

М.А. Рамазанов*, С.А. Абасов**, З.Э. Мустафаев**,
С.Дж. Керимли**, Х.С. Ибрагимова**

ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ И ПРОЧНОСТНЫЕ СВОЙСТВА ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИЙ

*Бакинский государственный университет,
ул. З. Халилова, 23, AZ-1148

**Институт физики НАН Азербайджана
пр. Г. Джавида, 33, г. Баку, AZ1143

Композиции на основе полимеров и добавок (пьезокерамических, магнитных и т.д.) широко применяются в различных устройствах (датчиках, преобразователях и т.д.), а также в энергетическом оборудовании [1–4]. При этом важную роль играют их диэлектрические и прочностные свойства [5–9].

В данной статье изложены результаты исследования диэлектрических (ϵ , $\text{tg } \delta$, ρ_v) и прочностных (σ , $E_{\text{пр}}$) свойств композиций на основе полипропилена (ПП), полиэтилена (ПЭ) и поливинилиденфторида (ПВДФ) с пьезокерамическими, магнитными добавками. Были использованы пьезокерамики типа ПКР5 и ПКР8, которые имеют состав цирконата-титаната-свинца (ЦТС). Пьезокерамике ПКР5 присуща ромбоэдрическая, а ПКР8 – тетрагональная структура. Магнитной добавкой служил NiZnO_2 .

Композиции были получены методом горячего прессования механической смеси из порошков пьезокерамики, магнитной добавки NiZnO_2 и ПП, ПЭ, ПВДФ в отдельности при температуре плавления полимерной матрицы под давлением 15 МПа в течение 10 мин с последующим охлаждением.

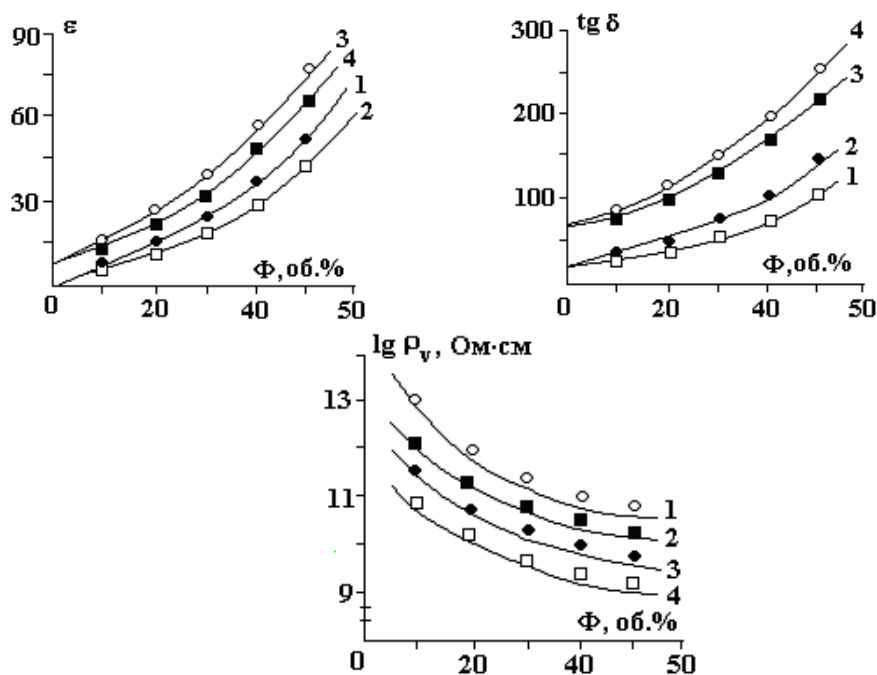


Рис. 1. Зависимости ϵ , $\text{tg } \delta$ и ρ_v композиций ПЭ+ПКР5 (1), ПЭ+ПКР8 (2) ПВДФ+ПКР5(3) и ПВДФ+ПКР8 (4) от объемного содержания пьезокерамики

