

Полимерные уплотнения для экстремальных условий эксплуатации

Зерщиков К. Ю., Семенов Ю. В., Зерщиков Д. К. ООО «Константа-2» г. Волгоград. URL: www.constant-2.ru
Адаменко Н. А., д. т. н., проф.; Калмыкова Ю. А. Волгоградский государственный технический университет

Условия эксплуатации уплотнительных элементов запорно-регулирующей арматуры (ЗРА) определяются, главным образом, параметрами рабочей среды, к которым относятся: температура, давление, физико-химическая активность или агрессивность. К экстремальным параметрам относятся давления свыше 40 МПа, скорость относительного перемещения свыше 15 м/с, температуры ниже -153 °С и выше 200 °С, сильно агрессивные среды.

Одним из наиболее распространенных видов ЗРА является шаровой кран. Очевидно, что эффективность работы арматуры этого типа определяется эксплуатационными и техническими характеристиками уплотнения седла шара. Наиболее часто применяемыми полимерными материалами для изготовления таких уплотнений в России являются полиуретан (ПУ), полиамид (ПА), фторопласт-4 (Ф-4) и коксонаполненная композиция на его основе (Ф4К20).

Важнейшими эксплуатационными характеристиками уплотнений являются герметичность, наработка в циклах или в часах, диапазон рабочих температур, давлений, скорость перемещения уплотняемых элементов. Материалы, применяемые для изготовления уплотнений, характеризуются комплексом физико-механических, теплофизических и триботехнических характеристик. Однако из-за отсутствия количественных зависимостей между стандартными физико-механическими свойствами композиционных полимеров и показателями работоспособности уплотнений, обоснованный выбор материала по заданным режимам эксплуатации часто оказывается трудной конструкторской задачей.

В связи с вышеизложенным, целью данной работы являлось определение качественных соответствий между рабочими характеристиками уплотнений шара и физико-механическими, теплофизическими и триботехническими свойствами материалов, а также определение на основе полученных данных наиболее перспективных материалов для эксплуатации в экстремальных условиях.

В этом направлении фирмой «Константа-2» совместно с Волгоградским государственным техническим университетом проведен ряд исследований и накоплен определенный опыт по изучению влияния основных свойств материала на эксплуатационные характеристики уплотнений. Следует отметить, что авторы не учитывали конструктивных факторов, влияющих на работу уплотнения и шарового крана в целом. В результате проведенного анализа можно рекомендовать следующие взаимосвязи характеристик (табл. 1).

Табл. 1

Основные свойства конструкционных пластиков, влияющих на эксплуатационные характеристики уплотнений

Свойство материала	Характеристики уплотнения
Прочность и относительное удлинение при разрыве	Герметичность
Твердость	
Модуль упругости при растяжении	
Твердость	Наработка (срок эксплуатации)
Коэффициент трения	
Износостойкость	
Предел текучести	
Модуль упругости сжатия	Максимальное рабочее давление
Предельные рабочие температуры	
Стойкость к тепловому старению	
Агрессивность	Физическая и химическая агрессивность среды
Износостойкость	

Наряду с традиционно применяющимися материалами, обозначенными выше, существует ряд полимеров и композиций на их основе, которые также могут быть рекомендованы к применению в качестве уплотнений шаровых кранов. К ним относятся: поликарбонат (ПК), сверхвысокомолекулярный полиэтилен (СВМПЭ), композиция на основе политетрафторэтилена, наполненная углеродом (Ф4УВ15 или «Флубон»), сополимер тетрафторэтилена с этиленом (фторопласт марки Ф-40 или «Тэфзель»), полифениленоксид (Фенилон марок С-1 и С-2), полиимид (ПИ), а также конструкционный пластик нового поколения — полиэфирэфиркетон (ПЭЭК). Некоторые свойства данных материалов представлены в табл. 2.

