(19) **RU** (11) **2 111 572** (13) **C1**

(51) МПК[6] **H 01 F 1/28**

РОССИЙСКОЕ АГЕНТСТВО
ПО ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

(21), (22) Заявка: 95109903/02, 18.10.1993

(30) Приоритет: 30.10.1992 US 07/968,655

(46) Дата публикации: 20.05.1998

(56) Ссылки: US, патент, 4992190, кл. H 01 F 1/08, 1991.

(86) Заявка PCT:
WO 94/10693 (11.05.94)

(71) Заявитель:
Лорд Корпорейшн (US)

(72) Изобретатель: **Кейт Д.Вейсс[US], Доналд А.Никсон[US], Дж.Дэвид Карслон[US], Энтони Дж.Марджида[US]**

(73) Патентообладатель:
Лорд Корпорейшн (US)

(54) МАГНИТОРЕОЛОГИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ

(57) Реферат:

Использование: изобретение относится к магнитореологическим материалам, в которых для создания устойчивости к осаждению применяется тиксотропная сетка. Сущность изобретения: магнитореологический материал содержит жидкий носитель, компонент в виде частиц и тиксотропную добавку, обеспечивающую стабильность против осаждения частиц. Тиксотропной добавкой может служить образующее водородную связь тиксотропное средство, модифицированный полимером оксид металла или их смесь. Применением тиксотропной добавки создается тиксотропная сетка, необычайно эффективная в сведении к минимуму осаждение частиц в магнитореологическом материале. 44 з.п. ф-лы.

RU 2111572 C1

RU 2111572 C1

(19) **RU** (11) **2 111 572** (13) **C1**

(51) Int. Cl.[6] **H 01 F 1/28**



RUSSIAN AGENCY
FOR PATENTS AND TRADEMARKS

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(21), (22) Application: **95109903/02, 18.10.1993**

(30) Priority: **30.10.1992 US 07/968,655**

(46) Date of publication: **20.05.1998**

(86) PCT application:
WO 94/10693 (11.05.94)

(71) Applicant:
Lord Korporejshn (US)

(72) Inventor: **Kejt D.Vejss[US], Donald A.Nikson[US], Dzh.Dehvid Karslon[US], Ehntoni Dzh.Mardzhida[US]**

(73) Proprietor:
Lord Korporejshn (US)

(54) MAGNETO-RHEOLOGICAL MATERIAL

(57) Abstract:

FIELD: study of materials. SUBSTANCE: invention refers to magneto-rheological materials which use thixotropical grid to create stability against precipitation. Proposed magneto-rheological material includes liquid medium, component in the form of particles and thixotropical addition that ensures stability against precipitation. Thixotropical means, metal oxide modified by polymer or their mixture may be used as thixotropical addition forming hydrogen coupling. Usage of thixotropical addition creates thixotropical grid extremely effective in bringing precipitation of particles in magneto-rheological material to minimum. EFFECT: improved properties of proposed material. 44 cl

RU 2111572 C1

RU 2111572 C1

Изобретение относится к определенным жидким материалам, характеризующимся заметным возрастанием сопротивления текучести под действием магнитных полей. Более конкретно, изобретение относится к магнитореологическим материалам, в которых для создания устойчивости к осаждению частиц применяется тиксотропная сетка.

Жидкие составы, претерпевающие изменения кажущейся вязкости в присутствии магнитного поля, называются магнитными жидкостями Бингхэма или магнитореологическими материалами. Магнитореологические материалы обычно состоят из ферромагнитных или парамагнитных частиц, как правило, диаметром более 0,1 мкм, диспергированных в жидком носителе, и в присутствии магнитного поля частицы поляризуются и в результате выстраиваются в жидкости в цепь частиц. Действие цепочек частиц проявляется в увеличении кажущейся вязкости и сопротивления текучести всей жидкости, а в отсутствие магнитного поля частицы возвращаются в неупорядоченное или свободное состояние с соответствующим уменьшением кажущейся вязкости и сопротивления текучести всего материала. Такие магнитные жидкости Бингхэма сложного состава характеризуются регулируемым поведением, аналогичным тому, которое наблюдается обычно для электрореологических материалов, чувствительных к электрическому, а не к магнитному полю.

Как электрореологические, так и магнитореологические материалы пригодны для создания переменных демпфирующих сил в таких устройствах, как демпферы, гасители удара и эластомерные крепления, а также для регулирования крутящего момента и/или давления в различных зажимных, тормозных и клапанных устройствах. Магнитореологическим материалам изначально присущи преимущества перед электрореологическими материалами в указанных областях применения. Магнитореологические жидкости обладают более высоким, чем электрореологические материалы пределом текучести, вследствие чего способны создавать большие демпфирующие силы. Более того, магнитореологические материалы активируются магнитными полями, легко создаваемыми электромагнитными катушками низкого напряжения в отличие от дорогих источников энергии высокого напряжения, требующихся для эффективной работы электрореологических материалов. Более детальное описание типа устройств, в которых могут быть эффективно использованы магнитореологические материалы, дается в находящихся на одновременном рассмотрении заявках на патенты США 07/900571 и 07/900567 Демпферы с магнитореологическими жидкостями и устройства с магнитореологическими жидкостями, поданных одновременно 18 июня 1992 г.).

Магнитореологические или магнитные жидкости Бингхема отличаются от коллоидных магнитных жидкостей или феррожидкостей. В коллоидных магнитных жидкостях диаметр частиц обычно 5 - 10 нм. При наложении магнитного поля в коллоидной феррожидкости не происходит упорядочения частиц и изменения сопротивления текучести. Вместо этого коллоидные магнитные жидкости испытывают действие объемной силы, распространяющейся на весь материал и пропорциональной градиенту магнитного поля. Под действием этой силы вся коллоидная феррожидкость притягивается в области с повышенной напряженностью магнитного поля.

Обсуждение магнитореологических жидкостей и соответствующих устройств приводится в различных патентах и публикациях. В патенте США N 2575360 дается описание регулируемого электромеханически с приложением крутящего момента устройства, в котором для создания приводной связи между двумя независимо вращающимися компонентами такими, как встречающимися в зажимных устройствах и тормозах, применяется магнитореологический материал.

В состав жидкости, удовлетворяющей применению в таком устройстве как указано, входит 50 об.% мягкой железной пыли, обычно называемой "порошком карбонильного железа", в приемлемой жидкой среде, например, легком смазочном масле.

Другое устройство, позволяющее регулировать скольжение между движущимися частями с помощью магнитного или электрического поля, раскрыто в патенте США N 2661825, промежуток между движущимися частями заполняют реагирующей на поле средой. Прохождение потока магнитного или электрического поля через среду приводит к регулированию возникшего скольжения. Жидкость, реагирующая на приложенное магнитное поле, как указано, содержит порошок карбонильного железа и низкомолекулярное минеральное масло.

В патенте США N 2886151 описаны силопередаточные устройства, например: сцепления и тормоза, в которых применяется сцепление пленкой жидкости, реагирующей как на электрическое, так и магнитное поле. Приведенная в качестве примера реагирующая на магнитное поле жидкость, как указано, содержит порошок восстановленного оксида железа в масле смазочного типа с вязкостью при 25°C 2 - 20 сП.

Конструкция клапанов, пригодных для регулирования потока магнитореологических жидкостей (патент США NN 2670749 и 3010471). Магнитные жидкости, пригодные для применения в клапанах указанной конструкции, включают ферромагнитные, парамагнитные и диамагнитные материалы. Магнитная жидкость характерного состава, указанная в патенте США N 3010471, представляет собой суспензию карбонильного железа в низкомолекулярном углеводородном масле. Смеси магнитных жидкостей (патент США N 2670749), состоят, как указано, из порошка карбонильного железа, диспергированного либо в силиконовом масле, либо в хлорированной или фторированной суспендирующей жидкости.

Разнообразные смеси магнитореологических материалов раскрыты в патенте США N 2667237. Смесь определяется, как дисперсия небольших парамагнитных или ферромагнитных частиц

RU 2111572 C1

RU 2111572 C1

либо в жидкости, охладителе, газообразном антиокислителе, либо в полутвердой консистентной смазке. Рекомендуемый состав магнитореологического материала включает порошок железа и легкое машинное масло. Особенно рекомендуемый магнитный порошок представляет собой, как указано, порошок карбонильного железа со средним размером частиц 8 мкм. Другие возможные компоненты носителя включают керосин, консистентную смазку и силиконовое масло.

В патенте США N 4992190 раскрыт реагирующий на магнитное поле реологический материал. В состав этого материала, как указано, входят намагничиваемые частицы и силикагель, диспергированные в жидком носителе. В качестве намагничиваемых частиц особенно рекомендуется порошковый магнетит или порошки карбонильного железа с изоляционным восстановленным карбонильным железом производства, например, фирмы ГАФ Корпорейшн. Жидкий носитель, как указано, имеет вязкость при 100 °F (38°C) в интервале 1-10000 сП. Характерные примеры применяемых носителей включают: Коноко ЛВТ масло, керосин, легкое парафиновое масло, минеральное масло и силиконовое масло. Рекомендуемым носителем является силиконовое масло с вязкостью при 100 °F (38 °C) в интервале 10 - 1000 сП.

Многие магнитореологические материалы, такие, как описанные выше, страдают чрезмерным осаждением частиц под действием силы тяжести, что может отразиться на магнитореологической активности материала вследствие неравномерного распределения частиц. Одна из причин осаждения под действием силы тяжести частиц в магнитореологических материалах заключается в большой разнице удельного веса магнитных частиц (железа = 7,86 г/см^3) и жидкого носителя (силиконового масла = 0,95 г/см^3), которая может вызвать быстрое осаждение частиц в магнитореологическом материале.

Металлосодержащие типы или поверхностно-активные вещества (стеарат лития, дистеарат алюминия), традиционно применяемые для предотвращения осаждения частиц, изначально содержат большие количества воды, что может ограничить температурный интервал применения всего магнитореологического материала. Применение в качестве диспергирующего средства силикагеля (патент США 4992190), как в настоящее время обнаружено, не приводит к значительному осаждению частиц в течение длительного времени.