На рис. 1 представлены зависимости диэлектрической проницаемости ϵ , тангенса угла диэлектрической потери $\text{tg } \delta$ и удельного объемного сопротивления ρ_v композиций ПЭ+ПКР5, ПЭ+ПКР8, ПВДФ+ПКР5 и ПВДФ+ПКР8 от объемного содержания пьезокерамики,

причем увеличению количества пьезокерамики соответствует такое же уменьшение количества полимерной матрицы. Из рис. 1 видно, что с ростом объемного содержания пьезокерамики наблюдается увеличение диэлектрических характеристик ϵ и $\text{tg } \delta$, и уменьшение величины ρ_v , причем при данном объемном содержании пьезокерамики значения ϵ , $\text{tg } \delta$ и ρ_v зависят как от природы полимерной матрицы, так и от типа пьезокерамики.

На рис. 2 показаны зависимости механической прочности σ и электрической прочности $E_{\text{пр}}$ композиции ПЭ+ПКР5 от объемного содержания пьезокерамики. Как видно из рисунка, с ростом объемного содержания пьезокерамики значения σ и $E_{\text{пр}}$ композиции уменьшаются. Это связано с обволакиванием частицами пьезокерамики полимерной матрицы, в результате чего ослабляется взаимодействие на границе между полимерной матрицей и пьезокерамикой.

Сравнение экспериментальных данных, приведенных на рис. 1 и 2, показывает, что росту величин ϵ и $\text{tg } \delta$ композиций соответствует уменьшение значения σ и $E_{\text{пр}}$ в зависимости от объемного содержания пьезокерамики.

На рис. 3 приведены зависимости ϵ , $\text{tg } \delta$ и $\lg \rho_v$ композиции ПЭ+ПКР5 в соотношении компонентов 70+30 об.% от напряженности переменного электрического поля, под действием которого осуществлялась электрообработка [10]. Видно, что ϵ и $\lg \rho_v$ с ростом напряженности до $11 \cdot 10^6$ В/м увеличиваются, после чего они уменьшаются, однако значение $\text{tg } \delta$ с увеличением напряженности до $11 \cdot 10^6$ В/м уменьшается, после чего наблюдается ее небольшой рост.

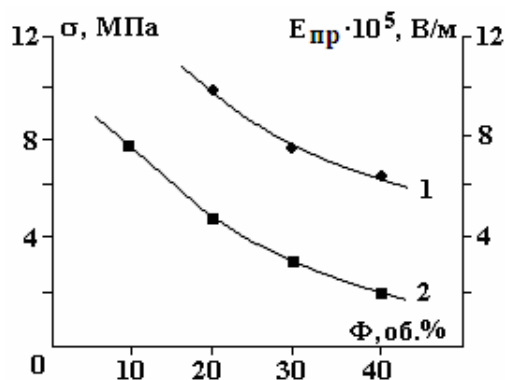


Рис. 2. Зависимости электрической (2) и механической (1) и прочности композиции ПЭ+ПКР5 от объемного содержания

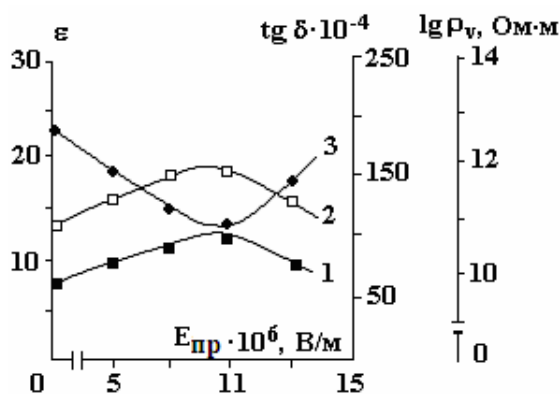


Рис. 3. Зависимости ϵ (1), $\lg \rho_v$ (2) и $\text{tg } \delta$ (3) композиции ПЭ+ПКР5 от напряженности электрического поля при электрообработке в течение 1 ч

На рис. 4 построены зависимости электрической (σ) и механической ($E_{\text{пр}}$) прочности композиции ПЭ+ПКР5 в соотношении компонентов 70+30 об.% от напряженности переменного поля электрообработки. Как видно, и здесь наблюдается максимальное увеличение $E_{\text{пр}}$ и σ после обработки в электрическом поле напряженностью 10^7 В/м.

