

М. А. Коваленко, В. Ю. Гарбарук (ГГУ имени Ф. Скорины)
Науч. рук. **В. А. Гольдаде**, д-р. техн. наук, профессор

ЭЛЕКТРЕТНЫЙ ЭФФЕКТ В НАНОКОМПОЗИТАХ НА ОСНОВЕ СВЕРХВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНОГО ПОЛИЭТИЛЕНА И ПОЛИЭТИЛЕНА ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ

Электретное состояние характерно для большинства полимерных диэлектриков. Поверхностные и объемные заряды в диэлектрике формируются как при его непосредственном изготовлении (так называемый «технологический заряд»), так и при дополнительной поляризации образца. При этом последующая обработка образцов может приводить как к росту, так и к уменьшению первоначальной величины эффективной поверхностной плотности заряда (ЭППЗ).

В работе исследовали электретный заряд нанокomпозитов на основе полиэтилена высокого давления (ПЭВД) и сверхвысокомолекулярного полиэтилена (СВМПЭ). В качестве наполнителя использовали глинистый минерал – высокодисперсный монтмориллонит (размер частиц ~20 нм).

Цель работы: определение ЭППЗ в ненаполненных полимерах и нанокomпозитах до и после их обработки в коронном разряде; сравнение полученных данных; перспективы использования нанокomпозитов на основе СВМПЭ и ПЭВД в качестве электретных материалов.

Для изготовления образцов использовали порошкообразные полимеры, которые механически смешивали с монтмориллонитом при содержании последнего от 0 до 3 % масс. Затем методом горячего прессования изготавливали образцы плёнок. Температура изготовления плёнок из ПЭВД составляла 130 °С, плёнок на основе СВМПЭ – 180 °С. При этом изготовление плёнок из СВМПЭ предусматривает несколько стадий, а именно: нагрев порошка, выдержка под давлением пресса, остывание вместе с прессом (во избежание сильной деформации поверхности образца). При охлаждении плёнок из ПЭВД необходимость оставлять образец зафиксированным при остывании отсутствует.

Поляризация образцов в коронном разряде (положительном и отрицательном) состояла из нескольких этапов:

- 1) Нагрев печи вместе с образцом до температуры 80 °С и её фиксация.
- 2) Включение коронного разряда и выдержка в нем в течение 15 минут.

3) Естественное охлаждение печи до 25 °С, при этом коронный разряд не отключали.

Напряжение на игольчатом электроде было 25 кВ, при этом напряжённость поля между электродом и образцом составляла 10 кВ/см.

ЭППЗ образцов определяли с помощью измерителя параметров электростатического поля ИПЭП-1. Измерение проводили электродом на расстоянии 2 см от исследуемого образца. На рисунке 1 приведены экспериментальные данные по величине ЭППЗ для различных образцов. Погрешность измерений (на каждую точку от 5 до 8 образцов) не превышала 10 %.

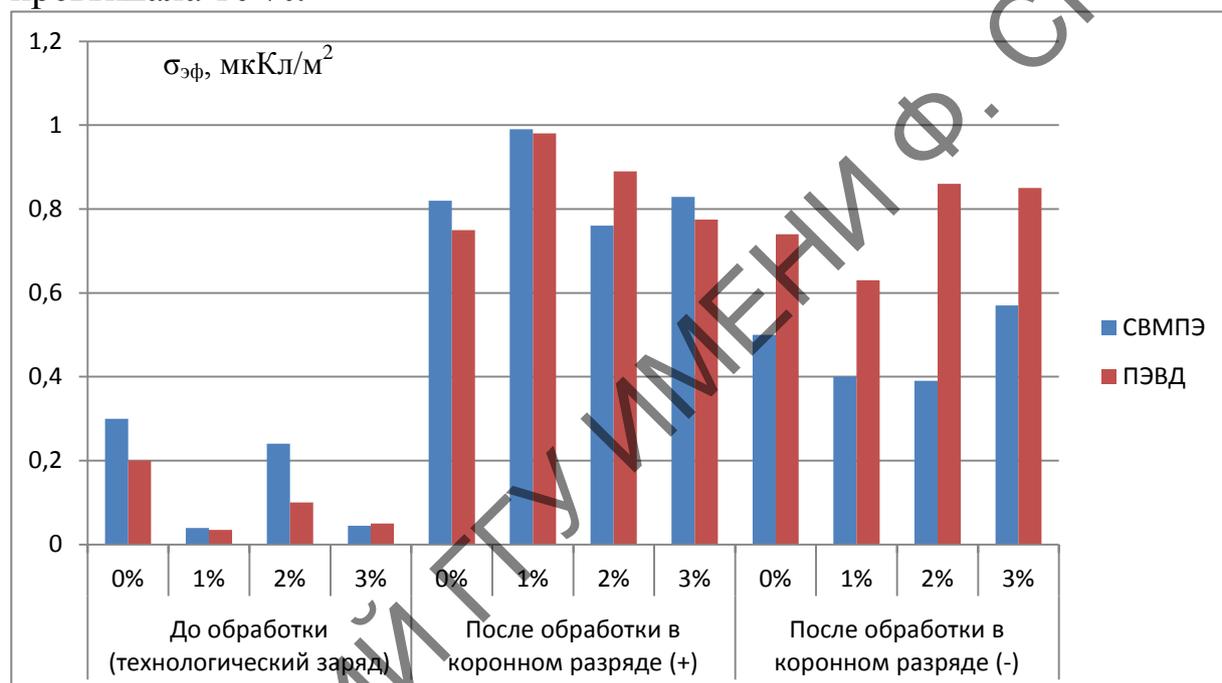


Рисунок 1 – ЭППЗ, мКл/м², в образцах на основе СВМПЭ и ПЭВД, при различном содержании наполнителя, до и после обработки их в коронном разряде положительной (+) и отрицательной (-) полярности

На основе полученных результатов можно сделать следующее заключение.

