

РАЗРАБОТКА ФТОРОПЛАСТОВЫХ КОМПОЗИТОВ ДЛЯ УЗЛОВ ТРЕНИЯ

Данченко С.Г., Шелестова В.А., Гракович П.Н.

*Институт механики металлополимерных систем им. В.А. Белого НАН Беларуси
г. Гомель, Беларусь, chater@tut.by*

В настоящее время в качестве материалов поршневых колец компрессоров все более широко применяются фторопластовые композиты на основе углеродных волокон. Они вытесняют бронзовые из-за более низкой стоимости и керамические в силу более высоких уплотнительных свойств. Эти материалы обеспечивают неплохие упруго-прочностные и триботехнические характеристики, но только до определенного предела температур и перепадов давления в компрессорах. Фторопластовым композитам присущи некоторые особенности [1], характерные для политетрафторэтилена (ПТФЭ), которые осложняют применение их в ответственных тяжело нагруженных узлах трения.

Необходимы новые материалы, обеспечивающие длительный (5-10 тысяч часов и более) ресурс при трении без смазки, температурах до 150 °С, скоростях движения поршней и штоков порядка 3-5 м/с и перепаде давлений 25-50 МПа. Решение этой задачи возможно только комплексным подходом, сочетанием разработки оптимального состава композита, изучением исходных компонентов и способов их модифицирования.

В ИММС НАН Беларуси был разработан композиционный фторопластовый материал с углеродными волокнами производства ОАО «СветлогорскХимволокно» - Флувис (ТУ РБ 03535279.071-99), который превзошел по износостойкости его аналог Флубон.

Для работы в вакууме и осушенных газах и разработан композит Вакофлувис (ТУ ВУ 4000841698.165-2005) отличающийся от Флувиса содержанием дисульфида молибдена и модернизированной технологией спекания. Исследовано влияние модифицирующей добавки дисульфида молибдена на свойства композита и определено ее оптимальное содержание: 5-7% масс, что обеспечивает повышение на 10-20% модуля упругости и предела текучести, снижение износа при работе в среде осушенных газов, по сравнению с композитом Флувис. Это позволило применять материал Вако-флувис для уплотнительных колец компрессоров, сжимающих сухие газы. В настоящее время на ОАО «Гродненский механический завод» произведено более 400 кг материала.

В ИММС НАН Беларуси был предложен новый подход к модифицированию наполнителей для фторопласта-4: разработана технология, позволяющая, используя плазму тлеющего разряда в среде фторорганических соединений, формировать на поверхности углеволокон покрытие из фторполимера толщиной в несколько десятков нанометров [2]. Такое углеволокно получило название Белум (ТУ 4000846698.178-2006), его применение при производстве композита Суперфлувис (ТУ ВУ 400084698.178-2006) заметно улучшило технологическую совместимость компонентов, что, в свою очередь, обеспечило повышение физико-механических характеристик. По сравнению с композитом Флувис прочность при растяжении, модуль упругости, теплопроводность увеличились в 1,3...1,5 раз, износостойкость - в 1,5...2 раза. На ОАО «Гродненский механический завод» в настоящее время выпущено более 3,7 тонн материала Суперфлувис. Разработанный материал является лучшим в своем классе и соответствует лучшим аналогам.

При разработке фторопластовых композитов важно учесть влияние особенностей матрицы на свойства конечного продукта. Известна проблема отличительных особенностей фторопласта-4 разных марок, и даже одной марки разных производителей. Ведь ГОСТ на фторопласт-4 не предусматривает проверку материала по параметрам, важным для получения композита. Нами показано, что оптимальной маркой Ф-4 для получения композита с высокими характеристиками является тонкомолотый полимер с размером частиц 20-40 мкм (Ф-4 ТМ), который обеспечивает формирование оптимальной структуры композита [3].

Развитие машиностроения предъявляет все более высокие требования к материалам подвижных уплотнительных узлов. Существует необходимость в дальнейшем повышении прочности и формоустойчивости при высоких нагрузках. С применением углеволокна Белум для производства композитов появилась возможность увеличивать содержание наполнителя в ПТФЭ, сохраняя при этом необходимую сплошность и сопротивление разрыву.

Установлены закономерности формирования высоконаполненных композитов на основе фторопласта-4 и углеродных волокон с фторуглеродным покрытием [4-5]. Разработана новая марка композита Суперфлувис-У для высоконагруженных узлов трения компрессоров. Его отличие в более высокой теплопроводности, твердости и высоком модуле упругости при повышенных температурах.

Опыт применения композитов группы Флувис показал, что все преимущества этих материалов перед аналогами теряются при незнании или неиспользовании особенностей их поведения в различных температурных и нагрузочных режимах в узлах трения.

Показательный результат был получен на Смоленском ПО «Кристалл» при отработке конструкции станка для распиловки алмазов. Узел трения на этом станке представляет собой цилиндр, лежащий в призме с треугольной выемкой из антифрикционного материала. Нагрузка относительно невелика, скорость примерно 2,5 м/с. Призма из Флувиса показала вполне удовлетворительную износостойкость, но весь узел грелся так сильно, что работать было невозможно. После уменьшения в 2 раза диаметра оси цилиндра, что увеличило нагрузку, - тепловыделение практически прекратилось, ресурс узла трения вырос в разы и заметно улучшился процесс резания.

