

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI

Əlyazması hüququnda

**İZOTAKTİK POLİPROPİLEN VƏ METALTƏRKİBLİ
NANODOLDURUCULAR ƏSASINDA TERMOPLASTİK
ELASTOMER KOMPOZİTLƏRİN ALINMASI VƏ TƏDQIQI**

İxtisas: 2304.01 – “Makromolekullar kimyası”

Elm sahəsi: kimya

İddiaçı: **Nahidə Əmənulla qızı Əlimirzəyeva**

Fəlsəfə doktoru elmi dərəcəsi
almaq üçün təqdim edilmiş dissertasiyanın

AVTOREFERATI

Sumqayıt – 2021

Dissertasiya işi Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyası Polimer Materialları İnstitutu "Nanopolimer kompozitlər" laboratoriyasında yerinə yetirilmişdir.

Elmi rəhbər:

k.e.d., dosent

Nüşabə İsmayıl qızı Qurbanova

Rəsmi opponentlər:

k.e.d., professor

Oqtay Hümət oğlu Əkbərov

k.e.d., dosent

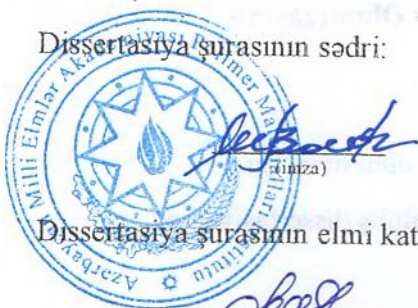
Nizami Allahverdi oğlu Zeynalov

k.ü.f.d., dosent

Elnarə Telman qızı Aslanova

Azərbaycan Respublikasının Prezidenti yanında Ali Attestasiya Komissiyasının Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyası Polimer Materialları İnstitutunun nəzdində fəaliyyət göstərən ED 1.28 Dissertasiya şurası

Dissertasiya şurasının sədri:



AMEA-nın müxbir üzvi, professor

Bəxtiyar Əjdər oğlu Məmmədov

Dissertasiya şurasının elmi katibi:

(imza)

k.ü.f.d., dosent

Xəyalə Vaqif qızı Allahverdiyeva

Elmi seminarın sədri:

(imza)

k.e.d., professor

Nəcəf Tofiq oğlu Qəhrəmanov

İŞİN ÜMUMİ MAHİYYƏTİ

Mövzunun aktuallığı və işlənmə dərəcəsi Məlumdur ki, kompleks üstün xassələrə malik yeni polimer kompozisiya materialların alınması probleminin həlli, əsas etibarilə, mövcud çoxtonnajlı polimerlərin optimal nisbətdə kombinasiyasının əldə olunması ilə bilavasitə əlaqədardır. Lazımı istismar xassələrinə malik yeni polimer materialların effektiv alınma üsulu - müxtəlif xassələrə malik iki və daha çox polimerlərin qarışdırılmasıdır. Polimer kompozisiyaların alınmasının bu üsulunun fərqli cəhəti - alınan kompozisiyaların davamlı kompleks xassələrə malik olması və bir çox hallarda bu xassələrin ənənəvi polimer qarışıqların xassələrindən üstün olmasıdır. Kompozisiyaların struktur və xassələrinin formalaşmasında onların alınma və emal şəraiti, həmçinin müxtəlif əlavələrin daxil edilməsi mühüm əhəmiyyət kəsb edir. Dünyada kimya sənayesinin intensiv inkişafı yüksək istehlak xassələrinə malik, ekoloji təhlükəsiz və sadə emal üsulu ilə alınan yeni polimer kompozisiyaların yaradılması ilə sıx əlaqədardır.

Termoplastik elastomerlər (TPE) məhz belə materiallara aiddir. TPE-nin fərqləndirici üstün cəhəti ondan ibarətdir ki, vulkanlaşdırılmış kauçukun davamlı istismar göstəricilərini və termoplastların yüksək emal xassələrini özündə cəmləşdirməsidir. Odur ki, TPE-nin göstərilən xassələrinə əsaslanaraq demək olar ki, termoplastik polimerlərdə olduğu kimi TPE-in xassələrində də nəzərə çarpaq dərəcədə dəyişiklik olmadan çoxdəfəli emal prosesinə (tökmə üsulu ilə formalaşdırma, üfürməklə formalaşdırma, ekstruziya üsulu ilə formalaşdırma və s.) məruz qala bilər. Bu da, istehsal tullantılarının və işlənmiş məmulatların təkrar emalına imkan verir. Polimer kompozisiyaların tullantısız alınması və emalı onların mühüm ekoloji üstünlüyüdür.

Poliolefinlər (polietilen, polipropilen və etilen-propilen) və elastomerlər əsasında alınan TPE maya dəyərinin aşağı olması və geniş temperatur diapazonunda iş qabiliyyətinə görə praktik istifadə üçün ən perspektivli materiallardan biridir. Polipropilen (PP) və etilenpropilendien kauçuku (EPDK) əsasında, vulkanlaşdırma metodu

ilə alınan heterofazalı qarışıqlar yüksək fiziki-mexaniki xassələrə malik olur.

Müasir materialşünaslığın ən perspektivli inkişaf istiqamətlərindən biri tərkibində nanohissəcik saxlayan materialların alınmasında imkanlar açan nanotexnologiya elmidir. Nanotexnologiyanın inkişafı kompozisiya materialları haqqında geniş araşdırmalar aparmağa və alınan nəticələrin bir çox sahələrdə, o cümlədən sensor, kataliz, nanoelektronika və digər sahələrdə tətbiqi üçün yeni tip perspektivli polimer materialların alınması və istifadəsinə geniş imkanlar açır.

Müxtəlif formalı və kimyəvi təbiətli bərk nanohissəciklərin polimer materiallarda doldurucu kimi istifadə olunması onların modifikasiyası üçün yeni imkanlar açır, beləki bu nanoölçülü maddələr yüksək səth xassələri və adsorbsiya aktivliyi ilə fərqlənir. Tərkibində polimer matrislərində stabilləşdirilmiş nanohissəciklər saxlayan kompozisiya materialları yüksək adgeziya möhkəmliyinə və fiziki-mexaniki xassələrə malik olur.

Dissertasiya işinin mövzusunun aktuallığı ondan ibarətdir ki, ilk dəfə olaraq, izotaktik PP və EPDK əsasında alınan termoelastoplastlarda polimer matrisdə stabilləşdirilmiş metaltərkibli nanohissəciklərin nanodoldurucu kimi tətbiq olunur. Bu üsul prinsipə yaxşılaşdırılmış xassələrə malik yeni növ materialların əldə olunmasına imkan verir və bu materialların texnikanın müxtəlif sahələrində tətbiqinə geniş imkanlar açır.

Tədqiqatın obyekti və predmeti. Tədqiqatın obyekti izotaktik polipropilen və metaltərkibli nanodoldurucular əsasında termoplastik elastomer kompozitlərini əldə edilməsi və xüsusiyyətlərinin öyrənilməsidir. Tədqiqat predmeti - tərkibində metal oksidi olan nanohissəciklərdən doldurucu kimi istifadə edərək izotaktik polipropilen və müxtəlif növ etilenpropilendien elastomerləri əsasında qarışıq və dinamiki vulkanlaşdırılmış termoplastik elastomerlərin əldə edilməsi və alınan nanokompozitlərin strukturuna və fiziki-mexaniki, reoloji, teplofiziki, elektrik və digər xüsusiyyətlərinə nanodoldurucunun təsirinin tədqiqidir.

Tədqiqatın məqsəd və vəzifələri Tədqiqat işinin məqsədi - izotaktik polipropilen və etilenpropilendien elastomerləri əsaslı kompozitlərin xüsusiyyətlərinə, və həmçinin, vulkanizə sistemin quruluşuna, fiziki-mexaniki, elektrik, teplofiziki, reoloji xassələrinə nanohissəciklərin növü və tərkibinin onların təsirinin öyrənilməsidir. Bu məqsədə çatmaq üçün aşağıdakı vəzifələr yerinə yetirilmişdir:

- müxtəlif metal oksidlərinin nanohissəciklərindən (Cu_2O , NiO , Fe_3O_4) özündə cəmləşdirən nanodolduruculardan istifadə edərək izotaktik polipropilen ilə etilenpropilendien elastomerləri əsasında termoplastik elastomer kompozitlərin alınması;
- əldə edilmiş nanokompozitlərin tərkibinin və quruluşunun öyrənilməsi;
- nanodoldurucuların növünün və tərkibinin nanokompozitlərin fiziki-mexaniki xassələrinə təsirinin öyrənilməsi;
- nanodoldurucuların növünün nanokompozitlərin elektrik xassələrinə təsirinin öyrənilməsi;
- nanodoldurucuların növünün nanokompozitlərin istilikfiziki xüsusiyyətlərinə təsirinin müəyyən edilməsi;
- nanodoldurucuların termoplastik elastomer kompozitlərin kristallaşma prosesinə təsirinin dilatometrik metodla tədqiqi;
- nanodoldurucuların nanokompozitlərin reoloji xüsusiyyətlərinə təsirinin öyrənilməsi;

Tədqiqat metodları. Polimer nanokompozitlərin quruluşu və tərkibi İQ spektraskopiya metodu, termiki (termiki qravimetrik analiz-TQA və differensial skanirəedici kalorimetriya- DSK) metodu ilə müəyyən edilmişdir. Nanokompozit nümunələrin faza tərkibi və mikrostrukturunu rentgen faza difraktometrində (RFA) və elektron mikraskopik analiz (SEM) metodları ilə öyrənilmişdir. Nanokompozitlərin fiziki-mexaniki xassələri otaq temperaturunda və 50mm/dəq. yuxarı hərəkət travers sürəti ilə “İnstron-1122”markalı maşında tədqiq edilmişdir. Dielektrik ölçmələri $f=10^{-2} \div 10^6$ Hers tezlik diapazonunda Novocontrol firmasının Concept 40 ölçü kompleksində aparılmışdır.

