

**ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КОМПОЗИЦИОННЫХ
МАТЕРИАЛОВ, МОДИФИЦИРОВАННЫХ
ФУНКЦИОНАЛИЗОВАННЫМИ НАНОАЛМАЗАМИ
ДЕТОНАЦИОННОГО СИНТЕЗА**

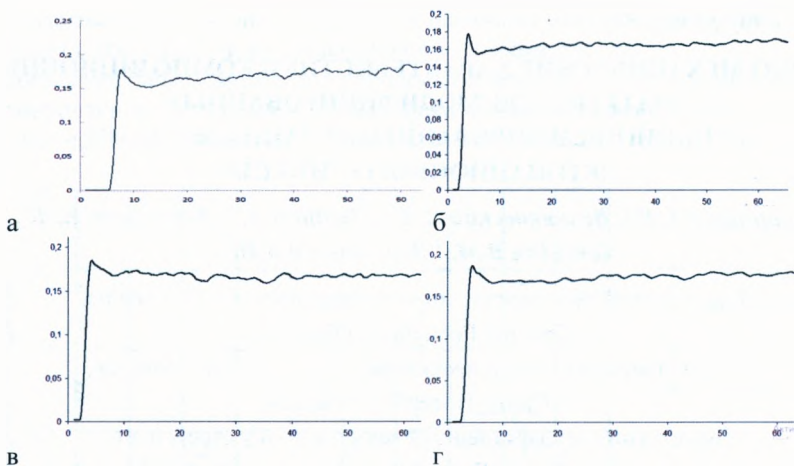
*Овчинников Е.В.¹, Возняковский А.А.², Лиопо В.А.¹, Эйсымонт Е.И.¹,
Хвусевич В.М.,³ Веремейчик А.И.³*

¹ Гродненский государственный университет им. Я. Купалы,
г. Гродно, Республика Беларусь

² ФГБУН «Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе»,
г. Санкт-Петербург, Россия

³ Брестский государственный технический университет,
г. Брест, Республика Беларусь

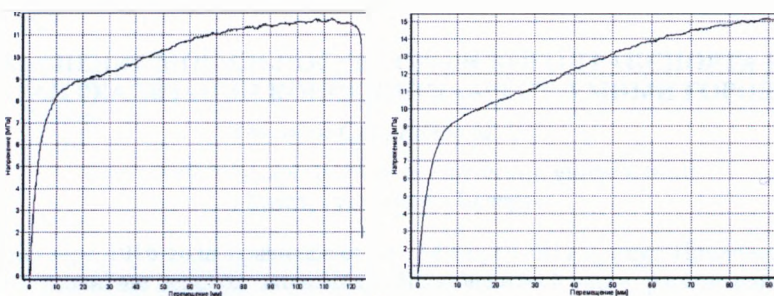
Для формирования многофункциональных нанокomпозиционных материалов на основе полимерных матриц и их смесей применяют различные типы модификаторов, которые позволяют эффективно перерабатывать металлополимерные системы для изготовления изделий, эксплуатируемых при воздействии повышенных нагрузочно-скоростных и температурных режимов [1]. В зависимости от функционального назначения изделия, а также конструктивных особенностей исполнения узла машины, механизма, технологического оборудования целесообразно использовать различные варианты технологии изготовления и переработки материала, а также различные варианты практического применения нанокomпозитов – в виде конструкционных изделий, тонких триботехнических или защитных покрытий, смазочных сред и т.п. Перспективными направлениями разработки триботехнических композиционных материалов является модифицирование полимерных матриц углеродсодержащими, силикатными функциональными частицами. В ходе проведенных исследований применяли полиэтилен высокого давления, который модифицировали углеродсодержащей шихтой (ФГУП СКТБ «Технолог»), нанодисперсные алмазы («Синта»), стеклосферы гидрофобизированные, стеклосферы гидрофобизированные (полюе). Испытание проводились на машине трения FT-2 по схеме сфера – плоскость. В качестве контртела применяли сталь ШХ15, нагрузка составляла 20 Н, скорость скольжения $v=0,06$ м/с. На рисунке 1 представлены результаты исследований триботехнических характеристик полиэтилена, модифицированного различными типами функционализированных частиц. Подготовлены полимерные образцы, содержащие различные по типу и концентрации функционализированные частицы. Данные образцы готовились методом литья под давлением на вертикальной литьевой машине производства РУП СКТБ «Металлополимер».



