

# AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI

*Əlyazması hüququnda*

## **POLİMER DİELEKTRİKLƏRDƏ STRUKTUR DƏYİŞMƏLƏRİNƏ MÜVAFIQ ELEKTROFİZİKİ XÜSUSİYYƏTLƏRİNİN FƏRQLƏNMƏSİNİN FİZİKİ MEXANİZMİLƏRİ**

İxtisas: 3303.01 – Kimya texnologiyası və mühəndisliyi

Elm sahəsi: Texnika

İddiaçı: **Liliya Çingiz qızı Süleymanova**

Fəlsəfə doktoru elmi dərəcəsi almaq üçün təqdim edilmiş  
dissertasiyanın

### **AVTOREFERATI**


**Bakı – 2022**

Dissertasiya işi Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyası akademik H.M. Abdullayev adına Fizika İnstitutunun "Yüksək gərginliklərin fizikası və texnikası" laboratoriyasında yerinə yetirilmişdir

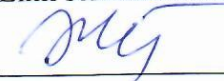
**Elmi rəhbər:** Texnika elmləri doktoru, akademik  
**Arif Məmməd oğlu Həşimov**

**Rəsmi opponentlər:** texnika elmləri doktoru, professor  
**Hikmət Camal oğlu İbrahimov**  
texnika elmləri doktoru, professor  
**Mirəli Seyfəddin oğlu Alosmanov**  
texnika üzrə fəlsəfə doktoru, dosent  
**Allahverdi Oruc oğlu Orucov**

Azərbaycan Respublikasının Prezidenti yanında Ali Attestasiya Komissiyasının Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyasının akademik Y.H. Məmmədəliyev adına Neft-Kimya Prosesləri İnstitutunun nəzdində fəaliyyət göstərən ED 1.17 Dissertasiya şurası

**Dissertasiya şurasının sədri:** kimya elmləri doktoru, akademik  
**Vaqif Məhərrəm oğlu Abbasov**

**Dissertasiya şurasının elmi katibi:** texnika üzrə fəlsəfə doktoru, dosent  
  
**Zaur Zabil oğlu Ağamaliyev**

**Elmi seminarın sədri:** texnika elmləri doktoru, dosent  
  
**Səyyarə Qulam qızı Əliyeva**

## **İŞİN ÜMUMİ XARAKTERİSTİKASI**

**Mövzunun aktuallığı və işlənmə dərəcəsi.** 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 müəyyənləşdirilməsi, 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 müəyyənləşdirilməsində 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 əvəzləyərək, həmin materialların istehsal-istehlak məsələlərinə ciddi təsirlər göstərmişdir. Mürəkkəb fiziki-kimyəvi struktura malik olan polimer materialların texniki imkanlarının hələ bu gündə 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 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.

Qeyd etmək lazımdır ki, deformasiya proseslərinin və güclü elektrik sahələrinin və elektrik qazboşalmalarının təsirləri şəraitində bərk cisim halında olan, əsasən karbohidrogen mənşəli materialların səthində və həcmində baş verən elektron-ion proseslərinin öyrənilməsi və bu proseslərin materialları xarakterizə edən bu və ya digər mühüm xüsusiyyətlərinə təsirlərinin tədqiqi, materialların elektrofiziki və digər xüsusiyyətlərini onların fiziki strukturu və kimyəvi tərkibi ilə bağlılıqlarının, qanunauyğunluqlarının müəyyənləşdirilməsi mühüm elmi-praktiki əhəmiyyət kəsb edir.

Yuxarıda qeyd olunanları nəzərə aldıqda, təqdim olunan dissertasiya işinin mövzusunun aktuallığı və günün tələblərinə müvafiqliyi təsdiqlənmiş olur.

**Tədqiqatın obyektı və predmeti.** Təqdim olunmuş dissertasiya işində kimyəvi xətti struktura malik polimer sistemlərdə “üst makromolekul strukturu-xassə” əlaqələrinin öyrənilməsinə dair geniş təcrübi tədqiqat işləri yerinə yetirilmişdir. Tədqiqatlarda polimer materialların emal texnologiyasının parametrlərinin (təzyiq, temperatur, zaman müddəti və digər) müxtəlifliyini tətbiq edərək, müvafiq olaraq, müxtəlif üst-makromolekul quruluşa malik təcrübi nümunələr əldə edilmiş, nümunələrin xassələri müqayisəli şəkildə araşdırılaraq, “struktur-xassə” əlaqələri üzrə nəticələr alınmışdır. Tədqiqat obyektı olaraq yüksək sıxlığa malik polietilen, poliamid-6, polivinilidenftorid, polietilentereftalat, politriforxloretillen polimer materiallarının nümunələrindən istifadə olunmuşdur.

Dissertasiya işində tədqiqat obyektı olaraq xətti polimer sistemləri tədqiq edilmişdir, tədqiqatın predmetini materiallarda “struktur-xassə” əlaqələri öyrənilməsi təşkil edir.

**Tədqiqatın məqsəd və vəzifələri.** Deformasiya prosesinə və elektrik qazboşalmalarının təsirlərinə məruz qalan, müxtəlif struktura və kimyəvi tərkibə malik olan, xətti polimer və kompozisiya sistemlərində “struktur-xassə” əlaqələrinin tədqiqidir.

Qarşıya qoyulan məqsədə nail olmaq üçün aşağıdakı tədqiqatların aparılması nəzərdə tutulmuşdur:

- Müxtəlif texnoloji şəraitdə hazırlanmış və müvafiq olaraq müxtəlif üst makromolekul quruluşa malik polietilen materialının mexaniki deformasiya proseslərinin tədqiqi;
- Məşəl növlü qazboşalmasının təsirlərinə məruz qalan polivinilidenftorid və polikaproamid materiallarının səthindən atom və molekulların emissiyasının tədqiqi;
- Elektrik qazboşalmasının təsirlərinə məruz qalan, sferolit struktura malik polietilen və polipropilen materiallarının səthindən emissiya proseslərinin tədqiqi;
- Fibrilyar struktura malik və qazboşalmasının təsirinə məruz qalan polietilen və polipropilen materiallarının səthindən emissiya proseslərinin tədqiqi;
- Ozon qazı mühitində qazboşalmasının təsirlərinə məruz qalan politriflorxloretilen və polivinilidenftorid kompozisiyasından təşkil olunmuş materialın səthindən destruktiv emissiya proseslərinin tədqiqi;
- Tədqiqatlarda alınan nəticələrin elektron-ion mexanizmləri səviyyəsində, “struktur-xassə” əlaqələri baxımından araşdırılması.

**Tədqiqat metodları.** Dissertasiya işində materialların deformasiya prosesləri mexaniki qurguda aparılmışdır. Elektrik qazboşalmalarının təsirləri nəticəsində xətti polimer sistemlərində baş verən prosesləri tədqiq edərkən tədqiqat obyektləri olaraq, yüksək sıxlığa malik polietilen, polivinilidenftorid poliamid-6, polipropilen və polivinilidenftoridlə politriflorxloretilen kompozisiya materiallarının nümunələrindən istifadə edilmişdir. Qazboşalmasının materiallara təsirləri, atmosfer havası və ozon qazlarının

mühitlərində yerinə yetirilmişdir.

Tədqiqatlarda arakəsməli və məşəli şəkilli yüksək qərginlikli qazboşalmalarının təsirlərindən istifadə olunmuşdur.

İşdə qazboşalmalarının təsirlərinə məruz qalan polimer sistemlərində baş verən prosesləri tədqiq etmək məqsədilə MSX-4 markalı, müxtəlif kütləyə malik ionları, uçuş məsafəsində, onların uçuş müddətlərinə əsasən, fərqləndirən və qeydə alan kütləspektrometri, ifrat yüksək vakuum qurğusu, yüksək gərginlikli elektrik sxemləri, müxtəlif növ qazboşalması reaktorları, müxtəlif yardımçı texniki avadanlıqlar və s. bir sıra texniki vasitələrdən istifadə olunmuşdur.

#### **Müdafiyyə çıxarılan əsas müddəalar:**

- Xətti polimer sistemlərin deformasiya proseslərinin xarakterinin struktur anlayışları vasitəsilə izahı;
- Amorf-kristallik polimer sistemlərin bir ox istiqamətində olan deformasiya prosesinin, tədqiqat nümunələrinin hazırlanması texnologiyasının parametrlərindən asılılıqlarının fərqli nəticələri;
- Elektrik qazboşalmalarının təsirlərinə məruz qalan xətti polimer sistemlərin səthindən və həcmindən təcrübi qeydə alınan emissiya proseslərinin qanunauyğunluqları;
- Emissiya proseslərin “struktur-xassə” əlaqələri baxımından müəyyən edilmiş izahatları;
- Elektrik qazboşalmalarının, təsir vasitəsi olaraq, polimer materialların modifikasiya proseslərində, mexaniki və kimyəvi üsullara nəzərən, üstünlükləri olan üsul olması.