Табл. 2

Некоторые свойства полимерных материалов, рекомендованных к применению в арматуростроении

Материал	Условный предел текучести, МПа	Отн. удлинение при разрыве, %	Твердость, МПа	Модуль упругости при растяжении, МПа	Коеффициент трения	Стоимость единицы удельной прочности, руб./прочность / плотность	Диапазон рабочих температур, (Т _{ст} ...Т _{пл}), °С
ПК	90	5	150-160	6000	0,3-0,4	1,96	-70...+150
ПА	80	6-20	130-150	2000-3000	0,23-0,43	1,34	-20...+100
СВМПЭ	20	450	40	2000	0,08	2,96	-50...+80
ПУ	35	650	—	—	0,5	11,2	-50...+80
Ф-4	10	250-500	30-38	410	0,05	61,6	-200...+200
Ф4К20	15	10-15	55-60	1250	0,14	41	-200...+180
Флубон	20,5	15	50-60	1190	0,14	88,2	-200...+250
Тэфзель	33,4	100-300	60-70	—	0,25	37,1	-70...+200
Фенилон	110	5	260-300	3200-3300	—	77,3	-20...+250
ПЭЭК	110	10-45	270	3600	0,3	54,6	-180...+250
ПИ	100	4-8	180-280	—	0,4	245	-50...+250

Данные табл. 2 позволяют качественно оценить пригодность полимерных материалов для изготовления шаровых уплотнений, применяемых в тех или иных заданных условиях эксплуатации.

Для условий, относящихся к экстремальным, существует ограниченный ассортимент материалов, пригодных для изготовления уплотнений, а именно: ПЭЭК, «Фенилон», ПИ, а также фторопласт и композиции на его основе. Использование полиэфирэфиркетона, полифениленоксида, а также полиимидов ограничено вследствие высокой стоимости данных материалов. Применение фторопласта возможно только при невысоких рабочих давлениях. Альтернативой является применение композиционных материалов на основе ПЭЭК и Ф-4, наполненных дешевыми наполнителями. Это позволяет значительно снизить стоимость готового уплотнения без ущерба основным физико-механическим характеристикам, а в некоторых случаях даже повысить их. Однако необходимо учитывать также поведение материала в условиях длительного нагружения и влияние температуры эксплуатации на свойства материала и, соответственно, эксплуатационные характеристики. Нами исследовалось влияние природы, количества и структуры частиц наполнителя на деформационно-прочностные характеристики композитов на основе Ф-4 и ПЭЭК при нормальных и повышенных температурах. Основным критерием работоспособности являлась величина деформации исследуемого материала под действием длительного нагружения заданной величины в различных температурных пределах — ползучесть или текучесть полимера. Проведенные исследования показали, что, независимо от природы полимера, оптимальное количество наполнителей находится в пределах 20-30 % по объему. Из табл. 3 видно, что введение наполнителей со сферической формой частиц (стеклопудра и кокс) способствуют снижению текучести фторопласта в среднем в два раза. Однако наиболее эффективным оказался наполнитель волокнистого строения. Введение углеродного волокна способствует снижению ползучести более чем в три раза, а дополнительная модификация, обеспечивающая хими-

ческое взаимодействие между молекулами фторопласта и активными центрами поверхности наполнителя позволяет получить материал, у которого практически отсутствует присущее фторопласту «холодное течение» (Ф4УВ15М).

Табл. 3.
Влияние природы и строения наполнителя на деформационную способность фторопласта

Наименование материала	Ф4	Ф4С15М5	Ф4К20	Ф4К15М5	Ф4УВ15	Ф4УВ15М
Деформация под нагрузкой 10 МПа в течение 24 ч при 22 °С, %	6,6	3,8	2,9-3,0	3,6	2,1	0,8

Данные табл. 4 на примере ПЭЭК подтверждают вывод о положительном влиянии волокнистых наполнителей на прочностные характеристики материалов при повышенных температурах. Наибольшей прочностью при комнатной и повышенной температуре характеризуются композиты, содержащие наполнители волокнистого строения. Введение же дисперсных наполнителей приводит к существенному падению прочности. Однако введение фторопласта и графита способствуют двукратному снижению коэффициента трения скольжения.

Табл. 4.
Влияние природы и строения наполнителя на прочность композитов на основе ПЭЭК

Температурный режим	Предел прочности при растяжении по ГОСТ 11262-80 ПЭЭК и композиций на его основе			
	ПЭЭК	ПЭЭК + 20 % углеволокна	ПЭЭК + 30 % стекловолокна	ПЭЭК + 20 % (графит + Ф4)
При 25 °С	96-98	160-172	150-155	84
При 220 °С	13-15	54	30	10

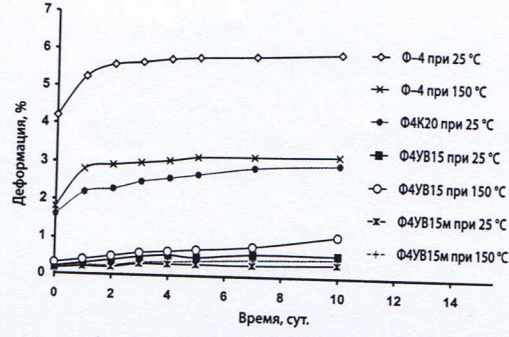


Рис. 1. Зависимость деформации при растяжении от времени при различных температурах и постоянном напряжении 2,75 МПа