Таким образом, в настоящее время существует необходимость в магнитореологических материалах, характеризующихся минимальным осаждением частиц в течение длительного времени, и которые могут быть использованы в широком температурном интервале.

Изобретение относится к магнитореологическому материалу, характеризующемуся минимальным осаждением частиц, и который может быть использован в широком температурном интервале. Магнитореологический материал изобретения состоит из жидкого носителя, компонента в виде частиц и по меньшей мере одной тиксотропной добавки, выбранной из группы, включающей образующее водородную связь тиксотропное средство и модифицированный полимером оксид металла. В настоящее время обнаружено, что образующее водородную связь тиксотропное средство и модифицированный полимером оксид металла по отдельности или в смеси друг с другом образуют тиксотропную сетку, необычайно эффективную в сведении к минимуму осаждения частиц в магнитореологическом материале.

Тиксотропная сетка определяется, как суспензия коллоидных частиц или частиц с магнитной активностью, которая при низких степенях сдвига образует рыхлую сетку или структуру, иногда называемую кластером или флоккулятом. Присутствие трехмерной структуры придает магнитореологическому материалу небольшую степень жесткости с уменьшением тем самым осаждения частиц. Однако приложением сдвиговой силы путем осторожного перемешивания такая структура легко разрушается или диспергируется. Если убрать сдвиговую силу такая рыхлая структура легко восстанавливается в течение какого-то времени. Тиксотропная сетка изобретения по существу не содержит воды и эффективно предотвращает осаждение частиц в магнитореологическом материале, не влияя на широкий рабочий температурный интервал материала.

Магнитореологический материал изобретения состоит из жидкого носителя, компонента в виде частиц и по меньшей мере одной тиксотропной добавки, выбранной из группы, включающей образующее водородную связь тиксотропное средство и модифицированный полимером оксид металла.

Образующее водородную связь тиксотропное средство изобретения может быть представлено по существу любым олигомерным соединением, содержащим диполь и способным межмолекулярно реагировать с другим полярным олигомером или частицей. Такие диполи возникают при ассиметрическом смещении электронов вдоль ковалентных связей в полимерном соединении. Взаимодействие типа диполь-диполь чаще называют водородной связью или водородным мостиком. Согласно определению водородная связь возникает за счет притяжения атома водорода одной молекулы (донор водорода) двумя необобщенными электронами другой молекулы (акцептор водорода). Исчерпывающее описание водородной связи дается в изданиях: L. Pauluig и J. Israelackvili. Природа химической связи, (3-е издание, Корнелл Юниверсити Пресс, Итака, Нью-Йорк, 1960); Молекулярные и поверхностные силы. Академия Пресс, Нью-Йорк, 1985).

В целом олигомерное соединение характеризуется, как низкомолекулярный полимер или сополимер, состоящий из более чем двух повторяющихся мономерных групп или звеньев. Олигомер обычно характеризуется молекулярной массой менее 10000 АЕМ (атомная единица массы). Олигомеры с молекулярной массой в интервале 1000-10000 АЕМ называются также

RU 2111572 C1

RU 2111572 C1

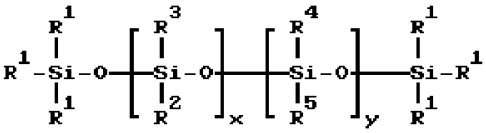
плейномерами. Число повторяющихся мономерных звеньев в олигомере зависит от молекулярной массы отдельного мономерного звена. Для того, чтобы олигомерное соединение эффективно действовало в изобретении, как образующее водородную связь тиксотропное средство, олигомер должен быть либо невязкой, либо вязкой жидкостью, маслом или текучей средой. Исчерпывающее обсуждение синтеза, характеристик и свойств олигомерных соединений (Синтез и характеристика олигомеров, КРК Пресс Инк., Вока Ратон, Флорида, 1991, C. Uglea u J.Negulescu ссылка на которое далее обозначается как Uglea).

Образующее водородную связь тиксотропное средство изобретения при образовании водородного мостика может действовать, как молекула-донор или молекула-акцептор протонов. Олигомерное соединение, чтобы быть эффективным в качестве тиксотропного средства, должно содержать хотя бы один электроотрицательный атом, способный образовывать водородную связь с другой молекулой. Такой электроотрицательный атом может находиться в скелете олигомера, в отходящей цепи или в концевой части олигомерного соединения. Чтобы действовать, как акцептор протонов, электроотрицательный атом может быть представлен O, N или Cl и может присутствовать, например, в виде: -O-, =O, -N-, -F, -Cl, $-NO_2$, $-OCH_3$, $-C \equiv N$, , -OH, $-NH_2$, -NH-, -COOH, $-N(CH_3)_2$ или -NO заместителей, ковалентно связанных с атомом углерода, кремния, фосфора или серы. Электроотрицательный атом, чтобы действовать в тиксотропном средстве, как донор протонов, может быть атомом 0 или N и может присутствовать, например, в виде -NH-, -OH, $-NH_2$ или -COOH заместителей, ковалентно связанных с вышеуказанными атомами. В настоящее время рекомендуются те олигомерные соединения, которые содержат по меньшей мере два электроотрицательных атома, с тем, чтобы олигомерное соединение могло действовать, как мостикообразующее средство с еще большим усилием тиксотропной сетки.

Примеры олигомерных соединений, которые могут содержать образующий водородную связь электроотрицательный атом, необходимый для целей изобретения, включают разнообразные силиконовые олигомеры, органические олигомеры и органосиликоновые олигомеры.

Силиконовые олигомеры, применимые в изобретении в качестве образующих водородную связь тиксотропных средств, содержат олигомерный скелет, состоящий из мономерных звеньев, которые могут быть определены, как атом кремния, связанные друг с другом непосредственно или через O, N, S, CH_2 или C_6H_4 связи. Силиконовые олигомеры с такими связями чаще всего называются силанами, силоксанами, силалкиленами, силариленами, силазанами, силтианами, соответственно. Силиконовые олигомеры могут содержать одинаковые повторяющиеся силиконовые мономерные звенья (гомополимерные звенья) или могут содержать различные повторяющиеся силиконовые звенья в виде неупорядоченных, чередующихся, блок- или привитых сегментов (сополимерная структура). Рекомендуются силиконовые олигомеры, содержащие силоксановый скелет, что связано с их большой коммерческой доступностью. Важно то, что силоксановые олигомеры содержат электроотрицательные, образующие водородную связь заместители либо в отходящей цепи, либо в виде концевой группы олигомерной структуры, поскольку электроотрицательные группы в самом силоксановом скелете, как правило, экранированы от эффективного участия в образовании водородной связи. Исчерпывающее описание синтеза, строения и свойств силиконовых олигомеров дается в изданиях: W. Noll, Химия и технология силиконов, Академик Пресс Инк., Нью-Йорк, 1968 (далее ссылка, как на Noll) и J,Zeigler и J.Fearon Наука о полимерах на основе кремния, Америкен Кемикл. Сосайэти, Салем, Массачуссет, 1990 (далее ссылка, как на Zeigler), полное содержание которых вводится здесь в качестве ссылки.

Силоксановые олигомеры изобретения могут быть представлены формулой



где

R^1 - R^5 - независимо представлены углеводородным радикалом с прямой цепью, разветвленным, циклическим или ароматическим радикалом, который галогенирован или негалогенирован, и содержит 1-18, предпочтительно 1-6 атомов углерода; сложноэфирной группой; простой эфирной группой или кетогруппой, при условии, что хотя бы один из R^1-R^5 содержит электроотрицательный заместитель, ковалентно связанный с атомом углерода, кремния, фосфора или серы. Электроотрицательный заместитель обычно присутствует в виде -O-, =O, -N= , -Cl, $-NO_2$, $-OCH_3$, $-C \equiv N$, , -OH, $-NH_2$, -NH-, -COOH, $-N(CH_3)_2$ или -NO.

Присутствие электроотрицательного заместителя предпочтительно реализуется наличием хотя бы одного из R^1-R^5 в виде $(CH_2)_wE$ фрагмента, где E выбирают из группы, включающей CN, CON, H_2, Cl, F, CF_3 и NH_2 и W = целому числу 2-8. Как указано выше, для целей изобретения рекомендуется, чтобы олигомер содержал хотя бы два электроотрицательных заместителя, к примеру, по одному заместителю в каждой концевой части олигомера с тем, что бы олигомер мог выполнять роль мостикообразующего средства. Число мономерных звеньев скелета, определяемое значениями x и y, может независимо меняться от 0 до 150 при условии, что сумма (x+y) будет охватываться интервалом 3-300, предпочтительно 10-150.

Характерные примеры приемных для изобретения силоксановых олигомеров, имеющих электроотрицательный заместитель в концевой части олигомерного соединения, включают: полидиметилсилоксаны (ПДМС) с концевыми диметилацетоксигруппами, ПДМС с концевыми метилдиацетоксигруппами,

RU 2111572 C1

RU 2111572 C1

ПДМС с концевыми диметилэтоксигруппами, ПДМС с концевыми аминопропилдиметильными группами, ПДМС с концевыми карбинольными группами, ПДМС с концевой карбинольной группой, ПДМС с концевыми диметилхлоргруппами, ПДМС с концевыми диметиламиногруппами, ПДМС с концевыми диметилэтоксигруппами, ПДМС с концевыми диметилметоксигруппами, ПДМС с концевыми метакрилоксипропильными группами, ПДМС с концевой метилакрилоксипропильной группой, ПДМС с концевыми карбоксипропилдиметильными группами, ПДМС с концевыми хлорметилдиметильными группами и полиметил-3,3,3-трифторпропилсилоксаны с концевыми силанольными группами, из которых рекомендуется ПДМС с концевыми аминопропилдиметильными группами, ПДМС с концевыми карбинольными группами и ПДМС с метакрилоксипропильными концевыми группами.

