

POLİETİLENTEREFTALAT POLİMER MATERIALINDA ÜST
MAKROMOLEKULAR STRUKTUR – XASSƏ ƏLAQƏLƏRİNİN TƏDQIQIA.M. HƏŞİMOV¹, K.B. QURBANOV¹, L.Ç. SÜLEYMANOVA²,
N.M. PİRİYEVA³, R.Ə.MURADOVA³¹AMEA, Fizika İnstitutu, AZ-1143, Bakı, H.Cavid prospekti, 131²Mingəçevir Dövlət Universiteti, AZ-4500, Mingəçevir, Dilarə Əliyeva küç.21³Azərbaycan Dövlət Neft Sənaye Universiteti, AZ-1010, Bakı, Azadlıq pr.20suleymanovalc@mail.ru

Məqalədə müxtəlif texnoloji rejimlərdə emal olunmuş polietilentereftalat polimer materialından hazırlanmış nümunələrin amorf və polikristallik halında elektrik qaz boşalmalarının təsirləri nəticəsində səthdən müşahidə edilən emissiya prosesi tədqiq edilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, materialın amorf halında emissiya prosesinin intensivliyi daha yüksək olur.

Açar sözləri: Polimer, amorf, kristallik, emissiya, struktura, texnologiya, xassə, ozon, sferolit, fibril.

Strateji materiallar sırasına daxil edilən karbohidrogen mənşəli materialların geniş sənaye tətbiqi, texnikada, məişətdə və ümumiyyətlə bir sıra həyati vacib məsələlərin həllində, bəzi hallarda rəqabətsiz istifadə olunması ilə əlaqədar olaraq bu materialların müxtəlif aspektlərdə tədqiqi inkişaf etmiş ölkələrin qabaqcıl elmi mərkəzlərinin diqqət mərkəzində saxlanılır.

Karbohidrogen mənşəli materialların tədqiqi üzrə yerinə yetirilən işlərdə tədqiqatların əsas istiqamətləri materiallarda üstün keyfiyyət göstəricilərinin əldə edilməsi üsullarının müəyyənəşdirilməsi, materialların mühüm xüsusiyyətləri ilə onların kimyəvi tərkibi və fiziki strukturu arasında mövcud olan əlaqələrin araşdırılması, materialların hazırlanmasının iqtisadi səmərəli və ekoloji təminatlı yeni texnologiyalarının işlənilməsi və s. bu kimi məsələlərin həllinə yönəldilir.

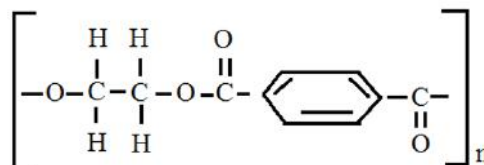
Qeyd etmək lazımdır ki, elmin digər sahələrindən fərqli olaraq karbohidrogen mənşəli materialların öyrənilməsində texniki tərəqqi bu sahənin elmi əsaslarının işlənilməsi məsələlərini xeyli qabaqlamışdır. Həqiqətən də, məsələn, təbii qaz, neft, məhsullarından və polimer strukturuna və xüsusiyyətlərinə malik olan ipək, kətan və s. təbii polimer sistemlərindən qədim vaxtlardan müvəffəqiyyətlə istifadə olunduğu halda, bu materialların mühüm xüsusiyyətlərinin dəqiq müəyyənəşdirilməsində bu gün də həlli tələb olunan məsələlər mövcuddur və bu istiqamətdə yerinə yetirilən tədqiqat işləri bu gün də aktual tədqiqat məsələləri sırasına daxil edilir.

Bərk cisim halında olan polimer dielektrik materiallar karbohidrogen mənşəli olaraq, hazırda nümayiş etdirdikləri fiziki-kimyəvi, mexaniki, optik və s. xüsusiyyətlərinə görə bir sıra ənənəvi, klassik materiallarla rəqabətdə onları müxtəlif tətbiq sahələrində əvəzləyərkən, həmin materialların istehsal-istehlak məsələlərinə ciddi təsirlər göstərmişdir. Mürəkkəb fiziki-kimyəvi struktura malik olan polimer materialların texniki imkanlarının hələ bu gün də tam istifadə olunmaması bu materialların kimyəvi tərkibi, strukturu və müxtəlif təsirlərə məruz qaldıqda keyfiyyətlərinin dəyişməsinə səbəb olan amillərin az öyrənilməsi ilə birbaşa əlaqədardır. Bərk cisim halında olan polimer materialların “xassə-struktur” əlaqələrinin öyrənilməsi bu sahənin mühüm məsələsi hesab olunur.

