

УДК 678; 66.017

ВЛИЯНИЕ СЛОИСТЫХ СИЛИКАТОВ СТРУКТУРЫ 1:1 НА СВОЙСТВА И СТРУКТУРУ ПТФЭ

Тарасова П.Н., Лаукканен С.

Научный руководитель – кандидат технических наук, доцент Слепцова С. А.
(ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет имени М. К. Аммосова»,
г. Якутск)

Аннотация. Исследованы эксплуатационные свойства композитов на основе политетрафторэтилена (ПТФЭ), модифицированных слоистыми силикатами структуры 1:1 различной концентрации. Показано, что физико-механические и триботехнические свойства композитов существенно зависят от соотношения слоистых силикатов с функциональной добавкой.

Введение. Среди полимерных материалов, применяющихся в сложных условиях эксплуатации, наиболее перспективным является ПТФЭ. Наиболее результативным способом улучшения физико-механических и антифрикционных свойств ПТФЭ является его модификация различными наполнителями. Одним из перспективных направлений создания полимерных композитов является использование в качестве наполнителей минеральных слоистых силикатов. Данное направление открывает перспективы для создания материалов с принципиально новыми заданными технологическими и эксплуатационными свойствами.

Целью работы является исследование эксплуатационных свойств и структуры ПТФЭ, модифицированного слоистыми силикатами со структурой 1:1.

Объекты и методы исследований. В качестве наполнителей ПТФЭ (ПН-90, ООО «Галополимер») выбраны серпентин (СП) $Mg_6(OH)_8[Si_4O_{10}]$ Хамеловского месторождения (Россия) и каолинит (К) $Al_4[Si_4O_{10}](OH)_8$ Глуховецкого месторождения (Украина). В работе для улучшения совместимости наполнителей с ПТФЭ дополнительно использовали шпинель магния (ШМ), синтезированную в Институте химии твердого тела и механохимии СО РАН.

Композиты получали при сухом смешении компонентов, после механоактивации наполнителей в планетарной мельнице в течение 2 мин, с последующим холодным прессованием (нагрузка 50 МПа) и спеканием до 375°C.

Физико-механические свойства композитов определяли на универсальной испытательной машине «Autograph AGS-J Shimadzu» (Япония). Триботехнические свойства определяли на высокотемпературном универсальном трибометре SETR UMT – 3 (США) по схеме трения «палец-диск», под нагрузкой 160 Н, со скоростью скольжения 0,2 м/с в течение 4 ч, с предварительной приработкой в течение 1,5 ч. ИК-спектры композитов снимали на ИК-спектрометре с Фурье-преобразованием Varian 7000 FT-IR. Термодинамические характеристики определяли на дифференциальном сканирующем калориметре DSC 204 F1 Phoenix «NETZSCH» (погрешность не более +0,1%).

Основная часть. Анализ физико-механических характеристик в целом показал, что введение ШМ приводит к повышению физико-механических свойств композитов, содержащих СП, а в композитах, содержащих К – их снижению. Это может быть объяснено различным влиянием ШМ на наполнители. При увеличении содержания наполнителя показатели предела прочности при разрыве понижаются, т.к. при превышении оптимальной концентрации наполнителя повышается жесткость молекул, взаимодействующих с наполнителем в пределах аморфной фазы, следовательно, хрупкость композитов повышается, а прочность – снижается.

Результаты исследований триботехнических характеристик показали, что введение К и ШМ позволило повысить износостойкость до 1250 раз, а введение СП и ШМ – до 1125 раз.

При малых концентрациях наполнения с увеличением концентрации ШМ износостойкость композитов понижается.

Для объяснения трибохимических процессов, протекающих при трении композитов проведены исследования поверхностей трения методом ИК-спектроскопии. На поверхности трения композитов зарегистрированы полосы, отвечающие исходному ПТФЭ (1146 и 1107 см^{-1}) и слоистым силикатам (1000-900 см^{-1}). Кроме того, до трения, а также после 4 ч трения зарегистрированы пики в области 2919 см^{-1} и 2854 см^{-1} , которые относятся к валентным колебаниям метиленовой группы.

В результате трения образуются продукты окисления, зафиксированные в ИК-спектрах. Так, в образцах после 1,5 ч. трения в области 3200-3400 см^{-1} наблюдаются широкие спектры, относящиеся к фрагментам ассоциированных гидроксильных групп. Также на поверхности трения зафиксированы пики при 1658 см^{-1} и 1437 см^{-1} , характерные для карбоксилатных ионов. После 4 ч. трения данные спектры, относящиеся к фрагментам продуктов трибоокисления, не наблюдаются. Наиболее интенсивно выраженными стали спектры, относящиеся к метиленовой группе, а также появляется пик (1703 см^{-1}), предположительно относящийся к фрагменту карбонильной группы.

При модифицировании наполнителем наблюдается смещение начала и конца температуры плавления после спекания в сторону меньших температур. Это обуславливает повышение гибкости макромолекул полимера, а также образование более упорядоченной упаковки.

Значение энтальпии плавления в процессе спекания намного больше, чем в процессе перекристаллизации. Отсюда следует, что в процессе спекания требуется больше энергии для преодоления межфазного взаимодействия, препятствующего большей подвижности макромолекул для перехода его в расплав.

Заключение. Выявлено, что одновременное введение слоистых силикатов структуры 1:1 и нанодисперсной шпинели магния способствует повышению износостойкости композитов до 1250 раз при сохранении и некотором повышении деформационно-прочностных характеристик. С помощью ИК-спектроскопии зафиксирован процесс перехода системы в более стабильный период истирания, характеризующийся снижением окислительных процессов. Наблюдается смещение начала и конца температуры плавления после спекания в сторону меньших температур. Зарегистрировано снижение энтальпии плавления после спекания, которое свидетельствует о протекании менее интенсивных процессов рекристаллизации в уже структурированном полимере.