



НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ В МАШИНОСТРОЕНИИ

19

Брянск
2014

ISSN 2310-9351

Брянская государственная
инженерно-технологическая академия

*Новые материалы и технологии
в машиностроении*

*Сборник научных трудов
Под общкой редакцией Е.А.Памфилова*

Выпуск 19

Брянск 2014

УДК 669.01: 621.7/9.002

Новые материалы и технологии в машиностроении/ Под общей редакцией Е.А.Памфилова. Сборник научных трудов по итогам международной научно-технической конференции. Выпуск 19. – Брянск: БГИТА, 2014. – 151 с.

ISSN 2310-9351

В сборнике включены материалы, посвященные научным, организационным и практическим аспектам деятельности в области создания и использования новых материалов, технологий расчета и изготовления машин, повышения их эксплуатационных свойств, представленные на 19-й международной научно-технической конференции «Новые материалы и технологии в машиностроении», г.Брянск.

Материалы предназначены для научной общественности, инженерно-технических работников предприятий, преподавателей, аспирантов, студентов и магистров высших и средних учебных заведений.

Мнение авторов не всегда совпадает с позицией редакционной коллегии. Ответственность за достоверность материалов, изложенных в статье, несет автор.

В сборник включены материалы, представленные авторами из ряда организаций.

Редакционная коллегия: Е.А.Памфилов, д.т.н., профессор (отв. редактор); И.Н.Серпик, д.т.н., профессор; П.Г.Пыриков, д.т.н., профессор; В.В.Сиваков, к.т.н., доцент (технический редактор)

Издание осуществлено при организационной и финансовой поддержке Института экологии Международной инженерной академии

Рецензенты:

д.т.н., профессор БГИТА Буглаев А.М.

д.т.н., профессор БГУ Ерохин В.В.

© Брянская государственная инженерно-технологическая академия,
Институт экологии МИА,
2014

Содержание

I Материалы и технологии в машиностроении

Асятин Р.Д., Самарин П.Е. Экспериментальное исследование газопорошкового потока при лазерной наплавке композиционных покрытий системы Al-SiC	3
Ахвердиев К.С., Новгородова В.С., Солоп К.С. Математическая модель вязкоупруго-пластичной смазки упорных подшипников скольжения	13
Ахвердиев К.С., Приходько В.М., Митрофанов С.В., Копотун Б.Е. Аналитическое прогнозирование устойчивой работы упругодеформируемых радиальных подшипников скольжения, обладающих повышенной несущей способностью и демпфирующими свойствами	17
Беляев К.Е., Белоцерковский М.А., Сосновский И.А., Курилёнок А.А. Метод контроля усадки порошкового слоя в процессе центробежного индукционного нанесения покрытий	23
Василькив В.В. Исследование особенностей использования деталей типа шнеков, полученных из винтовых и шнековых заготовок	27
Волочко А.Т., Шегидевич А.А. Исследование свойств композитов на основе алюминий-кремниевого сплава и наноструктурированного углерода	31
Воробьев А.А., Жуков Д.А., Соболев А.А. Влияние термообработки на свойства колесной стали при ремонте	36
Воробьев А.А., Жуков Д.А., Соболев А.А. Устранение дефектов литых деталей тележек грузовых вагонов на стадии производства	39
Густов Ю.И., Воронина И.В. Взаимосвязь показателей статической пластичности и прочности термообработанных легированных сталей	42
Дожделев А.М., Лаврентьев А.Ю. Применение стали 30ХГСА в качестве материала корпуса металлорежущего инструмента	45
Дожделев А.М., Лаврентьев А.Ю., Зубков Н.С. Возникновение зоны термического влияния при изготовлении наплавленного металлорежущего инструмента	48
Журавлева С.Н. Повышение износостойкости манжетных уплотнений для врашающихся валов	53
Задорожная Н.С., Елманов И.М., Поляков Е.В., Мукутадзе А.М. Аналитическое прогнозирование коэффициента передачи упругой опоры качения в демпфере со сдавливаемой пленкой и неоднородной пористой обоймой с учетом подачи смазки	59
Крукович М.Г., Клочкив Н.П., Савельева А.С., Бирюков В.П. Структурная модификация боридных слоев	65
Макаренко А.В. Разработка композиционных радиационно-модифицированных уплотнительных материалов на основе поливинилиденфторида для пар возвратно-поступательного движения плунжерных насосов нефтехимического назначения	72
Негров Д. А., Еремин Е. Н., Фисенко В. И., Крутъко А. А. Исследование влияния ультразвукового прессования на механические свойства политетрафторэтилена модифицированного нитридом бора	76
Негров Д.А., Зейнуллин Р.Р., Петухов Д.Ю. Изменение структуры композиционного материала при ультразвуковом прессовании	79
Негров Д.А., Шевчук А.М., Микенин И.П. Изменение механических и триботехнических свойств композита	82
Памфилов Е.А., Алексеева Е.А., Федоренков А.В. Использование термоаккумулирующих материалов для повышения работоспособности термически нагруженных деталей машин	86

