

УДК 620.18

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ ЗАРЯДОЧУВСТВИТЕЛЬНЫМ МЕТОДОМ

Пантелеев К.В.¹, Кривогуз Ю.М.², Жарин А.Л.¹

¹Белорусский национальный технический университет

Минск, Республика Беларусь

²Институт механики металлополимерных систем им. В.А. Белого НАН Беларуси

Гомель, Республика Беларусь

Настоящая работа посвящена исследованию пространственного распределения поверхностного электропотенциала на диэлектрических образцах из полимерных и композиционных материалов зарядочувствительным методом Кельвина-Зисмана, традиционно известным как компенсационный или метод динамического конденсатора.

В тоже время, рядом авторов, высказывалось мнение об ограниченности применения компенсационного метода для исследования диэлектрических материалов [1]. Это обусловлено тем, что этим методом у диэлектриков измеряют эффективную плотность поверхностного заряда, которая характеризует как величину поверхностного заряда, так и величину распределения объемного заряда. Однако при наличии априорной информации о природе заряда, область применения зарядочувствительных методов для исследования диэлектрических материалов, в частности, полимеров и композитов на их основе может быть значительно расширена [2].

Задача регистрации поверхностного заряда и потенциала полимеров является весьма актуальной как с фундаментальной, так и с прикладной точек зрения. Так, с необходимостью определения поверхностного распределения заряда и его изменения во времени сталкиваются при исследовании электризации и релаксации зарядов электретных материалов, изоляционных материалов аэрокосмической аппаратуры, материалов для хранения продуктов питания и т. д.

Улучшение электроактивных (электретные, пьезоэлектрические, антистатические), диэлектрических, электрофизических и других свойств полимеров связано, в основном, с вводом в полимерную матрицу различных дисперсных наполнителей. Частицы наполнителя играют роль центра структурообразования, а границы раздела функциональных групп и надмолекулярных образований имеют особую структуру насыщения центрами захвата с различными энергиями активации, в которых стабилизируются электроны. Таким образом неоднородность пространственного распределения заряда может характеризовать не только электроактивные свойства композиционных материалов, но и изменения надмолекулярной структуры, кристалличности, степени ориентации макромолекул, дефектности и пр.

Объектами исследований служили исходный

линейный полиэтилен низкой плотности (ЛПЭНП) (марка Exceed 1018 НА производства Exxon Mobil, США, показатель текучести расплава (ПТР) равнялся 1,0 г/10 мин при $T = 190\text{ }^{\circ}\text{C}$ и $P = 21,6\text{ Н}$) и функционализированный ЛПЭНП (ФЛПЭНП) с добавкой 0,05 и 0,3 мас.% многостенных углеродных нанотрубок (МУНТ). ФЛПЭНП был получен в ИММС НАН Беларуси путем свободнорадикальной прививки к макромолекулам ЛПЭНП карбоксильных групп в присутствии МУНТ методом реакционной экструзии [3]. ПТР и эффективность прививки карбоксильных групп в ФЛПЭНП при добавлении 0,05 мас.% МУНТ составляли 0,2 г/10 мин и 81,0%, соответственно, а при введении 0,3 мас.% МУНТ 0,5 г/10 мин и 66,0%.

МУНТ синтезированы в ИТМО НАН Беларуси (диаметр – 12-20 нм, количество стенок – 7-15). МУНТ были получены методом пиролиза углеродсодержащих газов в псевдоожиженном (кипящем) слое с использованием Fe-Co катализатора. Доля капсулированного в нанотрубках катализатора составляла около 5%.

В качестве метода исследований ЛПЭНП и ФЛПЭНП был использован классический метод Кельвина-Зисмана с компенсацией измеряемой величины. Его суть заключается в следующем. Носитель зарядного или потенциального рельефа помещается в зазор динамического конденсатора, одна из пластин которого (электрометрический зонд) вибрирует вдоль нормали к поверхности с частотой 300 Гц, чем достигается необходимая модуляция измерительного сигнала. Переменный сигнал с электрометрического зонда поступает на предварительный усилитель, построенный по зарядочувствительной схеме. Усиленный сигнал выпрямляется фазочувствительным детектором и подается обратно на электрометрический зонд для компенсации величины электропотенциала. Регистрируемый сигнал позволяет получить информацию не только о величине, но и о знаке потенциала. Регистрация отклонений потенциала по поверхности осуществляется в диапазоне $\pm 5\text{ мВ}$ и разрешающей способностью 250 мкВ. С другой стороны, поверхностный потенциал диэлектриков может достигать значений вплоть до тысяч вольт, в этой связи использование классического метода, основанного на компенсации измеряемой величины, оказывается затруднительным. Однако

может быть использована модификация метода Кельвина-Зисмана, в которой поверхностный потенциал определяют по амплитуде сигнала непосредственно с зарядочувствительного зонда [4].

