

Композиционный материал на основе сверхвысокомолекулярного полиэтилена и эластомера для уплотнений гидравлических устройств

Composite material based on ultra-high molecular weight polyethylene and elastomer for seals of hydraulic devices

О.Е. ПОПОВА, Г.Е. СЕЛЮТИН, Ю.Ю. ГАВРИЛОВ, А.В. ТУРУШЕВ

O.E. POPOVA, G.E. SELYUTIN, YU.YU. GAVRILOV, A.V. TURUSHEV

Институт химии и химической технологии Сибирского отделения Российской академии наук – обособленное подразделение ФИЦ КНЦ СО РАН (ИХХТ СО РАН), г. Красноярск

Federal Research Center "Krasnoyarsk Science Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences"

gavrilov531@mail.ru

Разработан новый износостойкий композиционный материал на основе СВМПЭ, на основе которого можно изготавливать манжеты, не уступающие по своим характеристикам шевронным манжетам для гидравлических устройств. Для придания изделиям дополнительной каркасности и жесткости применены волокнистые наполнители (банавис).

Ключевые слова: неметаллические материалы, модификация, уплотнительные элементы, шевронные манжеты, вулканизация, каркасность, полимерная матрица, сверхвысокомолекулярный полиэтилен, возвратно-поступательное движение, износостойкий слой

A new wear-resistant composite material based on UHMWPE has been developed, on the basis of which it is possible to produce seals that are not inferior in their characteristics to chevron rings for hydraulic devices. To give products an additional frame structure and rigidity fibrous fillers (banavis) have been used.

Keywords: non-metallic materials, modification, sealing elements, chevron rings, vulcanization, frame, polymer matrix, ultra-high molecular weight polyethylene, reciprocating motion, wear-resistant layer

DOI: 10.35164/0554-2901-2020-11-12-48-50

Введение

Уплотнения из резины и других неметаллических материалов относятся к устройствам общемашиностроительного применения и являются комплектующими изделиями для продукции всех отраслей машиностроения.

Около трети незапланированных остановов техники обусловлена отказом уплотнительных элементов. Разрушение уплотнителей, установленных в различных механизмах, влечет за собой простой в работе оборудования и дорогостоящий ремонт. На предприятиях горнодобывающей и горноперерабатывающей, металлообрабатывающей промышленности ассортимент уплотнителей чрезвычайно высок, наиболее распространенные из них – шевронные манжеты [1].

Шевронные манжеты представляют собой резино-тканевые уплотнения для штоков и цилиндров гидравлических устройств, работающих при высоких давлениях до $5,0 \times 10^7$ Па и температуре от минус 30 до +50°C [2]. Они обеспечивают надежную герметизацию подвижных разъемных соединений при работе в условиях возвратно-поступательного движения и высокого давления, вследствие их высокой каркасности, жесткости и прочности (за счет хлопчатобумажной тканевой составляющей). Основным фактором, определяющим ресурс шевронных манжет, является физический износ контактирующей поверхности манжет. По данным ООО «КРАМЗ» в зависимости от скорости возвратно-поступательного движения, ресурс работы шевронных манжет составляет 300–650 часов, что по мнению служб эксплуатации недостаточно. Кроме того, стоимость таких уплотнений высока и обусловлена трудоемкостью изготовления, поскольку заготовка для вулканизации манжеты изготавливается вручную из полосок прорезиненной ткани, закроенной под определенным углом. Для подобных уплотнений предъявляются жесткие требования в отношении герметичности, способности работать длительное время при высоких давлениях и температурах.

Перспективным направлением разработки новых материалов является создание композиционных материалов, которые сочетают в

себе как свойства отдельных полимеров, так и совершенно новые, недостижимые при использовании одного полимера.

Целью настоящей работы является разработка дешевого износостойкого композиционного материала, из которого можно было бы изготавливать манжеты для гидравлических устройств с заданными жесткостью, каркасностью и эластичностью, высокой стойкостью к действию фрикционных сил.

К большинству современных конструкционных материалов на основе полимерных матриц предъявляют комплекс требований по стойкости к действию масел, физико-механическим, износостойким, теплофизическим и другим характеристикам. В связи с этим, при создании композитов необходимо подобрать компоненты, которые оказывают комплексное воздействие на полимерную матрицу, обеспечивая синергический эффект. К числу таких компонентов относятся сверхвысокомолекулярный полиэтилен (СВМПЭ).

Экспериментальная часть и обсуждение результатов

Поставленная задача решалась созданием матрицы путем введения в каучук наполнителей, создающих на поверхности изделий износостойкий слой, способный противостоять действию фрикционных сил, жидких агрессивных сред, и придающих изделиям жесткость и каркасность.

