



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

C08L 9/00 (2006.01); C08L 23/06 (2006.01); C08K 3/04 (2006.01); B04C 5/085 (2006.01); B04C 5/107 (2006.01)

(21)(22) Заявка: 2016147287, 01.12.2016

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
01.12.2016

Дата регистрации:  
21.02.2018

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 01.12.2016

(45) Опубликовано: 21.02.2018 Бюл. № 6

Адрес для переписки:

660036, г. Красноярск, Академгородок, 50, стр.  
24, ИХХТ СО РАН, патентоведу Замятиной  
В.В.

(72) Автор(ы):

Попова Олимпиада Евгеньевна (RU),  
Гаврилов Юрий Юрьевич (RU),  
Парков Дмитрий Владимирович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное  
научное учреждение "Федеральный  
исследовательский центр "Красноярский  
научный центр Сибирского отделения  
Российской академии наук" (ФИЦ КНЦ СО  
РАН, КНЦ СО РАН) (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете  
о поиске: RU 2218213 C1, 10.12.2003. RU  
2002113982 A, 20.02.2004. SU 969318 A1,  
30.10.1982. JP 62038255 A, 19.02.1987. EP  
266669 B1, 01.08.1990. RU 2173583 C1,  
20.09.2001. RU 2218994 C1, 20.12.2003. RU  
2505562 C1, 27.01.2014.

## (54) РЕЗИНОПОЛИМЕРНЫЙ МАТЕРИАЛ ДЛЯ ВНУТРЕННЕЙ ФУТЕРОВКИ ГИДРОЦИКЛОНОВ

(57) Реферат:

Изобретение относится к изготовлению футеровок внутренней части гидроциклонов - песковых насадок, работающих в водной среде и среде слабых растворов кислот и щелочей для обеспечения защиты от абразивного износа. Композиционный материал включает комбинацию стереорегулярного цис-1,4-полиизопрена с содержанием звеньев цис-1,4 не менее 96% - СКИ-3 и стереорегулярного полибутадиена с содержанием звеньев цис-1,4 87-95 % - СКД-1, сверхвысокомолекулярный

полиэтилен, модифицированный 6,5 мас.% модификатора - карбида кремния с размером фракции не более 40-60 мкм, серу, 2МБТ, гуанид Ф, стеарин, белила цинковые, техуглерод П-330 и П-803, воск ЗВ-1, парафин, инден-кумароновую смолу, рубракс, масло ПН-6, ацетонанил Н, диафен ФП, фталевый ангидрид. Изобретение позволяет получать резинопolyмерный материал с повышенной каркасностью, износостойкостью, морозостойкостью. 2 табл., 1 пр.



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(19) **RU** (11) **2 645 503**<sup>(13)</sup> **C1**

(51) Int. Cl.  
*C08L 9/00* (2006.01)  
*C08L 23/06* (2006.01)  
*C08K 3/04* (2006.01)  
*B04C 5/085* (2006.01)

## (12) ABSTRACT OF INVENTION

(52) CPC

*C08L 9/00* (2006.01); *C08L 23/06* (2006.01); *C08K 3/04* (2006.01); *B04C 5/085* (2006.01); *B04C 5/107* (2006.01)

(21)(22) Application: **2016147287, 01.12.2016**

(24) Effective date for property rights:  
**01.12.2016**

Registration date:  
**21.02.2018**

Priority:

(22) Date of filing: **01.12.2016**

(45) Date of publication: **21.02.2018** Bull. № 6

Mail address:

**660036, g. Krasnoyarsk, Akademgorodok, 50, str.  
24, IKHKHT SO RAN, patentovedu Zamyatinoj  
V.V.**

(72) Inventor(s):

**Popova Olimpiada Evgenevna (RU),  
Gavrilov Yuriy Yurevich (RU),  
Parkov Dmitrij Vladimirovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Federalnoe gosudarstvennoe byudzhetnoe  
nauchnoe uchrezhdenie "Federalnyj  
issledovatel'skij tsentr "Krasnoyarskij nauchnyj  
tsentr Sibirskogo otdeleniya Rossijskoj akademii  
nauk" (FITS KNTS SO RAN, KNTS SO RAN)  
(RU)**

## (54) RUBBER POLYMER MATERIAL FOR INTERNAL FILLING OF HYDROCYCLONES

(57) Abstract:

FIELD: technological processes.