1) На всех образцах (как СВМПЭ, так и ПЭВД) после формирования методом горячего прессования образуется небольшой технологический заряд. Он несколько больше в СВМПЭ, чем в ПЭВД, причем наполнение монтмориллонитом лишь уменьшает его величину, особенно в СВМПЭ. Возможно, это обусловлено релаксацией поляризации Максвелла-Вагнера на границе раздела наполнитель/связующее, которая протекает более интенсивно при повышенной температуре формирования образцов.

2) Обработка образцов в коронном разряде (как положительной, так и отрицательной полярности) приводит к существенному росту эффективной поверхностной плотности заряда. В положительной короне образцы СВМПЭ и ПЭВД приобретают примерно одинаковый заряд, причем их модифицирование незначительно увеличивает заряд. Незначительный рост ЭППЗ при содержании наполнителя 1 % масс. обусловлен, по-видимому, так называемым «эффектом малых концентраций», когда в полимерных нанокompозитах при небольшой концентрации наполнителя наблюдается существенное улучшение параметров некоторых физико-механических свойств [1]. Полученные результаты согласуются с данными работы [2], в которой показано, что максимальная эффективная поверхностная плотность заряда имеет место при содержании наполнителя примерно 4 об. % (что соответствует примерно 1% масс.). Характерно, что стабильность электретного состояния также существенно возрастает у ПЭВД, наполненного техническим углеродом, по сравнению с немодифицированным ПЭВД [3].

3) Обработка в коронном разряде отрицательной полярности увеличивает ЭППЗ образцов СВМПЭ значительно меньше, чем в положительной короне, а у ПЭВД заряд имеет примерно такую же величину.

4) В целом, учитывая технологическую сложность изготовления пленочных образцов из СВМПЭ по сравнению с ПЭВД, а также более высокие показатели эффективной поверхностной плотности заряда у образцов ПЭВД, предпочтение при изготовлении электретных пленок следует отдать полиэтилену высокого давления.

Литература

1. Пинчук, Л.С. Поляризационная модель упрочнения термопластов, содержащих ультрадисперсные неорганические наполнители / Л.С. Пинчук, С.В. Зотов, В.А. Гольдаде, А.В. Виноградов, А.А. Охлопкова, С.А. Слепцова // Журнал технической физики, 2000. – Т. 70, № 2. – С. 38-42.

2. Галиханов, М.Ф. Коронозлектреты на основе полиэтилена высокого давления, наполненного техническим углеродом / М.Ф. Галиханов, Д.А. Еремеев, Р.Я. Дебердеев, А.Г. Кравцов // Материалы, технологии, инструменты, 2004. – Т. 9, № 1. – С. 57-60.

3. Борисова, М.Э. Исследование стабильности электретного состояния пленок полиэтилена высокого давления с мелкодисперсным наполнителем технического углерода / М.Э.Борисова, Ю.К. Осина //

Шестая всероссийская Каргинская конференция «Полимеры-2014», сборник тезисов докладов. – Москва, 27-31 января 2014 г. – Т. II – С. 562.

М. А. Коваленко (ГГУ имени Ф. Скорины)
Науч. рук. **В. А. Гольдаде**, д-р. техн. наук, профессор

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРЕТНОГО ЗАРЯДА В ПОЛИМЕРНЫХ ПЛЁНКАХ, СОДЕРЖАЩИХ НАНОДИСПЕРСНЫЙ НАПОЛНИТЕЛЬ

Электретное состояние в диэлектриках возникает вследствие внешней активации, в частности, под воздействием электрического поля коронного разряда или низкоэнергетического лазерного излучения. Как правило, композит на основе полимера и нанодисперсного наполнителя имеет технологический заряд определённой величины, образующийся в образце при его формовании. Величина эффективной поверхностной плотности такого заряда (ЭППЗ) колеблется в пределах от 0,01 до 0,2 мкКл/м². При обработке образцов в коронном разряде максимальное значение ЭППЗ достигает 1 мкКл/м².

В настоящей работе проведен сравнительный количественный анализ результатов, полученных двумя методами получения электретов на основе полиэтилена высокого давления (ПЭВД) и сверхвысокомолекулярного полиэтилена (СВМПЭ). В качестве наполнителя использовали наноглину – монтмориллонит с дисперсностью 20 нм.

Образцы изготавливали методом горячего прессования при температуре 130 °С для ПЭВД и 180 °С для СВМПЭ. Содержание наполнителя варьировали в диапазоне от 0 до 3 % масс. После изготовления у образцов измеряли так называемый «технологический заряд». Затем одну часть образцов обрабатывали лазерным излучением с длиной волны 1,06 мкм по методике, изложенной в [1], другую – подвергали поляризации в коронном разряде положительной полярности. Процесс обработки в коронном разряде, как правило, проводили в 3 стадии: выдержка образцов при фиксированной температуре в печи, обработка в поле коронного разряда напряженностью 10 кВ/см в течение 15 минут, и остывание образца до комнатной температуры в поле коронного разряда. С точки зрения времени поляризации, лазерная обработка образцов происходит быстрее.