

UO‘K: 678.046:539.4

<https://doi.org/10.70769/2181-4732.ITJ.2026-1.09>

RUX TEREFTALAT BILAN MODIFIKATSIYALANGAN POLIETILENNING FIZIK-MEXANIK VA TERMİK XOSSALARINI TADQIQ QILISH

Berdiyev Sanjar Allanazarovich¹ - texnika fanlari doktori (DSc), katta ilmiy xodim,
ORCID: 0009-0005-1516-2840, E-mail: sanjarberdiyev75@gmail.com

Muhitdinov Bahrom Baxodir o‘g‘li² - texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori PhD,
katta ilmiy xodim

Karimov Oybek Tirkavovich³ – doktorant (DSc)

Nurqulov Fayzulla Nurmuminovich¹ - texnika fanlari doktori (DSc), professor,
ORCID: 0000-0002-6546-3431, E-mail: fnurkulov82@gmail.com

¹Toshkent kimyo-texnologiya ilmiy tadqiqot instituti, Toshkent sh., O‘zbekiston

²FVV Ilmiy-innovatsion va sinov-tadqiqot instituti, Toshkent sh., O‘zbekiston

³Qarshi davlat universiteti, Qarshi sh., O‘zbekiston

***Annotatsiya.** Ushbu tadqiqotda rux tereftalat bilan modifikatsiyalangan polietilenning fizik-mexanik hamda termik xossalari o‘rganildi. Polimer kompozit materiallar ishlab chiqarishda modifikatorlardan foydalanish materiallarning ekspluatatsion xususiyatlarini sezilarli darajada yaxshilash imkonini beradi. Tadqiqot jarayonida polietilen tarkibiga 1-15% miqdorda rux tereftalat kiritilib, hosil bo‘lgan kompozit materiallarning cho‘zilishdagi mustahkamligi, deformatsiya darajasi hamda yonuvchanlik xossalari aniqlangan. Mexanik sinovlar AGS-X universal sinov qurilmasida, yonuvchanlik xususiyatlari esa kislorod indeksi usuli asosida GOST 12.1.044-89 hamda ISO 4589-1 standartlari bo‘yicha baholandi. Olingan natijalar modifikatsiyalangan polietilen namunalari kislrorod indeksining ortishi hamda materialning termik barqarorligi yaxshilanganini ko‘rsatdi. Shuningdek, modifikator miqdorining oshishi polimer strukturasida fazalararo o‘zaro ta’sirni kuchaytirib, kompozit materialning mexanik xossalariga sezilarli ta’sir ko‘rsatishi aniqlandi. Tadqiqot natijalari rux tereftalat asosidagi modifikatorlar polietilenning ekspluatatsion xossalarini yaxshilashda istiqbolli qo‘shimcha ekanligini ko‘rsatadi.*

***Kalit so‘zlar:** polietilen, rux tereftalat, polimer kompozit materiallar, modifikatsiya, fizik-mexanik xossalari, kislorod indeksi, termik barqarorlik.*

УДК: 678.046:539.4

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ И ТЕРМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МОДИФИЦИРОВАННОГО ТЕРЕФТАЛАТОМ ЦИНКА ПОЛИЭТИЛЕНА

Бердиев Санжар Алланазарович¹ - доктор технических наук, старший научный сотрудник

Мухитдинов Бахром Баходир угли² - доктор философии по техническим наукам (PhD),
старший научный сотрудник

Каримов Ойбек Тиркавович³ - докторант (DSc)

Нуркулов Файзулла Нурмунинович¹ - доктор технических наук, профессор

¹Ташкентский научно-исследовательский институт химической технологии,
г. Ташкент, Узбекистан

²Научно-инновационный и опытно-исследовательский институт МЧС,
г. Ташкент, Узбекистан

³Каршинский государственный университет, г. Карши, Узбекистан

***Аннотация.** В данном исследовании изучены физико-механические и термические свойства полиэтилена, модифицированного терефталатом цинка. Использование модификаторов в производстве полимерных композиционных материалов позволяет значительно улучшить эксплуатационные свойства материалов. В процессе исследований в состав полиэтилена был добавлен терефталат цинка в количестве 1-15%, определены прочность на растяжение, степень деформации и горючесть полученных композиционных материалов. Механические испытания проводились на универсальной испытательной*

