

Table 1

No	Test bar symbol	Technological characteristics		Mechanical characteristics						Obsv.
		V_r [m/min]	A [μ m]	$R_{p0.2}$ [MPa]	$\Delta R_{p0.2}$ [%]	R_m [MPa]	ΔR_m [%]	A_{80} [%]	ΔA_{80} [%]	
1.	0	5	-	996	-	1090	-	1.28	-	Hardened stage
2.	US ₁	5	10	910	8.63	990	9.17	2.20	41.81	Softening process
2.	US ₂	5	15	899	9.73	987	9.44	3.20	60.0	Greater softening
4.	US ₃	5	20	926	7.02	1006	7.70	2.40	46.6	Ultrasonic softening and hardening

3. Conclusions

Laboratory experiments have shown the possibility to obtain the ultrasonic softening effect in previously hardened cold-rolled steel strips. The process passes under the influence of ultrasonic energy through the stages: hardening, softening and, possibly, a new hardening depending on the amount of the energy induced in the metal and on the vibrational amplitude of the deformation tool. The rolling of metal strips with ultrasonic activation is promising to increase the deformation degree and the rolling rate in comparison with the conventional rolling, that provides much greater productivity.

For the potential application of this method in a large scale it is necessary to continue experiments through the development of basic and applied research.

REFERENCES

1. *Dragan Ov. et al.*, Ultrasound of high energy [in Romanian]. Editura Academiei, Bucuresti, 1983.
2. *Susan M. et al.*, Special plastic working [in Romanian]. Editura "Gh. Asachi", Iasi, 2000.
3. *Kralik G., Weiss B.*, Uber die Ultraschallverfestigung von Kubisch flachenzentrierten Metallen and Legierungen. Zeitschrift fur Metall-Kunde, 58, (7), 1967, pp. 471–475.
4. *Susan M.* Research Concerning Steel Ball Bearing Wire Drawing in an Ultrasonic Field [in Romanian]. PhD Thesis, Asachi Technical University, Iasi, 1996.

Received 01.06.06

Summary

The possibility has been shown to obtain the effect of ultrasonic softening through laboratory experiments in hardened cold-rolled steel strips. The rolling of metal strips using ultrasonic activation is promising for increasing the deformation degree in comparison with the conventional rolling as well as for growth of the rolling rate, which supposes greater productivities.

A.A. Алиев

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ РАЗРЯДОВ НА КОМПОЗИЦИИ ПОЛИОЛЕФИНОВ В ОБЛАСТИ МАЛЫХ ДОБАВОК ОДНОГО ИЗ КОМПОНЕНТОВ

*Институт радиационных проблем НАН Азербайджана,
ул. Ф. Агаева, 9, Az 1143, г. Баку, Республика Азербайджан*

Введение. Одна из причин пробоя высоковольтной изоляции – развитие электрических разрядов в местах газовых включений внутри ее [1]. Второй важной причиной является возникновение и развитие в участках с резкой неоднородностью поля каналов частичного пробоя при длительном воздействии электрического поля, то есть дендритов или триинга, приводящих к постепенной потере массы (эрозии) материала, а также к локальному уменьшению его толщины и в конечном счете к полному пробояю.

Поэтому для повышения срока службы полимерной высоковольтной изоляции нужен материал, обладающий монолитной структурой (с минимальным количеством газовых включений и неоднородностей), а также стойкостью к действию электрических разрядов.

В последнее время все больший интерес исследователей привлекают полимерные смеси. Получаемые материалы обладают комплексом новых свойств, которых нет у исходных полимеров [2].

Много работ посвящено исследованию смесей полипропилен-полиэтилен (ПП-ПЭ) с целью повышения ударной прочности полипропилена (ПП), снижения его температуры, хрупкости и т.д., но практически отсутствуют сведения об изучении смеси ППП-ПЭ как полимерной изоляции.

Свойства полимерных смесей, компоненты которых не вступают в химическое взаимодействие друг с другом, существенно зависят от их структуры, которая в свою очередь определяется концентрационным соотношением между компонентами: с увеличением содержания одного компонента в матрице другого структура смеси последовательно проходит ряд стадий: раствор, область межфазного растворения, дисперсная микрогетерогенная структура, коагуляционная сетка, инверсионная структура [3, 4].

Можно предположить, что механизм разрушения полимерных смесей под действием внешних факторов также будет существенно зависеть от концентрационного соотношения между компонентами.