В то же время и здесь обработка в электрическом поле под действием более высокого напряжения приводит к уменьшению как электрической, так и механической прочности композиции.

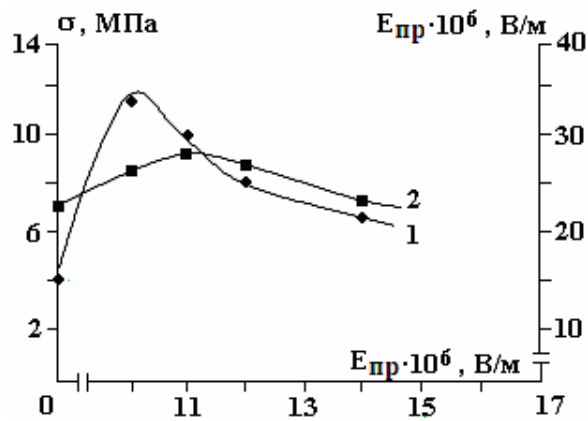


Рис. 4. Зависимости электрической (1) и механической (2) прочности композиции ПЭ+ПКР5 от напряженности электрического поля при электрообработке в течение 1 ч

Из экспериментальных данных, приведенных на рис. 3 и 4, видно, что росту σ и $E_{пр}$ соответствуют увеличение ϵ , $\lg \rho_v$ и уменьшение $\text{tg} \delta$ в зависимости от напряженности электрического поля электрообработки. Из вышеприведенных экспериментальных результатов следует, что увеличение σ и $E_{пр}$ композиции после обработки в электрическом поле связано с процессом термического прогрева полимерной матрицы и изменением структуры приграничного слоя. Дальнейшее уменьшение σ и $E_{пр}$ в зависимости от $E_{об}$, по нашему мнению, связано с разрушением полимера и увеличением объемного заряда. Увеличение объемного заряда приводит к росту проводимости, а это уменьшает электрические прочности композиции. Таким образом, наблюдаемые изменения прочностных и диэлектрических свойств полимерных композиций объясняются изменением физической структуры приграничного слоя композиции под действием зарядов, образующихся в процессе электрообработки. На рис. 5 представлены зависимости механической прочности σ композиций ПЭ+NiZnO₂ и ПВДФ+NiZnO₂ от объемного содержания магнитной добавки NiZnO₂ до и после обработки в магнитном поле напряженностью 2,4 кЭ в течение 0,5 ч. Видно, что с увеличением количества магнитной добавки (соответственно с уменьшением количества полимерной матрицы) механическая прочность σ уменьшается. Такой ход зависимости σ от объемного содержания магнитной добавки NiZnO₂ связан с увеличением удельной поверхностной площади наполнителя и уменьшением доли полимерной матрицы композиции, так как полимерная матрица играет роль связующего. Из рисунка также видно, что действие магнитного поля приводит к уменьшению механической прочности композиций ПЭ+ NiZnO₂ и ПВДФ+NiZnO₂. Изменение механической прочности после обработки композиции в постоянном магнитном поле, по нашему мнению, связано с поляризацией магнитной частицы, в результате чего происходит разупорядочивание структуры (возбуждение макромолекул, локальная поляризация).

В таблице приведены значения удельного объемного сопротивления ρ_v полимерных композиций ПЭ+NiZnO₂ и ПВДФ+NiZnO₂ в зависимости от объемного содержания магнитной добавки NiZnO₂. Видно, что и здесь значение ρ_v уменьшается, что соответствует уменьшению механической прочности σ (рис. 5).

