

АНТИСТАТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЛИМЕРНОЙ КОМПОЗИЦИИ НА ОСНОВЕ ПОЛИПРОПИЛЕНА И ПОЛИТЕТРАФТОРЭТИЛЕНА

С.А. АБАСОВ, У.А. КАБУЛОВ, М.А. РАМАЗАНОВ

*Институт физики АН Азербайджана,
370143, Баку, пр. Г. Джавида, 33*

Изучено влияние добавки политетрафторэтилена (ПТФЭ) на электретную разность потенциалов, плотность зарядов и время их спада в полипропилене (ПП). Показано, что при 1-2 масс % ПТФЭ указанные характеристики минимально уменьшаются, что указывает на проявление антистатических свойств в композиции ПП-ПТФЭ. Высказано предположение о том, что антистатические свойства композиции ПП-ПТФЭ обусловлены увеличением неоднородности (разрыхленности) ПП матрицы при введении в нее частичек ПТФЭ. На образование разрыхленной структуры также указывают максимальное уменьшение электрической прочности и увеличение величины тангенса угла диэлектрических потерь композиции ПП-ПТФЭ при 1-2 масс % добавки ПТФЭ.

Интенсивное развитие науки и техники предъявляет все более возрастающее требование к качеству материалов, используемых в обеспечении технического прогресса. В частности, повышаются требования, предъявляемые к диэлектрическим материалам, среди которых в настоящее время большое внимание привлекают антистатические полимерные композиции [1-4].

Известно, что полипропилен (ПП) обладает высоким удельным сопротивлением, является стабильным короноэлектретом. Однако в ряде случаев, в частности, при изготовлении волокон, ПП необходимо придать антистатические свойства. С этой целью ПП подвергается химической обработке. Так как ПП обладает повышенной химической стойкостью, непосредственная прививка к нему полярных антистатических групп невозможна. Поэтому предварительно в него вводят небольшое количество высокомолекулярного вещества.

Данная работа посвящена изучению влияния добавок политетрафторэтилена (ПТФЭ) на антистатические свойства ПП.

Объектом исследования являлся изотактический порошок ПП со среднемассовой молекулярной массой $2,86 \times 10^5$ и степенью кристалличности 64%. Порошок перемешивали на нагретых до 433 К вальцах в течение 120-180 сек, затем в течение последующих 90-120 сек в расплав ПП добавляли порошкообразный ПТФЭ марки

МРТУ-6-05-1285-70 (типа фторопласт-4) и продолжали перемешивать 900-1200 сек, после чего расплав охлаждали до комнатной температуры и получали заготовку - полотно. Далее полотно измельчали и из порошка на гидравлическом прессе при температуре 443 К под давлением 10 МПа в течение 300 сек изготавливали образцы толщиной 10^{-3} м, которые охлаждали под давлением до 313 К, затем давление снимали и образцы охлаждались до комнатной температуры.

О проявлении антистатических характеристик судили по уменьшению начальной электретной разности потенциалов U_0 , плотности зарядов q и времени их спада $\tau_{\text{сп}}$.

Зарядку проводили с помощью униполярного коронного разряда в воздухе в системе электродов игла-плоскость. Расстояние между иглой и образцом полимерной композиции составляло 10^{-2} м, диаметр острия иглы - 4×10^{-4} м, напряжение зарядки - 7×10^3 В, время зарядки - 180 сек. Электретную разность потенциалов определяли методом вибрирующего электрода. Тангенс угла диэлектрических потерь $\text{tg} \delta$ измеряли на частоте 1 кГц с помощью цифрового измерителя Е-8-4.

Данные по электретным свойствам, а также тангенс угла диэлектрических потерь $\text{tg} \delta$ композиций ПП-ПТФЭ в зависимости от содержания ПТФЭ приведены в таблице, причем все они были измерены при комнатной температуре.

Таблица

| ПТФЭ в масс.% Характеристики | 0 | 0,5 | 1,0 | 2,0 | 3,0 | 4,0 | 10,0 |
|----------------------------------|------|------|------|-----|-----|------|------|
| U_0 , В | 3000 | 2400 | 7,50 | 0 | 220 | 605 | 514 |
| $\tau_{\text{сп}}$, мин | 2800 | 26 | 0,3 | 0 | 0,1 | 0,25 | 3 |
| $\text{tg} \delta \cdot 10^{-4}$ | 29 | 38 | 65 | 87 | 79 | 82 | 86 |