Müdəfiə üçün irəli sürülən müddəalar:

1. İzotaktik polipropilen və müxtəlif növ etilenpropilendien elastomerləri əsasında tərkibində metaloksidi nanohissəcikləri olan qarışıq və dinamiki vulkanlaşdırılmış termoplastik elastomer kompozitlərin alınması.
2. Nanodoldurucuların növünün və tərkibinin əldə edilən nanokompozitlərin eləcə də vulkanizə edilmiş sistemin quruluşuna və fiziki-mexaniki xüsusiyyətlərinə təsiri.
3. Nanokompozitlərin dielektrik və istilik-fiziki xüsusiyyətlərinin tədqiqatından əldə edilmiş nəticələr.
4. Nanokompozitlərin kristallaşma prosesinin və reoloji xüsusiyyətlərinin öyrənilməsinin nəticələri.
5. Əldə olunan nanokompozitlərin xalq təsərrüfatının müxtəlif sahələrində praktiki istifadə imkanları.

Tədqiqatın elmi yeniliyi. Polimer matrisdə stabilləşdirilmiş metaltərkibli nanohissəciklər tərəfimizdən ilk dəfə olaraq izotaktik polipropilen və etilenpropilendien kauçuku əsasında alınmış termoplastik elastomerlərdə nanodoldurucu kimi istifadə olunmaqla yeni metaltərkibli nanokompozitlər əldə olunmuş və göstərilmişdir ki, bu yolla elm və texnikanın müxtəlif sahələrində tətbiq oluna bilən prinsipə yeni materialların alınması mümkündür.

Tərkibində müxtəlif təbiətli metal nanohissəcikləri saxlayan nanodolduruculardan istifadə olunmaqla termoplastik elastomerlər əsasında müxtəlif növ qarışıq və dinamiki vulkanlaşdırılmış metaltərkibli nanokompozitlər işlənib hazırlanmış, vulkanlaşdırıcı sistemin və nanodoldurucunun təbiətinin alınan nanokompozitlərin struktur və xassələrinə təsiri müəyyən edilmişdir.

Müəyyən edilmişdir ki, PP/EPDK-ya metaltərkibli nanodoldurucunun daxil edilməsi kompozitin kristallıq dərəcəsinin dəyişməsinə xırdakristallik strukturun yaranmasına və bununla da onun xassələrinin yaxşılaşmasına səbəb olur.

İzotaktik polipropilen və müxtəlif tərkibli üçlü etilenpropilendien elastomeri əsasında tərkibində müxtəlif metal oksidləri nanohissəciklərini saxlayan nanodolduruculardan istifadə etməklə yeni termoplastik elastomerlər işlənib hazırlanmışdır. Göstərilmişdir ki, az miqdarda (1.0 küt.h. qədər) nanodoldurucunun daxil edilməsi

termoplastik elastomerin kristallıq dərəcəsinə və dielektrik nüfuzluluğuna praktiki olaraq təsir etmir, lakin onların mexaniki göstəricilərini saxlamaqla elastiklik modulunu azaldır.

Müəyyən edilmişdir ki, alınan kompozitlərin son xassələrinə təkcə metal nanohissəciklərinin tipi deyil, həm də onları stabilləşdirən matrisin növü də təsir göstərir. Bunu da həmin matrisin PP/SKEPT strukturu ilə uzlaşıb uzlaşmaması ilə izah etmək olar

Mistərkibli nanohissəcikləri vulkanlaşdırıcı sistemin komponentləri ilə qarşılıqlı təsirdə olaraq müəyyən qədər mürəkkəb adduktunu əmələ gətirir. Adduktunun strukturu RFA-nın nəticələri, həmçinin nümunənin İQ-spektrində udulma zolaqları ilə sübut edilmişdir.

Tədqiqatın nəzəri və praktik əhəmiyyəti. Dissertasiya işində polimer matrisdə stabilləşdirilmiş metal oksidləri nanohissəciklərini, izotaktik polipropilen və etilenpropilendien elastomeri əsasında alınan termoplastik elastomerlərin xassələrinə təsiri tədqiq olunmuşdur. Aparılan tədqiqatlar nəticəsində yeni nanokompozisiya materialları alınmış və onların strukturu, fiziki-mexaniki xassələri və tətbiqi imkanları müəyyən edilmişdir. Alınan yeni nanokompozisiya materiallarının fiziki-mexaniki, reoloji, termiki və s. xassələri adi polimer kompozit materiallarla müqayisədə yuxarıdır və tətbiqi və kommersiya baxımından daha perspektlidir.

Alınan yaxşılaşdırılmış kompleks xassələrə malik yeni termoplastik elastomerlər mikro- və nanoelektronikada, elektrotexnikada, tibbdə, yeyinti sənayesində, maşınqayırmada, neftkimya sənayesində və s. istifadə oluna bilər.

İlk dəfə olaraq polimer matrisdə stabilləşdirilmiş metaltərkibli nanohissəciklərin izotaktik PP və EPDK əsaslı termoplastik elastomerlərdə nanodoldurucu kimi istifadə olunması təklif edilmişdir ki, bu da prinsipdə yeni materialların əldə olunmasına və onların müxtəlif sahələrdə tətbiqinə imkan verir.

Aprobasiyası və tətbiqi. Dissertasiya işinin mövzusunə dair müəllifin Ali Attestasiya Komissiyasının siyahısındakı jurnallarda 32 elmi əsəri vardır ki, onlardan 15-i məqalə (2-si təkmüəllifli) və 17 məruzə tezisləri dərc olunmuşdur. Dissertasiya işinin əsas nəticələri

beynəlxalq və respublika elmi konfranslarında təqdim olunmuşdur: 1st, 2st International Scientific Conference of Young scientist and specialist (Baku, 2014, 2020); Akad.S.C.Mehdiyevin 100 illik yubileyinə həsr olunmuş respublika elmi-praktiki konfransı (Bakı, 2014); 1st International Turkic World Conference on Chemical Schience Technologies(Sarayevo, 2015); Всероссийская школа- конференция молодых ученых: «Органические и гибридные наноматериалы» (Иваново, Россия, 2015, 2017); Конференция, посвященная 90-летнему юбилею академика Т.Н.Шахтахтинского (Баку, 2015); Monomerlər və polimerlər kimyasının müasir problemləri III Respublika konfransının materialları (Sumqayıt, 2015); Polimer Materialları İnstitutunun yaradılmasının 50-illik yubileyinə həsr olunmuş «Makromolekullar kimyası, üzvi sintez və kompozit materiallar» mövzusunda respublika elmi konfransının materialları (Sumqayıt, 2016); Бакинская международная Мамедалиевская конференция по нефтехимии (Баку, 2016); M.Nağıyev adına Kataliz və Qeyri-Üzvi Kimya İnstitutunun 80-illik yubileyinə həsr olunmuş Respublika Elmi Konfransının materialları (Bakı, 2016); 3st International Turkic World Conference on Chemical Sciences and Technologies. (ITWCCST, Baku, 2017); Материалы Международная научно-техническая конференция «Нефтехимический синтез и катализ в сложных конденсационных системах», посвященная 100-летнему юбилею академика Б.К.Зейналова (Баку, 2017); Материалы Межд. науч.-тех конф. «Поликомтриб - 2017» (Гомель, Беларусь, 2017); 5th International Caucasian Symposium on Polymer &. Advansed Materials (Georgia, Tbilisi, 2017); Beynəlxalq elmi konfrans."Funksional monomerlər və xüsusi xəssəli polimer materiallar: problemlər, perspektivlər və praktiki baxışlar"(Sumqayıt, 2017). Тезисы докладов Международной научно-практической конференции "Инновативные перспективы развития нефтепереработки и нефтехимии", посвященной 110-летию академика В.С. Алиева, 2018 г.; Akademik M.Nağıyevin 110 illiyinə həsr olunmuş "Nağıyev qıraətləri" elmi konfransının materialları, 2018; 6th International Caucasian Symposium on Polymer &. Advansed Materials (Georgia, Batumi, 2019).

İş AMEA Polimer Materialları İnstitutunda elmi tədqiqat planına uyğun olaraq Azərbaycan Respublikası Prezidenti yanında elmin inkişafı fondunun dəstəyi ilə, “Metaltərkibli nanodoldurucuların iştirakı ilə modifikasiya olunmuş poliolefin və dinamiki vulkanlaşdırılmış termoelastoplastlar əsasında polimer kompozitlərin alınması” mövzusu üzrə, AMEA PMİ-nin “Nanopolimer kompozitlər” laboratoriyası və REA H.H.Семенов adına KFİ-nin “Polimer sistemlərdə fiziki- kimyəvi proseslər” laboratoriyasının elmi-tədqiqat üzrə birgə əməkdaşlığı ilə həyata keçirilmişdir.