SUBSTANCE: invention relates to the manufacture of linings of the inner part of hydrocyclones – sand nozzles, operating in an aqueous medium and medium of weak solutions of acids and alkalis to provide protection against abrasive wear. Composite material comprises a combination of stereospecific cis-1,4-polyisoprene with a content of cis-1,4 units of at least 96 % – SCI-3 and stereoregular polybutadiene with cis-1,4 content of 87–95 % – SKD-1, ultra-high molecular weight polyethylene, a modified 6.5 % by

weight modifier – silicon carbide with a fraction size of not more than 40–60 microns, sulfur, 2MBT, guanide F, stearin, zinc white, carbon black P-330 and P-803, wax ZV-1, paraffin, indene-coumarone resin, rubrax, PN-6 oil, acetonyl H, diaphene FP, phthalic anhydride.

EFFECT: invention makes it possible to obtain a rubber polymer material with increased rigidity, wear resistance and frost resistance.

1 cl, 2 tbl, 1 ex

Изобретение относится к полимерному композиционному материалу и может быть использовано для изготовления футеровок внутренней части гидроциклонов - песковых насадок, работающих в водной среде и среде слабых кислот и щелочей и обеспечивающих защиту от абразивного износа его внутренних металлических поверхностей. Изобретение может быть использовано также для футеровки любого горнообогатительного, горнодобывающего и другого оборудования, для изготовления формовых резинотехнических изделий, работающих в режиме повышенного абразивного износа.

Песковая насадка представляет собой нижний конус гидроциклона и выполняет функции вывода воды с фракциями породы в виде песка и среднекусковых частиц при высоких скоростях смеси. Проблема при эксплуатации - интенсивный абразивный износ внутренней части песковой насадки в результате контакта с твердыми частицами породы. Песковые насадки быстро выходят из строя, приобрести их можно только вместе с гидроциклоном, что крайне невыгодно.

Современные композиционные материалы образованы объемным сочетанием химически разнородных компонентов с четкой границей раздела между ними, при этом они характеризуются свойствами, которыми не обладает ни один из компонентов, взятый в отдельности. Композит состоит из связующего материала (матрицы), армирующих материалов, наполнителей, специальных добавок. Состав композитов зависит от комплекса требований к их физико-механическим, морозоустойчивым, износостойким, теплофизическим и другим характеристикам. В связи с этим при создании композитов необходимо подобрать компоненты, которые оказывают комплексное воздействие на полимерную матрицу, обеспечивая синергетический эффект.

Известен композиционный материал на основе стереорегулярного цис-1,4-полиизопрена СКИ-3 - резиновая смесь ИРП 1370, содержащая техуглерод П-324, противостарители, воск ЗВ-2, ацетонанил, диафен ФП, в качестве вулканизирующего агента серу, в качестве ускорителя - сульфенамид Ц. Материал обладает высокой эластичностью и морозостойкостью.

Однако стойкость его к гидроабразивному износу в режиме высоких скоростей при транспортировке сильноистирающих среднекусковых материалов недостаточна.

Известен композиционный маслобензостойкий, износоморозостойкий материал на основе бутадиен-нитрильного каучука [патент RU 2425850, МПК C08L 9/00, C08L 23/06, опубл. 10.08.2011], содержащий в качестве наполнителей техуглерод П-324 и сверхвысокомолекулярный полиэтилен, модифицированный карбидом кремния, мягчитель - диоктилфталат, серную вулканизирующую группу, противостарители. Материал имеет высокую износостойкость, стойкость к действию низких температур, высокую маслобензостойкость и применяется для изготовления резиновых технических изделий, работающих в среде масел и бензина, в абразивных средах при пониженных температурах.

Однако его характеристики недостаточны для работы в режиме трения, необходимой при эксплуатации, при этом для песковых насадок совершенно не требуется маслобензостойкость.