Экспериментальная часть. Цель работы – исследование электрического старения пленок смесей полипропилен-полиэтилен в области малых концентраций (до 5–10 вес. %) одного из компонентов. Смесей ППП с ПЭ готовили из неингибированных изотактических порошков ППП (средневесовой молекулярный вес $\bar{M}_w = 2,86 \cdot 10^5$, среднечисловой молекулярный вес $\bar{M}_n = 6,23 \cdot 10^4$, $\bar{M}_w/\bar{M}_n = 4,6$, степень кристалличности $\chi=64$) и ПЭ ($\bar{M}_w = 4,15 \cdot 10^4$, $\bar{M}_n = 2,71 \cdot 10^4$, $\bar{M}_w/\bar{M}_n = 1,53$, $\chi = 49$) на шаровой мельнице в течение 60 мин с последующим пропусканием через микроэкструдер с тремя регулируемые температурными зонами (140, 160, 190⁰С). Изотропные пленки получали прессованием экструдата в течение 30 минут при 200⁰С и давлении 200 атм на подложке из полиимидной пленки. Толщина пленок составляла 100–120 мкм. Пленки закаляли в воде при 30⁰С сразу после прессования.

Воздействие электрических разрядов осуществляли в несимметричной испытательной ячейке, состоящей из плоского металлического электрода, на который помещали испытуемый образец полимерной пленки, воздушного зазора величиной 1,5 мм и стеклянной пластины той же толщины: высокое электрическое напряжение $U = 9$ кВ промышленной частоты прикладывали к металлизированному покрытию на внешней поверхности стеклянной пластины.

Образцы до и после воздействия электрических разрядов взвешивали на весах ВЛР-200 с точностью до 0,01 мг. Окисление прослеживали по полосе карбонильных ($C = O$) групп при 1720 см⁻¹ с помощью УК-спектрофотометра. Электрическую прочность $E_{пр}$ определяли на токе промышленной частоты как среднearифметическое значение из результатов 10 независимых измерений отношения $U_{пр}/h$, где $U_{пр}$ – пробивное напряжение, повышаемое со скоростью 1 кВ/с, h – средняя толщина вокруг места пробоя. Тангенс угла диэлектрических потерь $tg\delta$ и емкость пленок ϵ измеряли с помощью моста Р-589.

Результаты и их обсуждение. В табл. 1 приведены результаты испытаний полимерных композиций ПЭ-ППП, из которой видно, что добавки ППП (в количестве 0–5%) в ПЭ вызывают незначительные изменения электрических характеристик последующих композиций.

Таблица 1. Характеристики полимерных композиций ПЭ-ППП

Характеристика	Образец				
	ПЭ	ПЭ+0,5%ППП	ПЭ+1%ППП	ПЭ+2%ППП	ПЭ+5%ППП
$E_{пр}$, кВ/мм	118	116	120	118	116
$tg\delta \cdot 10^{-4}$	7	6	5	4	5
ϵ	2,2	2,4	2,8	2,9	2,7
$lg \rho_v$ (Ом·м)	14,5	13,8	14,6	14,3	14,2

Полиэтилен и полипропилен являются несовместимыми полимерами. ПЭ кристаллизуется в более стабильную орторомбическую решетку, тогда как ППП – в моноклинную форму. Однако оба компонента оказывают обоюдное влияние на процесс кристаллизации и формирования низкомолекулярной структуры [5, 6].

Введение малых (1–2 вес.%) концентраций ППП в ПЭ повышает стойкость ПЭ к эрозии и окислению, вызванному действием электрических разрядов (рис. 1 и табл. 2).

Известно, что ППП является менее устойчивым к воздействию электрических разрядов, чем ПЭ,

что объясняется наличием третичных атомов углерода в его макромолекулах. Действительно, за 20 часов электрического старения в наших условиях у индивидуального ПП убыль массы составила около 20 мг, а у индивидуального ПЭ – лишь 8. Казалось, что введение ПЭ и ПП должно было повысить его стойкость к действию электрических разрядов и наоборот, однако в области малых добавок этого не наблюдается. Экстремальный характер потери массы и окисления в области 0,5–1 вес. % ПЭ в ПП и в 1–2% можно объяснить представлением о межфазном слое.