Ədəbiyyatda [1-6] şərh olunan tədqiqatlarda aparılan araşdırılmadan məlum olur ki, polimer materialların strukturlarının aşkarlanmasında, onlara məxsus olan bir sıra fiziki, mexaniki, kimyəvi xüsusiyyətlərinin müxtəlif xarici təsirlər zamanı dəyişməsinin mexanizmlərinin öyrənilməsində həll olunmamış məsələlərin mövcudluğu bu sahədə tədqiqatların davam etdirilməsini tələb edir.

Təqdim olunan işdə SF₆ qaz mühitində, məşəlsəkilli qazboşalmanın təsirlərinə məruz qalan, amorf və polikristallik struktura malik, izotrop və anizotrop quruluşlu polietilentereftalat (PETF) materialından emissiya proseslərinin tədqiqindən əldə edilən nəticələr şərh olunmuşdur.

Aşağıda PETF-in təkrar olunan elementar kimyəvi bəndinin konfigurasiyası verilmişdir:



Polietilentereftalatı 80°C-dən aşağı temperaturalarda emal etdikdə şüşəvari olaraq amorf struktura, 110°C-dən yuxarı temperaturalarda isə polikristallik struktura malik olur. Qeyd etmək lazımdır ki, 110°C-dən yuxarı temperaturalarda emal etdikdə izotrop halda sferolit, anizotrop halda isə-fibrilyar struktur elementləri ilə xarakterizə olunur.

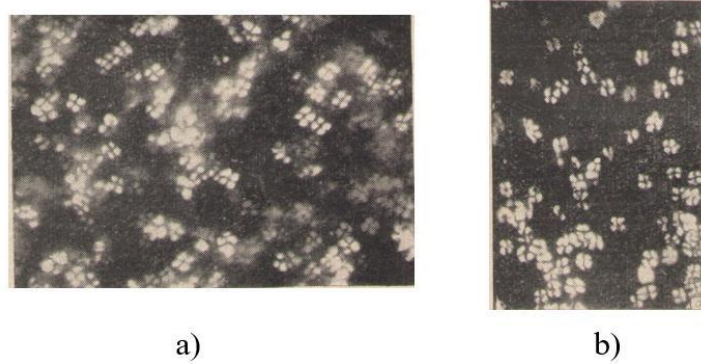
Şəkil 1(a, b)-də PETF-in sferolit strukturlarını xarakterizə edən mikrofotografiyaları verilmişdir.

Yuxarıda qeyd olunduğu kimi, temperatur parametrlərindən istifadə edərək PETF-ı amorf və polikristallik şəkildə almaq olar. PETF-in erimə temperaturu 265°C təşkil edir. Amorf struktura malik PETF-in sıxlığı 1,335q/sm³, polikristallik halda isə sıxlığı 1,455q/sm³ olaraq təyin edilmişdir.

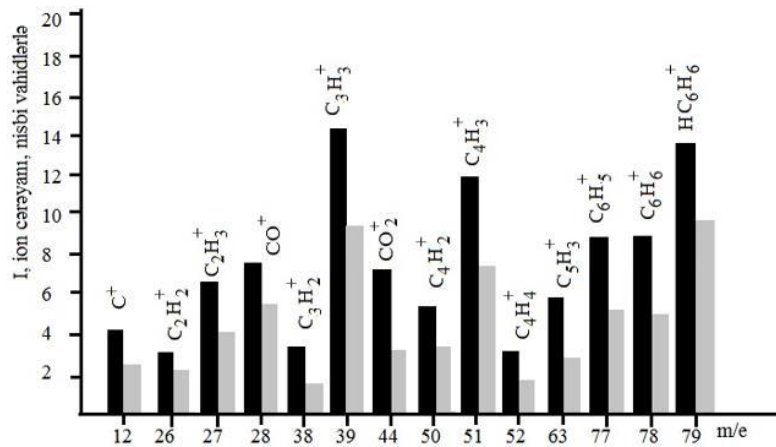
Tədqiqat nümunələri birinci halda 0,3mm qalınlıqda, 300°C tempaturda PETF-in sənayedə istehsal olunan materialının isti preslənməsi üsulu ilə əldə edilmişdir, izotrop amorf nümunələrin ərintilərinin kristallaşması $t=15$ dəqiqə müddətində $t_{kr}=20^{\circ}\text{C}$ tempe-

raturda yerinə yetirilmişdir. İkinci halda nümunə $t=30$ dəq., $t_{kr}=50^{\circ}\text{C}$ rejimlərində əldə edilmişdir. Polikristallik izotrop nümunələr birinci halda $t=40$ dəq.,