Известен способ футеровки гидроциклона [патент RU 2218994, МПК B04C 5/085, опубл. 20.12.2003]. Изобретение относится к футеровкам или износостойким покрытиям, защищающим корпуса гидроциклонов от абразивного и кавитационного износа. На покрытую клеем внутреннюю перфорированную поверхность корпуса гидроциклона укладывают в несколько слоев откалиброванные по толщине полосы сырой резиновой смеси с промазкой их клеем и прокаткой ручными обжимными роликами. Затем

прижимают нанесенное покрытие к внутренней металлической поверхности гидроциклона при помощи специальной оснастки, в которую входят пуансон с пружинами сжатия и крепежными деталями. После этого помещают корпус гидроциклона с нанесенным покрытием и оснасткой в электрическую печь, нагревают до температуры вулканизации резины и выдерживают в течение необходимого для полной полимеризации резиновой футеровки времени при атмосферном давлении. По окончании формообразования футеровки извлекают корпус гидроциклона из электрической печи, выдерживают при комнатной температуре до полного остывания и разбирают оснастку. Использование изобретения позволяет получать износостойкую, монолитную и цельнопрессованную резиновую футеровку с высокой адгезией к внутренней поверхности металлического корпуса гидроциклона. Этот способ трудоемкий и в условиях производственной добычи неприемлем.

Наиболее близким аналогом, принятым за прототип, является композиционный материал [патент RU 2505562, МПК C08L 9/00, C08L 23/06, опубл. 27.01.2014] на основе стереорегулярного цис-1,4-полиизопрена (СКИ-3), включающий 10,0 масс. ч. сверхвысокомолекулярного полиэтилена (СВМПЭ), модифицированного карбосилом с размером частиц не более 50 мкм в количестве 7% от массы СВМПЭ с последующей механоактивацией.

Данный материал был разработан для наружных обкладок резинотканевых конвейерных лент, характеризуется высокой стойкостью к истиранию, морозостойкостью. Однако стойкость его к действию скользящих многократных деформаций трения в водной среде недостаточна.

Задачей изобретения является разработка композиционного материала для изготовления футеровок внутренней части гидроциклонов - песковых насадок, с повышенной каркасностью и износостойкостью при высоких скоростях подаваемой из гидроциклона водно-песковой смеси и среднекусковых материалов.

Техническим результатом изобретения является разработка композиционного материала для изготовления футеровок внутренней части гидроциклонов - песковых насадок с повышенной стойкостью к интенсивному гидроабразивному износу, многократным ударным нагрузкам и стойкостью к старению.

Технический результат достигается тем, что разработан композиционный материал на основе комбинации доступного и недорогого синтетического цис-изопренового каучука СКИ-3 отечественного производства и цис-бутадиенового каучука СКД-1 отечественного производства. В качестве армирующего материала использован модифицированный карбидом кремния сверхвысокомолекулярный полиэтилен (СВМПЭ). За счет введения в композицию модифицированного карбидом кремния СВМПЭ повышена каркасность готового изделия, значительно улучшена износостойкость в режиме трения скольжения, а также морозостойкость. При этом сохранена стойкость к действию механических сил.

В качестве матрицы принята комбинация стереорегулярного цис-1,4-полиизопрена с содержанием звеньев цис-1,4 не менее 96% (СКИ-3) и стереорегулярного полибутадиена с содержанием звеньев цис-1,4 87-95% (СКД-1). В качестве наполнителей использована комбинация активного технического углерода П-330 и малоактивного технического углерода П-803. Вулканизирующая группа содержит: неорганический ускоритель вулканизации - окись цинка, органический активатор вулканизации - стеариновую кислоту, основное вулканизирующее вещество - серу, органические ускорители вулканизации: 2-Меркаптобензтиазол (2МБТ) и N,N<sup>1</sup>-дифенилгуанидин (гуанид Ф). В качестве химических противостарителей (антиоксидантов) вводили -N-фенил-N'-

изопропилпарафенилендиамин (диафен ФП) и полимеризованный 2,2,4-триметил-1,2-дигидрохинолин (ацетонанил Н); в качестве физического противостарителя для защиты от озонного растрескивания применяют воск ЗВ-1 - сплав твердых углеводородов мелкокристаллической структуры и парафин нефтяной. Для улучшения технологических свойств смеси в качестве замедлителя преждевременной вулканизации при смешении вводят ангидрид фталевой кислоты. Поскольку смеси с применением каучука СКД вызывают определенные трудности при переработке на смесительном оборудовании, то для улучшения клейкости смеси и как дополнительные мягчители вводят смолу инден-кумарованную (КИС) и битум нефтяной (рубракс). Рубракс одновременно улучшает распределение ингредиентов при смешении и каркасность готового изделия. Основным мягчителем в заявляемом материале является высокоочищенное нефтяное масло ПН-6 с содержанием звеньев ароматических углеводородов около 80%.