#### **Tədqiqat işinin elmi yeniliyi:**

- Müxtəlif texnoloji şəraitlərdə polietilen materialından hazırlanmış, qalınlığı 0.6, 1.2 və 1.6 mm olan nümunələrin deformasiya prosesinin tədqiqindən məlum olmuşdur ki, materialın qalınlığı artdıqca deformasiya prosesinin nəticəsində nümunələrin mexaniki qırılma prosesi nisbi deformasiyanın kiçik qiymətlərində müşahidə olunur. Bu təcrübi nəticə qalınlığı çox olan nümunələrdə strukturun qeyri-bircinsliyi və qalın nümunələrdə defektlərin çox olması ilə izah edilməsi;

- Deformasiya prosesinin polimer materialın kristallaşma temperaturundan, kristallaşma sürətindən, deformasiyanın sürətindən asılılıqları tədqiq edilərək, deformasiya prosesinin polimerin üst makromolekul quruluşundan asılılıqlarının müəyyən edilməsi və qeyd olunan nəticələrin izahının struktur anlayışlarının verilməsi;
- Elektrik qazboşalmalarının təsirlərinin polimer materialların səthində və həcmində bir sıra fiziki-kimyəvi proseslərin reallaşmasına səbəb olmasının və bu üsulun (mexaniki və kimyəvi üsullardan fərqli və üstün olaraq) polimer materialların modifikasiya olunması proseslərində istifadə edilməsinin mümkünlüyünün təcrübi təsdiqi;
- Elektrik qazboşalmalarının polimer materiallara təsiri nəticəsində polimerin makromolekullarından ayrı-ayrı atom və molekulların emissiyasının müşahidə olunmasının materialın üst makromolekul strukturdan asılılıqlarının təsdiq olunması;
- Kütlə spektrogramalarında qeydə alınmış atom molekulların analizi vasitəsilə polimeri təşkil edən kimyəvi elementlərin müəyyənləşdirilməsinin və materialda özünə yer alan aşqarların müəyyən edilməsinin mümkünlüyü;
- Polimer materialının kristallaşma dərəcəsinin yüksəlməsi ilə (əsasən fibrilyar strukturda) emissiya prosesinin zəifləməsi, materialın “struktur-xassə” əlaqələrinin xarakterizə edilməsi;
- Müəyyən edilmişdir ki, materialda atomlarının sayı az olan elementlərdən emissiya prosesi daha güclü olması.

**Tədqiqatın nəzəri və praktiki əhəmiyyəti.** Xalq təsərrüfatının energetika, elektrotexnika, yüngül sənaye, məişət, elektrik və maşın aparatlarının istehsalı və digər sahələrdə izoləedici material və texniki avadanlıqların hissələrinin hazırlanmasında geniş istifadə olunan polimer materialların fiziki, kimyəvi, mexaniki xassələrinə yüksək tələblər tətbiq olunur. Belə ki, müxtəlif sənaye sahələrində, kimyəvi turşu və qələvi mühitlərində, yüksək və aşağı temperaturda, günəş radiasiyası, elektrik qazboşalmalarının təsirləri şəraitində, möhkəmlik tələb olunan mexaniki və digər xarici amillərin təsirləri şəraitində istismar edilərkən polimer materialların dözümlülüyü və

istismar müddətlərinin, zaman etibarı ilə, davamiyyətli olması mühüm praktiki əhəmiyyət kəsb edir.

Dissertasiya işinin əsas nəticələri xətti polimer sistemləri xarakterizə edən üst makromolekul struktur ilə materialın fiziki-mexaniki xassələri arasında olan əlaqələrin müəyyənləşdirilməsi ilə bağlıdır. İşin ideyası üstün fiziki-mexaniki xassələrə və yaxud, tələb olunan xassələrə malik polimer materialların hazırlanmasının texnoloji proseslərinin elmi – praktiki əsaslarının inkişaf etdirilməsi və polimer materiallarda reallaşan strukturlar vasitəsilə onların xassələrinin idarə olunması proseslərindən ibarətdir.

Dissertasiya işinin nəticələri polimer materialların tətbiq sahələrinin genişləndirilməsi baxımından əhəmiyyət kəsb edir.

**Aprobasiyası və tətbiqi.** Dissertasiya işinə aid tədqiqatların nəticələri əsasında 12 məqalə və 6 konfrans materialları çap olunmuşdur.

İşin əsas nəticələri aşağıda adları çəkilən konfranslarda məruzə edilmiş və müzakirə olunmuşdur: “The 13th international conference on Texnical and Physical Problems of Electrical Engineering” (Van, Türkiyə-21-23 sentyabr 2017); Azərbaycan Xalq Cumhuriyyətinin 100 illik yubileyinə həsr olunmuş “Tətbiq Fizika və Energetikanın Aktual Məsələləri” Beynəlxalq elmi konfrans (Sumqayıt, 24-25 may, 2018); The 14th International Conference on “Texnical and Physical Problems of Electrical Engineering” (Naxçıvan, 15-17 oktyabr 2018); 15 international Conference on “Texnical and Physucal Problems of Electrical Engineering” (İstanbul, Türkiyə, 14-15 oktyabr 2019) “Regional inkişafın təmin olunmasında innovativ tendensiyalar: Reallıqlar və müasir çağırışlar”, (Mingəçevir, 11-12 dekabr 2020) the 17 international Conference on “Texnical and Physucal Problems of Electrical Engineering” (İstanbul, Türkiyə, 18-19 oktyabr 2021).

Tədqiqatın nəticələrinin elektroizoləedici polimer materialların hazırlanması texnologiyalarının parametrlərinin optimal seçilməsinin müəyyənləşdirilməsində, mexaniki yük və elektrik təsirləri şəraitində istismarda olan polimer materialların istismar müddətinin proqnozlaşdırılmasında istifadə edilməsi tövsiyə olunur.



### **Dissertasiya işinin yerinə yetirildiyi təşkilatın adı:**

Dissertasiya işi Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyasının akad. H.M. Abdullayev adına Fizika İnstitutunun “Yüksək gərginliklərin fizikası və texnikası” laboratoriyasında yerinə yetirilmişdir.

**İddiaçının şəxsi iştirakı.** Tədqiqatın əsas məqsədi və məqsədə nail olmaq üçün həlli tələb olunan məsələlər, tədqiqatın istiqamətinin müəyyənləşdirilməsi, təcrübi tədqiqatların sistemləşdirilməsi və yerinə yetirilməsi və dissertasiyanın tərtibatı şəxsən, iddiaçı tərəfindən həyata keçirilmişdir. Aparılmış tədqiqatların elmi nəticələri və onların əsasında tərtib olunmuş məqalələr və konfrans materialları dissertasiyanın elmi rəhbəri və həmmüəlliflərlə müzakirə olunmuşdur.

### **Dissertasiyanın strukturu, həcmi və əsas məzmunu.**

Dissertasiya işi mündəricatdan 2 səh.(1798), giriş 14 səh.(28.000) və dörd fəsildən ibarətdir, I fəsil 20 səh. (36000), II fəsil 14 səh. (28000), III fəsil 27 səh. (54000), IV fəsil 34 səh. (68000), nəticə 3 səh. (6000), 138 səhifədə tərtib edilmişdir, o cümlədən işarə ilə ümumi həcmi (221798), 57 şəkil, 9 qrafik, 15 cədvəl, 18 adda, müəllifin əsərləri də daxil olmaqla 114 istifadə olunan ədəbiyyat siyahısı daxil olmuşdur.

### **İşin məzmunu:**

**Girişdə** mövzunun aktuallığı əsaslandırılmış, tədqiqatların məqsədi, elmi yenilik, müdafiəyə çıxarılan əsas müddəalar, işin nəzəri-praktiki əhəmiyyəti tədqiqat üsulları və obyektləri və dissertasiya işinin ayrı-ayrı fəsillərinin qısa məzmunları şərh olunmuşdur.

**Birinci fəsildə** karbohidrogen mənşəli, bərk cisim halında olan xətti polimer sistemlərin strukturu və materialların strukturunun xarici-mexaniki və elektrofiziki təsirlərə məruz qaldığı hallarda struktur dəyişmələrinin və bununla əlaqədar olaraq onların xassələrinin dəyişməsinin tədqiqinə həsr olunan elmi-tədqiqat işlərinin nəticələri verilmişdir. Ədəbiyyatda xətti polimer sistemlərinin strukturuna aid şərhlərdən məlum olur ki, izotrop və deformasiyaya uğramış anizotrop materiallarda atomlararası məsafələri xarakterizə edən kiçik periodlarla yanaşı, eyni zamanda polimer makromolekullar toplusunun əmələ gətirdiyi, ölçüləri 50-1000 Å olan, böyük təkrar-

lanma periodu da mövcud olur. Böyük təkrarlanma periodu, materialın hazırlanması texnologiyasından asılı olaraq, müxtəlif ölçülərdə və struktur etibarını ilə müxtəlif ola bilər. Ədəbiyyatda polimer materiallara fiziki, mexaniki, elektrofiziki və sairə xarici təsirlər zamanı materiallarda struktur və xassə dəyişmələri istiqamətində yerinə yetirilən elmi-tədqiqat işlərində əksər hallarda materialların strukturu və xassələri ayrı-ayrılıqda tədqiq edilmişdir. Qeyd etmək lazımdır ki, “struktur-xassə” əlaqələri üzrə yerinə-yetirilən əzsaylı işlərdə, bu istiqamətdə həlli tələb olunan məsələlərin mövcudluğu vurğulanır.