Müəllifin şəxsi iştirakı. İşin yerinə yetirilməsində və məqsədlərin reallaşdırılmasında, eksperimentlərin aparılmasında, nəticələrin təhlilində və tədqiqat nəticələrinin araşdırılmasında müəllif aparıcı rol oynamışdır.

Dissertasiya işinin quruluşu və həcmi. Dissertasiya işi giriş, 3 fəsil, nəticələr, istifadə olunmuş ədəbiyyat siyahısı və əlavələrdən ibarətdir. Əsərin materialları 41 şəkil, 10 cədvəl və 165 adda ədəbiyyat siyahısı şəklində təqdim edilmişdir. Dissertasiya işinin ümumi həcmi 171495 simvoldur.

Giriş hissədə problemin və seçilmiş elmi istiqamətin aktuallığı əsaslandırılmış, tədqiqatın məqsədi və qarşıda duran məsələlər müəyyənləşdirilmişdir. Həmçinin işin elmi yeniliyi və praktiki əhəmiyyəti müzakirə olunur, əldə olunmuş nəticələr nəzərə çatdırılır.

Birinci fəsildə termoplastik elastomerlərin ümumi anlayışı, quruluşu, morfologiyası, istehsalı, emal üsulları və xassələrinin öyrənilməsinə dair ədəbiyyat icmalısı verilmişdir. Burada PP/EPDK(EPK) əsasında alınan kompozisiya materiallarının işlənilib hazırlanması və xassələrinin tədqiqi üzrə ölkəmizdə və ölkə xaricində aparılan tədqiqatlardan əldə olunmuş əsas nəzəri və eksperimental dəlillər nəzərdən keçirilir.

Birinci fəsilin ikinci paragrafında nanopolimer materialların alınmasına və tədqiqinə dair ədəbiyyat materiallarının icmalısı verilmişdir. Burada onların bəzi tətbiqi perspektivləri nəzərdən keçirilmişdir. **İkinci fəsildə** istifadə olunan ikinci polimerlərin, nanodoldurucuların fiziki-kimyəvi göstəriciləri, doldurulmuş polimer kompozitlərin alınması üsulları və analizinin metodikaları göstərilmişdir. **Üçüncü fəsil** metaltərkibli nanodolduruculardan istifadə

olunmaqla izotaktik polipropilen və etilenpropilendien elastomerləri əsasında termoplastik elastomerlərin alınması prosesinin tədqiqi üzrə əldə olunan nəticələrin müzakirəsinə həsr olunmuşdur.

İŞİN ƏSAS MƏZMUNU

1 Metaltərkibli nanohissəciklər (MTN) saxlayan nanodoldurucuların (ND) iştirakı ilə PP/EPDK əsasında nanokompozit termoelastoplastların alınması və tədqiqi

1.1 PP/EPDK əsasında metaltərkibli nanokompozitlərin alınması və tədqiqində komponentlərin optimal nisbətini təyini

Nanodoldurucu kimi polimer ərintisində həlledici istifadə olunmadan, mexano-kimyəvi metodla sənaye yüksək təzyiq polietileni matrisində stabilləşdirilmiş mis l-oksidi nanohissəciyindən istifadə edilmişdir. PP/EPDK əsaslı TPE qarışığının fiziki- mexaniki və reoloji xassələri cədvəl 1-də verilmişdir.

Cədvəl 1.

Nanokompozitlərin fiziki-mexaniki göstəriciləri

Kompozisiyalar	σ_q , MPa	ε_q , %	Vik-ə görə istili- yədavamlılıq,	Θ_{AG} , q/10 dəq,
PP/EPDK	13.1	440	135	2.8
PP/EPDK/ND (0.3%)	13.7	420	140	3.7
PP/EPDK/ND (1.0%)	13.5	400	145	4.0
PP/EPDK/ND (3.0%)	12.6	380	140	5.6

Cədvəl 1-dən görüldüyü kimi, kompozisiyanın tərkibinə 0,3-1,0 kütlə hissəyə(k.h.) qədər ND-nun daxil edilməsi nanokompozitlərin möhkəmlik göstəricisinin 13.1 MPa-dan 13.7 MPa qədər artmasına səbəb olur. ND-nun qatılığının 1.0 k.h. çox artması kompozitin möhkəmliyini azaldır (12.6MPa-dək). Buna səbəb, çox güman ki, polimer matrisin həcmi daxilində nanohissəciklərin aqreqasiyası nəticəsində mikrodefektlərin əmələ gəlməsidir. ND-in qatılığının artması kompozitin qırılması zamanı deformasiyanın qiymətinin azalmasına səbəb olur, bu da, görünür, polimer seqmenti

mütəhərrikliyinin nanohissəciklərlə nanosəviyyədə məhdudlaşdırılması ilə əlaqədardır.

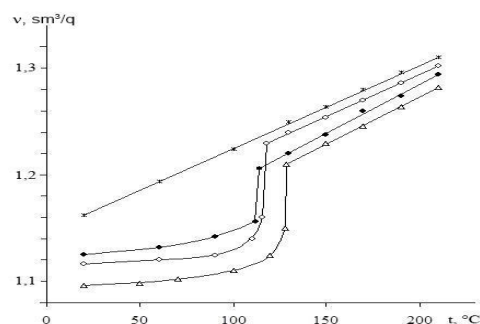
Alınan kompozitlərin Vik-ə görə istiliyədavamlılığının tədqiqi göstərmişdir ki, PP/EPDK tərkibinə nanodoldurucular daxil etdikdə, bu istiliyədavamlılığın 135°C -dən 145°C -dək artmasına səbəb olur. Nanodoldurucunun miqdarının sonrakı artımı istiliyədavamlılığın azalmasına səbəb olur. Bu da, çox güman ki, kompozitin mikrodeffektliyinin artması ilə izah olunur. Nanodoldurucunun miqdarının artması (1.0-3.0 k.h. qədər) ərintinin axıcılıq göstəricisinin 4.0 (1.0 k.h) - 5.6 q/san (3.0 k.h) – dək artmasına səbəb olur. Bu da kompozisiyanın axıcılığının yaxşılaşmasına və onun təzyiq altında tökmə və ekstruziya üsulları ilə emal oluna bilməsinə dəlalət edir.

1.2 Mis oksidi nanohissəciklərinin PP/EPDK əsaslı termoplastik elastomerlərin kristallaşma prosesinə təsirinin dilatometrik üsulla tədqiqi

Polimerlərin fiziki halı haqqında bəzi məlumatları polimer materialların dilatometrik xassələrinin tədqiqi nəticəsində əldə etmək olar. Dilatometrik tədqiqat – müxtəlif polimerlər və kompozision materialların sıxlığının yaxud xüsusi həcmnin temperaturdan asılılığının öyrənilməsinə əsaslanır.

Şəkil 1-də ilkin xammal PP, EPDK və onların 50/50 nisbətində olan qarışığının xüsusi həcmnin temperatur asılılığı göstərilmişdir. Şəkildəki əyriyə analiz etdikdə məlum olur ki, kristallaşma temperaturunda yarımkristal polimerlərin nümayəndəsi olaraq PP nümunəsinin mərhələli soyudulması zamanı 128°C -də xüsusi həcm 1.21 -dən 1.14 q/sm^3 –a qədər (yəni 0.07 q/sm^3) kəskin azalır. Kristallaşma temperaturunda xüsusi həcmnin belə kəskin azalması, ilk növbədə aqreqat halın bir haldan digərinə keçməsi ilə xarakterizə olunur. Bu zaman həmin keçid, özlü axıcılıq halından kristal halına keçməklə baş verir. Polimer materialların emalı prosesi üçün bu göstəricilər mühüm əhəmiyyət kəsb edir, beləki soyuma (kristallaşma) prosesi ekstruderin formalaşdırıcı başlığında, yaxud tökmə maşınının pressformasında baş verir. Bundan başqa, aqreqat halının dəyişməsi

konstruksion məmulatların istehsalı prosesində pressformada materialın yığılmasını qiymətləndirməyə imkan verir.



Şəkil 1. Kompozisiyanın xüsusi həcmnin temperaturdan asılılığı: Δ – ilkin PP, * – ilkin EPDK, $\bullet$ – PP/EPDK = 50/50, o – PP/EPDK/NN (1.0)

Gözlənilirdiyi kimi, amorf material olan ilkin EPDK-da birinci növ faza keçidi yoxdur və xüsusi həcm temperaturdan xətti asılılığı ilə xarakterizə olunur.

Lakin, sintetik kauçukun PP strukturuna daxil edilməsi PP/EPDK kompozisiyasının dilatometrik əyrilərinin xarakterik asılılığında dəyişiklik əmələ gətirir, beləki birinci dərəcəli faza keçidinin temperaturunu 13°C azaldır. Polimer qarışıqlarda faza keçidi temperaturunun azalması mümkündür və bu onunla izah olunur ki, amorf komponent (bu halda EPDK) PP-nin kristallaşma prosesinin tam və sərbəst getməsinə ya ləngidir ya da ona mane olur.