РАЗРАБОТКА КОМПОЗИЦИОННЫХ РАДИАЦИОННО-МОДИФИЦИРОВАННЫХ УПЛОТНИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ПОЛИВИНИЛИДЕНФТОРИДА ДЛЯ ПАР ВОЗВРАТНО-ПОСТУПАТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ ПЛУНЖЕРНЫХ НАСОСОВ НЕФТЕХИМИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ

DEVELOPING 'THE RADIATION MODIFIED COMPOSITE SEALING' MATERIALS BASED ON POLYVINYLDENE FLUORIDE COUPLES OF RECIPROCATING MOTION OF PLUNGER PUMPS OF PETROCHEMICAL DESTINATION

Макаренко А.В. (УО МГПУ имени И.П. Шамякина, Мозырь, РБ)

Makarenko A.V. (MSPU named after I.P. Shamyakin, Mozyr, BY)

Приведены результаты разработки радиационно-модифицированных герметизирующих химически стойких композитов на основе поливинилиденфторида, работающих при высоких давлениях в широком диапазоне температур. Установлено, что разработанная композиция позволяет значительно повысить износостойкость и долговечность уплотнительного материала, применяемого в нефтепромысловом оборудовании.

The results of development of radiation-modified chemically resistant sealing composites based on polyvinylidene operating at high pressures in a wide range of temperatures. Are given it has been established that the developed formulation can significantly improve the wear resistance and durability of the sealing material used in oilfield equipment.

Ключевые слова: поливинилиденфторид, радиационное сшивание, композиционный материал, износостойкость

Key words: polyvinylidene fluoride, radiation cross-linking, composite material, wear

Современное нефтехимическое машиностроение выдвигает задачи создания химически стойких полимерных материалов, которые сохраняют высокие физико-механические и триботехнические характеристики при эксплуатации в широком диапазоне температур, включая отрицательные. Уникальной комбинацией химических и физических свойств обладают фторсодержащие гомополимеры и их сополимеры. Хорошо известны такие их особенности, как хорошая термическая устойчивость и высокая химическая стойкость, в частности, по отношению к растворителям, и непроницаемость для газов и жидкостей [1]. Такие полимеры используются, в частности, для изготовления труб, предназначенных для транспортировки углеводородов, извлекаемых из нефтяных месторождений, и уплотнений различных узлов нефтегазопромыслового оборудования. Добываемые из этих месторождений углеводороды в ряде случаев приходится транспортировать при достаточно высоких температурах (порядка 400 К) и под высоким давлением (которое может достигать 70 МПа). Функционирование нефтеперекачивающего оборудования в таких условиях остро ставит проблемы термической и химической стойкости используемых в технологическом процессе материалов, а также их достаточной механической прочности. К этим упомянутым выше требованиям могут быть добавлены и другие требования, в частности мате-

риалы могут подвергаться воздействию ударов и усилий изгиба, которым они также должны успешно противостоять, причем зачастую при весьма низких температурах (например, при температурах порядка 233 К). Наиболее подходящим из фторсодержащих материалов для эксплуатации в подобных условиях является поливинилиденфторид (ПВДФ). Значительная стойкость к истирающим нагрузкам, устойчивость к деформации под давлением в широком диапазоне температур и высокое сопротивление ползучести (крипу) ПВДФ позволяют использовать этот материал для уплотнения соединений пар возвратно-поступательного движения нефтепромысловых плунжерных насосов в условиях интенсивного температурно-силового воздействия. В тоже время ПВДФ относится к преимущественно сшивающимся под воздействием ионизирующего излучения полимерам, причем высокая степень сшивания достигается при относительно небольшой поглощенной дозе излучения [2], что позволяет в промышленном масштабе использовать радиационное модифицирование для повышения вышеперечисленных характеристик ПВДФ. В то же время его использование в качестве герметизирующего материала в значительной степени ограничивается высокой жесткостью исходного полимера.

Для того, чтобы устранить это препятствие, ранее были предложены различные композиции на основе ПВДФ, пластифицированного для повышения гибкости и упругости. Известна композиция содержащая ПВДФ, частицы эластомера до 25% и пластификатор, составляющий, по меньшей мере, 10% от общего веса смеси [3]. Данная композиция обладает одновременно высокой гибкостью и устойчивостью к ударам. Однако при ее использовании в качестве материала различных узлов нефтегазопромыслового оборудования происходит более или менее быстрое извлечение введенных в нее пластификаторов потоком углеводородов. Данное явление приводит к постепенной потере материалом свойств, которые были приданы ему пластификатором (гибкость, упругость и т.п.), и соответственно снижению продолжительности срока службы изготовленных на его основе деталей.