**İkinci fəsildə** tədqiqatların məqsədlərinin həlli üsullarının seçilməsi əsaslandırılaraq, materiallara təsir vasitəsi kimi istifadə edilən mexaniki qurğular və elektrik qazboşalmalarının növləri, iş rejimləri, reaktorların layihələndirib hazırlanması, elektrik, texnoloji və digər qurğuların, texniki vasitələrin iş prinsipi, texniki imkanları və spesefik xüsusiyyətləri şərh edilmişdir. “Qazboşalması-polimer” materialları təmasında reallaşan fiziki-kimyəvi prosesləri yüksək dəqiqliklə tədqiq etmək məqsədilə işdə, yüksək və ifrat yüksək vakuüm əldə etmək imkanlarına malik, kompleks tədqiqatların aparılmasına imkan verən, vakuüm qurğusunun texniki imkanları və ondan istifadə qaydaları şərh edilmişdir. Qapalı sistemlərdə tədqiqatlar yerinə yetirilərkən, tədqiqat həcmələrinin qaz mühitinin kimyəvi tərkibində baş verən tərkib dəyişmələrinə nəzarət etmək üçün vakuüm sistemi ilə əlaqələndirilmiş, geniş kütlə diapazonuna, yüksək həssaslığa və ayırddedici qabiliyyətə malik, ətalətsiz işləyən, müxtəlif kütləyə malik olan ionları dreyf məsafəsində uçuş müddətlərinə görə fərqləndirən MSX-4 markalı kütlə-spektrometrindən istifadə edilmişdir. Fəsildə, tətbiq edilən kütlə-spektrometrinin iş prinsipi və texniki imkanları şərh edilmişdir.

**Üçüncü fəsildə** amorf – kristallik struktura malik olan polietilen xətti polimer sistemində deformasiya prosesinin materialın texnoloji emalının parametrlərindən asılılıqlarının təcrübi tədqiqindən əldə edilmiş nəticələr şərh olunmuşdur.

Qeyd etmək lazımdır ki, ədəbiyyatda polimer materialların deformasiya proseslərinin tədqiqində bir qayda olaraq, nazik (150-

200 mkm) təbəqəli polimer materiallarından istifadə olunmuşdur. Blok, müəyyən (1-2mm) qalınlığa malik olan polimer materialların nümunələri üzrə aparılan tədqiqatların məhdudluğu və alınan nəticələrin fərqlənməsi ədəbiyyatlarda mübahisələrə və fikir ayrılıqlarına səbəb olmuşdur. Amorf – kristallik polimer sistemlərdə deformasiya proseslərinin mühüm elmi–praktiki əhəmiyyət daşıması, bu istiqamətdə tədqiqatların davam etdirilməsini stimullaşdırır.

Fəsildə müxtəlif texnoloji şəraitlərdə emal olunmuş PE materialının deformasiya prosesini xarakterizə edən nəticələr şərh olunmuşdur.

**Dördüncü fəsildə** kristallaşma xassələri olan, amorf-kristallik struktura malik, xətti polimer sistemlərə qazboşalmaları vasitəsilə təsir etdikdə materialların səthindən və həcmindən yüklü zərrəciklərin emissiya proseslərinin, materialların strukturundan asılılıqlarının tədqiqindən əldə edilmiş nəticələrin şərh verilmişdir.

Tədqiqatlarda, müxtəlif texnoloji rejimlərdə hazırlanmış və müvafiq olaraq müxtəlif struktura malik, yüksək təzyiqlə hazırlanmış polietilen (PE), polivinilidenftorid (PVDF), polipropilen (PP), polikaproamid (PK) polimer materialların nümunələrindən istifadə edilmişdir. Qranul halında götürülmüş materiallardan müxtəlif temperaturlarda və təzyiqlərdə, qalınlığı 0,5mm olan tədqiqat nümunələri hazırlanmışdır.

Fəsildə sferolit struktura malik PVDF, PE PP və PK materiallarının səthlərindən müşahidə edilən ikinci növ ionların emissiya proseslərini əks etdirən kütlə-spektrogrammaları təqdim olunmuşdur. Eyni zamanda PE və PP hallarında bir ox istiqamətində deformasiyaya məruz qalan nümunələrin səthindən ikinci növ emissiya proseslərinin nəticələri də qeydə alınmışdır.

Tədqiqatlarda əldə edilən nəticələrin araşdırılmasından məlum olur ki, hər polimer özünə məxsus kütlə spektri ilə xarakterizə olunur. Nəticələrdən məlum olur ki, element tərkibinin eyni olmasına baxmayaraq PE və PP-nin kütlə spektrləri kifayət qədər fərqli xarakterizə olunur. Element tərkibi müxtəlif olan polimerlərin isə kütlə spektrlərində kəskin fərq müşahidə olunur. Atomlarının sayı az olan ionların spektrdəki xəttinin intensivliyi daha

çox olur. Polikaproamidin m/e  $\sim 18$  və 44 olan kütlələri müvafiq olaraq  $\text{NH}_4$  və  $\text{C}_2\text{H}_5\text{NH}^+$  ionlarını emissiyası ilə əlaqədardır.

Bir ox istiqamətində deformasiya prosesinə məruz qalan polimerlərdən emissiya prosesinin qismən zəifləməsi müşahidə edilmişdir. Təcrübədə qeydə alınan nəticə, fibrilyar strukturlu materialın kristallaşma dərəcəsinin yüksək olması ilə izah olunmuşdur.

Tədqiqatlarda ozon qazı mühitində politriflorxloretilen və polivinilidenftorid qarışıqlı kompozisiya polimerinin səthindən destruktiv emissiya proseslərinin qeydə alınmış kütlə-spektroqraması əldə edilmişdir.

## DİSSERTASIYANIN ƏSAS MƏZMUNU

**Birinci fəsildə** karbohidrogen mənşəli, bərk cisim halında olan xətti polimer sistemlərin strukturu və materialların strukturunun xaricimexaniki və elektrofiziki təsirlərə məruz qaldığı hallarda struktur dəyişmələrinin və bununla əlaqədar olaraq onların xassələrinin dəyişməsinin tədqiqinə həsr olunan elmi-tədqiqat işlərinin nəticələri verilmişdir. Ədəbiyyatda xətti polimer sistemlərinin strukturuna aid şərhlərdən məlum olur ki, izotrop və deformasiyaya uğramış anizotrop materiallarda atomlararası məsafələri xarakterizə edən kiçik periodlarla yanaşı, eyni zamanda polimer makromolekullar toplusunun əmələ gətirdiyi, ölçüləri 50-1000 Å olan, böyük təkrarlanma periodu da mövcud olur. Qeyd olunur ki, xətti polimer sistemləri kristallaşma qabiliyyətinə malik olaraq, amorf-kristallik strukturlar əmələ gətirir, beləki izotrop halda onlar əsasən sferolit, anizotrop halda olanlar isə fibril, lamel struktur elementləri ilə xarakterizə olunurlar. Məlum olmuşdur ki, makromolekullar toplusunun əmələ gətirdiyi, strukturu xarakterizə edən, böyük təkrarlanma periodu, materialın hazırlanması texnologiyasından asılı olaraq, müxtəlif ölçülərdə və struktur etibarilə müxtəlif ola bilər.

Fəsildə xətti polimer sistemlərinin elastiki deformasiya proseslərinin və elektrik qazboşalmalarının təsirlərinə məruz qalan polimer materiallarda reallaşan proseslərin tədqiqi üzrə aparılan işlərin qısa nəticələri şərh edilmişdir.

**İkinci fəsildə** tədqiqatların məqsədlərinin həlli üsullarının seçil-

məsi əsaslandırılır. Polimer materialların deformasiya prosesinin laboratoriyada işlənmiş texniki qurğularda aparılması qeyd olunur. Materiallara təsir vasitəsi kimi istifadə edilən elektrik qazboşalmalarının növləri, iş rejimləri, reaktorların layihələndirib hazırlanması, elektrik, texnoloji və digər qurğuların, texniki vasitələrin iş prinsipi, texniki imkanları və spesifik xüsusiyyətləri şərh edilmişdir. “Qazboşalması-polimer” materialları təmasında reallaşan fiziki-kimyəvi prosesləri yüksək dəqiqliklə tədqiq etmək məqsədilə işdə, yüksək və ifrat yüksək vakuum əldə etmək imkanlarına malik, kompleks tədqiqatların aparılmasına imkan verən, vakuum qurğusunun texniki imkanları və ondan istifadə qaydaları şərh edilmişdir. Qapalı sistemlərdə tədqiqatlar yerinə yetirilərkən, tədqiqat həcmlərinin qaz mühitinin kimyəvi tərkibində baş verən tərkib dəyişmələrinə nəzarət etmək üçün vakuum sistemi ilə əlaqələndirilmiş, geniş kütlə diapazonuna, yüksək həssaslığa və ayırddedici qabiliyyətə malik, ətalətsiz işləyən, müxtəlif kütləyə malik olan ionları dreyf məsafəsində uçuş müddətlərinə görə fərqləndirən MSX-4 markalı kütlə-spektrometrindən istifadə edilmişdir. Fəsilə, tətbiq edilən kütlə-spektrometrinin iş prinsipi və texniki imkanları şərh edilmişdir.