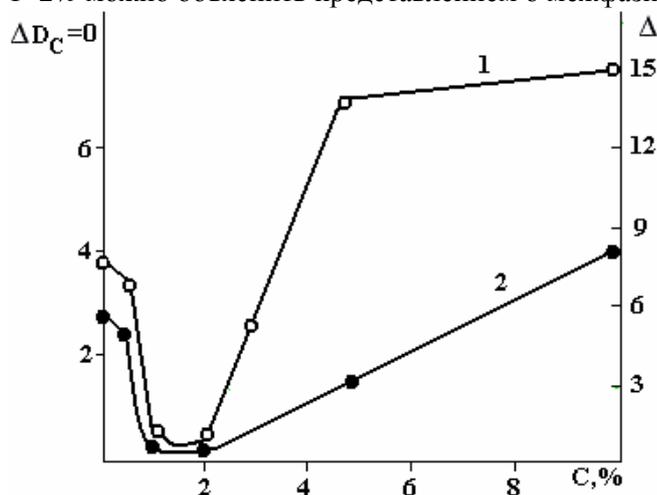


Рис. 1. Потеря массы Δm (1) и степень окисления (2) образцов ПЭ в зависимости от содержания ПП. $U_{стар}=9$ кВ, $t_{стар}=20$ час

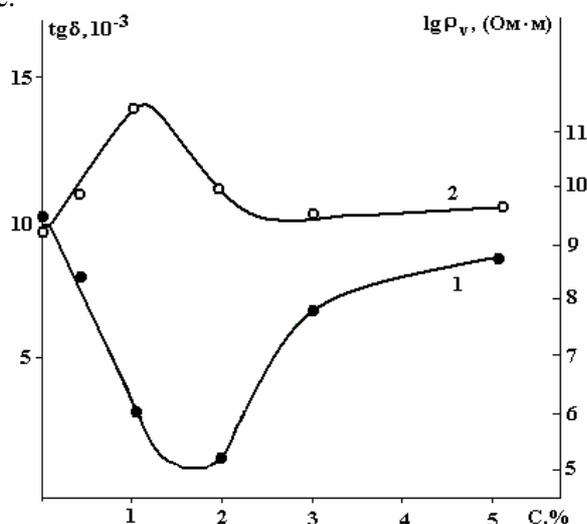


Рис. 2. Изменения тангенса диэлектрических потерь $tg\delta$ (1) и удельного сопротивления $lg\rho_v$ (2) образцов ПЭ в зависимости от содержания ПП

Таблица 2. Характеристики полимерных композиций после электрического старения

Характеристика	Образец				
	ПЭ	ПЭ+0,5%ПП	ПЭ+1%ПП	ПЭ+2%ПП	ПЭ+5%ПП
$E_{пр}$, кВ/мм	43,0	38,0	60,0	64,0	32,0
$tg\delta \cdot 10^{-4}$	95,0	80,0	26,0	32,0	78,0
ϵ	3,2	3,8	4,7	4,8	4,2
$lg\rho_v$ (Ом·м)	9,3	9,5	11,6	10,6	9,4
Δm , мг	7,5	6,6	0,9	0,9	14,8
$\Delta D_c=0$	3,8	3,6	0,03	0,02	1,5

Согласно [7, 8] экстремальный характер изменения свойств полимерных смесей в области очень малых добавок одного из компонентов (модификатора) объясняется расслоением полимерного раствора при определенном содержании модификатора, его выделением в дисперсную фазу и образованием межфазного слоя со специфическими свойствами. При этом модификатор может образовывать армирующий каркас или заполнять структурные дефекты полимерной матрицы, то есть обеспечивать ее более мелкую и однофазную структуру или же, наоборот, разрыхлять структуру матрицы и повышать ее дефектность.

Таким образом, при введении малых добавок ПП в ПЭ происходит уменьшение свободного объема, межфазный слой становится более плотным и стойкость к электрическому старению максимальна (табл. 2).

Об этом свидетельствует резкое увеличение удельного объемного сопротивления пленок полиэтилена при добавлении к ним 1–2% объемных (весовых) частей полипропилена, а также уменьшение тангенса угла диэлектрических потерь пленок ПЭ с добавками ПП (рис. 2, кривые 1 и 2).

В момент межфазного расслоения образуется большое количество частиц модификатора малых размеров и величина межфазного слоя максимальна. С дальнейшим увеличением содержания модификатора размеры частиц возрастают, а их концентрация снижается и межфазный слой уменьшается. Действительно, в нашем случае после концентраций ПП 1 вес.% в ПЭ наблюдаются резкое снижение окисления и потеря массы под действием частичных разрядов, а также возрастание электрической прочности (рис. 3) [9].