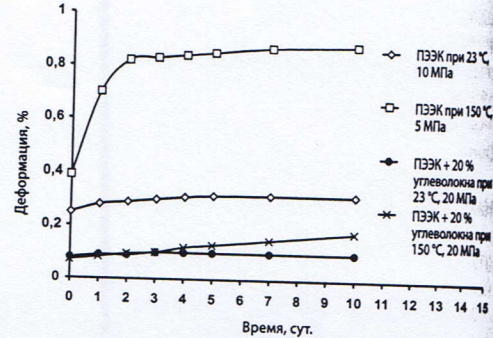


Рис. 2. Зависимость деформации растяжения ПЭЭК от времени при различных температурах и напряжениях растяжения

На рис. 1 и 2 представлены кривые ползучести для различных материалов, анализ которых показывает возможность существенного повышения температуры эксплуатации уплотнений при применении материалов, наполненных углеродными волокнами. Снижение текучести композитов на основе фторопласта проявляется тем сильнее, чем выше уровень взаимодействия в системе субстрат-наполнитель (см. кривые для Ф4УВ15 и Ф4УВ15М).

К сожалению, отсутствие достоверных статистических данных по эксплуатационным характеристикам и срокам службы ЗРА с теми или иными уплотнениями позволяет руководствоваться только качественными, экспертными оценками потребителей, но и в этом случае приводимые оценки свидетельствуют в пользу существенного прироста времени эксплуатации при использовании композиционных материалов.

Таким образом, для применения в качестве уплотнений шаровых кранов, эксплуатирующихся в экстремальных условиях, наиболее оптимальным является использование наполненных волокнистыми наполнителями материалов на основе фторопласта и полиэфирэфиркетона.

Волгоград, май 2007 г.

Некоммерческое партнерство



СЕРТИФИКАЦИОННЫЙ ЦЕНТР НАСТХОЛ

Россия, 125315, г. Москва,
1-ый Балтийский пер., д. 6/21, корп. 3
Для почты: 125315, г. Москва,
почт. отд. 315, а/я 19
Тел.: (495) 152-70-28, 152-73-58, 151-79-21
Факс: (495) 152-76-55
Web: <http://www.nasthol.ru>
E-mail: nasthol@nasthol.ru

Сертификация продукции. Информация за май 2007

Предприятие-изготовитель	Наименование продукции	Предприятие-изготовитель	Наименование продукции
РОССИЯ			
ЗАО «Бессоновский компрессорный завод»	Насосы центробежно-вихревые	АО «Молдовагидромаш», г. Кишинев	Электронасосы центробежные герметичные
ОАО «ЭНА», г. Щелково	Электронасосы центробежные консольные моноблочные линейные для воды. Электронасосы центробежные консольные моноблочные сточно-массные. Агрегаты электронасосные центробежные консольные для воды. Агрегаты электронасосные питательные. Агрегаты роторно-пульсационные (агрегаты электронасосные — гомогенизаторы)	ПОЛЬША	
ООО «КВО-Арм», г. Щелково	Краны шаровые. Затворы дисковые	Fabryka Armatury Przemyslowej «WAKMET» sp.j.	Клапаны запорные, запорно-регулирующие, обратные подъемные. Затворы обратные. Фильтры механические. Задвижки
ООО «Донкарб Графит», г. Новочеркасск	Теплообменники, испарители, конденсаторы и абсорберы прямоугольно-блочные графитовые. Теплообменники кожухоблочные графитовые. Колонны из конструкционных графитовых пропиленных материалов. Теплообменники и абсорберы пластинчатые графитовые и кожухотрубчатые графитовые	ФИНЛЯНДИЯ	
		Vexve Oy	Затворы дисковые
		ЧЕХИЯ	
		ABO valve, s.r.o.	Затворы дисковые межфланцевые. Затворы (клапаны) обратные межфланцевые
		Armatury Group a.s.	Клапаны и затворы запорные. Затворы обратные мотыльковые, фланцевые, приварные. Затворы дрессельные запорные. Краны шаровые
		Mostro Engineering, a.s.	Задвижки клиновые стальные с выдвинутым шпинделем. Клапаны. Клапаны и затворы обратные