İşdə elektrik qazboşalmalarının qaz mühitinə, qaz-bərk cisim təmasına təsirləri tədqiq edilərkən, qaz mühiti olaraq təbii atmosfer havası, onun qalığı qazları, ozon və SF<sub>6</sub> qazından istifadə edilmişdir.

**Üçüncü fəsilə** amorf – kristallik struktura malik olan polietilen xətti polimer sistemində deformasiya prosesinin materialın texnoloji emalının parametrlərindən asılılıqlarının təcrübi tədqiqindən əldə edilmiş nəticələr şərh olunmuşdur.

Məlumdur ki, bərk cisim halında olan materialın, o cümlədən polimerlərin xassələri, onun kimyəvi tərkibindən və fiziki strukturundan asılıdır. Xətli polimer sistemlərin strukturunun xarici təsirlərə həssas olduqlarını nəzərə alsaq, materialın emal texnologiyasının parametrlərini dəyişməklə onun strukturunun dəyişməsi vasitəsilə onun bu və ya digər xassəsinin idarə olunması imkanlarını əldə etmiş olarıq və bununlada polimer materialda, tətbiq olduğu sahənin tələblərinə müvafiq xassə aşılamaq olar.

Xətli polimer sistemlər amorf və kristallik hissələrdən təşkil olunur, belə ki, amorf hissələr makromolekulların başlanğıc və

sonluq hissələrinin xaotik – nizamsız yerləşməsi, kristallik hissələr isə, makromolekulların bir neçə dəfə qatlanması vastəsilə, bir sıra defektlərlə, nizamlı struktur əmələ gətirməsi ilə xarakterizə olunur.

Qeyd etmək lazımdır ki, kristallik hissələrdə materialın sıxlığının amorf hissələrindən çox olduğunu və nizamlı–nizamsız qurluşla fərqləndirdiklərini nəzərə alsaq polimer materiallarda elastiki və qeyri–elastiki deformasiya proseslərinin, emal texnologiyasından asılı olaraq, izotrop haldan anizotrop hala keçidində müxtəlif mexanizmlərin reallaşmasını müşahidə etmək olar.

Dissertasiya işində qalınlığı 0,6, 1,2 və 1,6mm olan polietilen nümunələri tədqiq edilmişdir. Tədqiqat nümunəsinin seçilməsi onunla əlaqədardır ki, ilk növbədə polietilen materialı, xətlili polimer sinfinin tipik nümayəndəsi olaraq, amorf-kristallik quruluşla kristallaşaraq polikristallik strukturlar əmələ gətirir və izotrop halda sferolit struktur elementlərindən təşkil olunur; polietilen materialı bir sıra aspektlərdə geniş öyrənilməyi səbəbindən ədəbiyyatda olan məlumatlardan da istifadə edərək, işdə qarşıya qoyulan məsələlərin tədqiqindən alınan nəticələrin birqiymətli və yaxud çoxehtimallı izahatlarını təmin etmək olar.

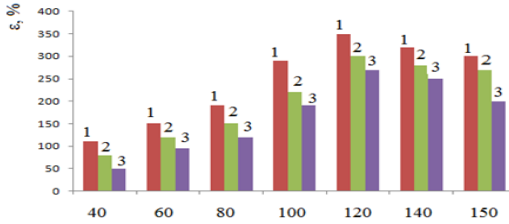
Təcrübələrdə yuxarıda qeyd olunan üsul ilə müxtəlif qalınlıqlı (0,6; 1,2; 1,6) tədqiqat nümunələri 40-150 atmosfer təzyiqi tətbiq etməklə əldə edilmişdir. Nümunələrin kristallaşma temperaturu 20<sup>0</sup>C təşkil etmişdir. Ədəbiyyat materiallarından məlum olur ki, yuxarıda qeyd olunan temperatur-təzyiq rejimlərində polietilen materialı ölçüləri kiçik olan sferolit struktur elementlərindən təşkil olunur. Kristallaşma temperaturu otaq temperaturuna yaxın olduğundan, materialda kristallaşma prosesi kifayət qədər sürətlə getdiyi səbəbindən sferolit struktur elementlərinin inkişafı məhdudlaşır və sferolitlər kiçik ölçülərə malik olurlar. Nisbətən nazik təbəqələrdə materialın qalınlığı üzrə 20<sup>0</sup>C-nin daha tez zamanda təsir etdiyini nəzərə alsaq sferolitlər daha kiçik ölçülərlə xarakterizə olunurlar, eyni zamanda P təzyiqinin kiçik qiymətlərində və qalın materiallarda defektlərin sayı çox olur.

Təcrübələrdən alınmış nəticələr cədvəl 1., Müvafiq diaqramda (şəkil 1.) əks olunmuşdur. Müəyyən edilmişdir ki, materialın

qalınlığı artdıqca deformasiya prosesi nəticəsində polimer nümunələrinin mexaniki qırılma hadisəsi nisbi deformasiyanın kiçik qiymətlərində müşahidə olunur.

**Cədvəl 1**  
**Müxtəlif  $d$  qalınlığına malik yüksək təzyiqli polietilen lövhələrinin  $T_s=200^{\circ}\text{C}$  temperaturunda, müxtəlif  $P$  təzyiqlərində  $T_{kr}=22^{\circ}\text{C}$  kristallaşma temperaturunda emal olunmuş və bir ox istiqamətində, deformasiyası təcrübələrindən əldə edilən nəticələr.**

№		P, atm	d=0,6mm	d=1,2mm	d=1,6mm
			$\epsilon$ , %	$\epsilon$ , %	$\epsilon$ , %
1	40	110	80	50	
2	60	150	120	95	
3	80	190	150	120	
4	100	290	220	190	
5	120	350	300	270	
6	140	320	280	250	
7	150	300	270	200	



**Şəkil 1. Polietilen lövhələrinin deformasiya prosesinin nəticələri üzrə diaqram. 1-d=0,6mm, 2-d=1,2mm, 3-d=1,6mm**

Materialların deformasiya prosesindən əldə edilən ilkin nəticələr onunla izah olunur ki, qalınlığı kiçik olan nümunələrdə kristallaşma prosesi otaq temperaturunda daha böyük sürətlə yekunlaşdığından sferolit strukturları kiçik ölçülü olduğu səbəbindən, sferolitlərarası məsafələr də kiçik olur və bu hal materialın daha bircinsli olmasına səbəb olur. Qalınlığı çox olan nümunələrdə isə

otaq temperaturu materialın qalınlığı istiqamətində qeyribərabər paylandığı səbəbindən, materialın həcmində makromolekulların sərbəstlik dərəcəsi daha çox olur və bu səbəbdən sferolit strukturların inkişaf etməsinə şərait yaranır və ölçüləri böyük olur.

Bu halda sıxlığı az olan sferolitlərarası məsafələr böyük olduğundan, materialın qeyri-bircinslilik dərəcəsi də çox olur və bu da materialın mexaniki deformasiyasının azalmasına səbəb olur. Digər tərəfdən qalınlığı çox olan nümunələrdə defektlərin sayının daha çox olması da materialın mexaniki deformasiyasının az olmasına gətirir.

Qeyd etmək lazımdır ki, 140-150 atm. təzyiqində hazırlanmış nümunələrin mexaniki deformasiyası, 120 atm. təzyiqdə hazırlanmış nümunələrə nisbətən az müşahidə olunmuşdur. Bu nəticə onunla izah olunur ki, 140-150 atmosfer təzyiqində materialda struktur elementlərinin formalaşması və inkişaf etməsi çətinləşir, materialın kristallaşma dərəcəsi azalır və material daha çox defektə malik olur. Qeyd etmək lazımdır ki, amorf-kristallik struktura malik polietilen materialı bir ox istiqamətində deformasiya prosesinə məruz qaldıqda materialın amorf və kristallik hissələrində struktur dəyişmələri mövcud olur, beləki struktur dəyişmələrinin xarakteri əsasən materialın hazırlanma texnologiyasının parametrlərindən: deformasiya prosesinin aparıldığı mühitin temperaturundan, sferolit quruluş elementlərinin daxili strukturundan, sferolit elementlərin materialda dairəvi və yaxud radial yerləşməsindən, sferolitlərin çox defektli və yaxud az defektli olmasından, makromolekulların sferolit mərkəzindən radiusu boyunca yayılmasının xarakterindən, materialın kimyəvi quruluşundan və materialı xarakterizə edən digər parametrlərdən asılıdır. Yuxarıda yazılanları nəzərə aldıqda qərara gəlmək olar ki, polimerlərin mexaniki möhkəmliyinin və deformasiya proseslərinin mexanizmlərinin izahi yalnız struktur elementlərinin (sferolitlərin) ölçüləri ilə müəyyənləşmir və bir sıra faktorlardan asılı olur, odur ki, ilkin təcrübələrdə aldığımız nəticələr göstərilən temperatur və təzyiq şəraitində emal olunmuş yüksək təzyiqli polietilenin “struktur-xassə” əlaqələrini xarakterizə etmiş olur. Deformasiya proseslərinin sferolit ölçülərindən asılılığını birqiyəmətlili olaraq təyin etmək üçün, sferolit daxili quruluşu eyni olan və digər təsir edən amillərin



nümunəyə təsirinin kənarlaşdırılması mümkün olarsa, bu halda materialın xassəsinin struktur elementinin ölçülərindən asılılığın xarakterinə dair birqiymətli fikir söyləmək olar.