Для улучшения износостойкости в режиме трения, а следовательно, улучшения эксплуатационных характеристик композиционного материала используют модифицированный сверхвысокомолекулярный полиэтилен (СВМПЭ), который относится к классу полиэтиленов низкого давления (ПЭПД). Благодаря своей уникальной структуре, гигантской молекулярной массе СВМПЭ имеет более высокие физико-механические характеристики, стойкость к агрессивным средам, улучшенные триботехнические свойства, чем остальные полиэтилены класса ПЭПД. СВМПЭ модифицировали углеродосодержащим модификатором карбидом кремния с размером фракции не более 40-60 мкм в количестве 6,5% от массы СВМПЭ.

Применяемый в качестве модификатора карбид кремния - синтетическое бинарное неорганическое химическое соединение SiC. В силу исключительно высоких абразивных свойств его применяют как абразивный износостойкий химически инертный материал при изготовлении инструмента для шлифования вязких, твердых минералов, германиевых пластин, при полировке и доводке деталей в точной механике, в атомной энергетике и других отраслях промышленности.

В отличие от прототипа, СВМПЭ не подвергался предварительной механоактивации, что значительно уменьшило энергоемкость при изготовлении предлагаемого материала. Ингредиенты, входящие в состав композиционного материала отечественного производства, недороги и доступны.

Технологический процесс изготовления изделий из этого материала не требует специального оборудования и дополнительных затрат, монтаж песковой насадки можно производить непосредственно на месте работа гидроциклона.

Состав материала композиционного износостойкого материала на основе цис-изопренового каучука (СКИ-3) и стереорегулярного цис-1,4-полибутадиена (СКД-1) приведен в таблице 1.

Состав композиционного материала для песковых насадок гидроциклонов

Таблица 1

Наименование ингредиентов	Массовые части.
СКИ-3 (стереорегулярный <i>цис</i> -1,4-полиизопрен)	40,0
СКД-1 (стереорегулярный <i>цис</i> -1,4-полибутадиен)	60,0

СВМПЭ (модифицированный сверхвысокомолекулярный полиэтилен)	20,0
Сера	1,5
2МБТ(2-Меркаптобензтиазол)	0,8
Гуанид Ф (N,N'- дифенилгуанидин)	3,0
Стеарин	1,0
Белила цинковые	5,0
Техуглерод П-330	60,0
Техуглерод П-803	30,0
Воск ЗВ-1	2,0
Парафин нефтяной	2,0
Смола инден-кумароновая	4,0
Рубракс (битум нефтяной)	5,0
Масло ПН-6(высокоочищенное нефтяное масло)	10,0
Ацетонанил Н (2,2,4-триметил- 1,2-дигидрохинолин)	1,0
Диафен ФП (N-фенил-N'- изопропилпарафенилендиамин)	1,00
Фталевый ангидрид	1,0
<b>Итого</b>	<b>247,3</b>

Пример получения заявленного материала

Подготавливали навески ингредиентов композиционного материала по массе согласно рецепту.

Навеску карбида кремния 6,5% от массы СВМПЭ, совместно с навеской СВМПЭ, загружали в приемный бункер дезинтегратор серии «Основа» ДИ 0,12 и перемешивали при 4220 оборотов ротора в минуту 6-8 мин. Такой способ смешения обеспечивает максимально равномерное распределение карбида кремния в СВМПЭ. Полученный однородный состав навешивали согласно рецепту. Подготавливали навески каучука, и других ингредиентов композиционного материала по весу согласно рецепту. Смешение композиционного материала производили на вальцах ПД 320 160/160 при температуре поверхности валков  $45 \pm 5^\circ\text{C}$ . Последовательность ввода ингредиентов: вальцевали каучук СКИ-3 при зазоре между валками  $1 \pm 0,5$  мм, вводили СКД-1, смешивали 8-10 мин, вводили модифицированный СВМПЭ, затем регулировали величину зазора вальцов так, чтобы между валками находился хорошо обрабатываемый запас смеси. Вводили гуанид Ф, 2МБТ, цинковые белила, антиоксиданты, фталевый ангидрид, стеариновую кислоту, инден-кумароновую смолу, воск ЗВ-1, рубракс, парафин, технические углероды П-330 и П-803 совместно с маслом ПН-6, серу. Общее время смешения 35-40 мин.

Вулканизацию лабораторных образцов проводили на вулканизационном прессе 800×800 при температуре  $151^\circ\text{C}$  в течение 20 мин при давлении на площадь ячейки не

менее 45 МПа.

