

# НОВЫЕ ФИЗИЧЕСКИЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О МЕХАНИЗМЕ ПРОЦЕССОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЗАРЯДКИ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

ГУРБАНОВ К.Б.

*Институт Физики Национальной Академии Наук Азербайджана*

В представленной работе проведено изучение основных закономерностей и физических механизмов образования зарядового состояния в некоторых полимерных и композиционных материалах под воздействием сильных электрических полей и различных видов электрического разряда в воздухе.

В работе установлены корреляции между процессами внедрения электрического заряда и технологической предысторией формования, структурой и составом исследуемых композиционных материалов. Исследованы возможности управления процессом внедрения электрического заряда в материал.

Установленные в работе новые физические представления о механизме процессов электрической зарядки поверхности твердых материалов были использованы при постановке и развитии научных основ новой технологии получения и эксплуатации полимерных электретов.

Выявленный по результатам данной работы факт образования заряженного состояния в пористых адсорбентах, подвергшихся электризации различными способами, а также высокое значение поверхностной плотности образованного заряда, позволило разработать технологию изготовления пленочных электретов на основе композиционного материала, содержащего в качестве компонента пористый адсорбент. Материалом для электретов была выбрана композиция, состоящая из поливинилиденфторида (ПВДФ) в качестве связующего и силикагеля марки КСМ – в качестве наполнителя.

Компоненты композиции ПВДФ и КСМ в порошкообразном состоянии предварительно подвергались термовакuumной обработке при  $200^{\circ}\text{C}$ , затем смешивались в вибрационном смесителе в необходимом объемном соотношении.

Полученная однородная смесь порошкообразных компонентов помещалась в специальную прессформу с нагревателем и нагревалась до температуры  $170^{\circ}\text{C}$  и после минутной выдержки прессовалась при давлении  $1,5 \cdot 10^7$  Па в течение одной минуты. Затем давление снижалось, образец охлаждался до комнатной температуры.

Полученный образец представляет собой пленку толщиной 100 микрон и размером (50x50)мм. На обе стороны пленки с помощью горячего прессования наносятся электроды из алюминиевой фольги толщиной 7 мкм в форме диска диаметром 30 мм. Алюминиевые электроды в некоторых случаях наносились путем термовакuumного напыления. После этого образец нагревался до температуры  $100^{\circ}\text{C}$  и при этой температуре поляризовался в постоянном электрическом поле напряженностью  $1,2 \cdot 10^7$  В/м в течение одного часа. Затем нагрев отключался и образец охлаждался до комнатной температуры в присутствии электрического поля. При достижении температуры образца комнатного значения электрическое поле отключалось. Зарядка образца электрета может производиться и с помощью коронного разряда[1,2].

В целях получения дополнительных информации, проясняющих механизм процессов изменения количества наполненного заряда в рассматриваемых материалах, проводились исследования зарядового состояния образцов, контрастированных тяжелыми атомами йода. В случае ПВДФ нам не удалось выявить его влияние на образование зарядового состояния в материале, поскольку ПВДФ оказался материалом, не сорбирующим атомы йода. При этих исследованиях достаточно результативными оказались образцы пленок из полиамида – 6, которые интенсивно сорбируют атомы йода. Иссле-

дования зарядового состояния образцов полиамида – 6, контрастированных йодом, показали, что при электризации материала воздействием коронным разрядом отрицательной полярности существенно повышается количество накопленного заряда. По видимому атомы йода, проникая в аморфные участки, увеличивают их плотность, создают дополнительные центры захвата электрических зарядов и, тем самым, способствуют повышению общего количества накопленного заряда. Увеличение количества накопленного заряда также наблюдается при исследованиях образцов. ПВДФ + КСМ, контрастированных атомами йода и обработанной коронным разрядом отрицательной полярности. В случае обработки образцов коронным разрядом положительной полярности заметных изменений в количестве накопленного заряда не наблюдалось. Указанная разница, связанная со знаком коронного разряда вполне понятна, учитывая электроотрицательную природу атомов йода.

Таким образом, с помощью проведенных исследований достаточно убедительно выявляется определяющее значение аморфных участков материала в процессах их электризации.

Следует отметить, что вышеизложенные результаты свидетельствуют о взаимосвязях процессов образования зарядового состояния в материалах с их надмолекулярной структурой. Установленные в работе корреляции между типом надмолекулярной организации и свойством полимерных материалов представляют возможность управлять процессом внедрения электрических зарядов в полимерные материалы.