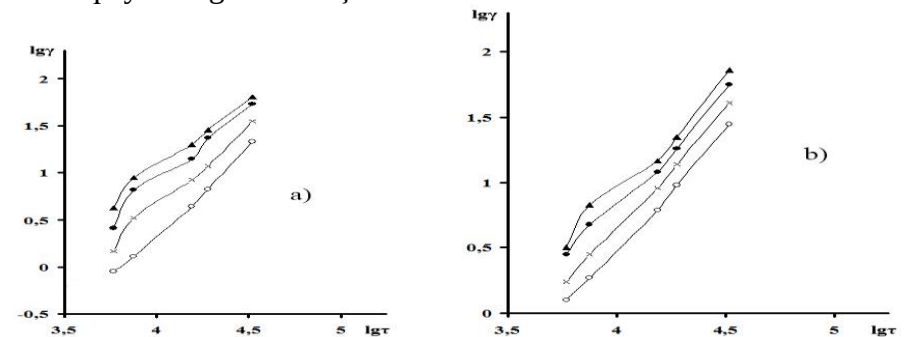
Aparılmış tədqiqatın nəticələri göstərmişdir ki, mis 1-oksidi nanohissəciklərinin daxil edilməsi faza keçidi temperaturunun 3°C artmasına səbəb olur. Bu zaman müəyyən olunmuşdur ki, kristallaşma temperaturunda xüsusi həcm 1.231-dən 1.159 q/sm^3 qədər (yəni 0.072 q/sm^3) azalır. Əslində, NH-in polimer qarışıqda daxil edilməsi kristallaşma prosesini və onun yenidən tam getməsinə bərpa edir. Alınmış dəlilləri onunla izah etmək olar ki, nanohissəciklər kompozisiya ərintisində heterogen kristaləmələgətirən mərkəzlərin

formalaşmasına səbəb olur, beləki nümunənin mərhələli soyuması prosesində kristallaşma mərkəzlərinin sayı artır, bu da öz növbəsində PP-nin ümumi kristallığını və xırdasferolit strukturun formalaşdırılmasını yaxşılaşdırır.

1.3. Metaltərkibli nanodoldurucunun PP/EPDK əsaslı termoplastik elastomerlərin reoloji xassələrinə təsirinin tədqiqi

Məlumdur ki, iri qabaritli məmulat və detalların yüksəksürətli tökmə metodu ilə hazırlanması zamanı polimer kompozisiya materialının reoloji xarakteristikaları ön planda durur. Bu baxımdan aldığımız polimer nanokompozitlərin reoloji xassələrinin öyrənilməsi mühüm əhəmiyyət kəsb edir.

Şəkil 2.-də tədqiq olunan PP/EPDK polimer qarışığının (a) və onun əsasında alınan mistərkibli PP/EPDK/ND nanokompozitin (b) axıcılıq əyriləri göstərilmişdir.



Şəkil 2. Müxtəlif temperaturlarda hərəkət sürətinin hərəkət gərginliyindən asılılığı: o - 190°C; x - 210°C; • - 230°C; Δ - 250°C; a - PP/EPDK; b - PP/EPDK/ND

Şəkində verilmiş reoqramdan görünür ki, aşağı temperaturda axma əyrisi düzxətli xarakterlidir, nisbətən yüksək temperaturlarda isə xətti asılılıq pozulur. Axıcılıq əyrilərinin müqaisəli təhlilindən məlum olur ki, polimer kütləsinə (PP/EPDK) tərkibində mis oksidi nanohissəcikləri olan nanodoldurucu daxil etdikdə (1.0 kütl.h. qədər) aşağı temperaturlarda ərintinin axıcılıqlığının nyuton qanunauyğunluğu müşahidə olunur və temperatur artdıqca bu qanunauyğunluq pozulur.

Polimer qarışıqın və ondan alınmış nanokompozitin reoqramını analiz etdikdə aydın olur ki, nanodoldurucu iştirak etdikdə ərintinin axma sürəti yüksəlir.

Beləliklə, alınan nanokompozitlərin reoloji xassələrinin tədqiqi göstərmişdir ki, polimer kompozitə nanodoldurucunun daxil edilməsi onun ərintisinin axıcılığını və digər reoloji xassələrini yaxşılaşdırır ki, bu da onların sonrakı təzyiq altında yüksəksürətli tökmə üsulu ilə emal prosesini asanlaşdırır.

1.4 Mis oksidi nanohissəcikləri saxlayan nanodoldurucunun izotaktik PP və EPDK (EPK) əsasında qarışıq TPE-nin quruluş və xassələrinə təsirinin tədqiqi

NH kimi mis-oksidi saxlayan ND-nun PP/EPDK əsaslı qarışıq TPE-nin xassələrinə təsirinin optimal şəraiti tədqiq edilmişdir. Polimer nanokompozit materiallar 1.1. bölməsində göstərilən qaydada alınmışdır. Nanohissəcik kimi mis-1-oksidi saxlayan nanodoldurucunun PP/EPDK (EPK) əsaslı TPE qarışıqın fiziki-mexaniki və reoloji xassələrinə təsiri Cədvəl 2-də verilmişdir.

Cədvəl 2.

Nanokompozitlərin fiziki-mexaniki və reoloji göstəriciləri

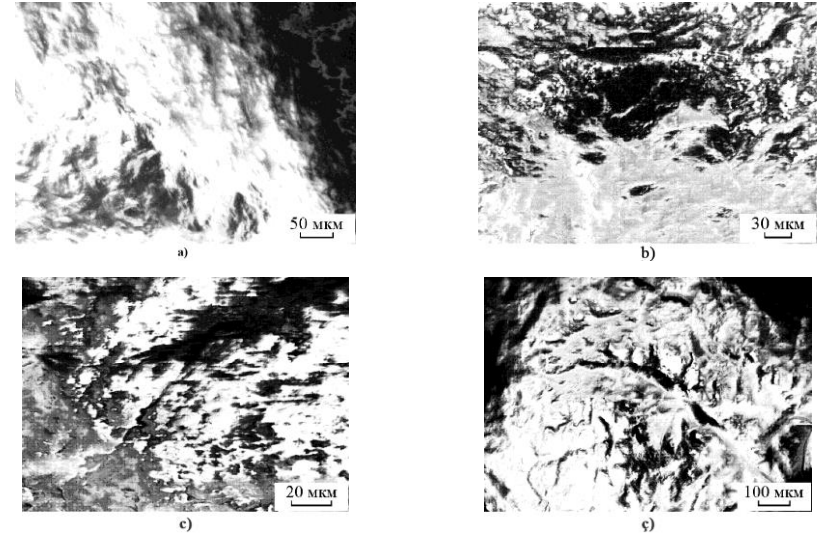
Kompozisiyalar	σ_q , MPa	ϵ_q , %	Vik-ə görə istiliyədavamlılıq, °C	ƏAG, q/10 dəq.
PP/EPDK	13.1	440	135	2.8
PP/EPDK/ND	13.5	400	145	4.0
PP/CKEP	7.7	60	137	axmır
PP/CKEP/ND	8.6	120	145	axmır

Cədvəl 2-yə uyğun olaraq, mis-oksidi nanohissəciyi saxlayan nanodoldurucu, PP/EPDK əsaslı qarışıq TPE-nin qırılma möhkəmliyinin 13.1-dən 13.5-dək və ƏAG göstəricilərinin 1.32 dəfə yüksəlməsinə səbəb olur. Bununla bərabər, nisbi uzanma 440-dan 400-dək azalır, Vik-ə görə istiliyədavamlılıq isə 135⁰-dən 145⁰ C-dək artır.

Aparılan tədqiqatlar göstərir ki, nanohissəcik kimi mis-oksidi saxlayan ND-nun PP/EPK əsaslı TPE-yə tətbiqi qırılma möhkəmliyini 1.12 dəfə, nisbi uzanma 2 dəfə, Vik-ə görə istiliyədavamlılığı 8°C

artırır, ancaq kompozisiyada axıcılıq müşahidə edilmir, yəni PP/EPK-ya 1 küt.his. qədər metalsaxlayan nanodoldurucunun daxil edilməsi kompozisiyanın özlülüyünə təsir etmir.

Alınmış nanokompozitlərin SEM-analizi şəkil 3(a-ç)-də göstərilmişdir.



Şəkil 3. PP/EPK (a), PP/EPK/ND (b), PP/EPDK (c), PP/EPDK/NN (ç) kompozit nümunələrinin mikrofotografiyası

Şəkil 3.(a)-da PP/EPK nümunəsinin mikrofotografiyası təqdim olunmuşdur. Şəkildən görünür ki, kompozit amorf quruluşa malikdir. PP/EPK tərkibinə nanodoldurucunun daxil edilməsi sferolit quruluşun əmələ gəlməsinə imkan verir, ancaq nanokompozitin axıcılığının artmasına səbəb olmur (Şəkil 3.(b)).