Примеры силоксановых олигомеров изобретения, содержащих электроотрицательный заместитель в боковой цепи олигомерного соединения, включают: полицианопропилметилсилоксаны, полибис(цианопропил)силоксаны, поли(хлорфенэтил)метилсилоксаны, полиметил-3,3,3-трифторпропилсилоксаны, полиметил-3,3,3-трифторпропил)диметилсилоксаны, поли(аминоэтиламинопропил)метил/диметилсилоксаны, поли(аминопропил)метил/диметилсилоксаны, поли(акрилоксипропил)метил/диметилсилоксаны, поли(метилакрилоксипропил)метил/диметилсилоксаны, поли(хлорметилфенэтил)метил/диметилсилоксаны, поли(цианопропил)метил)/диметилсилоксаны, поли(цианопропил)метил/метилфенилсилоксаны, полиглицидоксипропилметил/диметилсилоксаны, полиметилфенил/диметилсилоксаны, поли(тетрахлорфенил)/диметилсилоксаны, полидифенил/диметилсилоксаны, поли(цианоэтил)метил/диметилсилоксаны и полиэтиленоксид/диметилсилоксаны, из которых рекомендуются полиметил-3,3,3-трифторпропил/диметилсилоксаны, поли(цианопропил)метил/диметилсилоксаны, полиметил-3,3,3-трифторпропилсилоксаны и полицианопропилметилсилоксаны.

Органические олигомеры, применимые в изобретении в качестве образующих водородную связь тиксотропных средств, содержат олигомерный скелет, полностью состоящий из органических мономерных звеньев. Такие мономерные органические звенья дополнительно характеризуются, как содержащие атомы углерода, непосредственно связанные друг с другом или связанные через кислородные, азотные, серные или фосфорные связи. Мономрные звенья могут представлять собой простые эфиры, сложные эфиры, альдегиды, кетоны, карбоновые кислоты, спирты, амины, амиды, галогеналканы и их комбинации. Органические олигомеры изобретения могут иметь как гомополимерную, так и сополимерную структуру, определения которым дано выше.

Исчерпывающее описание синтеза, строения и свойств органических олигомеров и полимеров дается в изданиях Uglea и M.Alger Словарь полимеров, Эльзевир Эпплайд Сайэнс, Нью-Йорк, 1989, полное содержание которого вводится здесь в качестве ссылки.

Примеры органических олигомеров, пригодных для использования в изобретении в качестве образующих водородную связь тиксотропных средств, включает: полиацетали, полиацетальдегиды, полиацетон, полиакролеин, полиакриламид, полиакрилат, поли(акриловую кислоту), полиакрилонитрил, полиацилгидразон, полиацилполугидразид, полиадипамид, подиадиполипиперазин, полиаланин, поли(алкиленкарбамат), поли(аминовую кислоту), полиамид, поли(амидокислоту), поли(амидогидразид), поли(амидоимид), полиамин, поли(аминокислоту), полиаминобисмалеимид, полиангидриды, полиарилат, полиариленсульфон, поли(арилентриазол), поли(ариловый сложный эфир), поли(ариловый простой эфир), полиарил(эфирная простая связь) - сульфон, поли(арилсульфон), полиаспаратамид, полиазины, полиазобензолы, полиазометины, полиазофенилен, полибензамид, полибензил, полибензимидазол, полибензимидазолин, полибензимидазолон, полибензимидазохиназолон, полибензимидазохиноксалин, полибензоин, полибензопиразин, полибензотиазол, полибензоксазиндион, полибензоксазинон, полибензоксазол, полибисмалеимид, полибимочевину, полибутилакрилат, полибутиленполитерефталат, полибутилметакрилат, поликапролактон, поликарбазан, поликарбазен, поликарбодиимид, поликарбонат, поликарбоксаны, полихлораль, полихлорэтен, полихлоропрен, полихлорстирол, полихлортрифторэтилен, полицианотерфталиден, полициклогексилметакрилат, полидиэтиленгликоль-полиадипат, полидиметилкетоны, полидиметилфенол, полидипептиды, полиэпихлоргидрин, поли(простая эфирная связь) - сульфон, полиэтиладипат, поли(этиленадипат), поли(этиленазелат), поли(этиленгликоль), полиэтиленимин, поли(этиленоксид), поли(этиленоксибензоат), поли(этиленсульфоновую кислоту), поли(этилентерефталат), полиэтилметакрилат, полифторакрилат, поли(глютаминовую кислоту), полиглицин, полигликолид, поли(гексафторпропиленоксид), поли(гидроксибензойную кислоту), полигидроксибутират, полигидроксипролин, полиимидазол, полимидазолон, полимиды, поли(простые эфиры), поли(сложные эфиры), поли(изобутилвиниловый эфир), поли(изопропенилметилкетон), полилактид, полилаурилметакрилат, полилизин, полиметакролеин, полиметакриламид, полиметакрилат, поли(метаналакриловую кислоту), полиметакрилонитрил, полиметилакрилат, поли(метил-α-аланин), поли(метил-α-хлоракрилат), поли(метилендифениленоксид), поли(γ-метил-α-L-глютамат),

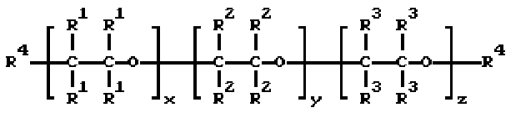
RU 2111572 C1

RU 2111572 C1

полиметилметакрилат, поли(метилвиниловый эфир), поли(метилвинилкетон), поли(оксадиазолы), полиоксамиды, эфиры полиалкиленсорбита с жирными кислотами, слоеные эфиры полиоксиалкиленсорбита, полиоксиэтиленовые кислоты, полиоксиэтиленовые спирты, полиоксиалкиленглицеридные сложные эфиры, полиоксиалкиленалкиламины, полиоксиалкиленалкиларилсульфонаты, поли(оксиэтиленгликоль), полиоксиметилен, поли(оксипропиленгликоль), поли(оксипропиленполиол), поли(окситетраметиленгликоль), поли(парабановую кислоту), полипептиды, поли(фениленовые простые эфиры), полифениленамин, поли(фениленоксид), поли(п-фениленсульфон), поли(п-фенилентерефтальамид), поли(фенилизоцианат), полифенилоксадиазол, полипивалолактон, полипролин, поли(пропиленадипат), поли(пропиленазелат), поли(пропиленоксид), поли(пропиленоксид- β -этиленоксид), поли(пропиленсебацинат), полисаркозин, полисерин, полистирилпиридин, полисульфонамид, полисульфонат, полисульфон, политерафтальамид, политетрагидрофуран, политриазол, политриазолин, политирозин, полимочевины, полиуретаны, поли(винилацетат), поли(винилацеталь), поли(виниловый спирт), поли(винилалкиловые эфиры), поливиниламин, поли(винилхлорацетат), поли(виниловые сложные эфиры), поли(винилэтиловый эфир), поли(винилформат), поли(винилиденхлорид), поли(винилиденцианид), поли(винилиденфторид), поли(винилизоцианат), поли(винилстеарат) и их комбинации или смеси, из которых рекомендуются поли(этиленоксид), поли(гексафторпропиленоксид), полиметакрилат, поли(пропиленоксид), поли(винилстеарат), сложные эфиры полиоксиалкиленсорбита с жирными кислотами, сложные эфиры полиоксиалкиленсорбита, полиоксиэтиленовые кислоты, полиоксиалкиленглицеридные сложные эфиры, полиоксиэтиленовые спирты, полиоксиэтиленовые спирты, полиоксиалкиленалкиламины, полиоксиалкиленалкиларилсульфонаты и поли(пропиленоксидэтиленоксид).

Органические олигомеры изобретения могут также представлять собой низкомолекулярные олефиновые сополимеры, образованные в реакции одного или нескольких вышеуказанных органических мономерных звеньев с одним или несколькими такими олефиновыми мономерными звеньями, как алкеновые, алкиновые или ареновые мономерные звенья. Примеры характерных олефиновых мономерных звеньев включают: ацетилен, алкенамеры, алкиленфенилены, алкиленсульфиды, алломеры, арилены, бутадиен, бутен, карбатианы, этилен, стирол, циклогесадиен, этиленсульфид, этилидин, этинилбензол, изопрен, метилен, метиленфенилен, норборнен, фениленсульфид, пропиленсульфид, фенилен, сульфид, пропилен, пипериден и их комбинации.

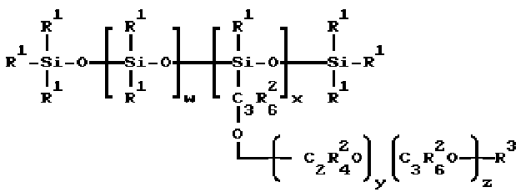
Рекомендуемые органические олигомеры изобретения относятся к поли(алкиленоксидным) олигомерам формулы:



где R^1, R^2 и R^3 могут независимо представлять водород, фтор или любой углеводородный радикал с прямой цепью, который галогенирован или негалогенирован, и содержи 1-18, предпочтительно 1-6 атомов углерода, и R^4 представляет либо атом водород, либо -OH группы. Число мономерных звеньев скелета, определяемое значениями x, y и z, может независимо меняться от 0 до 70 при условии, что сумма (x+y+z) будет охватываться интервалом 3-210. Примеры рекомендуемых поли(алкиленоксидных) органических олигомеров изобретения включают продукты фирмы БАСФ Корпорейшн под фирменными названиями ПЛЮРОНИК И ПЛЮРОНИК R.

Органосиликоновые олигомеры, применимые в изобретении в качестве образующих водородную связь тиксотропных средств, являются сополимерами, и могут быть блоколигомерами, содержащими олигомерный скелет, в котором блоки силиконовых мономерных звеньев и органических мономерных звеньев различного размера распределены либо хаотично, либо в чередующемся порядке. Органосиликоновые олигомеры могут быть также привитыми олигомерами, содержащими скелет или цепь силиконовых мономерных звеньев, к которым присоединены органические мономерные звенья. Органические и силиконовые мономерные звенья, приемлемые для получения органосиликоновых олигомеров, могут быть представлены любыми органическими и силиконовыми мономерными звеньями, обсуждаемыми выше в связи с органическими и силиконовыми олигомерами соответственно. Исчерпывающее описание синтеза, строение и свойств органосиликоновых олигомеров дается у Noll и Zeigler.

