4. Композитный материал по меньшей мере по одному из предыдущих пунктов, отличающийся тем, что второй усиливающий наполнитель является волокнистым.

5. Композитный материал по меньшей мере по одному из предыдущих пунктов, отличающийся тем, что матрица содержит полимер, выбранный из группы, состоящей из полиарилэфиркетонов, полиарилсульфонов и поликарбонатов, предпочтительно из полиэфирэфиркетонов (PEEK), полиэфиркетонов (PEK), полиэфиркетонкетонов (PEKK), полиэфиркетонэфиркетонкетонов, полифениленсульфида (PPS), полифенилсульфонов (PPSU), полисульфонов (PSU), полиэфирсульфонов (PESU), более предпочтительно полиэфирэфиркетонов (PEEK).

6. Композитный материал по меньшей мере по одному из предыдущих пунктов, отличающийся тем, что первый волокнистый усиливающий наполнитель содержит углеродные волокна или состоит из углеродных волокон.

7. Композитный материал по меньшей мере по одному из предыдущих пунктов, отличающийся тем, что второй усиливающий наполнитель содержит стекловолокна или состоит из стекловолокон.

8. Композитный материал по меньшей мере по одному из предыдущих пунктов, отличающийся тем, что доля первого волокнистого усиливающего наполнителя в композитном материале составляет от 3 вес.% до 18 вес.%, предпочтительно от 5 вес.% до

15 вес.%, более предпочтительно от 7 вес.% до 15 вес.%, в расчете на полный вес композитного материала.

9. Композитный материал по меньшей мере по одному из предыдущих пунктов, отличающийся тем, что доля второго усиливающего наполнителя в композитном материале составляет от 10 вес.% до 40 вес.%, более предпочтительно от 15 вес.% до 35 вес.%, более предпочтительно от 15 вес.% до 30 вес.%, в расчете на полный вес композитного материала.

10. Композитный материал по меньшей мере по одному из предыдущих пунктов, отличающийся тем, что доля материала матрицы в композитном материале составляет по меньшей мере 50 вес.%, более предпочтительно по меньшей мере 55 вес.%, более предпочтительно по меньшей мере 60 вес.%, в расчете на полный вес композитного материала.

11. Композитный материал по меньшей мере по одному из предыдущих пунктов, отличающийся тем, что весовое отношение второго усиливающего наполнителя к волокнистому первому усиливающему наполнителю составляет от 3:1 до 1:1, предпочтительно от 2:1 до 1:1.

12. Композитный материал по меньшей мере по одному из предыдущих пунктов, отличающийся тем, что композитный материал содержит антиоксидант.

13. Композитный материал по п. 12, отличающийся тем, что антиоксидант является первичным и/или вторичным антиоксидантом.

14. Композитный материал по меньшей мере по одному из предыдущих пунктов, отличающийся тем, что доля антиоксиданта в композитном материале составляет от 0,001 вес.% до 2,5 вес.%, предпочтительно от 0,01 вес.% до 2,0 вес.%, более предпочтительно от 0,1 вес.% до 1 вес.%, в расчете на полный вес композитного материала.

15. Композитный материал по меньшей мере по одному из предыдущих пунктов, отличающийся тем, что волокна волокнистого первого усиливающего наполнителя и/или волокна волокнистого второго усиливающего наполнителя имеют диаметр волокна от 1 до 10 мкм, предпочтительно от 2 мкм до 9 мкм, более предпочтительно от 3 мкм до 8 мкм.

16. Композитный материал по меньшей мере по одному из предыдущих пунктов, отличающийся тем, что волокна волокнистого первого усиливающего наполнителя и/или волокна второго волокнистого усиливающего наполнителя имеют длину от 10 мкм до 60 мкм, предпочтительно от 15 мкм до 55 мкм, более предпочтительно от 20 мкм до 50 мкм.

17. Композитный материал по меньшей мере по одному из предыдущих пунктов, отличающийся тем, что отношение диаметра к длине волокон первого волокнистого усиливающего наполнителя и волокон второго волокнистого усиливающего наполнителя составляет от более 1:2 до 1:20.

18. Композитный материал по меньшей мере по одному из предыдущих пунктов, отличающийся тем, что суммарное содержание матрицы, первого волокнистого усиливающего наполнителя и второго усиливающего наполнителя, а также при необходимости антиоксиданта составляет 100 вес.%.

19. Механическая деталь для передачи силы и движения, содержащая композитный материал по меньшей мере по одному из п.п. 1-18.

20. Механическая деталь по п. 19, отличающаяся тем, что она представляет собой шестерню.

21. Шестеренчатый насос, содержащий по меньшей мере одну шестерню по п. 20.

22. Применение композитного материала по меньшей мере по одному из п.п. 1-18 для установленных на гидростатических подшипниках механических деталей в области насосов для медицины.

23. Применение по п. 22 композитного материала для установленных на гидростатических подшипниках механических деталей в насосах для диализа или насосах для перекачивания сверхчистой воды.

По доверенности