Материал	Ф, об. %	10	20	30	40	50
ПЭ+ NiZnO ₂	$\rho_v, \text{Ом} \cdot \text{м}$	$3,4 \cdot 10^{12}$	$8,8 \cdot 10^{11}$	$4,7 \cdot 10^{11}$	$4 \cdot 10^{11}$	$3,9 \cdot 10^{11}$
ПВДФ+ NiZnO ₂	$\rho_v, \text{Ом} \cdot \text{м}$	$3,8 \cdot 10^{12}$	$2,9 \cdot 10^{12}$	$8,8 \cdot 10^{11}$	$6 \cdot 10^{11}$	$5,7 \cdot 10^{11}$

Таким образом, из вышеприведенных экспериментальных данных следует, что между изменениями диэлектрических и прочностных свойств полимерных композиций в зависимости от объемного содержания вводимых добавок существует корреляция, а именно увеличению диэлектрической проницаемости ϵ и тангенса диэлектрической потери $\text{tg} \delta$ соответствует уменьшение удельного сопротивления ρ_v , механической прочности σ и электрической прочности $E_{пр}$. Однако наблюдаемое увеличение значения ϵ в зависимости от напряженности поля при электрообработке и ее корреляцию со значениями ρ_v , σ и $E_{пр}$ можно объяснить, как нам кажется, действием зарядов во время электрообработки.

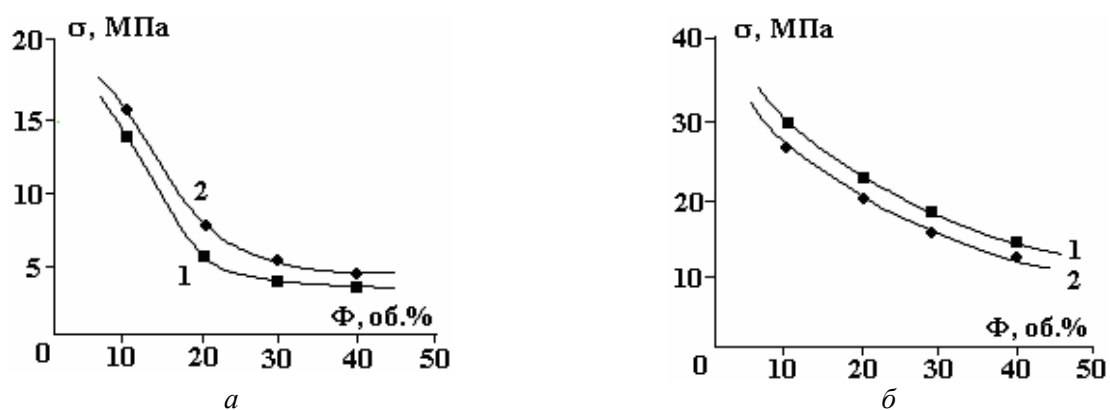


Рис. 5. Зависимости механической прочности композиций ПЭ+ NiZnO₂ (а) и ПВДФ+NiZnO₂ (б) от объемного содержания добавки NiZnO₂ до (1) и после (2) обработки в магнитном поле напряженностью 2,4 кЭ в течение 0,5 ч

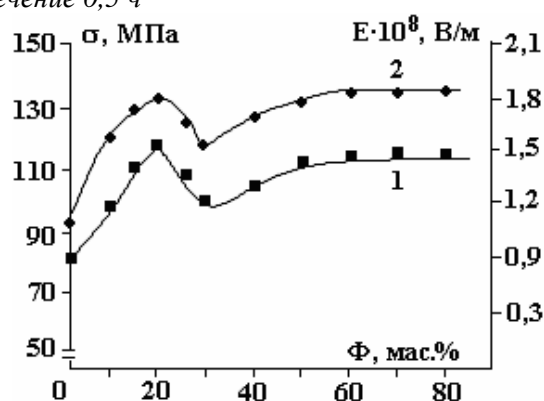


Рис. 6. Зависимости механической (1) и электрической (2) прочности композиции ПП + ПЭ от количества ПЭ

На рис. 6 приведены зависимости механической σ и электрической $E_{пр}$ прочности композиций полимер-полимер, а именно полипропилен-полиэтилен (ПП+ПЭ) от количества ПЭ (соответственно и от ПП). Как видно, при соотношении компонентов 80+20 % мас. σ и E максимально увеличиваются, а при больших содержаниях ПЭ (соответственно при меньших содержаниях ПП) σ и $E_{пр}$ уменьшаются, приближаясь к насыщению. Максимальные значения величин σ и $E_{пр}$ при соотношении компонентов 80+20 % мас. объясняются, с одной стороны, увеличением доли аморфной части, а с другой – образованием мелкосферолитных структур [11]. Известно, что с увеличением количества аморфной доли прочностные свойства возрастают, так как часть полимерных цепей, проходящих в аморфной области, являются основными несущими нагрузки. Также известно, что образование мелкосферолитных структур приводит к более равномерному распределению внешних нагрузок. В результате этого наблюдаются увеличения прочностных свойств композиции ПП+ПЭ при соотношении компонентов 80+20 % мас. [11].