В целом же, привитые органосиликоновые олигомеры являются рекомендуемыми образующими водородную связь тиксотронными средствами изобретения. Рекомендуемые привитые органосиликоновые олигомеры могут быть представлены формулой



где R^1 может независимо представлять углеводородный радикал с прямой цепью, разветвленный, циклический или ароматический углеводородный радикал, который галогенирован или негалогенирован, и содержит 1 - 18, предпочтительно 1 - 6 атомов углерода; сложноэфирную группу; простую эфирную группу или кетогруппу;

RU 2111572 C1

RU 2111572 C1

R^2 может независимо представлять водород, фтор или углеводородный радикал с прямой цепью, который галогенирован или негалогенирован, и содержит 1 - 18, предпочтительно 1 - 6 атомов углерода, и R^3 представляет собой алкильный радикал, содержащий 1 - 5 атомов углерода (метильная или этильная группа), R^1 - предпочтительно метил, R^2 - предпочтительно атом водорода и R^3 - предпочтительно атом водорода или метил. Число мономерных силиконовых звеньев, определяемое каждым w и x, может меняться от 0 до 130 и от 0 до 1 до 40 соответственно при условии, что сумма (w + x) будет охватываться интервалом 3 - 150. Число органических мономерных звеньев, присоединенных к силиконовым мономерным звеньям и определяемых значениями каждого y и z, может меняться от 0 до 220 и от 0 до 165 соответственно при условии, что сумма (y + z) будет находиться в интервале 3 - 225.

Примеры привитых органосиликоновых олигомеров включают: сополимеры алкиленоксиддиметилсилоксан, такие как сополимеры этиленоксиддиметилсилоксан и сополимеры пропиленоксиддиметилсилоксан; сополимеры силикона с гликолем и их смеси, из которых рекомендуются сополимеры алкиленоксиддиметилсилоксана. Примеры рекомендуемых сополимеров алкиленоксиддиметилсилоксана включают сополимеры (фирма Юнион Карбайд Кемикалз энд Пластикс Компани под фирменным названием СИЛВЕТ, из которых особенно рекомендуется СИЛВЕТ L-7500).

Найдено также, что некоторые стабилизаторы и диспергаторы, ранее раскрытые как применимые в электрореологических материалах, пригодны и для применения для целей изобретения в качестве образующих водородную связь тиксотропных средств. К примеру, аминофункциональные, гидроксифункциональные, ацетоксифункциональные и алкоксифункциональные полисилоксаны, раскрытые в патенте США N 4.645.614, могут быть использованы в изобретении в качестве образующих водородную связь тиксотропных средств. Кроме того, привитые и блок-олигомеры, раскрытые в патенте США N 4.772.407 и описанные также у D.H Napper в "Стабилизации полимерами коллоидных дисперсиях", Академик Пресс, Лондон, применимы в качестве образующих водородную связь тиксотропных средств в применяемом здесь значении.

Примерами таких привитых и блок-олигомеров являются олигомеры (фирма ИСИ Америка ИНК под фирменным названием ГИПЕРМЕР И СОЛЬСПЕРС).

Как указано выше, образующие водородную связь тиксотропные средства изобретения являются обязательно олигомерными соединениями, содержащими по меньшей мере один электроотрицательный атом, способный образовывать водородные связи с другой молекулой. Приведенные выше в качестве примеров образующие водородную связь тиксотропные средства могут быть получены хорошо известными специальными способами, а многие образующие водородную связь тиксотропные средства являются продажными продуктами.

Вследствие способности функционировать в широком температурном интервале, совместимости с разнообразными жидкими носителями и прочности образованной тиксоторопной сетки к рекомендуемым образующим водородную связь тиксотропным средствам изобретения относятся силиконовые олигомеры, а также органосиликоновые привитые и блок-олигомеры, из которых особенно предпочтительны органосиликоновые привитые олигомеры.

Образующее водородную связь тиксотропное средство обычно применяют в количестве 0,1 - 10, предпочтительно 0,5 - 5 об.% на весь магнитореологический материал.

С целью облегчить образование тиксотропной сетки возможно применение коллоидной добавки в смеси с образующим водородную связь тиксотропным средством. Коллоидные добавки, приемлемые для применения в изобретении, включают любые твердые, полые или пористые частицы, обладающие способностью взаимодействовать с образующим водородную связь тиксотропным средством путем создания водородной связи и образования тиксотропной сетки.

Если тиксотропное средство является донором протонов, тогда коллоидная добавка должна содержать электроотрицательный атом (определение см. выше), способный действовать, как акцептор протонов. Если же тиксотропное средство является акцептором протонов, в этом случае в коллоидной добавке необходимо присутствие электроотрицательного заместителя, способного действовать как донор протонов (определения см. выше).

Примеры коллоидных добавок, применяемых в изобретении, включают порошки оксидов металлов, содержащих поверхностные гидрофильные функциональные группы. Такие гидрофильные функциональности могут быть представлены гидроксильными группами или любым из ранее охарактеризованных силиконовых олигомеров, органических олигомеров и органосиликоновых олигомеров, ковалентно связанных с оксидом металла. Способы присоединения олигомеров к поверхности оксида металла хорошо известны специалистам в области поверхностной химии и катализа. Характерные примеры рекомендуемых порошковых оксидов металлов включают: осажденный диоксид кремния, плавленный или пирогенный диоксид кремния, силикагель, диоксид титана и их смесь.

Поверхности металлоксидных коллоидных добавок изобретения может быть придана гидрофобность путем частичной реакции поверхностных гидроксильных групп с разнообразными органофункциональными мономерными силанами при присоединяющими силан агентами, например: гидроксисиланами, ацилоксисиланами, эпоксисиланами, оксимесиланами, алкилоксисиланами, хлорсиланами и аминосиланами известными специалистам способами. Более полное описание силанов, пригодных для реакции с поверхностными гидроксильными группами коллоидных порошков оксидов металлов (дается у Noll, а

RU 2111572 C1

RU 2111572 C1

также в издании: E.P. Plueddemann Присоединяющие силан агенты, Пленум Пресс, Нью-Йорк, 1982, шт. Нью-Йорк

После реакции с поверхностью оксида металла присоединяющий силан агент уже не обладает способностью образовывать водородные связи. Таким образом, образование тиксотропной сетки с гидрофобным оксидом металла происходит за счет способности образующего водородные связи тиксотропного средства образовывать водородные связи с гидроксильными группами, оставшимися на поверхности оксида металла после модификации. Гидрофобные коллоидные металлоксидные добавки с модифицированной поверхностью, в целом, являются предпочтительными для изобретения коллоидными добавками, что связано с их способностью оставаться безводными и не требующими дополнительной обработки высушиванием с удалением адсорбированной влаги.

Характерные примеры гидрофобных коллоидные порошков оксида металла, приемлемых для применения в изобретении и состоящих из плавленного диоксида кремния, обработанного диметилдихлорсиланом, триметоксиоктилсиланом или гексаметилдисилазаном, включают промышленные продукты (фирменные названия АЭРОСИЛ R972, R974, EPR976, R805 и R812 и КЭБОСИЛ TS-530 и TS-610 фирмами Дегусса, Корпорейшн и Кабэт Корпорейшн соответственно.

В качестве коллоидных добавок изобретения могут также применяться неолигомерные высокомолекулярные силиконовые полимеры, органические полимеры и органосиликоновые полимеры, состоящие из ранее описанных органических и силиконовых мономерных звеньев. Высокомолекулярные силиконовые, органические и органосилоксановые полимеры отличаются от вышеописанных олигомеров гораздо большей молекулярной массой, превышающей 10000 АЕМ.

Высокомолекулярные полимеры при их использовании в качестве коллоидных добавок обычно имеют вид порошка, смолы или камеди.

Данные коллоидные добавки, за исключением гидрофобных порошков оксидов металлов, перед употреблением обычно обезвоживают с удалением известными методами, например: нагреванием в конвенционной печи или в вакууме адсорбированной на поверхности коллоидной добавки влаги. Считывается, что такие коллоидные добавки, а также компонент в виде частиц с магнитной активностью, подробно охарактеризованный ниже, "обезвожены", если они содержат менее 2% по массе адсорбированной влаги.

Коллоидную добавку изобретения обычно применяют в количестве 0,1 - 10, предпочтительно 0,5 - 5 об.% на весь магнитореологический материал.

Тиксотропная сетка в вышеприведенном определении может быть также создана применением модифицированного полимера оксида металла, который может быть использован отдельно или в сочетании с образующим водородную связь тиксотропным средством, охарактеризованным выше. Источником модифицированных полимеров оксидов металлов служат порошки оксидов металлов, содержащие поверхностные функциональные гидроксильные группы. Такие порошки оксидов металлов могут быть теми же, что охарактеризованные выше с коллоидными добавками, и включают: осажденный диоксид кремния, плавленый или пирогенный диоксида кремния, силикагель, диоксид титана и их смеси. Оксидами металлов для получения модифицированных полимеров оксидов металлов могут также служить и оксиды железа: ферриты и магнетиты.

Для получения указанных модифицированных полимером оксидов металла порошок оксида металла вводят в реакцию с полимерным соединением, совместимым с жидким носителем и способным существенно экранировать все образующие водородные связи участка или группы на поверхности оксида металла от какого-либо взаимодействия с другими молекулами. Очень важно, чтобы само полимерное соединение не имело каких-либо свободных образующих водородную связь групп. Примеры полимерных соединений, применимых для получения указанных модифицированных полимером оксидов металлов, включают: силоксановые олигомеры, минеральные масла и парафиновые масла, из которых рекомендуются силоксановые олигомеры. Силоксановые олигомеры, пригодные для получения модифицированных полимеров оксидов металлов, могут быть представлены формулой, обусловленной выше в связи с силоксановыми олигомерами, применяемыми в качестве образующих водородную связь тиксотропных средств. Чтобы исключить присутствие каких-либо свободных образующих водородную связь групп, необходимо любые содержащие электроотрицательный заместитель группы силоксанового олигомера ковалентно связать с поверхностью оксида металла. Поверхность порошка оксида металла может быть обработана полимерным соединением по методикам, хорошо известным специалистам в области поверхностной химии. Модифицированный полимером окиси металла в виде плавленого диоксида кремния, обработанного силоксановым олигомером (фирменные названия АЭРОСИЛ R-202 и КЭБОСИЛ TS-720 фирма Дегусса Корпорейшн и Кэбот Корпорейшн соответственно).