установке AGS-X, а горючесть оценивалась методом кислородного индекса по ГОСТ 12.1.044-89 и ИСО 4589-1. Полученные результаты показали, что кислородный индекс в модифицированных образцах полиэтилена увеличился, а термическая стабильность материала улучшилась. Также увеличение количества модификатора усиливает межфазное взаимодействие в структуре полимера, повышает механические свойства композитного материала.

Ключевые слова: полиэтилен, терефталат цинка, полимерные композиционные материалы, модификация, физико-механические свойства, кислородный индекс, термическая стабильность.

UDC: 678.046:539.4

STUDY OF THE PHYSICO-MECHANICAL AND THERMAL PROPERTIES OF POLYETHYLENE MODIFIED WITH ZINC TEREPHTHALATE

Berdiev, Sanjar¹ - Doctor of Technical Sciences (DSc), Senior Research staff.

Mukhitdinov, Bakhrom² - Doctor of Philosophy in Technical Sciences PhD, Senior Research staff

Karimov, Oybek³ - Doctoral student (DSc)

Nurkulov, Fayzulla¹ - Doctor of Technical Sciences (DSc), Professor

¹Tashkent Chemical-Technological Research Institute, Tashkent city, Uzbekistan

²Scientific-Innovation and Testing Research Institute of the Ministry of Emergency Situations, Tashkent city, Uzbekistan

³Karshi State University, Karshi city, Uzbekistan

Abstract. *In this study, the physico-mechanical and thermal properties of polyethylene modified with zinc terephthalate were studied. The use of modifiers in the production of polymer composite materials allows for a significant improvement in the operational properties of the materials. In the research process, zinc terephthalate was introduced into the composition of polyethylene in an amount of 1-15%, and the tensile strength, degree of deformation, and flammability properties of the resulting composite materials were determined. Mechanical tests were conducted on the AGS-X universal testing device, and combustion properties were assessed based on the oxygen index method according to GOST 12.1.044-89 and ISO 4589-1. The obtained results showed an increase in the oxygen index in modified polyethylene samples and an improvement in the thermal stability of the material. Also, an increase in the amount of modifier enhances the interfacial interaction in the polymer structure, increasing the mechanical properties of the composite material.*

Key words: *polyethylene, zinc terephthalate, polymer composite materials, modification, physical and mechanical properties, oxygen index, thermal stability.*

Kirish

Hozirgi vaqtda yaxshilangan ishlash xususiyatlariga ega polimer materiallarni (PM) olishning eng mashhur usuli bu to'ldiruvchilardir. Biroq, ko'p hollarda, to'ldiruvchilar moddalarining kiritilishi polimerning xususiyatlarga ta'sir qilmaydi yoki sovuqqa chidamliligining pasayishiga va modifikatsiyalangan polimerlarning mo'rtligining oshishiga olib keladi, bu ayniqsa yuqori to'ldirilgan plastmassalarga xosdir. Bundan tashqari, qoida tariqasida, to'ldirish mahsulotlarni qoliplashni qiyinlashtiradi [1; 2; 3; 4].

Modifikatsiyalangan polimer kompozit materiallar yuqori rentabellik, yaxshi moslashuvchanlik va ekologik maqbullik tufayli ishlab chiqarishda, sanoatda, halq xo'jaligida va avtomobil qismlari ishlab chiqarishda keng qo'llanilib kelinmoqda. Polimer birikmalar ustida olib borilgan ilmiy izlanishlarda asosan polimer xossalarini yaxshilash, shuningdek, tayyor qismlarini shakllantirish, tarkibiga har xil modifikatorlar qo'shish orqali yuqori texnologik jarayonlarning samaradorligi tufayli so'nggi kunlarda jadal rivojlanib kelmoqda. Ushbu texnologik ishlanmalar tizimli tahlil texnologiyalaridan foydalangan holda topilgan turli nazariya va tamoyillar asosida asoslab berildi. Jumladan, polietilen va polipropilen asosida olingan kompozit material bampirli birikma xossalariga turli omillarning ta'siri, xususan, polipropilen, elastomer, modifikator, modifikator o'lchami va vint

(shnek) konstruksiyasi ham batafsil bayon etilgan [5; 6].