Для формирования износостойкого слоя в качестве высокодисперсного наполнителя, способного придать матрице требуемые свойства, вводили модифицированный СВМПЭ. Применение порошка «чистого» СВМПЭ для введения в резину не обеспечивает достаточную стойкость к истиранию, при смешении он плохо распределяется в резине, образуя труднорастворимые агломераты. Структурная модификация СВМПЭ ультрадисперсными модификаторами приводит к лучшему распределению его в композиции; значительно повышается стойкость к истиранию [3].

Достоинством СВМПЭ является химическая инертность, высокая износостойкость, низкий коэффициент трения. Благодаря своей уникальной структуре, высокой молекулярной массе СВМПЭ имеет более высокие физико-механические характеристики, хими-

ческую стойкость и триботехнические свойства, чем остальные полиэтилены класса (ПНД). Структурная модификация СВМПЭ ультрадисперсными модификаторами [3] приводит к лучшему распределению его в композиции, износостойкость значительно повышается, т.е. модификация СВМПЭ необходима для улучшения совместимости его с каучуком и улучшения физико-механических характеристик вулканизата. В качестве модификатора в СВМПЭ использовали природный углеродсодержащий материал – карбосил, который представляет собой природный материал, насыщенный углеродным веществом в некристаллизующимся состоянии, содержащий большое количество метаморфизованного органического вещества. Обладает повышенной химической стойкостью и достаточно высоким сопротивлением истиранию. Модификация СВМПЭ карбосилом проводилась в высокоскоростном механоактиваторе «АГО-2С» (при скорости вращения барабанов в переносном движении 1820 об./мин. в течение 15 мин.) который позволяет при ускорениях шаров до 60 g развивать удельную мощность до 100 Вт/г [4]. Экспериментально установлено, что оптимальной дозировкой модификатора для СВМПЭ является 7% от его массы.

Для создания композиционной матрицы был выбран недорогой и доступный цис-изопреновый каучук СКИ-3 отечественного производства в количестве 100 масс. ч., в который вводили модифицированный СВМПЭ в количествах, превышающих общепринятые дозировки, а именно 170 массовых частей, что позволяет позиционировать полученную матрицу (СВМПЭ + СКИ-3) как исследуемый материал на основе СВМПЭ. Применение модифицированного СВМПЭ в высокой дозировке сопровождается значительным увеличением твердости и каркасности изделия, повышается в разы стойкость к истиранию, улучшаются эксплуатационные характеристики за счет формирования на поверхности изделия защитного износостойкого слоя. Благодаря этому отпадает необходимость использования специальных тканей и ручной сборки заготовки, поскольку изготовление деталей из полученного материала производится методом прямого прессования. Соответственно, значительно упрощается технология изготовления манжет, удешевляется их себестоимость, повышаются эксплуатационные характеристики.

Для придания дополнительной каркасности и жесткости вулканизатам нами исследована возможность применения в матрице волокнистых наполнителей – нитей длиной 2–4 мм. Были исследованы нити пропиленовые, поливинилхлоридные и гидратцеллюлозные вязкозные (банавис). Лучшие физико-механические

показатели получены при применении банависа (80 масс.ч.), который представляет собой вязкую некрученную нить длиной 4±2 мм, пропитанную латексно-резорцин-формальдегидным составом. Пропитка позволяет улучшить совмещение нитей с другими ингредиентами матрицы.

Для получения полноценного композиционного материала в качестве наполнителей применяли малоактивный технический углерод П-803 и активный технический углерод П-324, комбинация которых позволяет получить высокие упругопрочностные характеристики вулканизата. Вулканизирующая группа содержит: неорганический ускоритель вулканизации – окись цинка, органический активатор вулканизации – стеариновую кислоту, основное вулканизирующее вещество – серу, ускорители вулканизации – N,N-дифенилгуанидин (гуанид Ф) и циклогексил-2-бензтиазол-сульфенамид (сульфенамид Ц), пластификатор – сложный эфир изеооктилового спирта и себациновой кислоты (ДОС). В качестве антиоксиданта и антиозонанта вводили диафен ФП и ацетонанил Н.

Изготовление материала производилось в две стадии на лабораторных вальцах.

Состав приведен в таблице 1.

Полученный композиционный материал не имеет аналогов. Характеристики износостойкого композиционного материала приведены в таблице 2.

Логично было бы привести сравнительные характеристики серийного и разработанного материалов. Но поскольку серийные шевронные манжеты изготавливают из прорезиненной ткани, сравнивать прочностные и износостойкие характеристики резино-полимерного материала и ткани некорректно.

Нами была изготовлена опытно-промышленная партия шевронных манжет для ООО «КРАМЗ» следующих типоразмеров: 50×70, 250×290, 20×35, 150×180, которые были установлены на гидравлических насосах и прессах. В результате промышленных испытаний установлено, что рабочий ресурс опытных уплотнительных манжет превышает существующий ресурс от 1,5 до 6 раз, а кольцо размера 80×68, установленное на прессе ПА 8739, превышает существующий ресурс работы более, чем в 9 раз.