Полагают, что модифицированные полимером оксиды металлов образуют тиксотропную сетку путем физического или механического переплетения полимерных цепей, связанных с поверхностью оксида металла. Таким образом, данная система не функционирует за счет образования водородных связей, как описано ранее для коллоидных добавок и образующих водородную связь тиксотропных средств. Полагают, что именно механизм механического переплетения ответственен за уникальную способность модифицированного полимером оксида металла образовывать тиксотропные сетки при повышенных температурах.

Модифицированный полимером оксид металла применяют обычно в количестве 0,1 - 10, предпочтительно 0,5 - 5 об.% на весь

RU 2111572 C1

RU 2111572 C1

тиксотропный материал.

Диаметр как коллоидных добавок, так и модифицированных полимеров оксидов металлов, применяемых в изобретении, может находится в интервале 0,001 - 3 мкм, предпочтительно 0,001 - 1,5 мкм и особенно предпочтительно 0,001 - 0,5 мкм.

Жидкими носителями, приемлемыми для использования в изобретении, могут служить любые жидкие наполнители или носители, ранее раскрытые как применимые в магнитореологических материалах, например: минеральные масла, силиконовые масла и парафиновые масла, описанные в вышеупомянутых патентах. Дополнительные жидкие носители, приемлемые для изобретения, включают: силиконовые сополимеры, светлые масла, гидравлические масла, хлорированные углеводороды, трансформаторные масла, галогенированные ароматические жидкости, галогенированные парафины, диэфиры, полиоксиаксилены, перфторированные поли(простые эфиры), фторированные углеводороды, фторированные силиконы, пространственно затрудненные сложноэфирные соединения и их смеси. Тем, кто знаком с подобными соединениями, известно, что трансформаторные масла относятся к жидкостям, сочетающим свойства электро- и термоизолятора. Природные трансформаторные масла включают очищенные минеральные масла, отличающиеся низкой вязкостью и высокой химической стабильностью. Синтетические трансформаторные масла, как правило, представляют собой хлорирование ароматические углеводороды (хлорированные бифенилы и трихлобензол), известные под общим названием "аскарели", силиконовые масла и сложноэфирные жидкости, например, дибутилсебацинат.

Дополнительные жидкие носители, приемлемые для применения в изобретении, включают: силиконовые сополимеры, пространственно затрудненные сложноэфирные соединения и цианоалкилсилоксановые гомополимеры заявка на патент США N 07/942,549, поданная 9 сентября 1992 г., Высокопрочные, низкопроводные электрореологические материалы. В качестве жидкого носителя изобретения может также применяться модифицированный жидкий носитель, имененный интенсивной очисткой или образованием однородного раствора с низкопроводным жидким носителем, в результате чего модифицированный жидкий носитель имеет проводимость ниже $1 \cdot 10^7$ см/м. Подробное описание модифицированных жидких носителей можно найти в заявке на патент США Модифицированные электрореологические материалы с минимальной электропроводностью, поданной 16 октября 1992 г. B. C. Mumos, S.R. Wasserman, J.D.Carlson и K.D.Weiss, с тем же правоприемником, что и данной заявки.

Для применения в магнитореологическом материале изобретения приемлемы также поликсилоксаны и перфторированные поли(простые эфиры) с вязкостью при 25 °C в интервале 3-200 сП. Подробное описание таких низковязких полисилоксанов и пефторированных полипростых эфиров дается в заявке на патент США. Низковязкие магнитореологические материалы поданной одновременно с данной заявкой заявителя K.D.Weiss, J.D.Carlson и J.G.Duclos и также с тем же правоприемником, что и для данной заявки. Рекомендуемые жидкие носители изобретения включают: минеральные масла, парафиновые масла, силиконовые масла, силиконовые сополимеры и перфторированные поли(простые эфиры), из которых особенно предпочтительны силиконовые масла и минеральные масла.

Жидкий носитель магнитореологического материала изобретения должен иметь вязкость при 25 °C в интервале 2-10000 сП, предпочтительно 3-200 сП и особенно предпочтительно 5-100 сП. Жидкий носитель изобретения применяют обычно в количестве 40-95, предпочтительно 55-85 об.% на весь магнитореологический материал.

Компонентом в виде частиц магнитореологического материала изобретения может служить по существу любое твердое вещество, для которого известно проявление магнитореологической активности. Типичные компоненты в виде частиц, применимые в изобретении, состоят, например, из парамагнитных, сверхпарамагнитных и ферромагнитных соединений. Характерные примеры компонентов в виде частиц, применимых в изобретении, включают частицы, состоящие из таких веществ, как железо, оксид железа, нитрид железа, карбид железа, карбонильное железо, диоксид хрома, низкоуглеродная сталь, кремнистая сталь, никель, кобальт и их смеси. Понятие оксида железа включает все известные чистые оксиды железа, такие как Fe_2O_3 и Fe_3O_4, а также те же оксиды, содержащие небольшие количества других элементов, например, марганца, цинка и бария. Характерные примеры оксида железа включают ферриты и магнетиты. Кроме того, компонент в виде частиц может состоять из любого известного сплава железа, например, сплава, содержащего алюминий, кремний, кобальт, никель, ванадий, молибден, хром, вольфрам, марганец и/или медь. Компонент в виде частиц может также состоять из характерных железокобальтовых и железоникелевых сплавов, заявка на патент США (Магнитореологические материалы на основе частиц сплавов, поданная одновременно с данной заявкой J.D.Carlson и K.D.Weiss, с тем же правоприемником, что и для данной заявки).

Компонент в виде частиц обычно имеет вид металлического порошка, который может быть приготовлен способами, хорошо известными специалистам. Типичные способы получения металлического порошка включают: восстановление оксидов металлов, размол или истирание, электролитическое осаждение, разложение карбонила металла, быстрое отверждение и процессы плавления. Разнообразные металлические порошки, выпускаемые промышленностью, включают: порошки простого железа, порошки восстановленного железа, порошки изоляционного восстановленного железа, порошки изоляционного восстановленного железа м порошки кобальта. Диаметр частиц, применяемых для этой цели, может находится в интервале 0,1 - 500 мкм, предпочтительно в интервале 1 - 50 мкм.

RU 2111572 C1

RU 2111572 C1

Рекомендуемые для изобретения частицы представлены порошками простого железа, порошками восстановленного железа, смесями порошка оксида железа с порошком восстановленного железа и смеси порошка оксида железа с порошком простого железа. Смеси порошка оксида железа с порошком железа обладают тем преимуществом, что порошок оксида железа при смешивании с порошком железа, как полагают, удаляет с поверхности порошка железа любые продукты коррозии с усилением тем самым магнитореологической активности всего материала. Смеси порошка оксида железа с порошком железа (заявка на патент США Применение в магнитореологических материалах частиц с модифицированной поверхностью, поданная одновременно с данной заявкой K.D.Weiss, J.D.Carlson и D.A.Nixon).

Содержание компонента в виде частиц обычно составляет 5 - 50, предпочтительно 15 - 40 об.% на весь магнитореологический материал в зависимости от целевых магнитной активности и вязкости всего материала.

В изобретении возможно также применение поверхностно-активного вещества, диспергирующего компонент в виде частиц. Подобные поверхностно-активные вещества включают известные поверхностно-активные вещества или диспергаторы, например: олеат и нафтенат железа (II), сульфонаты, эфиры фосфорной кислоты, стеариновую кислоту, моноолеат глицерина, секвиолеат сорбита, стеараты, лаураты, жирные кислоты, жирные спирты и другие поверхностно-активные вещества патент США N 3,047,507. Кроме того, возможные поверхностно-активные вещества могут представлять собой стерические стабилизированные молекулы, в том числе фторалифатические полимерные сложные эфиры, FC-430 (3M Корпорейшн), а также титанатные, алюминатные или цирконатные связующие вещества, например КЕН-РИАКТ (Кенрич Петрокемикл Инк.) связующие вещества.

В качестве поверхностно-активных веществ, в случае их применения, рекомендуются эфиры фосфорной кислоты, фторалифатические полимерные сложные эфиры или связующие вещества. Возможно присутствующее поверхностно-активное вещество может применяться в количестве 0,1 - 20 мас.% относительно массы компонента в виде частиц.

С целью свести к минимуму присутствие воды магнитореологический материал рекомендуют получать сушкой компонента в виде частиц и/или тиксотропных добавок в конвенционной печи при 110 - 150°С в течение 3 - 24 ч. Такая процедура сушки необязательна для тех компонентов в виде частиц или тиксотропных добавок, в которых содержание адсорбированной влаги ниже 2 мас.%. В такой процедуре сушки также нет необходимости для изначально гидрофобных коллоидных добавок с обработанной поверхностью или для модифицированных полимером оксидов металлов, охарактеризованных выше. Количество адсорбированной влаги, содержащейся в данном порошке, определяют взвешиванием порошка до и после сушки.

Магнитореологические материалы изобретения могут быть получены первоначальным смешиванием компонентов вручную (низкие сдвиговые усилия) шпателем или аналогичным инструментом, после чего следует более тщательное смешивание (высокие сдвиговые усилия) в гомогенизаторе, механическом смесителе или встряхивателе или измельчение в приемлемом размалывающем устройстве, например, шаровой мельнице, песочной мельнице, атриторе, коллоидальной мельнице, краскотерке и т.п. с целью создания более стабильной суспензии.

Определение механических свойств и характеристик магнитореологических материалов изобретения, а также других магнитореологических материалов может быть осуществлено применением реометрических методов с применением параллельных пластин и/или концентрической цилиндрической кюветы. Теоретические предпосылки, на которых основаны эти методы, разъясняются у S. Ока в "Реология, теория и применение" (т. 3, ред. F.R.Eirich, Академик Пресс, Нью-Йорк, 1960). Информация, которая может быть получена с помощью реометра, включает данные, относящиеся к механическому сдвиговому напряжению как функции степени деформации сдвига. Для магнитореологических материалов для определения их динамического предела текучести и вязкости данные по сдвиговому напряжению относительно степени деформации сдвига могут быть смоделированы по пластиковому материалу Вингхэма. В пределах такой модели вязкость магнитореологического материала соответствует наклону кривой линейной регрессии, построенной по полученным данным.