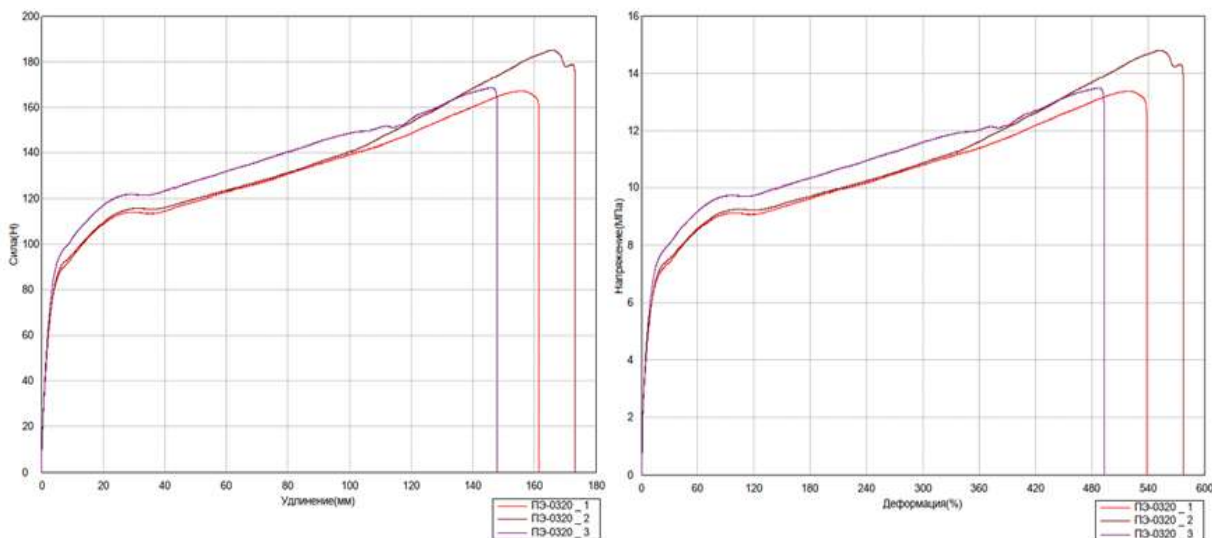
Uslub va materiallar

Polimerlarning yonishi bu juda murakkab fizik-kimyoviy jarayon bo‘lib kimyoviy parchalash reaksiyasida kondensatsiyalangan fazada polimerlarni o‘zaro bog‘lash va karbonizatsiyalash (shuningdek, gaz mahsulotlarining oksidlanishi va kimyoviy o‘zgarish reaksiyalari), kuchli issiqlik va massa almashinuvi natijasida sodir bo‘ladigan fizik jarayonlarni o‘z ichiga oladi. Kondensatsiyalangan fazada reaksiyalar asosan asosiy ikki turdagi mahsulotlarda o‘tkaziladi: 1) gazsimon moddalar (yonuvchan va yonmaydigan) va 2) qattiq mahsulotlar (uglerod tarkibli va mineral). Gaz fazasida reaksiya jarayonida alanga oldi xududida alanga uchun yonilg‘i, qurum va boshqalar hosil bo‘ladi [7; 8].

Polietilentereftalatdan (PET) foydalanilgan mahsulotlarni qayta ishlash dolzarb ekologik muammodir. Qayta ishlashning keng tarqalgan mexanik usullari ekologik muammoni tubdan hal qilishga imkon bermaydi, shuning uchun PET mahsulotlarini dastlabki tarkibiy qismlarga parchalashning kimyoviy usullari qiziqish uyg‘otadi. Kimyoviy usullar orasida ishlatilgan mahsulotlarni avtoklavda qayta ishlanadi [9; 10].