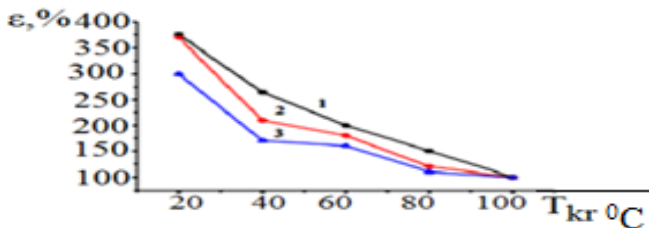
Fəsilə yüksək sıxlığa malik, müxtəlif kristallaşma temperaturunda hazırlanmış polietilen materialının deformasiya prosesinin kristallaşma temperaturundan asılılığı tədqiq edilmişdir. Bu məqsədlə qalınlığı 0,6mm, 1,2mm və 1,6 olan polietilen nümunələri  $P=120\text{atm}$ . təzyiqində emal olunaraq,  $T_{kr}\sim 20-100^{\circ}\text{C}$  kristallaşma temperaturunda kristallaşdırılaraq,  $T=20^{\circ}\text{C}$  temperaturunda, bir ox istiqamətində deformasiya prosesinə məruz edilmişdir.

Təcrübələrdən alınmış nəticələr cədvəl 2., və qrafik 1-də verilmişdir. Fəsilə müxtəlif kristallaşma temperaturlarında emal

### Cədvəl 2.

**Müxtəlif  $T_{kr}$  – kristallaşma temperaturunda yüksək təzyiqli polietilen lövhələrinin  $T_{ərimə}=200^{\circ}\text{C}$  temperaturunda,  $P=120$  atmosfer təzyiqində,  $T_{def.}=20^{\circ}\text{C}$  temperaturunda hazırlanmış və bir ox istiqamətində deformasiyası təcrübələrindən əldə edilən nəticələr**

$T_{kr} \cdot ^{\circ}\text{C}$		d=0,6mm	d=1,2mm	d=1,6mm
		$\epsilon, \%$	$\epsilon, \%$	$\epsilon, \%$
№	1	375	370	300
	2	265	210	170
	3	200	180	160
	4	150	120	110
	5	100	100	100



**Qrafik 1. Polietilen lövhələrin deformasiya prosesinin kristallaşma temperaturundan asılılığı  
1-d=0,6mm, 2-d=1,2mm, 3-d=1,6mm**

olunmuş PE materialının deformasiya prosesini xarakterizə edən nəticələr şərh olunmuşdur.

Təqdim olunan nəticələrdən müəyyən edilmişdir ki, yuxarıda qeyd olunan texnoloji şəraitlərdə hazırlanmış polimer nümunələrində, kristallaşma temperaturu artdıqca deformasiya prosesi kiçik qiymətlərlə xarakterizə olunur. Məlumdur ki, kristallaşma temperaturu və kristallaşma müddəti artdıqca polimer materiallarda daha böyük ölçülü sferolitlər müşahidə olunur. Blok polimerlərdə sferolitlərin böyük ölçülərə malik olması isə materialın kövrəkliyinə səbəb olur ki, bu da öz növbəsində materialın möhkəmlik və deformasiya xassələrinin azalması ilə nəticələnir. Kövrək polimer materialının dağılması prosesi sferolitlərin sərhəddində və yaxud da ölçüləri böyük olan sferolitlərin çoxsaylı daxili defektlərində baş verməsi mümkündür.

Təqdim olunan işdə yüksək sıxlığa malik polietilen materialının bir ox istiqamətində deformasiya prosesinin deformasiya temperaturundan asılılığı təqdim edilmişdir. Bu məqsədlə qalınlığı  $d=1,6\text{mm}$  olan polietilen nümunələri  $P=100\text{ atm}$  təzyiqində emal olunaraq  $T_{kr}=20^{\circ}\text{C}$  kristallaşma temperaturunda kristallaşdırılaraq,  $T_d=10-95^{\circ}\text{C}$  temperaturalarda bir ox istiqamətində deformasiya olunmuşdur. Polietilen materialının bir ox istiqamətində deformasiya prosesinin temperaturundan asılılığı təqdim edilmişdir.

Təcrübələrdən alınmış nəticələr cədvəl 3-də müvafiq diaqram (şəkil 2.) verilmişdir.

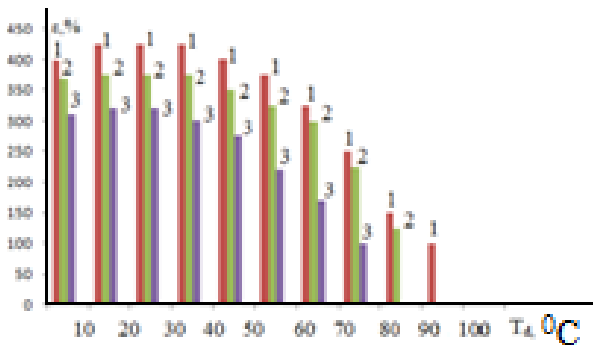
Tədqiqatın nəticələrindən məlum olur ki, deformasiya prosesi deformasiya temperaturu artdıqca maksimumdan keçərək, deformasiya mühitinin temperaturu, materialın ərimə temperaturuna yaxınlaşdıqca, nəzərə çarpacaq dərəcədə zəifləyir. Müşahidə olunan nəticənin struktur izahı şərh olunmuşdur. Alçaq temperaturu deformasiya prosesi əsasən nümunənin amorf hissələrində makromolekullar toplusunun təsir edən qüvvə istiqamətində dartılması hesabına reallaşır. Bu halda sferolitlərdə dəyişikliklər baş vermir və biri digərindən uzaqlaşır, eyni zamanda alçaq temperaturalarda nümunədə mövcud olan boşluqlar, çatlar, qazbağlamaları və digər mikro defektlərdə inkişaf zəif olur. Deformasiya əyrisinin maksimumuna müvafiq temperaturları prosesin optimal temperaturu hesab etmək olar. Yüksək temperaturu deformasiya prosesində

struktur dəyişiklikləri intensivləşir, deformasiya prosesində amorf hissələrlə yanaşı, eyni zamanda kristallik hissələrin də deformasiyaya məruz qalması, dağılması, materialda yeni əlavə defektlərin əmələ gəlməsi və defektlərin təsir edən qüvvə istiqamətində genişlənməsi deformasiya prosesinin zəiflənməsi ilə nəticələnir.

**Cədvəl 3.**

**Əritmə temperaturu  $t_s=200^{\circ}\text{C}$ , presləmə təzyiqi  $P=100\text{atm}$ , kristallaşma temperaturu  $t_{kr}=20^{\circ}\text{C}$ , müxtəlif  $\nu$ -sürətlərində və  $T_d$ -deformasiya temperaturlarında polietilenin deformasiya prosesinin tədqiqindən əldə edilən nəticələr.**

№	$\nu$ , mm/dəq	$T_d$ , $^{\circ}\text{C}$	$\nu_1=10$	$\nu_1=20$	$\nu_1=30$
			mm/dəq	mm/dəq	mm/dəq
			$\epsilon_1, \%$	$\epsilon_2, \%$	$\epsilon_3, \%$
1		10	398	370	310
2		20	425	375	320
3		30	425	375	320
4		40	425	375	300
5		50	400	350	275
6		60	375	325	220
7		70	325	298	170
8		80	250	225	100
9		90	150	125	X
10		95	100	X	X



**Şəkil 2. Deformasiya prosesinin  $\nu$  - sürətindən və deformasiya temperaturundan asılılıq diaqramı 1- $\nu_1=10$  mm/dəq, 2-  $\nu_1=20$  mm/dəq,  $\nu_1=30$  mm/dəq**

Təqdim olunan işdə polietilen materialında deformasiya prosesinin nümunələrin qalınlığı və polimer ərintinin soyudulma sürətindən asılılığı tədqiq edilmişdir.