В ячейке с концентрической цилиндрической конфигурацией магнитореологический материал помещают в кольцевой промежуток между внутренним цилиндром радиуса R_1 и внешним цилиндром радиуса R_2, в то время как в случае использования конфигурации с простыми параллельными пластинами материал помещают в промежуток между верхней и нижней пластинами, каждая из которых имеет радиус R_3. В этих методиках одну из пластин или один из цилиндров вращают с угловой скоростью ω. В то время как другую пластину или другой цилиндр оставляют неподвижным. В ячейках указанной конфигурации вдоль заполненного жидкостью промежутка может быть создано магнитное поле в направлении любо радиальной для концентрической цилиндрической конфигурации, любо аксиально для конфигурации с параллельными пластинами. Связь между сдвиговым напряжением и степенью деформации сдвига определяют с учетом угловой скорости и крутящего момента (Т), прилагаемого для поддержания скорости или противодействия ей.

Определение осаждения частиц в готовых магнитореологических материалах может быть проведено применением стандартных методов испытания, известных специалистам в области изготовления красок. Стандарт ASTMD869-85 под заглавием "Определение степени осаждения краски" дает оценочную

RU 2111572 C1

RU 2111572 C1

цифровую шкалу в качественном выражении для описания типа пигмента или суспензии частиц в состаренном при хранении образце. В числовой оценочной шкале согласно определению 0 применяется в качестве самой низкой оценки (чрезвычайно тяжелый осадок) и 10 применяется для наивысшей достижимой оценки (безупречная суспензия). Та же самая числовая шкала может быть также использована для оценки пигмента в виде частиц после попытки вновь смешать (перемешивание вручную шпателем) состаренный при хранении образец до однородного состояния, пригодного для целевого применения. Стандарт ASTMD1309-88 под заглавием "Образование осадка в автодорожных красках при хранении" раскрывает двухнедельную методику с температурным циклом (от -21°C до 71°C) с ускорением процесса осаждения пигмента или частиц. В данном испытании выявляют количество осадившихся частиц, произошедшее в течение года. В рамках такого ускоренного испытания суспензию пигмента или частиц оценивают согласно критериям, определенным ранее в ASTMD869-85. Помимо этих признанных стандартов ASTM дополнительная информация, касающаяся количества осадившихся в течение времени частиц, может быть получена определением количества слоя прозрачного компонента носителя, образовавшегося над осадком частиц. Поскольку в большинстве устройств, в которых применяются магнитореологические материалы, существуют различные условия протекания материала, легкость восстановления состаренного образца суспензии частиц при небольших сдвиговых усилиях (несколько минут во встряхивателе для красок) дает дополнительную информацию относительно пригодности материала для различных целей.

Примеры 1 - 4. Магнитореологические материалы получают смешиванием друг с другом в общей сложности 1257,6 г порошка простого карбонильного железа (МИКРОПАУДЕР-S-1640, аналогичен порошку железа со старым обозначением EI, ГАФ Кемикл Корпорейшн), тиксотропной добавки, возможной коллоидной добавки, возможного поверхностно-активного вещества и полидиметалсилоксанового масла 1 - 45 (Юнион Карбайд Кемиклз энд Пластикс Компани Инк.) с вязкостью 10 сП. В примере 3 кроме порошка карбонильного железа применяют 75 г порошка Mn/Zn феррита (N 73302-0 Д.М. Стивард Мэнифакчуринг Компени). Вязкость масла-носителя, определенная при 25 °C в реометре с концентрической цилиндрической кюветой, равна примерно 16 сП. Жидкость превращают в гомогенную смесь совместным применением технологии измельчения с небольшими и большими сдвиговыми усилиями. Вначале компоненты перемешивают шпателем, после чего более тщательно диспергируют в высокоскоростном диспергаторе, снабженном вращающейся 16-зубчатой головкой. До момента применения магнитореологические материалы хранят в пластиковых контейнерах. Тип добавок и количество применяемого в примерах 1 - 4 силиконового масла суммированы в табл. 1. Все добавки и частицы с магнитной активностью, использованные в примерах 1 - 4 содержат менее 2 мас.% адсорбированной влаги.

Для удаления адсорбированной воды гидрофильный осажденный силикагель сушат 24 ч при 130°C в конвекционной печи. Все магнитореологические материалы при испытании в реометре с параллельными пластинами показали в магнитном поле с напряженностью в 3000 Эрстед динамический предел текучести в более чем 50 кПа.

Определяют степень и характер осаждения частиц, происходящего в магнитореологических материалах примеров 1 - 4. Каждый магнитореологический материал в общем объеме 30 мл помещают в стеклянный сосуд для образцов с известными размерами. Образцы магнитореологического материала оставляют спокойно стоять минимум 30 дней. Через указанный промежуток времени осаждение частиц оценивают измерением объема прозрачного масла, образовавшегося над осадком частиц. Результаты проведенных испытаний суммированы в табл.2.

Оставшееся количество каждого магнитореологического материала помещают в металлическую банку объемом в 1 пинту (0,586 л) и подвергают двухнедельной процедуре с температурным циклом, описанной в ASTMD 1309-88. Количество осажденных частиц, происходящее в ходе такого ускоренного испытания, эквивалентно количеству, ожидаемому для магнитореологического материала, выдерживаемого в нормальных условиях в течение года. К концу указанного периода степень осаждения частиц и легкость повторного смешивания (вручную шпателем) образовавшегося осадка определяют использованием цифровой оценки, приведенной в ASTMD 869-65. Каждой приведенной ниже оценке соответствует отдельное состояние материала:

Оценка 10 - Безупречная суспензия. Никаких изменений в исходном состоянии материала.

Оценка 8 - Определенное ощущение осаждения и легкий осадок, остающийся на шпателе. Отсутствие заметного сопровтиления боковому движению шпателя.

Оценка 6 - Заметный пирог осажденного пигмента. Шпатель падает через пирог на дно банки под собственым весом. Заметное сопротивление боковому движению шаптеля. Уплотнившиеся части пирога могут быть извлечены со шпателем.

Оценка 4 - Шпатель не падает на дно банки под собственным весом. Затрудненное движение шпателя через пирог в боковом направлении и слабое сопротивление движению в направлении по грани шпателя. Материал может быть легко перемешан до гомогенного состояния.

Оценка 2 - При погружении шпателя с усилием в осажденный слой большое сопротивление движению шпателя в боковом направлении. Материал может быть вновь перемешан до гомогенного состояния.

Оценка 0 - Очень твердый пирог, который при перемешивании вручную не удается перевести в жидкость с образованием однородного материала.

Кроме того, определяют объем прозрачного масла, образовавшегося над

RU 2111572 C1

RU 2111572 C1

осадком частиц. Поскольку в большинстве устройств, в которых применяются такие магнитореологические материалы, создаются различные условия протекания материала, дополнительная информация, касающаяся легкости повторного смешивания состаренного осадка частиц, может быть получена выдерживанием образцов в 1 пинту (0,586 л) в течение 3 мин во встряхивателе для красок с небольшими сдвиговыми усилиями. Диспергированный осадок затем вновь оценивают по оценочной шкале (ASTMD 869-85), приведенной выше. Данные, суммирующие результаты, полученные в таком ускоренном испытании, вместе с данными, полученными в вышеописанном 30 дневном статическом испытании, приведены в табл. 2.

Сравнительный пример 5

Сравнительный магнитореологический материал получают по методике, приведенной в примерах 1 - 4, но применением только 17,25 г "высушенного" гидрофильного осажденного силикагеля (ХАЙ-СИЛ 233, ППГ Индастриз) и 315,88 г силиконового масла (L-45, 10 сантисток, Юнион Карбайд Кемикл энд Пластикс Компени Инк.) вязкостью 16 сП (25 °С). Добавка силикагеля данного типа представляет диспергатор, рекомендуемый для применения в магнитореологическом материале по патенту США N 4, 992, 190. При определении в реометре с параллельными пластинами магнитореологический материал показывает в магнитном поле напряженностью 3000 эрстед динамический предел текучести примерно 50 кПа. Осаждение частиц, степень суспендирования и легкость повторного смешивания определяют по методикам примеров 1 - 4. Полученные данные приведены в нижеследующей табл. 3.

Как видно из вышеприведенных примеров, тиксотропные добавки изобретения способны заметно ингибировать осаждение частиц в магнитореологических материалах. В самом деле, магнитореологические материалы изобретения неожиданно характеризуются минимальным осаждением частиц по сравнению с магнитореологическими материалами, основанными на традиционных диспергаторах.

Формула изобретения:

1. Магнитореологический материал, содержащий жидкий носитель, компонент в виде частиц и по меньшей мере одну тиксотропную добавку, отличающийся тем, что тиксотропная добавка выбрана из группы, включающей связывающее водород тиксотропное средство и модифицированный полимером оксид металла.

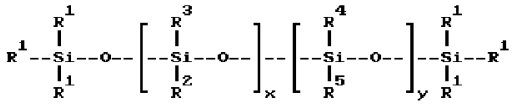
2. Материал по п.1, отличающийся тем, что тиксотропная добавка является связывающим водород тиксотропным средством, включающим олигомерное соединение, содержащее по меньшей мере один электроотрицательный атом, способный образовывать с другой молекулой водородную связь.

3. Материал по п.2, отличающийся тем, что олигомерное соединение выбрано из группы, включающей силиконовые, органические и органосиликоновые олигомеры.

4. Материал по п.3, отличающийся тем, что олигомерное соединение является силиконовым олигомером, выбранным из группы, включающей силаны, силоксаны, силазаны, силитианы, силалкилены и силарилены.

5. Материал по п.4, отличающийся тем, что силиконовый олигомер является гомо- или сополимерным.

6. Материал по п.4, отличающийся тем, что силиконовый олигомер является силоксановым олигомером общей формулы



где R^1 - R^5 независимо - углеводородный радикал с прямой цепью, разветвленный, циклический или ароматический углеводородный радикал, который галогенирован или негалогенирован и содержит 1 - 18 атомов углерода, сложноэфирная группа, простая эфирная группа или кетогруппа, при условии, что хотя бы один из R^1 - R^5 содержит электроотрицательный заместитель, ковалентно связанный с атомом углерода, кремния, фосфора или серы и присутствующий в виде -O-, =O, -N=, -F, -CL, $-NO_2$, $-OCH_3$, $-C \equiv N$, -OH, $-NH_2$, -NH-, -COOH, $-N(CH_3)_2$ или -NO;

x и y = 0 - 150, при условии, что x+y = 3 - 300.