Подготовку образцов к исследованию осуществляли по ГОСТ 25209-82. На поверхность, контактирующей с заземленным неподвижным электродом наносилось электропроводящее покрытие (электропроводящий клей «Контактол», Keller, РФ). Контролируемая поверхность очищалась изопропиловым спиртом (ExxonMobil IPA, РФ). Далее образцы выдерживали в течении 1 часа в комнатных условиях, после чего осуществлялось сканирование. Затем образцы без дополнительных манипуляций выдерживались в комнатных условиях в течение 16 часов, после чего проводилось повторное сканирование.

Следует отметить, что в случае второго цикла испытаний, распределение заряда практически не изменяется, наблюдается увеличение потенциала не более чем на 5 мВ. Поэтому в настоящей работе рассматриваются результаты лишь для первого цикла испытаний (рисунок 1-3).

Для образца из исходного ЛПЭНП (рисунок 1) было характерно практически равномерное распределение поверхностного потенциала на уровне порядка 35-45 мВ, за исключением двух максимумов с зарядом до 60 мВ. Участки поверхности образцов с максимальными значениями потенциала располагались на краю образца. В данной области образцы характеризуются неоднородной морфологией поверхности, что обнаруживается визуально при осмотре образцов.

В случае ФЛПЭНП с 0,05% МУНТ (рисунок 2) по довольно большому участку поверхности заряд распределен в диапазоне от 0 до 10 мВ. Практически по всему краю образца наблюдается увеличение потенциала до 60 мВ, а в центре образца выделяется локальная область, в которой потенциал превышает значение 400 мВ, что может характеризовать область дефектной структуры, обусловленной технологическими процессами при подготовке образцов.

У ФЛПЭНП + 0,3% МУНТ (рисунок 3) площадь участков с максимальными значениями поверхностного потенциала снизилась. По большей площади поверхности (~80%) распределение потенциала практически однородно и соответствует 0-10 мВ, на краях образца сохраняется высокий потенциал на уровне 50 мВ.

Рассмотрено влияние содержания наполнителя МУНТ на поверхностное распределение потенциала композиций на основе ЛПЭНП классическим методом Кельвина-Зисмана. Установлено, что ввод в полимерную матрицу наполнителя МУНТ сопровождается соответствующими изменениями электроактивных свойств. Чем большее содержание наполнителя, тем ниже по-

верхностный потенциал, и более однородно его распределение. Также с использованием сканирующего метода Кельвина-Зисмана была обнаружена локальная область в которой потенциал превышает диапазон измерения и составляет величину более 400 мВ. Высокое значение потенциала может характеризовать область с дефектной структурой, которая обусловлена технологическим процессом получения образцов, однако данное предположение требует уточнения с использованием других методов исследования.

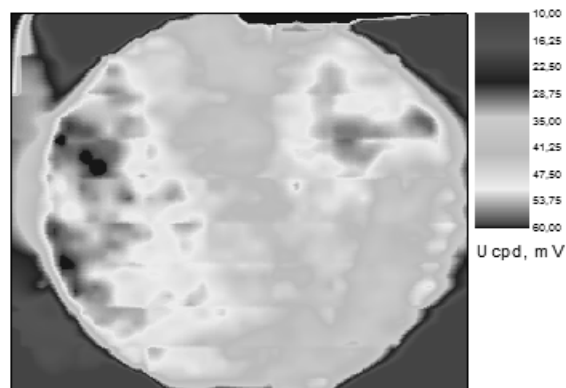


Рисунок 1 – Электростатическое изображение образца ЛПЭНП.