В зависимости от выбранного эластомера, основываясь на исследованной матрице и полученном материале, можно получать композиты с заданными свойствами, например, варьировать их стойкость к различным средам. В частности, замена цис-изопренового каучука на бутадиеннитрильный позволит получить шеврон-

Таблица 1. Состав композиционного материала.

Компонент	Массовые части	Массовые %	ГОСТ или ТУ
Каучук цис-изопреновый СКИ-3	100,0	25,15	ГОСТ 14925-79 ТУ
Сера	3,0	0,75	ГОСТ 127-64
Сульфенамид Ц	1,6	0,40	ТУ 6-14-868
Белила цинковые	5,0	1,26	ГОСТ 202-84
Стеариновая кислота	1,0	0,25	ГОСТ 6484-96
Диафен ФП	1,0	0,25	ТУ 2492-002-0576-1637-99
Ацетонанил Н	1,0	0,25	ТУ 6-00-01691277-202-97
Масло нетоксол	5,0	1,26	ТУ 38.101.999-84
Технический углерод П-234	30,0	7,55	ГОСТ 7885-86
Банавис	80,0	20,12	ТУ 6-06-И-129-87
Модифицированный СВМПЭ	170,0	42,76	ТУ 2211-001-98386801-2007
ИТОГО	397,6	100,00	

Таблица 2. Характеристика композиционного материала, наполненного банависом.

№ п/п	Наименование показателя	Значение	Оборудование (прибор)	ГОСТ или ТУ
1	Условная прочность при растяжении, МПа	10,3	разрывная машина ZMGI-250	ГОСТ 270-75
2	Относительное удлинение при разрыве, %	66		
3	Остаточное удлинение, %	18		
4	Относительная остаточная деформация сжатия в воздухе, 30% при 70°С за 22 час., %	40	сушильный шкаф SNOL 58/350; специальные струбицы	ГОСТ 9.024-74
5	Истираемость, см ³ /кВт·час	32,3	машина МИ-2	ГОСТ 426-77
6	Коэффициент старения по относительному удлинению, при 70°С, за 144 час., %	-6	сушильный шкаф SNOL 58/350; разрывная машина ZMGI-250	ГОСТ 9.024-74
7	Твердость по Шору А, усл. ед.	89	твердомер 2033 ТИР	ГОСТ 263-75
8	Плотность, г/см ³	1,00	весы ВЛР-200	ГОСТ 267-73

ные манжеты, стойкие к воздействию нефтяных масел, бензина и других нефтепродуктов.

Выводы

Как видно из таблицы 2, полученный материал обладает достаточно высокими прочностными характеристиками, эластичностью и низкой относительной остаточной деформацией в воздухе при сжатии 30% при температуре 70°C в течение 24 часов, что крайне важно при эксплуатации уплотнительных манжет.

Полученный материал обладает уникально высокой для резинополимерных материалов износостойкостью, его истираемость находится в пределах от 27 до 33,3 см³/кВт·ч (испытано на 43 образцах).

Разработан принципиально новый композиционный материал на основе модифицированного СВМПЭ и цис-изопренового каучука СКИ-3, наполненный банависом, для использования в гидравлических устройствах в качестве уплотнителей взамен резино-тканевых шевронных манжет по ГОСТ 22704-77.

В зависимости от выбранного эластомера, основываясь на изученной матрице, получена возможность разрабатывать композиционный материал с заданными свойствами, в частности, варьировать стойкость к различным средам.

Применение разработанного материала возможно в машиностроении, горнодобывающей, нефтегазодобывающей и химической промышленности для изготовления износостойких изделий конструкционного назначения: подшипников, шестерней, дисков, скользящих пластин, рычагов, работающих в широком температурном интервале в условиях интенсивного изнашивания в среде воздуха, минеральных масел, водных эмульсий, слабых растворов кислот и щелочей.

Литература

1. Тематический обзор. Герметизация неподвижных соединений машин и механизмов уплотнителями из резин и других материалов ЦНИИТЭнефтехим, Москва, 1992, 64 стр., стр. 21.
2. Лепетов В.А. Резиновые технические изделия. Л.: Химия, 1976. – 64 с.
3. Гаврилов Ю.Ю. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук на тему «Композиционные материалы с добавками дисперсных порошков различной структурной иерархии для резинотехнических уплотнений с улучшенными эксплуатационными свойствами».
4. Селютин Г.Е. Изменение износостойкости пластин сверхвысокомолекулярного полиэтилена при его модификации механически активированными керамическими нанопорошками / Г.Е. Селютин, В.А. Ворошилов, Ю.Ю. Гаврилов и др. // Химическая технология, 2009. – №7. – С. 422–425.