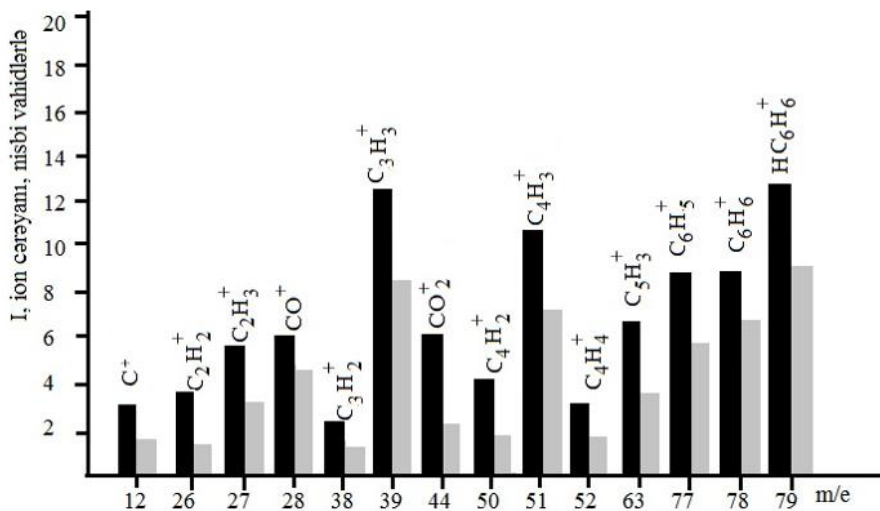
$t_{kr}=160^{\circ}\text{C}$, ikinci halda $t=60$ dəq; $t_{kr}=220^{\circ}\text{C}$ temperaturunda emal edilmişdir.



Şəkil 1. Polikristallik polietilentereftalat polimer materialının 140°C (a) və 165°C (b) temperaturalarda emal olunmuş nümunələrini (b) xarakterizə edən sferolit strukturlarının mikroşəkilləri.



Şəkil 2. Amorf struktura malik izotrop (■) və bir ox istiqamətində amorf materialın deformasiya olunmuş anizotrop (□) nümunələrinin səthindən emissiya proseslərinin kütlə-spektroqramması. Ərintinin kristallaşma müddəti 15 dəqiqə, kristallaşma temperaturu $t_{kr}=20^{\circ}\text{C}$ təşkil etmişdir. Spektroqramda 1 və 2 ilə işarə edilən ion cərəyanlarını xarakterizə edən göstəricilər, müvafiq olaraq, izotrop və bir ox istiqamətində deformasiya olunmuş (anizotrop) nümunələrdən müşahidə edilən emissiya prosesinə aiddir.



Şəkil 3. Amorf struktura malik, kristallaşma müddəti 30 dəq., $t_{kr}=50^{\circ}\text{C}$ -də emal olunmuş PETF-in səthindən müşahidə olunmuş kütlə-spektroqramı (■) - ilkin halın göstəriciləri (□) -deformasiya olunmuş halın göstəriciləri.

Yuxarıda qeyd olunan hallarda emal olunmuş tədqiqat nümunələrini bir ox istiqamətində deformasiya edərək, struktur baxımından fərqlənən yeni tədqiqat nümunələri əldə edilmişdir və bütün hallarda əldə edilmiş

nümunələrdən, qaz boşalmasının təsirləri nəticəsində, mümkün olan emissiya prosesləri tədqiq edilmişdir. Şəkil 2-də yuxarıda qeyd olunan hallara müvafiq olan kütlə-spektroqrammları təqdim olunmuşdur.

Amorf struktur ilə xarakterizə olunan və kristallaşma müddəti 30 dəqiqə, $t_{kr}=50^{\circ}\text{C}$ -də emal olunan polietilenterefalat nümunələrindən baş verən emissiya prosesini xarakterizə edən kütlə spektrogramı şəkil 3-də təqdim olunmuşdur.

Şəkil 2 və 3-dən görünür ki PETF-in emal (t_{kr}) temperaturunu artırıdca materialda müəyyən qədər nizamlı quruluş əmələ gəlir, materialın sıxlığı artır və bu səbəbdən də səthdən emissiya müəyyən qədər zəifləyir. Material yuxarıda qeyd olunan emal temperaturunda yenə də amorf struktura malik olur. Hər iki halda deformasiya olunmuş materiallardan səthi emissiyanın zəifləməsi prosesinin materialın strikturu və sıxlığı ilə əlaqədar olduğunu təsdiq edilmiş olur.