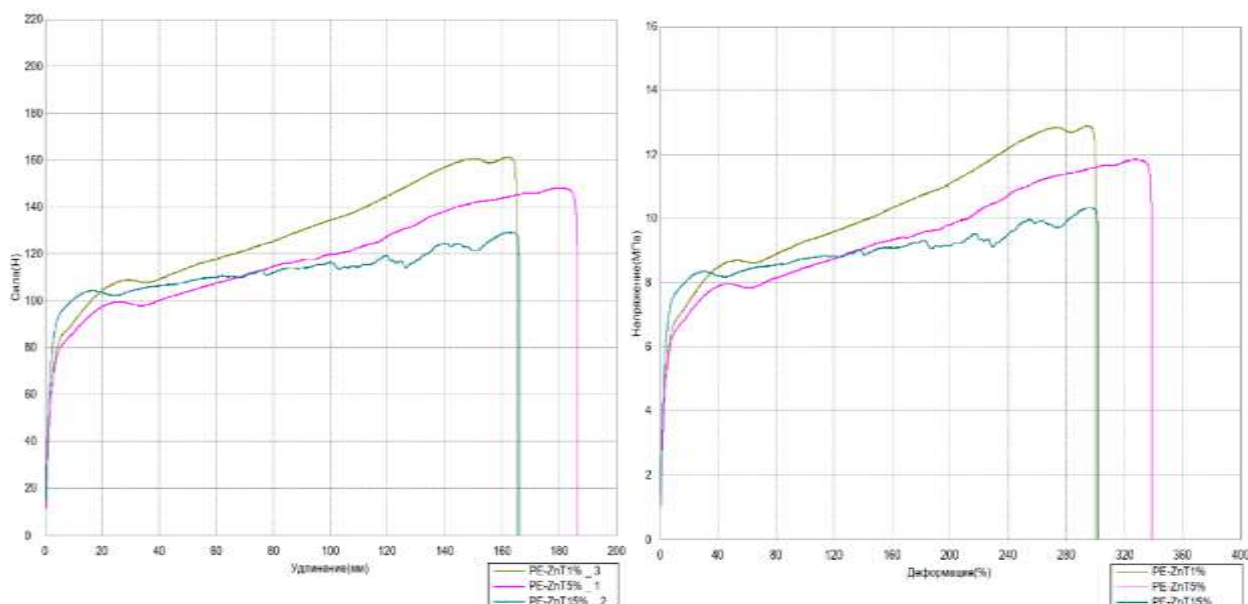
Rux tereftalat kauchuk ishlab chiqarishda vulkanizatsiya faollashtiruvchisi sifatida, kalsiy tereftalat esa kauchukning rulonlarga yopishib qolishiga yo‘l qo‘ymaydigan moy sifatida ishlatiladi. Tereftalatning qatlamli tuzilishi ularni molekulyar elaklar va adsorbentlar sifatida jozibador qiladi. Qalay tereftalat kondensator materialidir, ruteniy tereftalat esa yarim o‘tkazuvchanlik xususiyatiga ega. Bir qator tereftalatlar keng ko‘lamli qo‘llash uchun mos keladi, xususan, mexanik xususiyatlarini yaxshilash uchun to‘qimachilik tolalariga qo‘shimchalar sifatida [11; 12].

Namunalarning cho‘zilish kuchini aniqlash. Cho‘zilish kuchinini chegarasini aniqlash uchun, parchalanish vaqtiga nisbatan uzayish, namuna bir xil tezlikda, uning yo‘q qilinishiga qadar o‘rnatiladi. Mashinaning faol tutqichining harakat tezligi 20 mm/min. Bir tomonlama kompozit materiallarni sinash uchun namunalar to‘rtburchaklar kesimning chizig‘i shaklida ishlatilgan va ular uchlarida mahkamlangan (GOST 11262-80). Polietilen va modifikatsiyalangan polietilenning fizik mexanik xossalari tahlili.



1-rasm. Polietilenning fizik-mexanik xossalari.