7. Материал по п. 6, отличающийся тем, что углеводородный радикал содержит 1 - 6 атомов углерода, хотя бы один из R^1 - R^5 представлен радикалом $(CH_2)_wE$, где E выбирают из группы, включающей CN, $CONH_2$, Cl, F, CF_3 и NH_2; w = 2 - 8 и x+y = 10 - 150.

8. Материал по п.4, отличающийся тем, что силиконовый олигомер является силоксановым олигомером, содержащим электроотрицательный заместитель в концевой части олигомерного соединения и выбранным из группы, включающей полидиметилсилоксаны (ПДМС) с концевыми диметилацетоксигруппами, ПДМС с концевыми метилдиацетоксигруппами, ПДМС с концевыми диметилэтоксигруппами, ПДМС с концевыми аминопропилдиметильными группами, ПДМС с концевыми карбонильными группами, ПДМС с концевой карбинольной группой, ПДМС с концевыми диметилхлоргруппами, ПДМС с концевыми диметиламиногруппами, ПДМС с концевыми диметилэтоксигруппами, ПДМС с концевыми диметилметоксигруппами, ПДМС с метакрилоксипропильными группами, ПДМС с концевой метилакрилоксипропильной группой, ПДМС с концевыми карбоксипропилдиметильными группами, ПДСМ с концевыми хлорметилдиметильными группами, ПДМС с карбоксипропилдиметильными концевыми группами и полиметил-3,3,3-трифторпропилсилоксаны с концевыми силанолами.

9. Материал по п.8, отличающийся тем, что силоксановый олигомер выбран из группы, включающей ПДМС с концевыми аминопропилдиметильными группами, ПДМС с концевыми карбонольными группами и ПДМС с концевыми

RU 2111572 C1

RU 2111572 C1

метакрилоксипропильными группами.

10. Материал по п.4, отличающийся тем, что силиконовый олигомер является силоксановым олигомером, содержащим электроотрицательный заместитель в боковой цепи олигомера и выбранным из группы, включающей полицианопропилметоксилоксаны, поли-бис(цианопропил) силоксаны, поли(хлорфенэтил) метилсилоксаны, полиметил-3,3,3- трифторпропилсилоксаны, полиметил-3,3,3- трифторпропил/ диметилсилоксаны, поли(аминоэтиламинопропил) метил/диметилсилоксаны, поли(аминопропил)-метил/ диметилсилоксаны, поли(акрилоксипропил)-метил/диметилсилоксаны, поли(метилакрилоксипропил) метил/диметилсилоксаны, поли(хлорметилфенэтил) метил/диметилсилоксаны, поли(цианопропил)метил/ диметилсилоксаны, поли(цианопропил)метил/ метилфенилсилоксаны, полиглицидоксиропилметил/ диметилсилоксаны, полиметилфенил/ диметилсилоксаны, поли(тетрахлорфенил)/ диметилсилоксаны, полидифенил/ диметилсилоксаны, поли(цианоэтил)метил/ диметилсилоксаны и полиэтиленоксид/ диметилсилоксаны.

11. Материал по п.10, отличающийся тем, что силоксановый олигомер выбран из группы, включающей полиметил-3,3,3-трифторпропил/ диметилсилоксаны, поли(цианопропил)метил/ диметилсилоксаны, полиметил-3,3,3- трифторпропилсилоксаны и полицианопропилметилсилоксаны.

12. Материал по п.3, отличающийся тем, что олигомерное соединение является органическим олигомером и состоит из мономерных звеньев, выбранных из группы, включающей простые эфиры, сложные эфиры, альдегиды, кетоны, карбоновые кислоты, спирты, амины, амиды, галогеналканы и их смеси.

13. Материал по п.3, отличающийся тем, что органический олигомер выбран из группы, включающей полиацетали, полиацетальдегид, полиацетон, полиакролеин, полиакриламид, полиакрилат, поли(акриловую кислоту), полиакрилонитрил, полиацилгидразон, полиацилсемикарбазид, полиадигамид, полиадиполипиперазин, полиаланин, поли(алкиленкарбамат), поли(аминовую кислоту), полиамид, поли(амидокислоту), поли(амидогидразин), поли(амидоимид), полиамин, поли(аминокислоту), полиаминобисмалеимид, полиангидриды, полиарилат, полиариленсульфон, поли(арилентриазол), поли(ариловый сложный эфир), поли(ариловый простой эфир), полиарил(простой эфир)-сульфон, поли(арилсульфон), полиаспартамид, полиазины, полиазобензолы, полиазометины, полиазофенилен, полибензамид, полибензил, полибензимидазол, полибензимидазолин, полибензимидазолон, полибензимидазохиназолон, полибензимидазохиноксалин, полибензоин, полибензопиразин, полибензотиазол, полибензоксазиндион, полибензоксазион, полибензоксазол, полибисмалеимид, полибимочевина, полибутилакрилат, полибутилен-политерефталат, полибутилметакрилат, поликапролактон, поликарбазан, поликарбазен, поликарбодиимид, поликарбонат, поликарбоксан, полихлораль, полихлорэтен, полихлоропрен, полихлорстирол, полихлортрифторэтилен, полицианотерфталиден, полициклогексилметакрилат, полидиэтиленгликольполиадипат, полидиметилкетоны, полидиметилфенол, полидипептиды, полиэпихлоргидрин, поли(простой эфир) сульфон, полиэтилакрилат, поли(этиленадипат), поли(этиленазелат), поли(этиленгликоль), полиэтиленимин, поли(этиленоксид), поли(этиленоксибензоат), поли(этиленсульфоновая кислота), поли(этилентерефталат), полиэтилметакрилат, полифторакрилат, поли(глютаминовая кислота), полиглицин, поликликолид, поли(гексафторпропилен оксид), поли(гидроксибензойная кислота), полигидроксибутират, полигидроксипролин, полиимидазол, полиимидазолон, полиимиды, поли(простые эфиры), поли(сложные эфиры), поли(изобутилвиниловый эфир), поли(изопропенилметилкетон), полилактид, полилаурилметакрилат, полилизин, полиметакролеин, полиметакриламид, полиметакрилат, поли(метакриловая кислота), полиметакрилонитрил, полиметилакрилат, поли (метил-α-аланин), поли(метил- α-хлоракрилат), поли(метилендифениленоксид), поли(γ-метил-α-L-глютамит), полиметилметакрилат, поли(метилвиниловый эфир), поли(метилвинилкетон), полиоксадиазолы, полиоксамиды, эфиры полиоксиалкиленсорбита с жирными кислотами, сложные эфиры полиоксиалкиленсорбита, полиоксиэтиленовые кислоты, полиоксиэтиленовые спирты, сложные эфиры, полиоксиалкиленглицерина, полиоксиалкиленалкиламины, полиоксиалкиленалкиларилсульфонаты, поли(оксиэтиленгликоль), полиоксиметилен, поли(оксипропиленгликоль), поли(окситетраметиленгликоль), поли(парабановую кислоту), полипептиды поли(фениленовые простые эфиры), полифениленамин, поли(фениленоксид), поли(п-фениленсульфон), поли(п-фенилентерефтальамид), поли(фенилизоцианат), полифенилоксадиазол, полипивалолактон, полипролин, поли(пропиленадипат), поли(пропиленазелат), поли(пропиленоксид), поли(пропиленоксид-β- этиленоксид), поли(пропиленсебацинат), полисарказин, полисерин, полистирилпиридин, полисульфонамид, полисульфонат, полисульфон, политерефтальамид, политетрагидрофуран, политриозин, полимочевины, полиуретаны, поли(винилацетат), поли(винилацеталь), поли(виниловый спирт), поли(винилалкиловые эфиры), поливиниламин, поли(винилхлор ацетат), поли(виниловые простые эфиры), поли(виниловые сложные эфиры), поли(винилформат), поли(винилиденхлорид), поли(винилиденцианид),

RU 2111572 C1

RU 2111572 C1

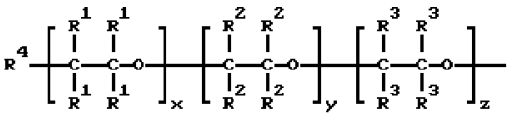
поли(винилиденфторид),
поли(винилизоцианат), поли(винилстеарат) и их смеси.

14. Материал по п.13, отличающийся тем, что органический олигомер выбран из группы, включающей поли(этиленоксид),
поли(гексафторпропиленоксид),
полиметакрилат, поли(пропиленоксид),
поли(винилстеарат), сложные эфиры полиоксиалкиленсорбита с жирными кислотами, сложные эфиры полиоксиалкиленсорбита,
полиоксиэтиленовые кислоты,
полиоксиэтиленовые спирты, сложные эфиры полиоксиалкиленглицерина,
полиоксиалкиленалкиламины,
полиоксиалкиленалкиларилсульфонаты и поли(пропилен-β-этиленоксид).

15. Материал по п.3, отличающийся тем, что органический олигомер представлен низкомолекулярным олефиновым сополимером, образованным в реакции органического мономерного звена с олефиновым мономерным звеном.

16. Материал по п.15, отличающийся тем, что органическое мономерное звено выбрано из группы, включающей простые эфиры, сложные эфиры, альдегиды, кетоны, карбоновые кислоты, спирты, амины, амиды, галогеналканы и их комбинации и олефиновое мономерное звено выбрано из группы, включающей алкены, алкины, арены, ацетилен, алкенамеры, алкиленфенилены, алкиленсульфиды, алломеры, арилены, бутадиен, бутены, карбатианы, этилен, стирол, циклогексадиен, этиленсульфид, этилиден, этинилбензол, изопрен, метилен, метиленфенилен, норборнен, фенилен, сульфид, пропиленсульфид,
фениленсульфид, пропилен, пиперилен и их комбинации.