Tədqiqat obyektı olaraq qalınlığı 0,25-1,75mm olan yüksək təzyiqli polietilen materialından nümunələr hazırlanmışdır. Müxtəlif qalınlıqlı tədqiqat nümunələri  $T=200^{\circ}\text{C}$ -də presləmə üsulu ilə hazırlanaraq, otaq temperaturunda kristallaşdırdıqdan sonra materialın bir ox istiqamətində dartılma deformasiya prosesi yerinə yetirilmişdir. Nümunələrin deformasiya prosesi otaq temperaturunda aparılmışdır.

Cədvəl 4 və qrafik 2-də deformasiya prosesindən əldə edilən nəticələr təqdim olunmuşdur. Təqdim olunan nəticələrdən məlum olur ki, yuxarıda qeyd olunan texnoloji şəraitlərdə hazırlanmış yüksək təzyiqli polietilen nümunələrinin deformasiya prosesinin materialın qalınlığından asılılıq əyrisi maksimuma malik olaraq, nümunələrin qalınlığının artması ilə deformasiya prosesinin azalması müşahidə olunur.

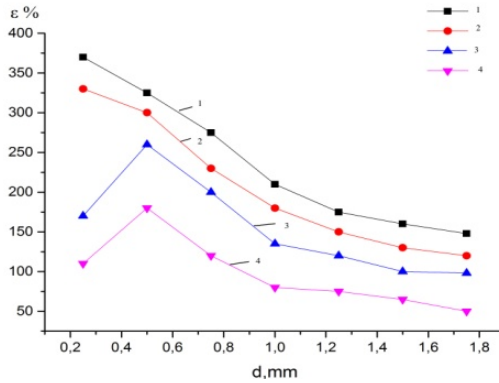
**Cədvəl 4.**

**Polietilen materialının deformasiya prosesinin nümunələrin qalınlığından və ərintinin soyudulma sürətindən asılılığının tədqiqindən alınan nəticələr. Materialın ərintisi  $T_0=200^{\circ}\text{C}$ -də həyata keçirilmişdir**

№	d,mm	$\varepsilon_1\%$	$\varepsilon_2\%$	$\varepsilon_3\%$	$\varepsilon_4\%$	P, atm	$T_d,^{\circ}\text{C}$
1	0,25	370	330	170	110	80	20
2	0,5	325	300	260	180	“_“	“_“
3	0,75	275	230	200	120	“_“	“_“
4	1,0	210	180	135	80	“_“	“_“
5	1,25	175	150	120	75	“_“	“_“
6	1,50	160	130	100	65	“_“	“_“
7	1,75	148	120	98	50	“_“	“_“

Qeyd etmək lazımdır ki, polietilen, polipropilen, kapron, polivinilidenftorid və digər xətti struktura malik polimer materiallarda qalınlıq artdıqca sferolit quruluşda nizamlılıq müəyyən qədər pozulur və materiallarda sferolitəbənzər kristallik struktur elementləri əmələ gəlir. Qalın nümunələrdə boşluqların, çatlارın

çoxluğu, sferolitəbənzər struktur elementlərin ölçülərinin böyüklüyü materialın qeyribircinslik dərəcəsinə artıraraq materialın deformasiya prosesinə təsir edərək, deformasiyanın azalmasına səbəb olur. Digər tərəfdən deformasiya prosesinin zəifləməsinə səbəb polimer ərintisinin 200<sup>0</sup>C-dən kiçik sürətlərdə soyudulmasını göstərmək olar.



**Qrafik 2. Yüksək sıxlığa malik polietilen lövhələrinin deformasiya prosesinin ərintinin soyudulma  $v$  sürətindən və materialın  $d$  qalınlığından asılılığı. 1- $v=40^0c/dəq$ , 2- $v=27^0c/dəq$ , 3- $v=10,5^0c/dəq$ , 4- $v=1,0^0c/dəq$ . Deformasiya prosesi  $T_d=20^0C$  temperaturunda aparılmışdır.**

Bu halda sferolit struktur elementlərinin ölçülərinin daha böyük olması və yenə də materialın qeyribircinslilik dərəcəsinin yüksək olmasına səbəb olur.

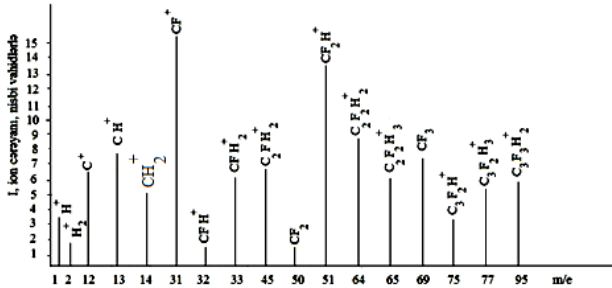
**Dördüncü fəsildə** kristallaşma xassələri olan, amorf-kristallik struktura malik, xətti polimer sistemlərə qazboşalmaları vastəsilə təsir etdikdə materialların səthindən və həcmindən yüklü zərrəciklərin emissiya proseslərinin, materialların strukturundan asılılıqlarının tədqiqindən əldə edilmiş nəticələrin şərh verilmişdir.

Tədqiqatlarda, müxtəlif texnoloji rejimlərdə hazırlanmış və müvafiq olaraq müxtəlif struktura malik, yüksək təzyiqli polietilen (PE) polivinilidenftorid (PVDF), polipropilen (PP), polikaroamid (PK) polimer materialların nümunələrindən istifadə edilmişdir. Qranul halında götürülmüş materiallardan müxtəlif temperaturalarda və təzyiqlərdə, qalınlığı 0,5mm olan tədqiqat nümunələri hazırlanmışdır.

Təcrübələrdə qaz mühiti olaraq, eleqaz ( $SF_6$ )-dan istifadə

edilmişdir. Materiallara elektrik təsiri vastəsi olaraq məşəl şəkilli qazboşalmalarının təsirləri həyata keçirilmişdir.

Kütlə spektrometrinin analizatorunda  $10^{-4}$  Pa tərtibində vaku-um saxlamaqla, reaktorda 10 dəqiqə müddətində, SF<sub>6</sub> mühitində, mə-şəl qazboşalmasının təsirinə məruz qalan polivinilidenftorid material-larından ion şəkilində yaranmış yeni mühitin kütlə-spektroqramması şəkil 3-də verilmişdir.



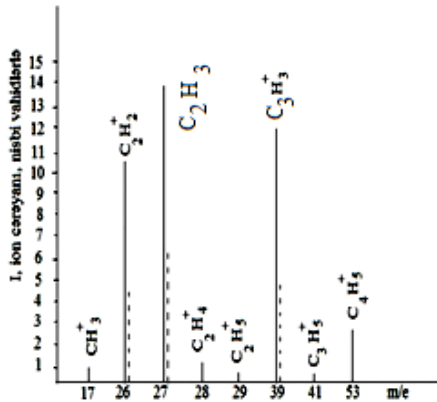
**Şəkil 3. PVDF materialından ikinci növ ion emissiyasının kütlə spektroqramması**

Müəyyən edilmişdir ki, qazboşalmasının təsiri nəticəsində eleqaz ionlarının PVDF materialı ilə qarşılıqlı təsirindən materialın səthindən karbon, ftor və hidrogen atomlarının ionları vaku-um həc-minə emissiya edərək sürətli qaz reaksiyalarına səbəb olur və bunun nəticəsində həcmdə karbohidrogen və karboftorhidrogen birləşmələri müşahidə olunur.

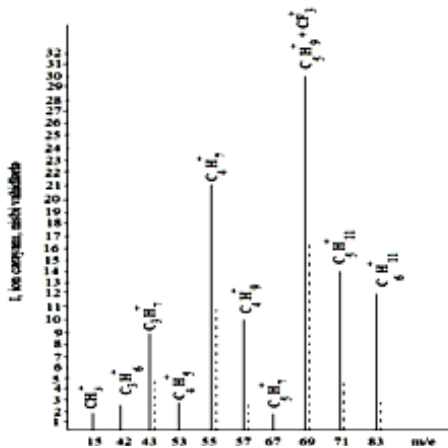
Şəkil 4, 5 – də sferolit struktura malik PE və PP materialla-rının səthlərindən müşahidə edilən ikinci növ ionların emissiya proseslərini əks etdirən kütlə-spektroqrammaları təqdim olunmuşdur. Eyni zamanda PE və PP hallarında bir ox istiqamətində deformasi-yaya məruz qalan nümunələrin səthindən ikinci növ emissiya proses-lərinin nəticələri də qeydə alınmışdır.

Tədqiqatlarda əldə edilən nəticələrin araşdırılmasında məlum olur ki, hər polimer özünə məxsus kütlə spektri ilə xarakterizə olunur. Nəticələrdən məlum olur ki, element tərkibinin eyni olmasına baxmayaraq PE və PP-nin kütlə spektrləri kifayət qədər fərqli xarak-terizə olunur. Bir ox istiqamətində deformasiya prosesinə məruz qalan polimerlərdən emissiya prosesinin qismən zəifləməsi müşahidə

edilmişdir. Təcrübədə qeydə alınan nəticə, fibrilyar strukturlu materialın kristallaşma dərəcəsinin yüksək olması ilə izah olunmuşdur.