а – исходный полиэтилен; б – полиэтилен, модифицированный 5 % мас. углеродсодержащей шихты; в – полиэтилен, модифицированный 5 % мас. гидрофобизированными стелосферами; г – полиэтилен, модифицированный 0,1 % мас. гидрофобизированными полыми стелосферами

Рисунок 1 – Зависимость коэффициента трения пары композиционный ПЭВД-ШХ15 от времени испытаний

Проведены исследования по изучению морфологии поверхности трения термопластичных полимеров, модифицированных функционализированными нанодисперсными частицами. Установлено, что введение данного типа модификаторов приводит к сглаживанию рельефа поверхности трения. Снижаются значения среднего арифметического отклонения профиля и среднего квадратического отклонения профиля поверхностей трения модифицированного полиэтилена по сравнению с исходным образцом. Данные результаты хорошо согласуются с данными топографического анализа. В образцах полиэтилена, модифицированного функционализированными нанодисперсными углеродными частицами (ФНУЧ), наблюдается уменьшение крупных образований с большим разбросом геометрических размеров по высоте. Согласно данным фазового анализа на поверхности трения исходного полиэтилена наблюдается большее количество участков с низкими параметрами деформационно-прочностных свойств по сравнению с модифицированным полиэтиленом. Таким образом, согласно данным проведенных исследований показано, что применение функционализированных нанодисперсных углеродных частиц приводит к формированию менее дефектной поверхности трения модифицированного полиэтилена с повышенными прочностными характеристиками в сравнении с поверхностью трения исходного полиэтилена.



а – исходный образец, б – полиэтилен, модифицирован 1 % мас. УДАГ
Рисунок 2 – Значения предела прочности для модифицированного полиэтилена

Испытания по определению прочностных характеристик проводили на разрывной машине ИР 5047-50 с предельной нагрузкой 50 кН. В качестве объектов исследования применяли стандартизированные образцы полимерных материалов: длина – 10 см, ширина – 1 см, толщина – 0,5 см. В результате получен график зависимости усилия сопротивления растяжению образца от перемещения траверсы (растяжения), а также предельное усилие и напряжение на разрыв образца и относительное удлинение (рисунок 2). Установлено, что введение модификатора в полимерную матрицу приводит к увеличению прочностных характеристик на 15 – 20%.

В диэлектрических материалах отсутствуют носители зарядов, уровень ферми находится на много выше потолка валентной зоны, появление приповерхностного электронного облака невозможно. В то же время, эксперименты показали наличие на поверхности диэлектриков активных зарядовых центров. Появление АПЗЦ в диэлектриках обусловлено двумя причинами: во-первых, за счет наличия электретных свойств, во-вторых, в результате флуктуационного распределения атомов (ионов) по ювенильным поверхностям, образованным при диспергировании макроскопических полуфабрикатов. В диэлектриках – электрическое внешнее поле усилит поверхностную зарядовую активность, если в веществе имеются полярные молекулы, например, в алмазоподобных (фуллерит) или в кристаллах пировскитового типа. При наличии в таких кристаллах диполей их ориентация под действием внешнего поля изменится. Например, в слоистых системах в октаэдрической сетке имеются гидроксиды (ОН⁻). Эти гидроксиды могут располагаться по вершинам октаэдров, связанными жесткими ребрами (цисоктаэдры), либо связанными телесными диагоналями (трансоктаэдры). Так как эти гидроксиды взаимодействуют с межслоевыми катионами, которые при диспергировании остаются на одной из ювенильных поверхностей, то гидроксид связан либо с K⁺, либо с O⁻. При действии внешних полей эти гидроксиды примут состояние с постоянной энергией, то есть с ранее неизвестными дипольными моментами. Обработка наномодификаторов, по простейшей схеме, на основе двухслойных или трехслойных силикатов может усилить электретный заряд и, следовательно, увеличить толщину модифицируемого поверхностного слоя. Кроме этого затверждение сжиженного полимера, находящегося в электрическом поле, может привести к возникновению текстурированности в расположении чешуйчатых нанокристаллов, что может быть использовано при создании композитов.

1 Витязь, П.А. Перспективные нанофазные материалы на основе ультрадисперсных алмазов. / П.А. Витязь // Теоретические и технологические основы упрочнения и восстановления изделий машиностроения». – Новополоцк, 2001. – С. 4–8.