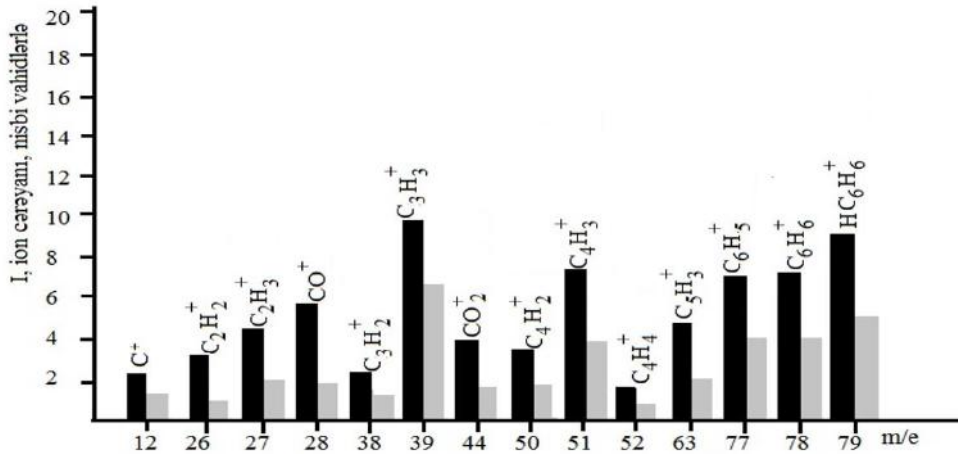
Tədqiqatların növbəti mərhələsində polikristallik struktura malik nümunələrin səthindən baş verən emissiya prosesləri tədqiq edilmişdir.

Tədqiqatlar PETF materialının kristallaşma temperaturlarının $t_{kr}=160$ və $t_{kr}=200^{\circ}\text{C}$ qiymətlərində hazırlanmış nümunələrindən istifadə edərək yerinə yetirilmişdir.

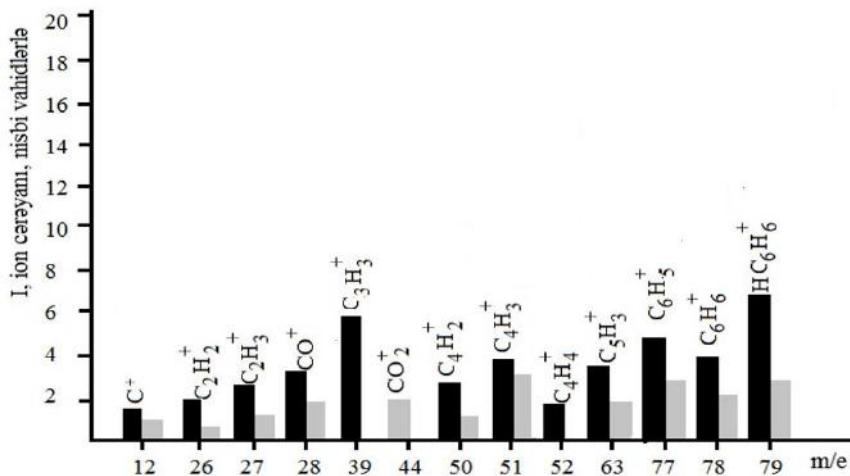
Şəkil 4 və 5 müxtəlif kristallaşma və müxtəlif zaman müddətində emal olunmuş və eyni zamanda hər iki halda bir ox istiqamətində deformasiyaya məruz qalan polietilenterefalat materialın səthində, qazboşmasının səthə təsirləri nəticəsində reallaşan emissiya proseslərinin kütlə spektrogramları təqdim olunmuşdur.

Şəkil 4-dən görünür ki, polikristallik materialda, amorf materiala nisbətən (şəkil 2 və 3) səthdən emissiya prosesinin intensivliyi nəzərə çarpacaq dərəcədə azalmışdır. Şəkil 5-də materialın emal müddətinin çox olması və t_{kr} -kristallaşma temperaturunun materialın ərimə temperaturuna yaxın olması ilə əlaqədar olaraq emissiya prosesinin intensivliyinin kəskin olaraq azaldığı dəstərlənmişdir.