Проведенные эксперименты еще раз подтверждают высказанное ранее предположение о том, что для всех смесей полимеров в двух-, трех- и многокомпонентных системах, совместимых или несовместимых, существует доля модификатора (от 0–10 вес.%), при наличии которой в полимерных

системах будет происходить резкое, лавинообразное изменение структуры и электрофизических свойств как в сторону улучшения, так и ухудшения исходных параметров из состава системы [10, 11].

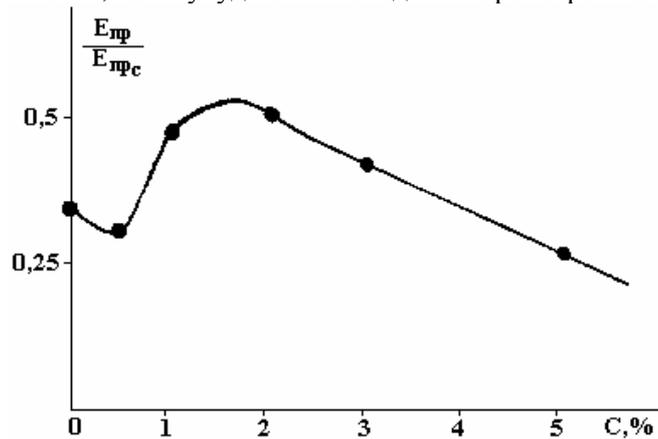


Рис. 3. Зависимость электрической прочности E_{np} образцов ПЭ с различным содержанием ПП. $U_{стар} = 9$ кВ, $t_{стар} = 10$ час

Следует отметить, что изучение полимерных смесей, а также многокомпонентных полимерных композитов имеет важное научное и практическое значение и позволяет получать новые полимерные материалы, обладающие ценными свойствами без создания дорогостоящих технологий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Багиров М. А., Малин В. П. Электрическое старение полимерных диэлектриков. Баку: Азернешр, 1987. 208 с.
2. Попов А.А., Гусак А.В., Гладиллин М.П., Заиков Г.Е. Смесевые композиции полипропилена и полиэтилена высокой прочности. Свойства изотропных образцов // Высокомолекул. соед. 1986. А 28, № 5. С. 1083–1088.
3. Липатов Ю.С. Коллоидная химия полимеров. Киев: Наукова думка, 1984, 344 с.
4. Кулезнев В.И. Смеси полимеров. М.: Химия, 1980. 304 с.
5. Алиев А.А. Влияние состава смеси полеолефинов ПП-ПЭ на структуру и электрические свойства полимерных композиций // Bilqi. 2003. № 3. С. 9–14.
6. Керимов М.К., Алиев А.А. Полимерные смеси и композиты // Докл. НАН Азербайджана. 2003. Т. 59. № 3–4. С. 55–67.
7. Липатов Ю.С., Лебедев Е.В. Коллоидно-химические особенности полимер-полимерных систем // Физико-химическая механика и лиофильность дисперсных систем // Республ. межвед. сб. Киев: Наукова думка, 1982. № 14. С. 3–13.
8. Кулезнев В. Н., Клыкова В. Д. и др. Поведение бинарных смесей полимеров в области фазового разделения // Физико-химическая механика и лиофильность дисперсных систем. Республ. межвед. сб. Киев: Наукова думка, 1982. № 4. С. 14–20.
9. Алиев А.А., Багиров М.А., Малин В.П., Попов А.А., Гусейнова Н.Д. Электроизоляционная композиция. Авторское свидетельство № 1515203, А1, от 15.10.1989.
10. Алиев А.А. Межфазные явления в смесях полимеров // Bilgi. 2004. № 3. С. 9–21.
11. Алиев А.А. Электреты на основе полимеров, смесей полимеров и композитов // Bilgi. 2005. № 2. С. 15–29.

Поступила 21.06.06

Summary

The influence of 0-10% concentration of PP contained in PE on electric deterioration stability is investigated. It is shown, that introduction of small concentration of PP into PE (1–2 weights %) increases stability versus erosion and oxidation caused by electric charge action and leads to electric durability of PE. There is a hypothesis advanced, that for all mixtures of polymers in two – and three component systems, compatible and uncompatible, there is some fraction of modifier (for one of polymers up to 10%), at which, sharp, avalanche – like changing of structure and electrophysical properties will take place. These changes can be directed both improvement, and to deterioration of properties of initial parameters of polymers of composition.