Из таблицы видно, что начальная электретная разность потенциалов U_0 с введением даже малых (0,5 масс.%) добавок ПТФЭ начинает уменьшаться и при содержании 2 масс.% становится равной нулю, т.е. композиция ПП-ПТФЭ становится антистатическим материалом, однако с дальнейшим увеличением содержания ПТФЭ антистатические свойства композиции ухудшаются. Такую же зависимость от содержания ПТФЭ проявляет и время спада $\tau_{\text{сп}}$ электретной разности потенциалов (или количества зарядов) композиции. Из таблицы также

следует, что композиции ПП-ПТФЭ с содержанием ПТФЭ от 1 до 4 масс.% ведут себя как антистатические материалы, причем их время спада $\tau_{\text{сп}}$ не превышает 0,3 мин. Значения величины $\text{tg} \delta$, приведенные в таблице, изменяются в небольших пределах, причем при содержании ПТФЭ в количестве 2 масс.% значение $\text{tg} \delta$ по отношению $\text{tg} \delta$ исходного ПП увеличивается в 3 раза.

Так как композиция ПП-ПТФЭ в соотношении компонентов 98+2 масс.% обладает антистатическими свой-

ствами, представляло интерес исследование зарядового состояния этой композиции при различных соотношениях компонентов.

Зарядовое состояние в композициях ПП-ПТФЭ создавалось предварительным действием коронного разряда при напряжении 7×10^3 В в течение 180 сек, а также предварительной электротермополяризацией при температуре $T=393$ К, напряженности поля $E=10$ В/М в течение $T=3600$ сек.

После предварительного создания зарядового состояния в исследуемых образцах композиций ПП-ПТФЭ методом термостимулированной деполяризации (ТСД) были сняты кривые ТСД.

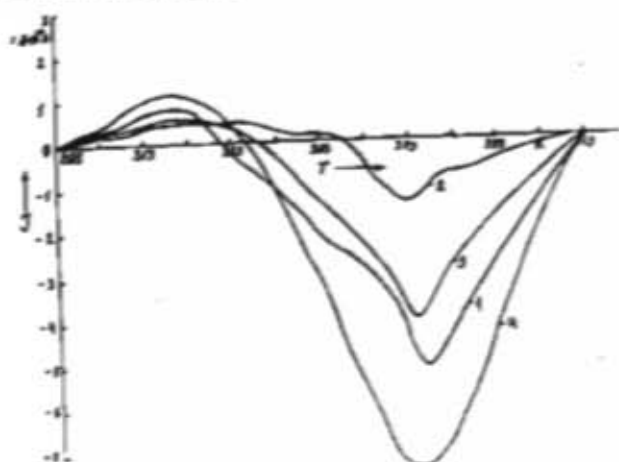


Рис. 1. Кривые ТСД для ПП без добавки и ПП, содержащих различные количества добавки ПТФЭ и предварительно подвергнутых действию коронного разряда: 1-ПП без добавки, 2-ПП+1,5 масс.% ПТФЭ, 3-ПП+2,5 масс.% ПТФЭ, 4-ПП+5,0 масс.% ПТФЭ.

На рис. 1 приведены кривые ТСД, снятые для ПП и композиций ПП-ПТФЭ, предварительно подвергнутых действию коронного разряда. Видно, что в зависимости от содержания ПТФЭ в композициях площадь кривых ТСД, из которой вычисляется количество внедренных зарядов, изменяется, причем при малом содержании ПТФЭ количество зарядов Q уменьшается, а при относительно большом содержании ПТФЭ наблюдается увеличение количества зарядов Q .

Для наглядности на рис. 2 построена зависимость плотности заряда $q=Q/S$ от содержания в масс.% ПТФЭ в композиции ПП-ПТФЭ, где Q - количество зарядов, рассчитанное из кривых ТСД, приведенных на рис. 1, S - площадь образца. Как видно, действительно, плотность заряда q в зависимости от содержания в масс.% ПТФЭ при малых значениях в интервале 1-2 масс.% ПТФЭ максимально уменьшается, после чего с ростом содержания ПТФЭ наблюдается увеличение q .

Для сравнения на рис. 3 представлена зависимость плотности заряда q , вычисленной из кривых ТСД образцов ПП и композиций ПП-ПТФЭ, предварительно подвергнутых электротермополяризации, от содержания ПТФЭ в масс.%. Видно, что характер зависимости плотности зарядов от содержания ПТФЭ аналогичен характеру зависимости q от количества добавки ПТФЭ в случае создания зарядового состояния под действием коронного

разряда (см. рис. 2). Опять в интервале 1-2 масс.% ПТФЭ плотность зарядов минимальна.