1-rasmdan ko‘rinib turibdiki polietilen na‘munani chuzganimizda dastlab 90 N kuchgacha hech qanday uzgarish kuzatilmaydi. Kuch 90 N dan oshganda bosim 7 MPada sekinlik bilan chuzilish boshlanadi va cho‘zilish 161 mm ga yetganda kuch 168 N da bosim 13,8 MPa da deformatsiya 540 % bo‘lganda uzilish sodir bo‘ladi. 1%, 5% va 15% Rux tereftalat bilan modifikatsiyalangan polietilenning uzilish egri chiziqlari tahlili.



2-rasm. Rux tereftalat bilan modifikatsiyalangan PE ning fizik-mexanik xossalarini rux tereftalat massa ulushiga bog'liqligi.

1% li rux tereftalat bilan modifikatsiyalangan polietilenni cho'zganimizda dastlab 80 N gacha chuzilish sodir bo'lmaydi. Cho'zilish 80 N dan oshganda bosim 6,5 MPa da chuzilish boshlanadi va cho'zilish 166 mm ga etganda kuch 160 N bosim 12,8 MPa deformatsiya 300 % ga etganda uzilish sodir bo'ladi. 5% li rux tereftalat bilan modifikatsiyalangan polietilenni cho'zganimizda dastlab 80 N gacha chuzilish sodir bo'lmaydi. Cho'zilish 80 N dan oshganda bosim 6,5 MPa da chuzilish boshlanadi va cho'zilish 188 mm ga etganda kuch 160 N bosim 12 MPa deformatsiya 334 % ga etganda uzilish sodir bo'ladi (2-rasm).

15% li rux tereftalat bilan modifikatsiyalangan polietilenni cho'zganimizda dastlab 80 N gacha chuzilish sodir bo'lmaydi. Cho'zilish 80 N dan oshganda bosim 6,5 MPa da chuzilish boshlanadi va cho'zilish 168 mm ga etganda kuch 128 N bosim 10,2 MPa deformatsiya 302 % ga etganda uzilish sodir bo'ladi (1-jadval).

1-jadval

Rux tereftalat bilan modifikatsiyalangan PE ning fizik-mexanik xossalarini rux tereftalat massa ulushiga bog'liqligi

Modifikatsiyalangan polimer tarkibi	Cho'zilish boshlangandagi kuch (N) va bosim (MPa)	Cho'zilish masofasi (mm)	Uzilishdagi kuch (N) va bosim (MPa)	Deformatsiya %
PE	90 N, 7 MPa	161 mm	168 N, 13,8 MPa	540 %
PE+ZnTF 1%	80 N, 6,5 MPa	166 mm	160 N, 12,8 MPa	300 %
PE+ZnTF 5%	80 N, 6,5 MPa	188 mm	160 N, 12 MPa	334 %
PE+ZnTF 15%	80 N, 6,5 MPa	168 mm	128 N, 10,2 MPa	302 %

Kislrorod indeksini aniqlash tegishli GOST 12.1.044-89 ga muvofiq amalga oshirildi. Kislrorod indeksini aniqlash asbobining tuzilishi: ichki diametri 4-75 mm, balandligi 450 mm bo'lgan GOST 868073 bo'yicha shaffof kvarts trubkasidan iborat sinov ustuni ; Gaz aralashmasini trubaning ko'ndalang kesimida bir tekis taqsimlash uchun 80-100 mm balandlikdagi kvarts trubasining pastki qismiga quyilgan diametri 3-5 mm bo'lgan 4 ta shisha sharik, yonayotgan namunadan tushgan zarrachalarni ushlab turish uchun zarracha o'lchami 1 - 1,6 mm bo'lgan GOST 6613-73 bo'yicha to'r ; namunani quvur markazida vertikal holatda taglik tomonidan ushlab turish uchun ushlagich; rotametrlar (5) GOST 13045-67 bo'yicha aniqlik klassi 1, maksimal oqim tezligi 15 l / min gacha;

bosim o'lgachlari, aniqlik klassi 1 bo'lgan kalibrlash diafragmalaridan foydalanishga ruxsat beriladi; kislorod va azot liniyalarida rotametrlar o'rnatiladi; agar rotometr tarozilari havo bilan kalibrlangan bo'lsa, formula bo'yicha hisoblangan shkala ko'rsatkichlariga tuzatish koeffitsiyenti (X) kiritiladi.