Например, для материала уплотнений шаровых кранов важны закономерности теплового расширения и длительной деформации под нагрузкой. Необходимо учитывать анизотропность расширения фторопласта-4, а также резкий скачок коэффициента расширения в области комнатной температуры. Важен даже такой момент, изготовлено уплотнение при 16 или 24 град.

Или другой пример. Технологический прием спекания Флувиса с ограничением объема, препятствующий термическому расширению композита при его формировании, действительно приводит к его уплотнению и повышению прочностных характеристик. Но при этом КТЛР в направлении прессования повышается в 1,5-2 раза по сравнению с материалом, спеченном в свободном состоянии. Если это не учесть, а технические условия не предусматривают измерение такой характеристики, то никакие отличные свойства композита не компенсируют просчеты в изготовлении деталей.

Для поршневых колец компрессоров необходимо учитывать теплопроводность, параметры сжатия при высоких температурах. Они отличны для разных композитов и наиболее высокие для Суперфлувиса. Есть проблема замены фторопласта-4 в сферических опорных частях скольжения мостов на более устойчивый к деформации под нагрузкой материал. Там важна долговечность и устойчивость к переменным температурам.

Грамотное применение композита «Суперфлувис» на ОАО «Сумское МНПО им. М.В.Фрунзе» (новые методики расчета уплотнений, учет изменения размеров из-за появившейся возможности увеличения удельных нагрузок, обоснование новых полей допусков) позволило повысить ресурс компрессора при рабочем давлении 25 МПа от 500...600 до 5000 часов. Результатом стала разработка нового поколения модульной автомобильной газонаполнительной компрессорной станции (АГНКС), в которой за счет резкого повышения надежности оборудования исключили второй (дублирующий) компрессор.

Поэтому новое направление развития фторопластовых композитов - это разработка материала под конкретные задачи и узлы трения (поршневые и направляющие кольца, уплотнения шаровых кранов, уплотнительные детали пневмо- и гидроцилиндров, сальниковые уплотнения штоков и др.) [6]. Необходима дифференциация нормативных

документов при приемке и проверке соответствия качества разработанных композитов в соответствии с различными областями применения.

Список литературы

1. Пугачев А.К., Росляков О.А. Переработка фторопластов в изделия. – Л.: Химия, 1987. – 168 с.
2. Способ модифицирования углеродных наполнителей для политетрафторэтилена: Пат. 6214 Респ. Беларусь, МПК С 08J / В.А. Шелестова, П.Н. Гракович // Официальный бюллетень. – 2001. - №1. – С. 33.
3. Шелестова В.А., Гракович П.Н., Покаташкин М.М.. Структурно-морфологические особенности марок фторопласта-4 и углепластика на их основе. Материалы, технологии, инструмент – 2009. – Т.14, №4. -С55
4. Бартенев Г.М., Зеленев Ю.В. Физика и механика полимеров. – М.: Высшая школа, 1983. – 392 с.
5. Молчанов Б.И., Чукаловский П.А., Варшавский В.Я. Углепластики. – М.: Химия, 1985. – 208 с.
6. Берлин А.А., Вольфсон С.А, Ошмян В.Г., Ениколопов Н.С..Принципы создания композиционных полимерных материалов – М.: Химия, 1990. – 240 с.
7. Шелестова В.А. Гракович П.Н. Данченко С.Г. Влияние содержания углеродных волокон и особенностей технологии на прочностные свойства фторопластовых композитов. Материалы 50-го межд. симпозиума: Актуальные проблемы прочности, 27 сентября – 1 октября 2010 г., Витебск – Часть 2. – С.204-207

МЕТОД КОРРЕКЦИИ ТЕПЛОВЫХ ПОЛЕЙ И СНИЖЕНИЯ ТЕРМОУПРУГИХ НАПРЯЖЕНИЙ В ПТКС ТЕРМОРЕЗИСТОРАХ

В. Н. Шут^{1,2}, А. В. Гаврилов¹, Д. А. Ильющенко^{1,3}

¹ИТА НАН Беларуси, Витебск, shut@vitebsk.by

²УО «ВГУ им. П.М. Машерова», Витебск

³ОАО «ВЗРД «МОНОЛИТ», Витебск

Введение

Терморезисторы с положительным температурным коэффициентом сопротивления (ПТКС) на основе керамики титаната бария, легированной редкоземельными элементами, нашли широкое применение в электротехнике и радиоэлектронике [1]. Физической основой возникновения ПТКС эффекта в таких материалах является изменение высоты зернограницных барьеров Шоттки при фазовом переходе. Во многих случаях ПТКС-терморезисторы (позисторы) используются в силовых цепях в качестве нагревательных, пусковых элементов, в схемах защиты от перегрузок по току и напряжению и др. При этом терморезисторы могут разрушаться в результате воздействий больших токовых нагрузок по механизму расслоения на две практически равные половинки в плоскости, параллельной электродам [2]. Большие токи вызывают неравномерный разогрев позистора. Причем наибольшие градиенты температур (свыше 40 градусов) реализуются по толщине керамического элемента (вдоль линии тока) и обусловлены аномальным изменением теплоемкости и электросопротивления материала при фазовом переходе, т.е. имеют фундаментальный характер. Вследствие этого, в позисторной керамике возникают существенные термоупругие растягивающие напряжения. Величины этих напряжений могут достигать 100 МПа [3, 4], что соизмеримо с пределом прочности полупроводниковой керамики на основе титаната бария 50-100 МПа [5].