Определение величины объемного заряда в поверхностном слое различных диэлектрических материалов было проведено и расчетным путем при исследовании формы капель диэлектрической жидкости на поверхности обработанных в разряде образцов. В каждой точке (х, у) мениска капли справедливо уравнение:

$$\Delta\rho gy + \Delta\rho^I = \gamma \left\{ y'' / \left[ 1 + (y')^2 \right]^{3/2} \right\} \quad (1)$$

где у – координата по оси ординат, у' и у'' – первая и вторая производные от у, γ – поверхностное натяжение поверхности, раздела жидкость – воздух, Δρ – разность плотностей жидкой и газовой фазы, g – ускорение свободного падения, Δρ<sup>I</sup> – аддитивная составляющая, учитывающая влияние электрического поля напряженностью Е, обусловленного зарядкой материала.

Решение уравнения (1) записывается в виде:

$$\gamma(1 - \cos \varphi) = C \frac{\Delta\rho gh^2}{2} + \sqrt{C} h \Delta\rho^I \quad (2)$$

где φ – краевой угол смачивания, h – высота капли на поверхности, С – фактор коррекции;

$$\Delta\rho^I = AE^2 \quad (3)$$

$$A = -\frac{\varepsilon_0 \varepsilon_3}{8\pi} \cdot \frac{\varepsilon_2 - \varepsilon_3}{\varepsilon_2} - \frac{\varepsilon_0 \varepsilon_2}{8\pi} \cdot \frac{\varepsilon_1 - \varepsilon_2}{\varepsilon_1} \quad (4)$$

где ε<sub>1</sub>, ε<sub>2</sub>, ε<sub>3</sub> – относительные диэлектрические проницаемости воздуха, жидкости, образца соответственно.

Выражение (2) – (4) позволяют определить среднюю поверхностную плотность заряда σ, создающего электрическое поле с напряженностью Е.

$$\sigma = 2\varepsilon_0 \varepsilon_3 E \quad (5)$$

По выражениям (2) и (5) были проведены оценочные расчеты поверхностной плотности заряда для полимерных материалов полиамид и поливинилиденфторид после их электроразрядной активации в факельном разряде; полученные значения σ находились в

согласии с известными из литературы значениями.

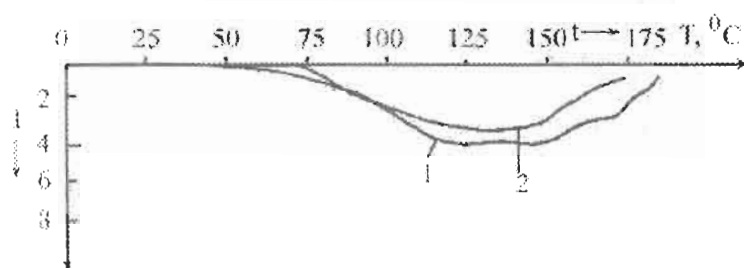


Рис.1. Спектр токов ТСП композиции, обработанной коронным разрядом отрицательной полярности. 1. ПВДФ + КСМ,  $I \times 10^{10}$  А; 2. ПВДФ + ПВДФ + иод,  $I \times 10^9$  А.

На рис.1 представлен характерный спектр ТСП образцов ПВДФ содержащих в виде наполнителей силикагель марки КСМ и тяжелые атомы йода.

Разработана и предложена качественно новая технология изготовления композиционного материала, обладающего широким диапазо-

ном электрофизических параметров.

Предложен новый композиционный электреты материал, включающий мелкопористый силикагель и обладающий повышенной поверхностной плотностью заряда и стабильностью.

Полученные в результате работы электреты могут быть использованы в электротехнической и электронной промышленности в качестве рабочего тела микрофонов, датчиков вибрации, деформации и перемещения, и т.д.

- [1] К.Б.Курбанов, Н.З.Шоюбов. Роль структурных особенностей аморфно-кристаллических полимеров в процессе их электризации, 2000, Электронная обработка материалов, №6, с.47-49.
- [2] Ч.М.Джуварлы, К.Б.Курбанов, Р.Н.Мехтизаде, М.А.Гасанов. Электретенные свойства полимерной композиции с неорганическим наполнителем. Кишинев, Электронная обработка материалов, 1995, №2, с.21-22.

## DİELEKTRİK MATERIALLARDA ELEKTRİK YÜKLÜ VƏZİYYƏTLƏRİN ƏMƏLƏ GƏLMƏSİNİN YENİ FİZİKİ ANLAYIŞLARI

QURBANOV K.B.

Məqalədə güclü elektrik sahələrinin və qazboşalmalarının təsirlərinə məruz qalan kompozisiyalı dielektrik materiallarda elektrik yüklü vəziyyətlərin əmələ gəlməsinin qanunauyğunluqlarına və fiziki mexanizmlərinə aid yeni anlayışlar şərh olunmuşdur.

## NEW PHYSICAL VIEWS ABOUT THE MECHANISM OF ELECTRICAL CHARGE PROCESSES IN THE DIELECTRIC MATERIALS

GURBANOV K.B.

The main legitimacies and physical mechanisms of a charging state formation in some polymeric and composition materials under action of the strong electric fields and various kinds of the electrical discharge in air was studying in the submitted article.