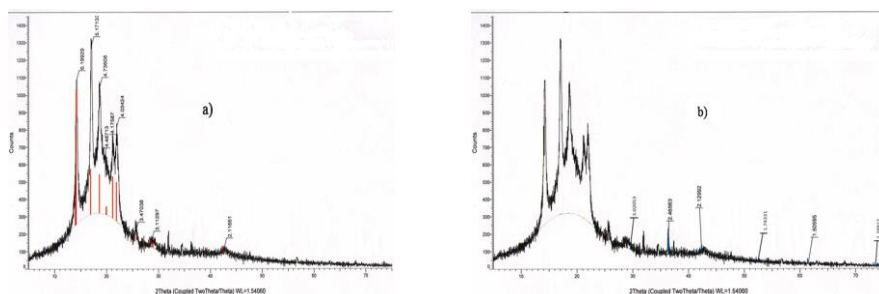
Şəkil 3.(c)-də PP/EPDK nümunəsinin mikrofotografiyası verilmişdir. Şəkildən aydın görünür ki, kompozitin quruluşu kompakt sferolittir. PP/EPDK tərkibinə ND daxil edilməsi daha çox xırda sferolit strukturun əmələ gəlməsinə imkan verir, bu da kompozitin axıcılıq qabiliyyətinin yüksəlməsinə səbəb olur (Şəkil 3.(ç)).

Göstərilmişdir ki, polimerə az miqdarda (1.0 küt.his) ND daxil edildikdə onlar xırda sferolit quruluşu əmələ gətirən süni

kristaldoğurucu rolunu oynayır, bu da ərintidə axıcılıq qabiliyyətini artırır, həm də alınmış nanokompozitin reoloji, fiziki-mexaniki və termiki xassələrinin yaxşılaşmasına səbəb olur.

Aparılan tədqiqatlar göstərmişdir ki, PP/EPK əsaslı TPE qarışığı ancaq pressləmə metodu ilə, PP/EPDK/NN əsaslı TPE qarışığı isə həm pressləmə, həm təzyiq altında tökmə, həm də ekstruziya üsulu ilə emal oluna bilər.

Beləliklə, mexaniki-kimyəvi üsulla alınmış yüksək təzyiq polietilenində stabiləşdirilmiş mis-oksidi nanohissəciklərinin PP/EPDK əsaslı TPE-də nanodoldurucu kimi istifadə olunması kompozisiyada xırda kristallik quruluşun yaranmasına imkan verir. Bununla əlaqədar olaraq onun fiziki-mexaniki və istismar xassələri yaxşılaşır və alınan nanokompozitin tətbiq sahələri daha da genişlənir.



Şəkil 4. PP/EPDK(a) və PP/EPDK/NHCuPE (b) nümunələrinin difraktoqramı.

Qarışıq TPE-nin quruluşuna tərkibində mis-oksidi saxlayan ND-nun təsiri rentgen-faza spektroskopiya metodu ilə tədqiq olunmuşdur. Şəkil 4.(a)-da PP/EPDK-nın difraktoqramları göstərilmişdir. Göründüyü kimi burada PP-yə aid olan aşağıdakı reflekslər mövcuddur: d_{hkl} 6.19929; 5.17135; 4.73606; 4.48713; 4.17687; 4.03424; 3.47038; 3.11297; 2.11651 Å. Amorf EPDK üçün qalo-təsvir alınır. PP/EPDK/NHCuPE nümunəsinin difraktoqramında (Şəkil 4.(b)) mistərkibli nanohissəciklər üçün xarakterik olan reflekslər müşahidə olunur: d_{hkl} 3.02053; 2.46466; 2.13683; 1.74331; 1.51025; 1.28812 Å.

Bunlar da ASTM kartotekası üzrə mis(l)oksidin d_{hkl} - reflekslərinə uyğundur.

1.5 Alınmış nanokompozitlərin teplofiziki və termiki xassələrinin DSK/T metodu ilə tədqiqi

Alınan nanokompozitlərin termiki və teplofiziki xassələri “Termoelektron Corporation” firmasının Q-20-DSK cihazı vasitəsilə tədqiq olunmuşdur. Tədqiqatlar azot və ya hava atmosferində, 10^0C/dəq qızdırılma sürətində aparılmışdır.

Termiki analizin bir çox çətinlikləri o halda yaranır ki, enerjinin ayrılması və udulması ilə əlaqədar olan müxtəlif proseslər eyni vaxtda baş verir və bir-birilə üst-üstə düşür.

Məlum olduğu kimi, açıq sistemlərin termooksidləşmə destruksiyası üç prosesin kombinasiyası olub, istilik effekti ilə müşayiət olunur.

$$Q_{\Sigma} = -Q_D + Q_0 - Q_S$$

Burada, Q_{Σ} –istilik effektinin cəmi, Q_D - zəncirlərin destruksiyasının endotermik effekti, Q_0 – zəncirlərin oksidləşməsinin və termodestruksiya məhsullarının ekzotermik effekti, Q_S - destruksiya məhsullarının sublimasiya və buxarlanmasının endotermik effektləridir.

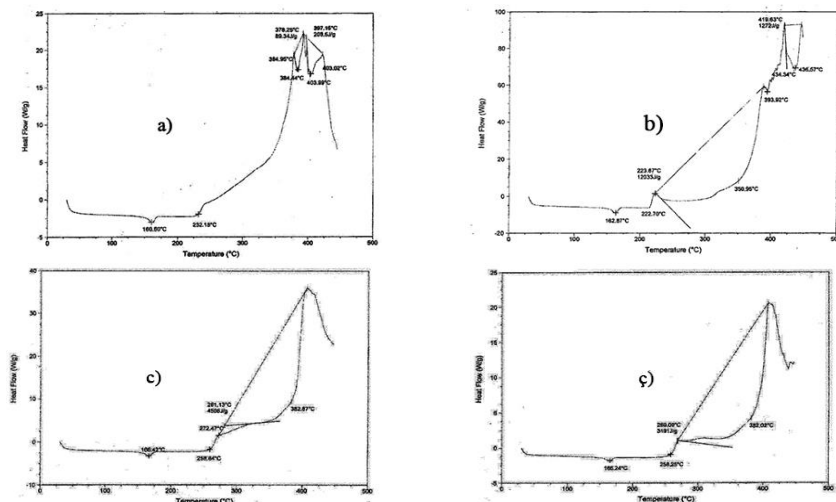
Yuxarıda göstərilən tənliyə uyğun olaraq, destruksiya məhsullarının sublimasiyasının endotermik effekti ilə oksidləşməsinin ekzotermik effektinin rəqabəti “aldadıcı” piklərin formalaşmasına səbəb ola bilər.

Göstərilmişdir ki, nanohissəciklərin polimerə daxil edilməsi termodestruksiya məhsullarının udulmasına səbəb olur, yəni, nanohissəciklər destruksiya zamanı yaranan sərbəst radikallar üçün “tələ” rolunu oynayır.

TPE-nin oksigen mühitində qızdırılması zamanı (şəkil 5.a) DSK termogramında ilk öncə $T=160.57^{\circ}\text{C}$ -də TPE-nin əriməsinə uyğun zəif endotermik pik nəzərə çarpır, 232.8°C -də destruksiya məhsullarının sublimasiyasının endotermik proses başlayır (max 378.25°C $\Delta H=89.34 \text{ C/q}$). Sonra endotermik və ekzotermik proseslərin rəqabəti nəticəsində 384.95°C -də zahiri və ya “aldadıcı” pik formalaşır. Sonra

istilik ayrılmasından onun udulmasına doğru kəskin keçid baş verir, yəni kəskin endotermik pik çıxır, ondan sonra isə rəqabətdə olan endo- və ekzotermik prosesləri göstərən 2 pik – 403.02°C-də ekzotermik pik və 403.99°C-də endotermik piklər çıxır. Bundan sonra tədricən sönən termooksidləşmə destruksiya prosesinə aid piklər çıxır.

Şəkil 5.-də TPE, TPE/NHCuPE, TPV, TPV/NHCuPE nümunələrinin DSK/T əyriləri göstərilmişdir.



Şəkil 5. Oksigen atmosferində qızdırılmış termoeoplastların DSK termoqramları: TPE(a), TPE/NHCuPE(b), TPV(c), TPV/NHCuPE(ç)

Hava oksigeni şəraitində Cu nanohissəcikləri iştirakı ilə TPE-nümunəsinin qızdırılması zamanı (şəkil 5.b) 162.87°C-də onun əriməsinə uyğun olan zəif endotermik pik nəzərə çarpır. 222.70°C –də isə destruksiya məhsullarının sublimasiyasının endotermik prosesi baş verir və 223.67°C-də ($\Delta H=12.033$ C/q) maksimuma çatır. 350.95°C dəki hamar əyri destruksiya məhsullarının sublimasiyasının endotermik effekti ilə oksidləşmə prosesinin ekzotermik effektlərinin fərqi göstərir.

Zəncirin termooksidləşmə destruksiyasının endo-ekzotermik proseslərinin üst-üstə düşməsi və destruksiya məhsullarının sublimasiyası nəticəsində 384.95°C-dəki “aldadıcı” pik yox olur ki, bu

da sistemdə nanohissəciklər tərəfindən termodestruksiya məhsullarının tutulmasını sübut edir, yəni nanohissəcik destruksiya zamanı əmələ gələn sərbəst radikalları tutan “tələ” rolunu oynayır.