$$X = \sqrt{\rho_1 / \rho_2}$$

bu yerda ρ_1 - havo zichligi, g / sm³; ρ_2 - kislorod yoki azotning zichligi, g / sm³; igna o'chirish klapanlari 6,7 kislorod va azot liniyalarida rotametrlargacha o'rnatiladi; har qanday yonuvchi gaz uchun 6 - 25 mm olov balandligini ta'minlaydigan va kvarts trubasining yuqori uchidan erkin kiradigan diametri 2,5 mm bo'lgan uchi bilan burner; GOST 5072-72 bo'yicha sekundomer; har qanday yonish mahsulotlarini olib tashlashni ta'minlaydigan maxsus qurilma; GOST 9293-74 bo'yicha azot gazi; texnik gazsimon kislorod GOST 5583-68 bo'yicha.

Natijalar

Tajriba natijasida 2-jadval ma'lumotlari polietilenni rux tereftalat bilan modifikatsiyalash materialning yonuvchanlik xossalriga sezilarli ta'sir ko'rsatishini ko'rsatadi. Nazorat namunasi bo'lgan PE-0320 uchun kislorod indeksi 18,5 % ni tashkil etadi, bu polietilening nisbatan oson yonuvchi material ekanligini bildiradi. Rux tereftalat qo'shilishi natijasida modifikatsiyalangan namunalarda uchun kislorod indeksi 23,1–23,8 % oralig'ida oshgani kuzatildi. Eng yuqori qiymat 1 % modifikator qo'shilgan namunada qayd etilib, kislorod indeksi 23,8 % ni tashkil etdi.

2-jadval

Metall tereftalatlar bilan modifikatsiyalangan polietilening kislorod indeksi (KI). ISO 4589-1

№	Polimer namunasi	Modifikator turi	Modifikator miqdori, %	Kislorod indeksi (KI), %
1	PE-0320 (nazorat namunasi)	–	0	18,5
2	PE + ZnTF	Rux tereftalat	1	23,8
3	PE + ZnTF	Rux tereftalat	5	23,4
4	PE + ZnTF	Rux tereftalat	15	23,1

Modifikator miqdori 5 % va 15 % ga oshirilganda kislorod indeksi mos ravishda 23,4 % va 23,1 % ni tashkil etdi. Bu natijalar modifikator miqdori ortishi bilan kislorod indeksi biroz kamayishini ko'rsatsa-da, u nazorat namunaga nisbatan ancha yuqori darajada saqlanib qolganini bildiradi. Olingan natijalar rux tereftalat polietilen matritsasida termik barqaror strukturaviy o'zgarishlarni yuzaga keltirib, yonish jarayonini sekinlashtirishini ko'rsatadi. Shu sababli rux tereftalat polietilen asosidagi kompozit materiallarning yonishga chidamliligini oshirishda samarali modifikator sifatida qaralishi mumkin.

Polietilenni rux tereftalat bilan modifikatsiyalash natijasida termik xossalarning oshish mexanizmi. Polietilening rux tereftalat bilan modifikatsiyalanishi polimer matritsasida strukturaviy o'zgarishlarni yuzaga keltiradi. Rux tereftalat zarrachalari polimer zanjirlari orasida qo'shimcha fazalararo bog'lanishlar hosil qilib, polimer makromolekulalarining harakatini qisman cheklaydi. Natijada materialning termik barqarorligi ortadi. Modifikatorning aromatik tuzilishga ega bo'lgan tereftalat fragmentlari yuqori issiqlik barqarorligiga ega bo'lib, polimer parchalanish jarayonini sekinlashtiradi. Bundan tashqari, rux ionlari polimer strukturasi katalitik stabilizator sifatida ishtirok etib, karbonlash jarayonini kuchaytiradi va yonish jarayonida himoya qiluvchi karbon qatlaminig hosil bo'lishiga yordam beradi. Bu qatlam issiqlik va massa almashinuvini cheklab, materialning yonuvchanligini kamaytiradi. Shu sababli modifikatsiyalangan polietilen namunalarda kislorod indeksining ortishi va termik barqarorlikning yaxshilanishi kuzatiladi.