Qeyd etmək lazımdır ki, qazboşalmasının təsiri nəticəsində polimer materialın səthində lokal qızma sahələri mövcud olur. Məlumdur ki, polimer materialı makromolekullardan təşkil olunur və materialdan makromolekulun tam şəkildə desorbsiyası (emissiyası) üçün xaricdən materiala yüksək enerji daxil etmək lazımdır. Bu halda polimer material onu xarakterizə edən xassələrini itirərək, alçaq molekullu materiala çevrilə bilər. Odur ki, polimer materialın səthindən müşahidə olunan emissiya prosesini, qazboşalmasının səthə təsiri nəticəsində, səthdə əmələ gələn lokal qızma oblaslarından makromolekulların bir hissəsinin (qəlpəsinin) ionlaşaraq emissiya prosesinə məruz qalması ilə izah etmək olar. Qazboşalmasının səthə təsirinin ilk anında, materialın lokal qızma oblaslarında makromolekulun bir hissəsinin həyəcanlanması və təsir vasitəsinin sonrakı müddətlərində makromolekulun həyəcanlanmış hissəsinin emissiya prosesinə uğraması mexanizmini ehtimalı hesab etmək olar.



Şəkil 4. Polikristallik PETF materialından emissiya prosesi $T=40$ dəq., $t_{kr}=160^{\circ}\text{C}$.



Şəkil 5. Polikristallik PETF materialından emissiya prosesi $T=60$ dəq., $t_{kr}=220^{\circ}\text{C}$.

Qeyd etmək lazımdır ki, makromolekullardan bir hissənin ionlaşaraq emissiya etməsi üçün təsir vasitəsinin sərf etdiyi enerji, alçaq molekullu birləşmələrdə molekullararası əlaqələri parçalamaq üçün lazım olan enerjiden çox olmalıdır və bu səbəbdən yüksək molekullu birləşmələrdən emissiya prosesi nisbətən zəif olur.

Təqdim olunan kütlə-spektroqramlarında emissiya prosesində qeydə alınan ionların, sistemin qalığı qaz mühitində mövcud olan atom və molekullarla ion-molekulyar reaksiyaları nəticəsində əmələ gələn birləşmələrə aid maksimumlar, tədqiq edilən polimer ma-

terialı xarakterizə etməyi üçün, spektroqramlarda qeydiyyata aparılmamışdır.

Qeyd etmək lazımdır ki, yerinə yetirilmiş tədqiqatlarda əldə edilmiş nəticələr, polimer materiallarda “struktur-xassə” əlaqələrinin öyrənilməsi üzrə elmi əhəmiyyət kəsb etməsi ilə yanaşı, eyni zamanda polietilentereftalatın güclü elektrik sahələrində və elektrik qazboşalmalarının təsirləri mövcud olan sənaye sahələrində - fiziki cihaz və texniki avadanlıqlarda elektroizolədic material kimi istifadə edilməsinin istismar müddətinin proqnozlaşdırılması baxımından da əhəmiyyət kəsb edir.

- [1] *A.M.Həşimov, L.Ç.Süleymanova, K.B.Qurbanov.* Fizika, cild XXIII, 2017, №1, sektion:Az, s.13-15.
[2] *L.Ç. Süleymanova.* Fizika, cild XXV, 2019, №3, s.37-42.
[3] *И.К. Алиева, Т.М. Велиева.* Проблемы энергетики, 2021, №1, с.44-50.

- [4] *A.M.Həşimov, L.Ç.Süleymanova, K.B.Qurbanov.* Energetikanın problemləri, 2021, №1, s.51.
[5] *Ф. Джейл.* Полимерные монокристаллы. Пер. с англ., Л. «Химия», с.478-541, 1968.
[6] *А.И. Драчов, А.Б.Гильман, В.М.Пак.* Химия высоких энергий. 2002, т.36, №2, с.143-147.

A.M. Gashimov, K.B. Gurbanov, L.Ch. Suleymanova, N.M. Piriyeva, R.A. Muradova

INVESTIGATION OF THE INTERRELATION OF SUPROMOLECULAR ORGANIZATION WITH PROPERTIES IN POLYETHYLENE TEREPHTHALATE SAMPLES

The article considers the processes of emission from the surface of the polymeric material polyethylene terephthalate exposed to high-voltage electrical discharges. It has been established that the intensity of the emission process from the surface of amorphous polyethylene is noticeably greater than the intensity of emission from the surface of a polycrystalline material.

А.М.Гашимов, К.Б.Гурбанов, Л.Ч. Сулейманова, Н.М.Пириева, Р.А. Мурадова

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОСВЯЗИ НАДМОЛЕКУЛЯРНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ СО СВОЙСТВОМ В ОБРАЗЦАХ ПОЛИЭТИЛЕНТЕРЕФТАЛАТА

В статье рассмотрены процессы эмиссии с поверхности полимерного материала полиэтилентерефталата, подвергнутого воздействию высоковольтных электрических разрядов. Установлено, что интенсивность процесса эмиссии с поверхности аморфного полиэтилена заметно больше, чем процессы эмиссии с поверхности поликристаллического материала.