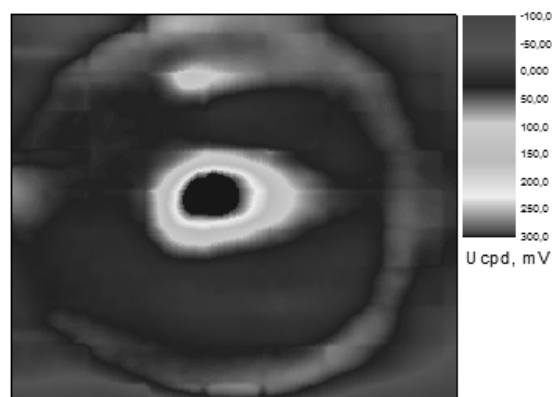


Рисунок 2 – Электростатическое изображение образца ФЛПЭНП + 0,05% МУНТ

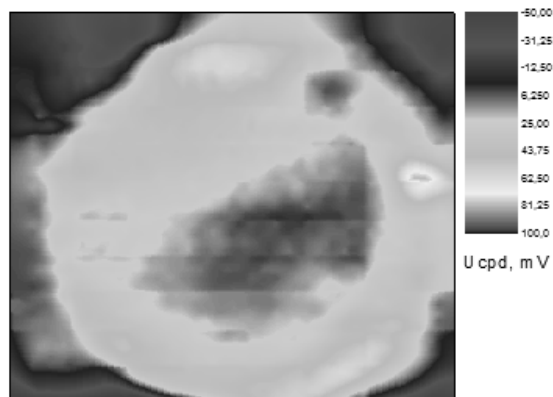


Рисунок 3 – Электростатическое изображение образца ФЛПЭНП + 0,3 % МУНТ

1. Charging effect on work function measurements of lithium ceramics under irradiation / G.N. Luo [at all.] // Journal of Alloys and Compounds. – 2003. – № 349. – P. 211-216.
2. Влияние высокодисперсного наполнителя на адгезионные и фрикционные свойства сополимера этилена с винилацетатом / А.И. Свириденко [и др.] // Трение и износ. – 2014. – № 4 (35). – С. 401-410.
3. Влияние добавок углеродных наноматериалов на функционализацию полиолефинов в процессе реакционной экструзии / Ю.М. Кривогуз [и др.] // Полимерные материалы и технологии. – 2015. – Т.1. – № 1. – С.1-11.
4. Вершина Г.А., Жарин А.Л., Тявловский А.К. Исследование накопления заряда статического электричества на поверхности изделий из фторопласта-4 методом вибрирующего конденсатора // Наука и техника. – 2012. – № 1. – С. 26-32

УДК 681

СОВРЕМЕННЫЙ ГРАНАТОМЕТНЫЙ КОМПЛЕКС С ДИСТАНЦИОННЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

Петрович И.П., Рудиков С.И., Цурко Д.С., Шкадаревич А.П., Шумский А.П.

Научно-технический центр «ЛЭМТ» БелОМО

Минск, Республика Беларусь

Приведено описание и принцип работы нового современного дистанционно управляемого гранатометного комплекса. В состав комплекса входят четыре гранатомета РПГ-32, опорно-поворотная платформа, модуль прицеливания и стрельбы и выносной пульт дистанционного управления. Комплекс имеет лазерный дальнометрический канал, встроенный баллистический вычислитель и обеспечивает возможность ведения прицельной стрельбы в дневное и ночное время, управление комплексом осуществляется оператором на расстоянии до 300м.

Введение. На сегодняшний день гранатомет является одним из наиболее применяемых типов огнестрельного вооружения. Его создание позволило использовать боеприпасы большего калибра, чем калибр стрелкового оружия. Малая масса, простота использования и высокая поражающая способность современных гранатометов сделало этот тип вооружения эффективным средством ведения борьбы с бронетанковой техникой противника. Использование осколочных гранат повышает эффективность использования гранатометов и против живой силы.

На сегодняшний день имеется широкий спектр гранатометных комплексов обладающих своими достоинствами и недостатками.

РПГ-32 – ручной многозарядный мультикалиберный многофункциональный гранатомет, предназначенный для поражения современных основных боевых танков и других бронемашин, бункеров и пехоты противника. Может оснащаться различными снарядами калибра от 72,5 до 105мм. Прицельная дальность 700м.

Создание нового современного гранатометного комплекса на базе РПГ-32 осуществлялось для решения следующих задач:

- ✓ Повышение точности стрельбы;
- ✓ Применение гранатометного оружия из

бронемашин и укрытий;

- ✓ Снижение демаскирующих признаков при стрельбе;
- ✓ Возможность размещения гранатометного комплекса на мобильных платформах.

Описание гранатометного комплекса с дистанционным управлением. С целью реализации поставленных задач в состав комплекса включены:

- ✓ Четыре ствола ручных гранатометов РПГ-32;
- ✓ Четыре модуля поджига;
- ✓ Модуль прицеливания и стрельбы;
- ✓ Опорно-поворотная платформа;
- ✓ Дистанционный пульт управления.



Рисунок 1

Для обеспечения необходимого количества выстрелов без повторного заряда снарядов выбрана компоновка счетверенных стволов для стрельбы. Трубы гранатометов размещены в вершинах воображаемого квадрата, а модуль прицеливания и стрельбы размещается между трубами.