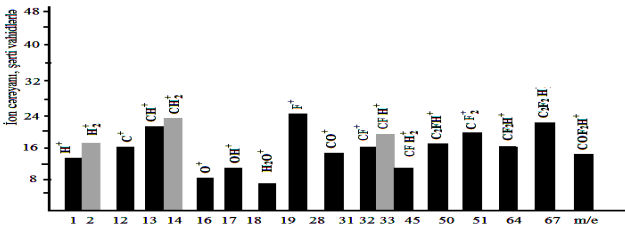


Şəkil.4. Polietilen materialından ikinci növ emissiyasının kütlə spektrogramması. Punktir xətlərlə göstərilən spektr fibrilyar struktura malik PE-nin səthindən olan emissiya prosesini xarakterizə edir.

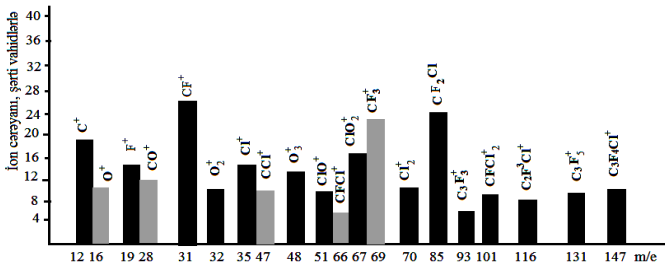


Şəkil 5. Sferolit və fibrilyar struktura malik polipropilen materialının səthindən ikinci növ ion emissiyasının kütlə spektrogramması. Punktir xətlərlə göstərilən spektr fibrilyar struktura malik PP-in səthindən olan emissiya prosesini xarakterizə edir.

Tədqiqatlarda ozon qazı PVDF və “politriflorxloretilen-polivinilidenftorid” qarışıqlı kompozisiya polimerinin səthindən destruktiv emisiya proseslərinin qeydə alınmış, şəkil 6, 7-də kütlə-spektoqraması əldə edilmişdir. Spektoqramanın analizindən məlum olur ki, ozon qazı mühitində qazboşalmalarının təsiri nəticəsində materialın səthindən intensiv olaraq həcmə  $F^+$  atomlarının emisiyası sistemin qaz mühitində ozon qazı ilə eyni zamanda  $F^+$  atomları da səthin bombardıman prosesində və sürətli qaz reaksiyalarında intensiv olaraq iştirak edir.



**Şəkil 6. Ozon qazı mühitində PVDF materialından müşahidə olunan kütlə spektoqramması**



**Şəkil 7. Ozon qazı mühitində PVDF+Politriflorxloretilen materialından müşahidə olunan kütlə spektoqramması.**

Qeyd etmək lazımdır ki, ozon qazının oksidləşdirici xassəsi yüksək olur, ozon qazı reaksiya effektivliyi üzrə yalnız  $F^+$  atomlarının, fluor oksidlərinin və fluorun sərbəst radikallarının reaksiya aktivliyindən nəzərə çarpacaq dərəcədə aşağıdır. Ozon qazının kimyəvi xassəsi-onun qeyristabilliyi və oksidləşdirici olması ilə xarakterizə olur. Ozon qazının təşkil edici atomlara parçalanması  $H_2$ ,  $Cl_2$ ,  $Br_2$  mühitlərində və yüksək (100, 250°C) temperaturlarda sürətlənir.

Kütlə spektoqramasından görünür ki, ozon qazı qismən parça-



lanaraq emissiya olunan karbon atomu ilə CO, qazını əmələ gətirir. Ftor atomlarının reaksiya aktivliyi isə əsasən emisiya olunmuş C, Cl atomları ilə reaksiya girərək, müxtəlif birləşmələrin əmələ gəlməsi ilə xarakterizə olur. Qeyd olunan birləşmələrin reallaşmasının əsas səbəbi kompozisiya materialını təşkil edən hər iki materialın tərkibində F atomlarının mövcudluğu və F atomlarının reaksiya aktivliyinin yüksək olması ilə izah olunmuşdur.

## Nəticə

1. İşdə qalınlığı 0,6, 1,2 və 1,6 mm olan polietilen nümunələrinin deformasiya prosesi tədqiq edilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, materialın qalınlığı artdıqca polimer nümunələrinin qırılma hadisəsi nisbi deformasiyanın kiçik qiymətlərində müşahidə olunur. Eyni zamanda materialın isti presləmə təzyiqinin kiçik (40 atm) və yüksək (150 atm) təzyiqlərində deformasiya prosesinin zəifləməsi defektlərinin miqdarı, struktur elementlərinin ölçüləri, materialın kristallaşma dərəcəsi, kristallaşma temperaturunun materialın qalınlığı boyunca qeyribərabər paylanması ilə izah edilmişdir [1].
2. Müəyyən edilmişdir ki, polimer nümunələrində, kristallaşma temperaturu artdıqca nisbi deformasiya prosesi kiçik qiymətlərlə xarakterizə olunur. Məlumdur ki, kristallaşma temperaturu və kristallaşma müddəti artdıqca polimer materiallarda daha böyük ölçülü sferolitlər müşahidə olunur. Blok polimerlərdə sferolitlərin böyük ölçülərə malik olması isə materialın kövrəkliyinə səbəb olur ki, bu da öz növbəsində materialın deformasiya xassələrinin azalması ilə nəticələnir [2].
3. Göstərilmişdir ki, yüksək temperaturlu deformasiya prosesində struktur dəyişiklikləri intensivləşir, deformasiya prosesində amorf hissələrlə yanaşı, eyni zamanda kristallik hissələrin də deformasiyaya məruz qalması, dağılması, materialda yeni əlavə defektlərin əmələ gəlməsi və defektlərin təsir edən qüvvə istiqamətində genişlənməsi deformasiya prosesinin zəiflənməsi ilə nəticələnir. Eyni zamana deformasiya prosesinin sürətinin artırılması da deformasiya prosesinin zəifləməsinə səbəb olmuşdur [3].
4. İşdə qalınlığı 0,25-1,75 mm olan yüksək təzyiqli polietilen materialının nümunələrinin qalınlıqdan və ərintinin soyudulma sürətindən asılılıqları tədqiq edilərək, müəyyən edilmişdir ki, qalınlıq artdıqca nümunələrdə boşluqların, mikroçatların çoxluğu, sferiolitlərə bənzər struktur elementlərinin ölçülərinin böyüklüyü materialın deformasiya prosesinə təsir edərək, nisbi deformasiyanın azalmasına səbəb olur. Digər tərəfdən

deformasiya prosesinin zəifləməsinə səbəb polimer ərintisinin 200<sup>0</sup>S-dən kiçik sürətlərdə soyudulmasını göstərmək olar. Bu halda sferolit struktur elementlərinin ölçülərinin daha böyük olması və yenə də materialın qeyribircinslilik dərəcəsinin yüksək olmasına səbəb olur [4].

5.  $T_{kr}=60^0C$  qiymətlərində sferolit struktura malik polietilen materialının,  $T_{kr}=100^0C$ , isti preslənmənin  $P=100$  atm. Qiymətində polipropilen və polivinilidenftorid materiallarının elektrik və mexaniki möhkəmlikləri, digər hallara nisbətən daha yüksək olur. Yuxarıda qeyd olunan temperatur-təzyiq göstəricilərini sferolit struktura malik polietilen PP və PVDF materiallarının, elektrik və mexaniki möhkəmlik baxımından, optimal emal parametrləri hesab etmək olar [12,15].
6. Ozon qazı mühitində qazboşalmasının təsirlərinə məruz qalan politriflorxloretilen (60%) və polivinilidenftorid (40%) kompozisiya materialının səthindən emissiya prosesinin kütlə-spektroqrammasının analizindən məlum olur ki. Ozon qazı mühitində qazboşalmalarının təsiri nəticəsində materialın səthindən intensiv olaraq həcmə  $F^+$  atomlarının emissiyası sistemin qaz mühitində ozon qazı ilə eyni zamanda  $F^+$  atomları da səthin bombaardıman prosesində və sürətli qaz reaksiyalarında intensiv olaraq iştirak edir. İşdə yerinə yetirilən tədqiqatların nəticələrindən məlum olur ki, ozon qazı mühitində elektrik qazboşalmalarının polimer materiallara təsiri nəticəsində materiallarda, qaz halında, emissiya prosesinə uğrayan atom və molekullar, qapalı sistemdə mövcud olan atmosfer havasının qalıq qazları (hidrogen, oksigen) və digər sistem qazları arasında sürətli qaz reaksiyaları baş verir və qapalı sistemdə əmələ gələn qaz mühiti ilkin qaz mühitindən kəsgin olaraq fərqlənir [5].
7.  $SF_6$  qaz mühitində, elektrik qazboşalmasının təsiri şəraitində polietilentereftalat materialından emissiya prosesləri tədqiq edilərək, müəyyən edilmişdir ki, polikristal materialda amorf materiala nisbətən səthdən emissiya prosesi nəzərə çarpacaq dərəcədə zəifləmişdir. Materialın emal müddətinin çox olması və kristallaşma temperaturunun materialın erimə temperaturuna yaxın olması ilə əlaqədar olaraq emissiya prosesinin intensivliyi kəskin

olaraq azalmışdır. 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 və ümumiyyətlə polimer materiallara güclü elektrik sahələrində və elektrik qazboşalmalarının təsirləri mövcud olan sənaye sahələrində-fiziki cihaz və texniki avadanlıqlarda elektroizoləedici material kimi istifadə edilməsinin istismar müddətinin proqnozlaşdırılması baxımından da praktiki əhəmiyyət kəsb edir [6, 7, 8].