ЛИТЕРАТУРА

1. Шахтахтинский М.Г., Гусейнов Б.А., Курбанов М.А., Кулиев А.О. Пирозэлектрические свойства полимерных композиций на основе ПВДФ-ЦТС-19 // ФТТ. 1983. Т. 25. В.12. С. 3722–3723.
2. Шахтахтинский М.Г., Гусейнов Б.А., Курбанов М.А. Пьезоэлектрические свойства полимерных композиций с сегнетоэлектрическим наполнителем // Электронная техника, сер. 6. Материалы, 1984. В.8 (193). С. 76–78.
3. Ramazanov M.A., Panakhova Z.G. Piezocomposite sensor for registration artery pulse wave" // Instruments and Experimental Techniques. 1997. V.40. № 5. P. 708–709.
4. Фесенко Е.Г., Данцигер А.Я., Разумовская О.Н. Новые пьезокерамические материалы. Ростов-на-Дону: изд. РГУ, 1983, с.154.
5. Абасов С.А., Рамазанов М.А. Влияние термообработки на прочностные и диэлектрические свойства полимерных композиций // Fizika, 1999. В.5. № 2. С. 11–13.

6. *Рамазанов М.А., Абасов С.А.* Электрические прочностные свойства на основе полимеров и пьезокерамик. Проблемы энергетики. 2001. № 2. С. 86–89.
7. *Abasov S.A., Ramazanov M.A., Mustafaev Z.E.* The mechanical and electric durabilities of polymer compositions on the base of polyvinilidenftoride and piezoceramics // *Fizika*. 2001. V. 7. P. 24–26.
8. *Ramazanov M.A., Абасов С.А., Мустафаев З.Е.* Influence of electrothermopolarisation on the strength characteristics of polymer-piezoelectricfase compositions // *New technologies for the 21st century*. 2001. № 6. P. 26–28.
9. *Мустафаев З.Э., Рамазанов М.А., Абасов С.А.* Влияние зарядового состояния на электрическую и механическую долговечности композиций на основе поливинилиденфторида и пьезокерамики // *Известия НАН Азербайджана. Сер. физ.-мат. и техн. наук*. 2002. № 2. С. 26–29.
10. *Абасов С.А., Рамазанов М.А., Ибрагимова Х.С., Мустафаев З.Э.* Влияние предварительной обработки под действием электрического поля на прочностные свойства композиции на основе полиэтилена и пьезокерамики // *Физика и химия обработки материалов*. 2003. № 5. С. 87–88.
11. *Регель В.Р., Слуцкер А.И., Томашевский Э.Е.* Кинетическая природа прочности твердых тел. Москва: Наука, 1974. 560 с. (см.с.284).
12. *Абасов С.А., Мамедов Ш.В., Алекперов В.А., Велиев Т.М.* Исследование прочностных свойств и структуры композиции на основе полипропилена и полиэтилена // *Fizika*, 1995. В.1. № 1. С. 50–55.

Поступила 28.03.06

Summary

Are investigated dielectrics (dielectric permeability of ϵ , tangents of a corner of dielectric loss $\text{tag}\delta$, specific volumetric resistance ρ_v) and strengths (mechanical strengths σ and electrical strength E) properties of compositions on the basis of polymers (of polypropylene, polyethylene and polyvinylidentflouride) and piezoceramics, magnetic additives. The mechanisms of change dielectrics (ϵ , $\text{tag}\delta$, ρ_v) and strength (σ , E) properties of polymeric compositions are given depending on the volumetric contents of the entered additives.