TPV oksigen atmosferində qızdırıldıqda DSK termoqramında (şəkl.5.c) TPV-nin ərimə temperaturu $T=166.42^{\circ}\text{C}$ -yə uyğun olan zəif endotermik pik müşahidə olunur. Sonra 258.84°C -dək zəncirin oksidləşmə prosesləri gedir, daha sonra 272.47°C -də “aldadıcı” pik çıxır, 281.13°C -dən ($\Delta H = 4508 \text{ C/q}$) isə destruksiya məhsullarının endotermik sublimasiya prosesi başlayır. 382.87°C -də güclü endotermik proses başlayır və onun maksimumu 406.25°C -də əldə olur. Sonra termooksidləşmə prosesinin tədricən sönməsi ilə əlaqədar olaraq istilik ayrılmasından onun udulmasına doğru keçid baş verir.

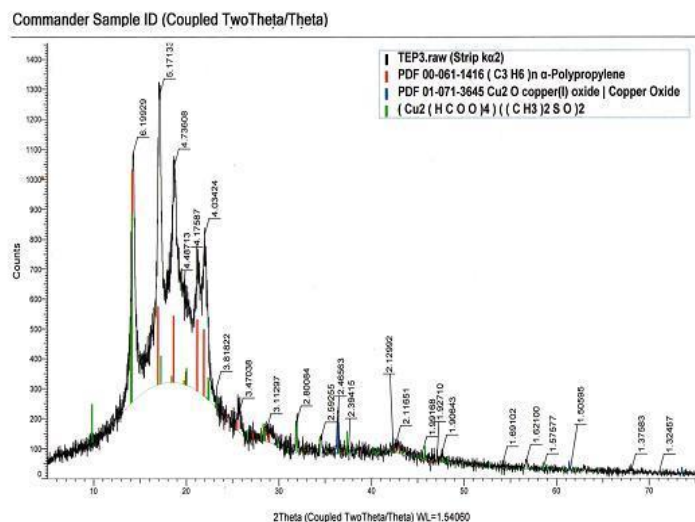
Tərkibində mis nanohissəcikləri olan TPV nümunələri oksigen atmosferində qızdırıldıqda (şəkl.5.ç) 165.24°C -də zəif endotermik pik müşahidə olunur ki, bu da TPV-nin ərimə temperaturuna uyğundur. 258.25°C -də zəncirin oksidləşmə prosesi gedir, sonra 269.09°C -də ($\Delta H= 3191 \text{ C/q}$) destruksiya məhsullarının endotermik sublimasiyası prosesi başlayır və 407.75°C -də maksimum qiymətə çatır. Sonra istilik ayrılmasından onun udulmasına doğru sərt keçid baş verir və termooksidləşmə destruksiya prosesi tədricən sönür.

Beləliklə, mis nanohissəciklərinin TPV-nin tərkibinə daxil edilməsi kompozitin ərimə temperaturunu, demək olar ki, dəyişmir. 166.42°C , 272.47°C və 407.15°C temperaturlarda çıxan “aldadıcı” piklər isə yuxarıda göstərilən səbəbdən itir.

1.6 Müxtəlif polimer matrislərdə: qeyripolyar PE (ND-1) və polyar ABS (ND-2) stabiləşdirilmiş mis-oksidi nanohissəcikləri saxlayan nanodoldurucuların PP/EPDK əsaslı TPV-nin xassələrinə təsirinin tədqiqi

Tərkibində mis-oksidi nanohissəcikləri saxlayan nanodoldurucunun PP/EPDK əsaslı vulkanlaşdırılmış TPE-nin strukturuna təsiri rentgenfaza analizi (RFA) metodu ilə tədqiq olunmuşdur. Şəkil 6.-də PP/EPDK/ND-1 nümunəsinin difraktoqramı göstərilmişdir. Burada PP ilə əlaqəli reflekslər aydın görsənir: d_{hkl}

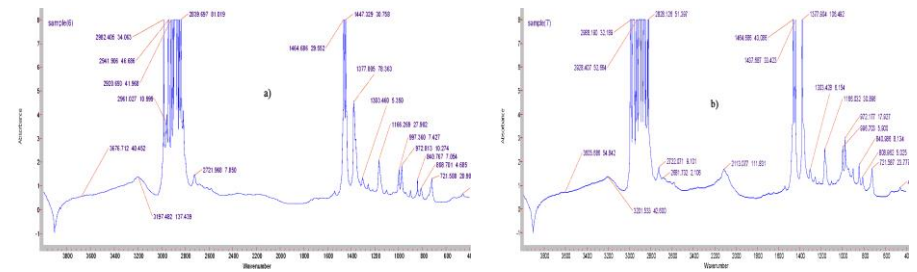
6.19929; 5.17135; 4.73608; 4.48713; 4.17687; 4.03424; 3.47038; 3.11297; 2.11651Å, amorf EPDK üçün qalo təsviri alınır, bundan sonra mistərkibli NH-ə xas olan aşağıdakı reflekslər müşahidə olunur: d_{hkl} 3.02053; 2.46466; 2.13683; 1.74331; 1.51025; 1.28812Å, bunlar da ASTM kartatekası d_{hkl} sırası üzrə Cu_2O -ə uyğundur.



Şəkil 6. PP/EPDK/NN-1 nanokompozitinin difraktoqramı

Tədqiqatlar göstərir ki, Cu_2O -nın nanohissəcikləri vulkanlaşdırılmış sistemin komponentləri ilə müəyyən qədər qarşılıqlı təsirdə olaraq $\text{Cu}_2(\text{HCOO})_4[(\text{CH}_3)_2\text{SO}]_2$, adduktunu əmələ gətirir, bu zaman Cu^+ oksidləşərək Cu^{2+} -yə çevrilir. Bunu RFA analizi (şəkil 6.) və nümunənin İQ spektrində (şəkil 7.) əmələ gələn aşağıdakı udulma zolaqları sübut edir: $((\text{CH}_3)\text{SO})_2$ fraqmenti 1377 cm^{-1} ; $\text{CH}_3\text{-O-}$ qrupu 2830 cm^{-1} ; COO^- anionu üçün 1437 cm^{-1} . İlkin termoeoplastın spektrində isə göstərilən udulma zolaqları müşahidə olunmur.

PP/EPDK/ND-2 nümunəsi üçün də analoji RFA və İQ spektrləri qeydə alınmışdır.



Şəkil 7. PP/EPDK (a) və PP/EPDK/ND (b) nümunələrinin İQ-spektrləri

Cədvəl 3-də tərkibində mis oksidi nanohissəcikləri saxlayan PP/EPDK əsaslı qarışıq TPE və dinamiki vulkanlaşdırılmış TPV-nin xassələri verilmişdir. Cədvəldən göründüyü kimi, PP/EPDK-nın dinamiki vulkanlaşdırılması onun kristallıq dərəcəsini (K) az dəyişir (53.7-dən 49.4%-ədək), lakin TPE-nin tərkibinə mistərkiibli ND-nun daxil edilməsi kristalllıq dərəcəsini 53.7-dən 49.9-dək (ND-1 üçün) və 50.7%-dək (ND-2 üçün) azaldır. TPV halında isə kristallıq göstəricisi 49.4-dən 52.1-dək (ND-1) və 54.8%-dək (ND-2) yüksəldir.

Cədvəl 3

Tədqiq olunmuş TPE və TPV-nin göstəriciləri.

Kompozisiya	E, MPa	σ_q , MPa	ϵ_q , %	Θ_{AG} , q/10 dəq			K, %
				2.16 kq	5.00 kq	10.60kq	
TPE							
PP/EPDK	395	11.0	170	0.9	3.7	14.8	53.7
PP/EPDK/NN-1	260	9.3	150	1.1	4.3	18.0	49.9
PP/EPDK/NN-2	269	8.6	110	1.0	4.0	16.2	50.7
TPV							
PP/EPDK	215	13.2	370	-	-	-	49.4
PP/EPDK/NN-1	165	14.0	390	-	-	0.15	52.1
PP/EPDK/NN-2	115	12.0	350	-	-	-	54.8

TPE-nin nanodoldurucu ilə ərintisinin axıcılıq göstəricisi ilkin qarışıq TPE-ninkindən praktiki olaraq fərqlənmir. Lakin, 10.6 kq maksimal yük altında alınmış qarışığın ərintidə axıcılıq göstəricisinin qiyməti tərkibində ND olmayan TPE-yə nəzərən bir qədər yüksəkdir.

Dinamiki vulkanlaşdırılmış TPV istifadə olunmuş bütün yüklərdə axıcılığa malik deyil. Tərkibində ND-1 olan qarışıq isə istisnadır, belə ki, maksimal yüklə o zəif axıcılığa malik olur.

PP/EPDK əsaslı TPE qarışığında nanodoldurucudan istifadə olunması elastiklik modulunun (σ_p) azalmasına və möhkəmlik həddinin (E) və qırılmada nisbi uzanmanın (ϵ) sabit saxlanılması ilə yanaşı ƏAG-nin yaxşılaşmasına səbəb olur.

PP/EPDK qarışığının dinamiki vulkanlaşdırılması onun elastiklik modulunun xeyli azalmasına və mexaniki möhkəmlik həddinin artmasına səbəb olur. Materialın elastiklik modulunun azalması, görünür, polimer matrisi həcmində mikrodefektlərin formalaşmasına səbəb olan nanohissəciklərin aqreqasiyası ilə şərtləndirilir.