Нашли применение также полимерные композиции [4], содержащие матрицу из ПВДФ, в которой рассеяны мелкие включения вулканизированных эластомеров в количестве 26,6 или 50 вес.ч. на 100 вес.ч. ПВДФ. Они характеризуются высокой эластичностью и очень хорошими физико-механическими характеристиками, однако содержание эластомеров является столь значительным, что композиции утрачивают такое достоинство ПВДФ, как низкий коэффициент трения и связанная с ним высокая износостойкость. В то же время при их использовании в качестве материала уплотнительных элементов подвижных узлов нефтегазопромыслового оборудования, в частности плунжерных насосов, это крайне нежелательно.

Так как характеристики существующих материалов не в полной мере отвечают требованиям эксплуатации в уплотнительных элементах подвижных узлов нефтегазопромыслового оборудования, была поставлена задача разработки композиции на основе ПВДФ, обладающей необходимым комплексом свойств. Также необходимо было сохранить способность исходного

риалы могут подвергаться воздействию ударов и усилий изгиба, которым они также должны успешно противостоять, причем зачастую при весьма низких температурах (например, при температурах порядка 233 К). Наиболее подходящим из фторсодержащих материалов для эксплуатации в подобных условиях является поливинилиденфторид (ПВДФ). Значительная стойкость к истирающим нагрузкам, устойчивость к деформации под давлением в широком диапазоне температур и высокое сопротивление ползучести (крипу) ПВДФ позволяют использовать этот материал для уплотнения соединений пар возвратно-поступательного движения нефтепромысловых плунжерных насосов в условиях интенсивного температурно-силового воздействия. В тоже время ПВДФ относится к преимущественно сшивающимся под воздействием ионизирующего излучения полимерам, причем высокая степень сшивания достигается при относительно небольшой поглощенной дозе излучения [2], что позволяет в промышленном масштабе использовать радиационное модифицирование для повышения вышеуказанных характеристик ПВДФ. В то же время его использование в качестве герметизирующего материала в значительной степени ограничивается высокой жесткостью исходного полимера.

Для того, чтобы устранить это препятствие, ранее были предложены различные композиции на основе ПВДФ, пластифицированного для повышения гибкости и упругости. Известна композиция содержащая ПВДФ, частицы эластомера до 25% и пластификатор, составляющий, по меньшей мере, 10% от общего веса смеси [3]. Данная композиция обладает одновременно высокой гибкостью и устойчивостью к ударам. Однако при ее использовании в качестве материала различных узлов нефтегазопромыслового оборудования происходит более или менее быстрое извлечение введенных в нее пластификаторов потоком углеводородов. Данное явление приводит к постепенной потере материалом свойств, которые были приданы ему пластификатором (гибкость, упругость и т.п.), и соответственно снижению продолжительности срока службы изготовленных на его основе деталей.

Нашли применение также полимерные композиции [4], содержащие матрицу из ПВДФ, в которой рассеяны мелкие включения вулканизированных эластомеров в количестве 26,6 или 50 вес.ч. на 100 вес.ч. ПВДФ. Они характеризуются высокой эластичностью и очень хорошими физико-механическими характеристиками, однако содержание эластомеров является столь значительным, что композиции утрачивают такое достоинство ПВДФ, как низкий коэффициент трения и связанная с ним высокая износостойкость. В то же время при их использовании в качестве материала уплотнительных элементов подвижных узлов нефтегазопромыслового оборудования, в частности плунжерных насосов, это крайне нежелательно.

Так как характеристики существующих материалов не в полной мере отвечают требованиям эксплуатации в уплотнительных элементах подвижных узлов нефтегазопромыслового оборудования, была поставлена задача разработки композиции на основе ПВДФ, обладающей необходимым комплексом свойств. Также необходимо было сохранить способность исходного

ПВДФ к радиационному сшиванию с целью использования заложенных в нем резервов повышения износостойкости модифицированного полимера.

Задача была решена за счет того [5], что в композицию на основе ПВДФ был введен бутадиен-стирольный термоэластопласт и добавка дисперсного полиэтилена, облученного в кислородсодержащей среде до поглощенной дозы 100-400 кГр. Было установлено значительное улучшение триботехнических характеристик материала, при этом физико-механические характеристики материала изменяются незначительно.