Испытания проводили следующим образом:

- условная прочность при растяжении, относительное удлинение при разрыве определяли по ГОСТ 11262 - изменение нормы относительного удлинения при разрыве после старения в воздухе при температуре 100°C в течение 24 час определяли по ГОСТ 9.024;

- коэффициент морозостойкости при растяжении при минус 50°C определяли по ГОСТ 408;

- потери объема при истирании определяли по ГОСТ 23509;

- истираемость определяли по ГОСТ 426-77;

- твердость определяли по ГОСТ 263.

Свойства композиционного материала на основе цис-изопренового каучука (СКИ-3) и стереорегулярного цис-1,4-полибутадиена (СКД-1) приведены в таблице 2.

Характеристика композиционного материала для песковых насадок гидроциклонов.

Таблица 2

Наименование показателей	Прототип, фактическое значение	Характеристика полученного материала
Условная прочность при растяжении, МПа	23,0	20,0
Относительное удлинение при разрыве, %	490,0	320,0
Потери объема при истирании, мм <sup>3</sup>	69	36
Истираемость, см <sup>3</sup> кВт/час	Не определяется	57
Изменение нормы относительного удлинения при разрыве после старения в воздухе при температуре 100°C в течение 24 час	-25	-24
Коэффициент морозостойкости при растяжении при минус 50°C	0,41	0,46
Твердость, усл. ед.	60	75- 80

Как следует из приведенных данных, заявляемый материал для песковых насадок превосходит прототип по показателю истираемости и морозостойкости, при этом показатели прочности при разрыве, изменение относительного удлинения при разрыве после старения в воздухе при температуре 100°C в течение 24 часов находится на уровне прототипа. Несколько ниже показатель относительного удлинения при разрыве, увеличилась твердость. Учитывая, что песковые насадки работают в статическом режиме, не подвергаются деформациям изгиба, растяжения, то этот показатель является второстепенным при эксплуатации изделия.

Превалирующее требование к изобретенному материалу - высокая стойкость к гидроабразивному износу и каркаемость определяют низкие показатели истираемости - 57 см<sup>3</sup> кВт/час, потери объема при истирании - 36 мм<sup>3</sup> и повышенная твердость 75-80 усл. ед.

# (57) Формула изобретения

Композиционный материал для изготовления футеровок внутренней части гидроциклонов - песковых насадок, включающий СКИ-3-стереорегулярный цис-1,4-полиизопрен, СКД-1 - стереорегулярный цис-1,4-полибутадиен, сверхвысокомолекулярный полиэтилен - СВМПЭ, модифицированный карбидом кремния с размером фракции не более 40-60 мкм в количестве 6,5 мас. % от массы СВМПЭ, активный технический углерод П-330, малоактивный технический углерод П-803, 2МБТ - 2-Меркаптобензтиазол, Гуанид Ф - N,N<sup>1</sup>-дифенилгуанидин, парафин нефтяной, смола инден-кумароновая, рубракс - битум нефтяной, масло ПН-6 - высокоочищенное нефтяное масло, ацетонанил Н - 2,2,4 триметил-1,2-дигидрохинолин, диафен ФП - N-фенил-N'-изопропилпарафенилендиамин, фталевый ангидрид при соотношении компонентов, масс. ч.:

20	СКИ-3 стереорегулярный цис-1,4-полиизопрен	40,0
	СКД-1 стереорегулярный цис-1,4-полибутадиен	60,0
	СВМПЭ – модифицированный	
	сверхвысокомолекулярный полиэтилен	20,0
	сера	1,5
	2МБТ - 2-меркаптобензтиазол	0,8
	гуанид Ф - N,N <sup>1</sup> -дифенилгуанидин	3,0
25	стеарин	1,0
	белила цинковые	5,0
	техуглерод П-330	60,0
	техуглерод П-803	30,0
	воск ЗВ-1	2,0
	парафин нефтяной	2,0
30	смола инден-кумароновая	4,0
	рубракс - битум нефтяной	5,0
	масло ПН-6 -	10,0
	высокоочищенное нефтяное масло	
	ацетонанил Н - 2,2,4	1,0
	триметил-1,2-дигидрохинолин	
35	диафен ФП - N-фенил-N'	1,0
	изопропилпарафенилендиамин	
	фталевый ангидрид	1,0