PP/EPDK kompozisiyasının tərkibinə ND-1 daxil etdikdə, çox güman ki, komponentlərin müəyyən qədər uzlaşması baş verir, beləki mis nanohissəciklərini stabilləşdirən PE və polimer matris hər ikisi qeyri-polyardır. Məlumdur ki, soyudularaq məhluldan ayrılan PP və PE birgə kristal əmələ gətirmir. PP daha yüksək kristallaşmaya malikdir və ilk olaraq o kristallaşır, PE isə PP kristalları arasında paylanır ki, bu da alınan kompozisiyanın kristallığının həm artmasına, həm də azalmasına, həmçinin sistemin möhkəmlik göstəricisinin dəyişməsinə səbəb olur. Müəyyən edilmişdir ki, PP-yə az miqdar PE daxil etdikdə onun möhkəmliyini azaltmır. PE daha aşağı ərimə temperaturuna malikdir və o plastifikator rolunu oynayır. Eyni zamanda kristallıq dərəcəsinin artması əmələ gələn kristalların ölçülərinin azalmasına səbəb olur.

Görünür, burada ND-1 strukturəmələgətirici rolunu oynayır və kompozisiyanın xırdakristallıq struktura malik olmasına səbəb olur. Bununla əlaqədar olaraq onun axıcılığı və termooksidləşmə stabilliyi artır.

Məlumdur ki, ABS polyar plastikdir, odur ki, o PP/EPDK/ND-2 qarışığı matrisi ilə pis qarışır. Görünür, ABS makromolekulu PP/EPDK matrisində ayrıca domen halında yerləşir ki, bu da, ND-2-ni əlavə etdikdə kompozisiyanın fiziki- kimyəvi xassələrinin pisləşməsinə səbəb olur.

Tərkibində PE matrisində stabilləşdirilmiş mis oksid NH

saxlayan PP/EPDK əsaslı TPE-dən əlavə kimi istifadə olunmasının perspektivli olduğu göstərilmişdir, beləki bu üsul xırdakristallik strukturlu yaxşılaşdırılmış fiziki-mexaniki xassələrə malik kompozitlərin alınmasına imkan verir və bununla da alınmış nanokompozitlərin tətbiq sahəsinin genişləndirilməsinə şərait yaradır.

1.7 Müxtəlif təbiətli metaltərkibli nanodoldurucuların izotaktik PP və EPDK əsaslı qarışıq və dinamiki vulkanlaşdırılmış termoplastik elastomerlərin xassələrinə təsirinin tədqiqi

PP/EPDK əsaslı, tərkibinə müxtəlif təbiətli metal nanohissəcikləri saxlayan nanodoldurucu daxil edilmiş qarışıq TPE və dinamiki vulkanlaşdırılmış TPV-nin fiziki-mexaniki və reoloji xassələri cədvəl 4 və 5-də verilmişdir.

Cədvəl .4

TPE-nin fiziki-mexaniki xassələri (kristallıq – K, dielektrik nüfuzluluğu – ϵ' , elastiklik modulu – E, qırılmada möhkəmlik həddi – σ_p , ərintinin axıcılıq indeksi – ΘAG).

Nümunələr	K, %	ϵ'	E, MPa	σ_q , MPa	ϵ_q , %	ΘAG , q/10 dəq		
						2.16 kq	5.00 kq	10.60 kq
PP/EPDK-4044	54	2.0	395	11.0	170	0.9	3.7	14.8
PP/EPDK/NHCuPE	50	2.2	260	9.3	150	1.1	4.3	18.0
PP/EPDK-/NHNiPE	50	2.2	263	8.7	110	1.1	4.4	16.8
PP/EPDK/NHCuABS	51	1.7	270	8.6	110	1.0	4.0	16.2
PP/EPDK-/NHFeSKS	50	2.4	200	7.6	40	1.2	4.6	16.8
PP/EPDK-4535	-*	-*	35	3.4	155	1.0	7.6	56.0
PP/EPDK-/NHCuPE	-*	-*	38	2.6	140	0.9	6.0	45.0

Qeyd: * – təyin edilməyib

Cədvəl .5.

TPV-nin fiziki-mexaniki xassələri (kristallıq – K, dielektrik nüfuzluluğu – ϵ' , elastiklik modulu – E, qırılmada möhkəmlilik həddi – σ_p , ərintinin axıcılıq indeksi – ΘAG).

Nümunələr	K, %	ϵ'	E, MPa	σ_q , MPa	ϵ_q , %	ΘAG , q/10 dəq		
						2.16 kq	5.00 kq	10.60 kq
PP/EPDK-4044	49	2.0	215	13.2	370	-	-	-
PP/EPDK-/NHCuPE	52	2.1	165	14.0	390	-	-	0.15
PP/EPDK-/NHNiPE	50	2.4	115	12.8	340	-	-	-
PP/EPDK-/NHCuABS	55	2.4	115	12.0	350	-	-	-
PP/EPDK-/NHFeSKS	52	2.1	140	7.5	100	-	-	-
PP/EPDK-4535	-*	-*	43	6.9	460	--	0.3	5.5
PP/EPDK-/NHCuPE	-*	-*	45	7.1	420	-	0.2	5.4

Qeyd: * təyin edilməyib

Cədvəllərdən göründüyü kimi, PP/EPDK-4044 qarışığının vulkanlaşdırılması onun kristallıq dərəcəsinə az təsir göstərir. TPE və TPV-nin tərkibinə müxtəlif təbiətli metaltərkibli nanodoldurucu daxil etdikdə bu onların kristallıq dərəcəsinə praktiki olaraq təsir göstərmir.

Məlumdur ki, ilkin PP üçün dielektrik nüfuzluluğu $\epsilon' = 2.2-2.4$ -dür. Apardığımız tədqiqatlar göstərmişdir ki, (cədv.4 və 5) ND saxlamayan EPDK - 4044 əsaslı dinamiki vulkanlaşdırılmış TPV və TPE üçün $\epsilon' = 2.0$ olmaqla tezliyi 10^{-2} Hs-dən 10^7 Hs-dək artırıqda bu göstərici dəyişmir.

Tərkibində müxtəlif NH olan ND daxil edildikdə kompozisiyanın ϵ' kəmiyyəti praktik olaraq dəyişmir və tezliyin bütün tədqiq olunan diapazonunda sabitdir. Tədqiq olunan qarışıq və dinamiki vulkanlaşdırılmış TPE üçün ϵ' kəmiyyətinin qiyməti adi dielektriklərinə uyğundur.

EPDK-4044 əsaslı TPE qarışıqlarında ND-nun istifadəsi elastiklik modulunun, qırılma zamanı möhkəmliyin limit həddinin və nisbi uzanmanın azalmasına səbəb olur (cədv.4). PP/EPDK-4044 qarışığının dinamiki vulkanlaşdırılması elastiklik modulunun azalması və mexaniki göstəricilərin limit həddinin artmasına səbəb olur (cədv.5). TPV-nin müxtəlif qarışıqlarına ND-nun daxil edilməsi qarışığın

möhkəmlik həddini və qırılmada uzanmanı saxlamaqla elastiklik modulunun azaldır. Materialların elastik modulunun azalması, görünür, NH-in aqreqasiyası ilə əlaqədardır, bu da polimer materialların həcmində mikrodefektlərin formallaşdırılması ilə nəticələnir.

Qeyd etmək lazımdır ki, NHFeSKS saxlayan ND-dan istifadə olunması TPE və TPV-nin mexaniki xassələrini zəiflədir. Bu onunla izah olunur ki, həmin tip nanodoldurucularda NH-in ölçüsü olduqca böyükdür və onlar qarışıqın strukturunda əlavə defektlərin yaranmasına səbəb olur.

ND-lu TPE ərintisinin axıcılıq göstəricisi PP/EPDK-4044 (cəđ.4) TPE-dən fərqlənmir. Lakin maksimum yük 10.6 kq olduqda alınmış qarışıqın ƏAG göstəriciləri ND saxlamayan TPE-ninki ilə müqayisədə bir qədər artır. Dinamiki vulkanlaşdırılmış TPV-nin bütün tədqiq olunmuş yüklərdə axıcılığı yoxdur (cəđ.5). NHCuPE əlavəli qarışıq istisnadır, çünki maksimum yükə onda zəif axıcılıq əmələ gəlir. Yağ dolduruculu EPDK – 4535 əsaslı TPE-nin mexaniki parametrləri EPDK – 4044 saxlayan qarışığa nisbətən aşağıdır, ƏAG isə yüksəkdir. (cəđ.4). Yağdolduruculu TPE-nin dinamiki vulkanlaşdırılması onun mexaniki göstəricilərini yüksəldir, ancaq axıcılığını azaldır. EPDK – 4535 əsaslı TPE və TPV- yə NH-in daxil edilməsi onların mexaniki xassələrini və ƏAG - ni dəyişmir. Görünür, onlar yağdolduruculu elastomer fazasında lokallaşır və qarışıqın xassələrinə təsir etmir.