Испытания разработанной композиции на основе ПВДФ проведены в сравнении с наиболее часто используемыми в нефтехимическом оборудовании герметизирующими материалами. Оценивали стойкость к воздействию жидких сред, перекачиваемых при осуществлении технологических процессов добычи нефти и ремонта скважин (сырая нефть, пластовая вода, буровой раствор, 24% раствор соляной кислоты, 5% раствор фтористоводородной кислоты). Результаты сравнительных испытаний показали, что разработанный материал по химической стойкости к указанным средам значительно превосходит как кислотощелочестойкую резину, так и полиуретан. Интенсивность изнашивания резины в условиях трения в воде ввиду того, что жидкость играла роль смазки, оказалась ниже, чем при сухом трении и составила $\sim 1,1 \cdot 10^{-8}$, что, тем не менее, на порядок превышает износ композиции на основе ПВДФ в аналогичных условиях ($0,8 \cdot 10^{-9}$).

Сконструирована манжета шевронная из предложенного композиционного материала (рисунок 1), предназначенная для уплотнения трехплунжерных насосов СИН-31М, перекачивающих различные жидкости под высоким давлением с номинальными диаметрами плунжера 100 мм и цилиндра 125 мм, работающих при давлении до 70 МПа со скоростью возвратно-поступательного движения до 3 м/с в среде смеси кислот (до 24% HCl и 5% HF), буровых растворов, нефти, воде с содержанием песка до 75 г/л, пластовых вод, промывочных жидкостей при температуре от 233 до 373 К.

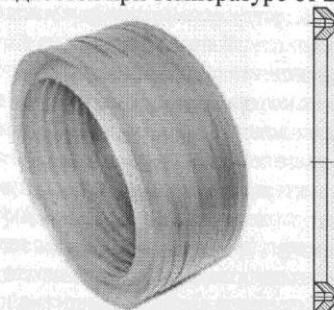


Рисунок 1 – Комплект манжет шевронных из радиационно-модифицированного ПВДФ, предназначенный для установки на плунжер насоса СИН-31М

Разработанные шевронные уплотнения прошли промысловые испытания в РУП «ПО «Белоруснефть» при гидропескоструйной перфорации (ГПП) и глинокислотной обработке (ГлКО) нефтяных скважин, расположенных на

территории Гомельской области. Для проведения испытаний использовали насосный агрегат СИН-31М, установленный на автомобиле КрАЗ. Каждый плунжер насоса уплотняли при помощи восьми манжет. При ГлКО в качестве рабочих жидкостей использовали глинокислотный раствор на основе бифторида аммония, растворы соляной и сульфоминовой кислот различной концентрации, нефтекислотную эмульсию. Работу проводили на давлениях до 50 МПа, обусловленных приемом рабочей жидкости нефтяными скважинами. Гидропескоструйную перфорацию осуществляли манжетами, выдержавшими до этого испытания при ГлКО в течение 82 часов. В качестве рабочей жидкости использовали воду, содержащую кварцевый песок в соотношении 75-100 г/л. Работу проводили при давлении 30 МПа. После окончания испытаний по изменению внутреннего диаметра манжет была произведена оценка величины их линейного изнашивания. Для каждого плунжера была выполнена серия измерений из 32 значений. Суммарная наработка (перемещение) составила 1521,2 км, что в 3 раза превышает требования технических условий на шевронные уплотнения для плунжерных насосов СИН-31М. За время испытаний протечек рабочих жидкостей, перегрева насоса, появления посторонних звуков – не наблюдали.

Предложенные нами уплотнительные материалы также успешно использованы при ремонте клапанов плунжерных насосов-дозаторов серии РИМ ЕМ в ремонтно-механическом производстве ОАО «Мозырский нефтеперерабатывающий завод».

Список использованных источников

1. Паншин, Ю.А. Фторопласти / Ю.А. Паншин, С.Г. Малкевич, Ц.С. Дунаевская. – Ленинград: Химия. – 1978. – 230 с.
2. Селькин, В.П. Взаимосвязь параметров структуры и терморелаксационных свойств ориентированных сшитых термопластов // Материалы, технологии, инструменты. – Гомель, 2004. – № 2, Т.9. – С. 59-62.
3. Гибкие и упругие химические композиции на основе поливинилиденфторида и способ их получения: пат. RU 2199559 Российская Федерация, C08L 27/16 / Паскаль Т., Шлюнд Б.; заявитель ЕЛФ АТОШЕМ С.А. РФ 2000100948/04; заявл. 08.06.1998; опубл. 27.02.2003 // Официальный бюл. / Федеральн. служба по интеллектуальн. собственности. – 2003.
4. Заявка ЕР 0714944 A1, C08L27/16, опубл. 1996.
5. Композиция на основе поливинилиденфторида: пат. RU 2329282 Российская Федерация, МПК7 C08L 27/00 / Макаренко А.В., Селькин В.П., Плескачевский Ю.М., Копылов С.В., Скороход А.З.; заявитель ГНУ «ИММС НАН Беларусь». РФ 2007111454; заявл. 28.03.2007; опубл. 20.07.2008 // Официальный бюл. / Федеральн. служба по интеллектуальн. собственности. – 2008. – № 20.