Интересным фактом является то, что композиции ПП-ПТФЭ, содержащие ПТФЭ в интервале 1-2 масс.%, обладают минимальным количеством внедренных зарядов независимо от способа внедрения, т.е. обладает антистатическими свойствами, что согласуется с данными, приведенными в таблице.

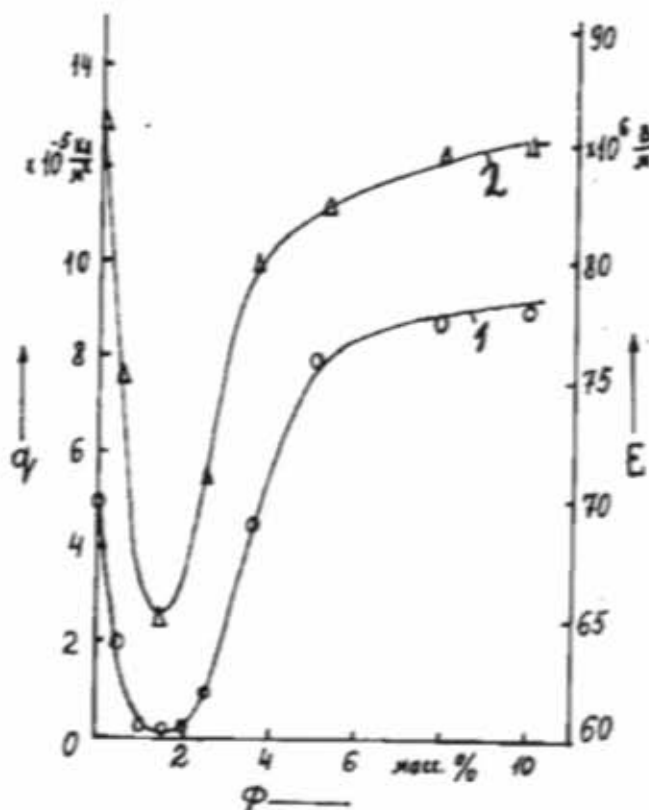


Рис. 2. Зависимости плотности зарядов (1) и электрической прочности (2) ПП от содержания добавки ПТФЭ после коронирования.

Следовательно, экспериментальные данные, приведенные в таблице и на рис. 2 и 3 показывают, что композиция ПП-ПТФЭ, содержащая ПТФЭ в количестве 1-2 масс.%, обладает минимальными значениями электронной разности потенциалов U_0 , плотности зарядов q и времени их спада $\tau_{\text{сп}}$, что является обязательными условиями для проявления антистатических свойств.

Другим не менее интересным фактом является то, что антистатические свойства композиции ПП-ПТФЭ проявляются только при определенном соотношении компонентов, а именно при (99+1) или (98+2) масс.%, т.е. определяются физической структурой материала и не зависят от способа внедрения зарядов, т.е. коронирования или электротермополяризации.

Проявление антистатических свойств, т.е. ухудшение электретных свойств композиций ПП-ПТФЭ при содержании 1-2 масс.% ПТФЭ, как нам кажется, связано с образованием разрыхленной структуры, в результате чего глубина ловушек заряда уменьшается, а это в свою очередь приводит к уменьшению электретной разности потенциалов U_0 , плотности зарядов q и времени их спада $\tau_{\text{сп}}$.

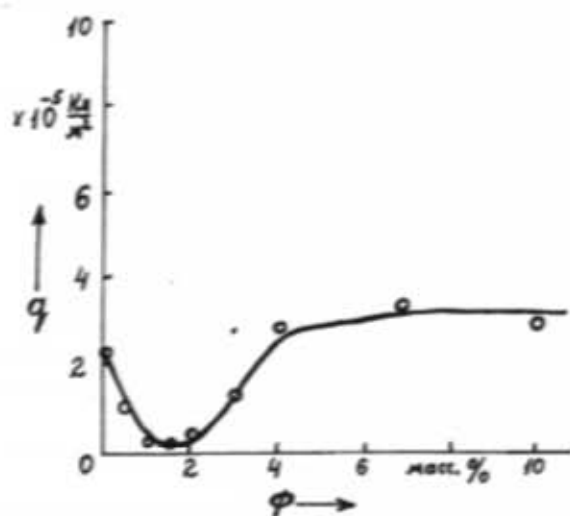


Рис. 3. Зависимости плотности зарядов ПП от содержания добавки ПТФЭ после электротермополяризации.