17. Материал по п.3, отличающийся тем, что органический олигомер является поли(алкиленоксидным) органическим олигомером общей формулы



где R^1 - R^3 независимо - водород, фтор или любой углеводородный радикал с прямой цепью, который галогенирован или негалогенирован и содержит 1 - 18 атомов углерода;

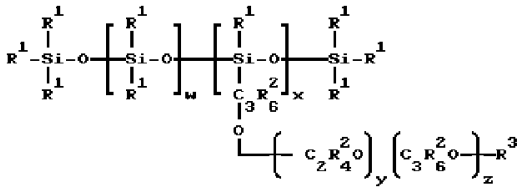
R^4 - либо водород, либо OH-группа;

x, y и z = 0 - 70, число мономерных звеньев скелета, при условии, что x + y + z = 3 - 210.

18. Материал по п.17, отличающийся тем, что углеводородный радикал содержит 1 - 6 атомов углерода.

19. Материал по п. 3, отличающийся тем, что олигомерное соединение представлено органосиликоновым олигомером, состоящим из органических и силиконовых звеньев в блок- или привитой структуре.

20. Материал по п.19, отличающийся тем, что органосиликоновый олигомер представлен привитым органосиликоновым олигомером общей формулы



где R^1 независимо - углеводородный радикал с прямой цепью, разветвленный, циклический или ароматический углеводородный радикал, который галогенирован или негалогенирован и содержит 1 - 18 атомов углерода, сложноэфирная группа, простая эфирная группа или кетогруппа;

R^2 независимо - водород, фтор или углеводородный радикал с прямой цепью, который галогенирован или негалогенирован и содержит 1 - 18 атомов углерода;

R^3 - алкильный радикал, содержащий 1 - 5 атомов углерода, или водород; w = 0 - 130 и x = 1 - 40 число мономерных звеньев в силиконовом скелете при условии, что w + x = 3 - 150 и y = 0 - 220, и z = 0 - 165 соответственно, при условии, что y + z = 3 - 225.

21. Материал по п.20, отличающийся тем, что R^1 - группа метила, R^2 - водород и R^3 - водород или группа метила.

22. Материал по п.19, отличающийся тем, что органосиликоновый олигомер является привитым органосиликоновым олигомером, выбранным из группы, включающей сополимеры алкиленоксиддиметилсилоксан, например сополимеры этиленоксиддиметилсилоксан и сополимеры пропиленоксиддиметилсилоксан, сополимеры силикон-гликоль и их смеси.

23. Материал по п.22, отличающийся тем, что органосиликоновый олигомер является сополимером алкиленоксиддиметилсилоксан.

24. Материал по п.2, отличающийся тем, что дополнительно содержит коллоидную добавку.

25. Материал по п.24, отличающийся тем, что коллоидная добавка является порошком оксида металла, содержащим поверхностные гидрофильные функциональные группы.

26. Материал по п. 25, отличающийся тем, что порошковый оксид металла выбран из группы, включающей осажденный диоксид кремния, плавленный или пирогенный диоксид кремния, силикагель, диоксид титана и их смеси.

27. Материал по п.25, отличающийся тем, что поверхности оксида металла придана гидрофобность путем частичной реакции поверхностных гидроксильных групп с разнообразными органофункциональными мономерными силанами или присоединяющими силан агентами, например гидрокси, ацилокси-, эпокси-, оксиме-, алкокси-, хлор- и аминосиланами.

28. Материал по п.27, отличающийся тем, что коллоидная добавка является плавленным диоксидом кремния, обработанным диметилдихлор-, триметоксиоктил- или гексаметилдисилазаном.

29. Материал по п.24, отличающийся тем, что коллоидная добавка является высокомолекулярным силиконовым, органическим или органосиликоновым полимером.

RU 2111572 C1

RU 2111572 C1

30. Материал по п.29, отличающийся тем, что коллоидная добавка имеет вид порошка, смолы или камеди.

31. Материал по п.1, отличающийся тем, что тиксотропная добавка является модифицированным полимером оксидом металла, полученным обработкой порошка оксида металла полимерным соединением.

32. Материал по п. 31, отличающийся тем, что оксид металла выбран из группы, включающей осажденный диоксид кремния, плавленный или пирогенный диоксид кремния, силикагель, диоксид титана, оксиды железа и их смеси.

33. Материал по п.31, отличающийся тем, что полимерное соединение выбирают из группы, включающей силоксановые олигомеры, минеральные и парафиновые масла.

34. Материал по п.31, отличающийся тем, что модифицированный полимером оксид металла является плавленным диоксидом кремния, обработанным силоксановым олигомером.

35. Материал по п. 1, отличающийся тем, что жидкий носитель выбран из группы, включающей минеральные и силиконовые масла, силиконовые сополимеры, белые, парафиновые и гидравлические масла, хлорированные углеводородные трансформаторные масла, галогенированные ароматические жидкости, галогенированные парафины, диэфиры, полиоксиалкилены, перфторированные поли(простые эфиры), фторированные углеводороды и силиконы, пространственно затрудненные сложноэфирные соединения цианоалкилоилоксановые гомополимеры и модифицированные жидкие носители, измененные интенсивной очисткой или образованием смешанного раствора с низкопроводным жидким носителем с тем, чтобы модифицированный жидкий носитель имел электропроводность менее $1 \cdot 10^{-7}$ см/м.

36. Материал по п.35, отличающийся тем, что жидкий носитель выбран из группы, включающей минеральные, парафиновые и силиконовые масла, силиконовые сополимеры и перфторированные поли(простые эфиры).

37. Материал по п.1, отличающийся тем, что компонент в виде частиц является парамагнитным, суперпарамагнитным или ферромагнитным соединением.

38. Материал по п.37, отличающийся тем, что компонент в виде частиц является материалом, выбранным из группы, включающей железо, сплавы железа, оксид железа, нитрид железа, карбид железа, карбонильное железо, диоксид хрома, низкоуглеродистую сталь, кремнистую сталь, никель, кобальт и их смеси.

39. Материал по п.1, отличающийся тем, что компонент в виде частиц выбран из группы, включающей порошки простого железа, порошки восстановительного железа, смеси порошка оксида железа с порошком восстановленного железа.

40. Материал по п.1, отличающийся тем, что дополнительно содержит поверхностно-активное вещество.

41. Материал по п.40, отличающийся тем, что поверхностно-активное вещество выбрано из группы, включающей олеат и нафтенат железа (II), сульфонаты, эфиры фосфорной кислоты, стеариновую кислоту, моноолеат глицерина, сесквиолеат сорбита, стеараты, лаураты, жирные кислоты, жирные спирты, фторалифатические полимерные сложные эфиры и титанатные, алюминатные или цирконатные связующие вещества.

42. Материал по п.41, отличающийся тем, что поверхностно-активное вещество является эфиром фосфорной кислоты, фторалифатическим полимерным сложным эфиром или связующим веществом.

43. Материал по п.1, отличающийся тем, что жидкий носитель присутствует в количестве 40 - 95 об.%, компонент в виде частиц - в количестве 5 - 50 об. % и тиксотропная добавка в количестве 0,1 - 10,0 об.% на весь магнитореологический материал.

44. Материал по п.43, отличающийся тем, что жидкий носитель присутствует в количестве 60 - 85 об.%, компонент в виде частиц - в количестве 15 - 40 об. % и тиксотропная добавка - в количестве 0,5 - 5,0 об.% на весь магнитореологический материал.

45. Материал по п.6, отличающийся тем, что силоксановый олигомер содержит по меньшей мере два электроотрицательных заместителя.

RU 2111572 C1

RU 2111572 C1

Таблица 1

Пример	Тип и количество добавок, г	Масса силиконового масла, г
1	17,25 г гидрофобного плавленного диоксида кремния с поверхностью, обработанной силоксановым олигомером (КЭБОСИЛ TS-720, Кэбот Корпорейшн), в качестве модифицированного полимером оксида металла, 25,15 г полиоксиалкилированного алкиларилового эфира фосфорной кислоты (ЭМФОС CS-141, Витко Корпорейшн) в качестве поверхностно-активного вещества	294,73
2	25,15 г органомодифицированного полидиметилсилоксанового сополимера (СИЛВЕТ L-7500, Юнион Карбайд Кемикалз энд Пластикс) в качестве образующего водородную связь тиксотропного средства, 17,25 г гидрофобного плавленного диоксида кремния с поверхностью обработанной хлордиметилсиланом (КЭБОСИЛ TS-610, Кэбот Корпорейшн) в качестве коллоидной добавки.	291,49
3	25,15 г органомодифицированного полидиметилсилоксанового сополимера (СИЛВЕТ L-7500, Юнион Карбайд Кемикалз энд Пластикс Компони Инк.) в качестве образующего водородную связь тиксотропного средства	282,91
4	25,15 г органомодифицированного полидиметилсилоксанового сополимера (СИЛВЕТ L-7500, Юнион Карбайд Кемикалз энд Пластикс Компони Инк.) в качестве образующего водородную связь тиксотропного средства 17,25 г "высушенного" гидрофильного осажденного силикагеля (ХАЙЛ-СИЛ, ППГ Индастриз) в качестве коллоидной добавки.	291,49

Таблица 2

Пример	% прозрачного слоя к общему объему жидкости через 30 дней	% прозрачного слоя к общему объему жидкости через один год*	Степень суспендирования пигмента (ASTM D869)*	Легкость повторного смешивания пигмента (ASTM D869)*	Легкость повторного смешивания во встряхивателе (ASTM D869)*
1	9,98	33,33	4	6	10
2	2,53	29,57	6	7	10
3	2,36	45,17	5	6	10
4	6,17	19,36	2	3	4

* Ускорен до одного года согласно ASTM D 1309-88

Таблица 3

Пример	% прозрачного слоя к общему объему жидкости через 30 дней	% прозрачного слоя к общему объему жидкости через один год*	Степень суспендирования пигмента (ASTM D869)*	Легкость повторного смешивания пигмента (ASTM D869)*	Легкость повторного смешивания во встряхивателе (ASTM D869)*
5	23,4	78,37	0	0	1

* Ускорен до одного года согласно ASTM D 1309-88

RU 2111572 C1

RU 2111572 C1