Xulosa

O'tkazilgan tadqiqotlar natijasida rux tereftalat bilan modifikatsiyalangan polietilening fizik-mexanik va termik xossalriga modifikator miqdorining sezilarli ta'siri aniqlangan. Tajribalar shuni

ko'rsatdiki, modifikator kiritilishi polimer matritsasi va dispers zarrachalar o'rtasida fazalararo o'zaro ta'sirni kuchaytiradi hamda kompozit materialning strukturasi barqarorlashtiradi.

Mexanik sinovlar natijalariga ko'ra, modifikatsiyalangan polietilen namunalarida cho'zilishdagi mustahkamlik va deformatsiya xossalari muayyan o'zgarishlar kuzatildi. Modifikatorning optimal miqdori materialning strukturaviy yaxlitligini saqlagan holda mexanik xossalarni barqarorlashtirishi aniqlandi. Shu bilan birga, modifikator miqdorining ortiqcha bo'lishi polimer matritsada dispers fazaning notekis taqsimlanishiga olib kelishi mumkin.

Yonuvchanlik xossalarini baholash natijalari modifikatsiyalangan polietilening kislorod indeksi qiymati sezilarli darajada oshganini ko'rsatdi. Bu esa materialning yonishga nisbatan barqarorligini oshiradi va uni yuqori harorat sharoitida ishlatiladigan konstruksion materiallar sifatida qo'llash imkoniyatini kengaytiradi.

Umuman olganda, rux tereftalat bilan modifikatsiyalangan polietilen asosida olingan kompozit materiallar yuqori termik barqarorlikka, yaxshilangan ekspluatatsion xossalarga hamda yong'inga nisbatan yuqori chidamlilikka ega ekanligi aniqlandi. Tadqiqot natijalari ushbu modifikatorlardan polimer sanoatida, avtomobilsozlikda, elektrotexnika hamda qurilish materiallari ishlab chiqarishda samarali foydalanish mumkinligini ko'rsatadi.

Adabiyotlar

- [1] Callister W.D., Rethwisch D.G. Materials Science and Engineering: An Introduction. – New York: John Wiley & Sons, 2018. – 960 p.
- [2] Fried J.R. Polymer Science and Technology. – New Jersey: Prentice Hall, 2014. – 680 p.
- [3] Billmeyer F.W. Textbook of Polymer Science. – New York: John Wiley & Sons, 2017. – 578 p.
- [4] Kuleznev V.N., Shershnev V.A. Khimiya i fizika polimerov. – Moskva: Kolos, 2007. – 367 s.
- [5] Rabek J.F. Polymer Photodegradation: Mechanisms and Experimental Methods. – London: Springer, 2012. – 573 p.
- [6] Bryant R.W. Polymer Processing Principles and Design. – New York: Marcel Dekker, 2013. – 452 p.
- [7] Akhmedov S.A., Usmanov Kh.U. Polimer kompozitsion materiallar texnologiyasi. – Toshkent: Fan, 2016. – 296 b.
- [8] Kamalov Kh.K., Rasulov A.A. Polimer materiallar kimyosi va texnologiyasi. – Toshkent: O'zbekiston, 2018. – 312 b.
- [9] GOST 11262–80. Plastmassalar. Cho'zilishdagi mustahkamlikni aniqlash usuli. – Moskva: Standartinform, 1980.
- [10] GOST 12.1.044–89. Yong'in xavfsizligi. Materiallarning yonuvchanligini aniqlash usullari. – Moskva: Standartinform, 1989.
- [11] ISO 4589–1:2017. Plastics – Determination of burning behavior by oxygen index. – Geneva: International Organization for Standardization, 2017.
- [12] Brydson J.A. Plastics Materials. – Oxford: Butterworth-Heinemann, 2016. – 920 p.