Чтобы убедиться, действительно ли проявление антистатических свойств композиций ПП-ПТФЭ при содержании ПТФЭ в количестве 1-2 масс.% связано с образованием разрыхленной структуры (увеличением неоднородности), была определена зависимость электрической прочности предварительно коронированных композиций

ПП-ПТФЭ при напряжении 7×10^3 В течение 180 сек от количества добавки ПТФЭ. Эта зависимость приведена на рис.2. Как видно, электрическая прочность E композиции ПП-ПТФЭ при 1-2 масс.% ПТФЭ максимально уменьшается, после чего наблюдается увеличение E в зависимости от содержания ПТФЭ. Другими словами, зависимости E и σ от количества добавки ПТФЭ коррелируют между собой. Максимальное уменьшение электрической прочности E при 1-2 масс.% ПТФЭ указывает на то, что действительно при указанных содержаниях в композиции ПП-ПТФЭ создается неоднородная (разрыхленная) структура, что приводит к проявлению антистатических свойств (одновременно к ухудшению электретных свойств), а также к уменьшению электрической прочности.

На образование разрыхленной структуры при 1-2 масс.% ПТФЭ в композиции ПП-ПТФЭ также указывает, по нашему мнению, увеличение величины $\tau \sigma \delta$ при вышеуказанных малых содержаниях ПТФЭ. Эти данные по $\tau \sigma \delta$ приведены в таблице.

Таким образом, из вышеприведенных экспериментальных данных следует, что введение в ПП 1-2 масс.% ПТФЭ позволяет получить полимерную композицию с антистатическими свойствами. Сделано предположение о том, что антистатические свойства композиции ПП-ПТФЭ обусловлены увеличением неоднородности (разрыхленности) ПП матрицы в связи с введением в нее частичек ПТФЭ.

- [1] В.П.Малин, У.А.Кабулов, А.А.Мехтиев, И.П.Сторожук, Н.Д.Гусейнова. Пластические массы, 1987, №7, с.59-60.
- [2] М.А.Багиров, В.П.Малин, У.А.Кабулов, С.А.Абасов, А.А.Мехтиев, И.П.Сторожук, В.Н.Хандожко. Авторское свидетельство №1468907, 1988.

- [3] У.А.Кабулов, С.А.Абасов, В.П.Малин, А.А.Мехтиев, И.П.Сторожук, В.Н.Хандожко. Пластические массы, 1991, №5, с.53-54.
- [4] Н.А.Ахперов, М.А.Багиров, А.П.Джафаров, У.А.Кабулов, В.П.Малин, А.А.Мехтиев, З.Г.Торчова. Авторское свидетельство №1651388, 1991.

S.A. Abasov, U.Ə. Kabulov, M.Ə. Ramazanov

POLİPROPİLEN VƏ POLİTETRAFTORETİLEN ƏSASINDA POLİMER KOMPOZİSİYASININ ANTİSTATİK XASSƏLƏRİ

Politetraftoretillen (PTFE) əlavəsinin polipropilenin (PP) elektret potensialları fərqi, elektrik yüklərinin sıxlığına və onların azalma müddətlərinə təsiri öyrənilmişdir. Göstərilmişdir ki, PTFE əlavəsinin 1-2 kütlə miqdarında göstərilən xassələr minimal olaraq azalır. Bu iş öz növbəsində PP-PTFE kompozisiyasında antistatik xassələrin yarandığını göstərir. Fərz edilmişdir ki, PP-PTFE kompozisiyasının antistatik xassələri PP matrisasına PTFE hissəcikləri daxil edilərkən onda qeyribircinsliyin artması ilə əlaqədardır. Qeyri bircinsli quruluşun əmələ gəlməsini həmçinin PTFE əlavəsinin 1-2 kütlə miqdarında PP-PTFE kompozisiyasının elektrik möhkəmliyinin maksimal azalması və dielektrik itgisinin tangens bucağının artması da göstərir.

S.A. Abasov, U.A. Kabulov, M.A. Ramazanov

ANTISTATIC PROPERTIES OF POLYMERIC COMPOSITION ON THE BASE OF POLYPROPYLENE AND POLYTETRAFLUORETHYLENE.

There have been investigated the influence of polytetrafluorethylene (PTFE) admixture on electret potential difference, charge density and their fall time of polypropylene (PP). It is shown that at 1-2 mass.% of PTFE mentioned characteristics are minimum decreased that points on the display of antistatic properties in PP-PTFE composition. It has been proposed that antistatic properties of PP-PTFE composition are due to increase of heterogeneity (loosening-up) of PP matrix during the introduction of PTFE particles into it. For loose structure formation it is also indicated by maximum decrease of electric strength and increase of magnitude of dielectric loss tangent of PP-PTFE composition at 1-2 mass.% of PTFE admixture.