8. Aparılan tədqiqatların nəticələrindən məlum olmuşdur ki, məşəl şəkilli elektrik qazboşalmalarının təsirlərinə məruz qalan xətti polimer sistemlərin səthindən atom və molekulaların emissiya prosesi baş verir və materialın temperaturu artdıqca emissiya prosesinin intensivliyinin yüksəlməsi müşahidə olunmuşdur. Alınan nəticələrin struktur anlayışları vasitəsilə izahatları verilmişdir. Növbəti tədqiqatların nəticələrinə əsaslanaraq, yüksək təmizliyə malik,  $H_2O_2$  – nin sintez prosesini, sistemə hidrogen və oksigen daxil etmədən, arakəsməli elektrik qazboşalmasının PETF materialına təsiri vasitəsilə yeni üsulun tətbiqinin mümkünlüyü qənaətinə gəlmək olmuşdur [16, 17,18].

### **Dissertasiyanın mövzusu üzrə dərc olunmuş işlərin siyahısı**

1. Həşimov, A.M. Müxtəlif texnoloji şəraitlərdə hazırlanmış polietilen materialının “struktur-xassə” əlaqələri / A.M.Həşimov, L.Ç.Süleymanova, K.B.Qurbanov // Energetikanın problemləri.-2016. №2, - s.61-65.
2. Həşimov, A.M. Müxtəlif kristallaşma temperaturalarda emal olunmuş polietilen materialının deformasiya prosesi /A.M.Həşimov, L.Ç.Süleymanova, K.B.Qurbanov // Energetikanın problemləri, -2016. №3, -s.35-38.
3. Həşimov, A.M. Amorf-kristallik polimer sistemlərin istiqamətlənmiş deformasiya proseslərinin bəzi məsələləri / A.M.Həşimov, L.Ç.Süleymanova, K.B.Qurbanov [və b.] // Energetikanın problemləri,- 2016. №4,-s.30-33.
4. Həşimov, A.M. Polietilen materialında strukturun və deformasiya proseslərinin tənzimlənməsi / A.M.Həşimov,

- L.Ç.Süleymanova, K.B.Qurbanov [və b.] // Fizika, -2016. cild XXII, №4, -s.10-12.
5. Həşimov, A.M. Ozon qazı mühitində qazboşalmasının təsirinə məruz qalan polimerlərdə destruksiya prosesi / A.M.Həşimov, L.Ç.Süleymanova, K.B.Qurbanov [və b.] // Fizika, - 2017. cild XXIII, №1, sektion: Az, -s.13-15.
  6. Hashimov, A.M., Tabatabaei, N.M., Gurbanov, K.B., Suleymanova, L.C., Tagiyeva, Z.A. Strukture interpretations of polymers properties // 13th International Conference on “Technical and Physical Problems of Electrical Engineering”, -Istanbul, Turkey: *Rumeli University*, - 21-23 September, - 2017, -pp.331-335.
  7. Həşimov, A.M. SF<sub>6</sub> qaz mühitində elektrik qazboşalmasının təsiri şəraitində polietilentereftalat materialından emissiya prosesləri / A.M.Həşimov, L.Ç. Süleymanova, K.B.Qurbanov // Energetikanın problemləri -2018, №1,-s.6-10.
  8. Həşimov, A.M., Süleymanova, L.Ç., Qurbanov, K.B., SF<sub>6</sub> qaz mühitində elektrik qazboşalmasının təsiri şəraitində polietilentereftalat materialından emissiya prosesləri // Azərbaycan Respublikasının Təsil Nazirliyi Sumqayıt Dövlət Universiteti, Tətbiqi fizika və energetikanın aktual məsələləri Beynəlxalq Elmi Konfransın materialları, -Sumqayıt:- 2-25 may, -2018, -s.192-195.
  9. Hashimov, A.M. Strukture interpretations of polymers properties / A.M.Hashimov, N.M.Tabatabaei, K.B.Gurbanov [et al.] // International Journal on Technical and Physical Problems of Engineering (IJTPE), - number 2, june 201. Issue 35, vol.10,-pp.34-38.
  10. Hashimov, A.M., Tabatabaei, N.M., Suleymanova, L.C., Tagiyeva, Z.A., Gurbanov, K.B., Thermo-stimulating ionic currents in polymers in the environment of ozone gas //14<sup>th</sup> international Conference on “Technical and Physical Problems of Electrical Engineering”, - Nakhchivan State University, -15-17 October,- 2018, №25, -pp.124-127.
  11. Hashimov, A.M. Thermostimulating ionic currents in polumers in the environment of ozone gas / A.M.Hashimov, N.M.Tabatabaei, L.C Suleymanova. [et. al] // International jurnal

- on “Technical and physical Problems Engineering” (IJTPE), - March 2019, ISSUE 38, volume 11, №1. -p.21-24.
12. Hashimov, A.M., Tabatabaei, N.M., Suleymanova, L.J., Gurbanov, K.B. “Strength-structure” interrelationships in amorphous-crystalline polymers // 15th International Conference on “Technical and Physical Problems of Electrical Engineering” - Istanbul, Turkey: *Rumeli University*, - 14-15 October, - 2019,- pp.122-124.
  13. Süleymanova, L.Ç. Elektrik qazboşalmalarının təsirlərinə məruz qalan polimer materialların səthində və həcmində reallaşan proseslərin təhlili // *Fizika*, - 2019. cild XXV, №3, s.37-42.
  14. Süleymanova, L.Ç. Karbohidrogen mənşəli materiallar üzrə tədqiqat istiqamətləri və “struktur-xassə əlaqələrinin təhlili”// *Energetikanın problemləri*, - 2019. №3,- s.47-52.
  15. Hashimov, A.M. Strength Structure of Interrelationships in Amorphous Crystalline Polymers / A.M.Hashimov, N.M.Tabatabaei, L.J.Suleymanova [et. al] // *International Journal on Technical and Physical Problems of Engineering (IJTPE)*, Issue 41, - december 2019,- vol.11, number 4, -pp.63-65.
  16. Süleymanova, L.C. Polimer – qazboşalması qarşılıqlı təsiri üsulu ilə  $H_2O_2$  – nin sintezi, Azərbaycan Respublikasının Təhsil Nazirliyi, Mingəçevir Dövlət Universiteti. Regional inkişafın təmin olunmasında innovativ tendensiyalar: Reallıqlar və müasir çağırışlar. Respublika Elmi Konfransının materialları, 11-12 dekabr 2020-ci il.
  17. Həşimov, A.M. Elektrik təsirlərinə məruz qalan polimerlərdə müşahidə olunan proseslərin mexanizmlərinin araşdırılması / A.M.Həşimov, L.Ç.Süleymanova., K.B.Qurbanov [və b.] // *Enegetikanın problemləri*, - 2021.№1,- s. 51.-56.
  18. Həşimov, A.M., Tabatabaei N.M., Süleymanova, L.Ç., Qurbanov, K.B., Tağıyeva, Z.A. Hüseynova A.S. Study of temperature dependence of emission processes in polymer systems of linear structure // 17th International Conference on “Technical and Physical Problems of Electrical Engineering” -Istanbul, Turkey.- *Rumeli University*, - 18-19 October 2021, -pp.942-98.

Dissertasiyanın müdafiəsi 31 may 2022-ci il tarixində saat 10<sup>00</sup>-da AMEA akademik Y.H. Məmmədəliyev adına Neft-Kimya Prosesləri İnstitutu nəzdində fəaliyyət göstərən ED 1.17 Dissertasiya şurasının iclasında keçiriləcək.

Ünvan: Bakı şəhəri, Xocalı prospekti, 30. AZ 1025

Dissertasiya ilə AMEA akad. Y.H.Məmmədəliyev adına Neft-Kimya Prosesləri İnstitutunun kitabxanasında tanış olmaq mümkündür.

Dissertasiya və avtoreferatın elektron versiyaları [www.nkpi.az](http://www.nkpi.az) rəsmi internet saytında yerləşdirilmişdir.

Avtoreferat 29 aprel 2022-ci il tarixində zəruri ünvanlara göndərilmişdir.

Çapa imzalanıb: 26.04.2022

Kağızın formatı: A5

Həcm: 40636

Tiraj: 100