1.8 Polimer matrisdə stabilləşdirilmiş metalsaxlayan NH əlavələrinin qarışıq TPE və dinamiki vulkanlaşdırılmış TPV-nin teplofiziki və termiki xassələrinin xüsusiyyətlərinə təsirinin tədqiqi

Nanokompozitlərin teplofiziki və termiki xassələrinin tədqiqi DSK və TQA metodlarını özündə cəmləşdirən kombinə olunmuş termiki analizdən istifadə olunmaqla aparılmışdır. Qeyd etmək lazımdır ki, DSK – TDA/T –nin bütün termoqramları bütün sınaq şəraitləri və termoelastoplastların bütün nümunələri üçün eyni xarakterlidir.

DTA-DSK termoqram ayrılmasının analizi göstərir ki, tədqiq olunan bütün termoelastoplastlar üçün (TPE və TPV) ərimə

temperaturları eyni olub, 140°C -ə bərabərdir.

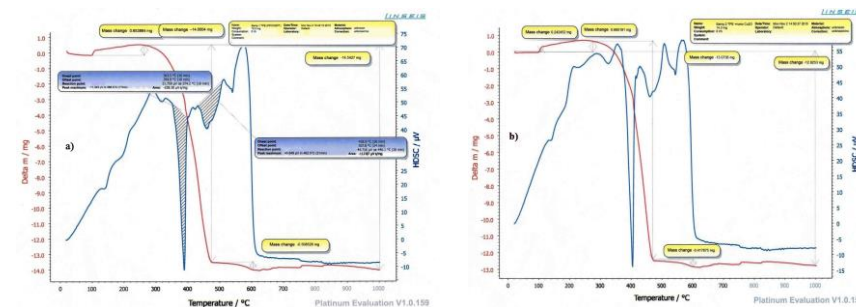
TPE halı üçün (şək. 8.a) temperaturun artması ilə DSK əyrisi 140°C -ədək tədricən qalxır, sonra TPE-nin ərimə temperaturuna uyğun olan sərt endotermik pik gəlir, daha sonra polimer zəncirinin oksidləşməsi ilə əlaqədar olan və 300°C -dək yüksələn ekzotermik proses gedir. 320°C -dən sonra kütlə itkisi (5%) başlayır, sonra əyri 350°C -dək yavaş-yavaş düşür (10%). Bundan sonra sərt endotermik pik – sublimasiya və ya destruksiya məhsullarının buxarlanması prosesləri başlayır və 388.5°C -də öz maksimumuna çatır (kütlə itkisi 40%). Bu zaman DTA termoqramında kütlə itkisinin sürəti də maksimum qiymət alır və 465°C -də kütlə itkisi 95.5%-ə bərabər olur.

394°C -də termooksidləşmə prosesinin təqribən ortalarında istilik udulmasından onun ayrılmasına doğru 420°C -ədək sərt keçid baş verir. Sonra 600°C -ədək endo-ekzo proseslər gedir və daha sonra sərt endotermik pik prosesin sönməsilə əlaqədar olaraq tədricən zəifləyir.

TPE/ND (şək.8.b) həmçinin TPV və TPV/ND halları üçün DSK əyrisi analogi şəkildə olur, lakin temperatur göstəriciləri dəyişir. Alınan qarışıq nanokompozitlərin DTA- DSK termoqramlarının analizi göstərir ki, tədqiq olunmuş TPE nümunələri hava atmosferində 300°C -ədək termostabil olduğu halda, mis oksid NH saxlayan ND –lu TPE 350°C -ədək stabildir. İlkin TPE 320°C -də 5% , 360°C -də 10% kütlə itirdiyi halda TPE/ND 3-5% kütlə itirir. 388.5°C -də ilkin TPE 40% kütlə , TPE/ND isə 18-20% , yəni iki dəfə az , 465°C –də kütlə itkisi 95.5% təşkil edir.

Alınan vulkanlaşdırılmış nanokompozitlərin (TPV) DTA-DSK termoqramlarının analizi göstərmişdir ki, onlar hava atmosferində 350°C -ədək termostabil olduqları halda, TPV/ND (NH-mis oksid) 400°C -ədək stabildir. İlkin TPV 360°C -dən sonra 5% , 410°C -də 25% kütlə itirdiyi halda, TPV/ND 18-20% , 450°C -də kütlə itkisi 90% olur.

Alınan nanokompozitlərin termiki və teplofiziki xassələrinin tədqiqi göstərmişdir ki, TPE hava atmosferində 300°C -dək, TPE/ND isə 350°C -dək termostabildir. TPV 350°C -dək TPV/ND isə 400°C -dək stabildir. Göründüyü kimi ND –nin daxil edilməsi nəticəsində TPE və TPV üçün termooksidləşmə destruksiyasının başlanğıc temperaturu 50°C yüksəlir.



Şək. 8. İlk TPE (a) və TPE/ND(NH-mis oksid) (b) termoqramları

Alınan nanokompozitlərin teplofiziki və termiki xassələrinin tədqiqi həm də TQA ayrılmasına əsasən də aparılmışdır.

Tədqiq edilən nümunələrin termostabilliyi termooksidləşmə destruksiya parçalanma prosesinin aktivləşmə enerjisinə (E_a), 10%, 20% və 50% parçalanma temperaturlarına və onların yarımparçalanma dövrünə əsasən hesablanmışdır. Termoqramimetrik tədqiqatların nəticələri cədvəl 6-da verilmişdir.

Cədvəl 6.

Qarışıq və dinamiki vulkanlaşdırılmış TPE-lərin termostabilliyi xassələri

Kompozisiya	T_{10} , °C	T_{20} , °C	T_{50} , %	$\tau_{1/2}$, dəq	E_a , kC/mol
TPE					
TPE	320	340	420	64	194.11
TPE/CuPE	360	390	480	72	235.47
TPE/NiPE	355	385	475	70	223.86
TPE/CuABS	350	380	470	69	216.35
TPV					
TPV	340	400	440	68	215.38
TPV/CuPE	390	450	490	78	257.13
TPV/NiPE	385	445	485	76	241.76
TPV/CuABS	375	435	470	75	233.17

Cədvəl 6-da verilmiş təcrübi dəlillərdən göründüyü kimi, tərkibində metal oksidi nanohissəcikləri olan nanodoldurucunu termoelastoplastların tərkibinə daxil etdikdə kompozisiya

nümunələrinin T_{10} , T_{20} , T_{50} və $\tau_{1/2}$ yüksəlir, alınmış nanokompozitlərin termooksidləşmə parçalanma prosesinin aktivləşmə enerjisi 29-48 kC/mol artır.

NƏTİCƏLƏR

1. İzotaktik polipropilen/etilenpropilendien kaucuku və metaltərkibli nanodoldurucular əsasında qarışıqlar və vulkanizə olunmuş termoplastik elastomer kompozitlər alınmış və tədqiq olunmuşdur. Nanodoldurucu (ND) kimi müxtəlif polimer matrislərində stabilləşdirilmiş metal oksidləri nanohissəciklərindən (NH) istifadə olunmuşdur (sənaye - YTPE) stabilləşdirilmiş mis-1-oksidi NH-ləri; titanfenolyat katalitik sistemlərinin iştirakı ilə alınmış polietilen matrisində stabilləşdirilmiş mis-1-oksidi və nikel 2- oksidi NH-ləri; ABS-akrilonitrilbutadienstirol termoplastın matrisində stabilləşdirilmiş mis-1-oksidi, SKS-divinilstirol elastomeri matrisində stabilləşdirilmiş Fe_3O_4) . Nanohissəciklərinin ölçüsü: NHCu_2O və NHNiO 11-15nm, NHFe_3O_4 -ki isə 100 nm. NH-in kristallıq dərəcəsi 25-45% olmuşdur[1-7, 9-11, 13-15, 30].
2. PP/EPDK əsasında YTPE matrisində stabilləşdirilmiş mistərkibli nanodoldurucu tətbiq etməklə mexaniki-kimyəvi metodla yaxşılaşdırılmış möhkəmlik göstəricilərinə malik və yüksək axıcılıq qabiliyyətli ərinti verən yeni nanokompozitlər alınmışdır. Alınan nanokompozitlərin reoloji xassələrinin tədqiqi göstərmişdir ki, polimer kompozitə nanodoldurucunun daxil edilməsi onun ərintisinin axıcılığını yaxşılaşdırır, onların sonrakı təzyiq altında yüksəksürətli tökmə üsulu ilə emal prosesini asanlaşdırır və iri qabaritli məmulat hazırlanmasına imkan verir, və bununla da geniş tətbiqi spektrə malik məmulatların istehsalı üçün perspektivlər açılır (avto-, avia-gəmiqayırma, inşaat, neftçixarma və neftkimya kimi sahələrdə) [1, 2, 17, 18, 21, 25-28, 32].
3. Alınan nanokompozitlərin kristallaşma prosesi dilatometrik

metodla tədqiq olunmuş və müəyyən olunmuşdur ki, PP/EPDK-in tərkibinə daxil edilmiş mis oksid nanohissəcikləri sistemin kristallaşma prosesini yaxşılaşdırır və nisbətən xırdasferolit struktur formalaşdırır [3, 20, 22, 28].

4. Nanokompozitlərin SEM analizi göstərmişdir ki, polimerə nisbətən az miqdarda (1.0 küt.h.) daxil edilən nanodoldurucu strukturəmələgətirici – süni kristaləmələgətirici rolunu oynayır, bu da polimer ərintisinin axıcılıq göstəricisinin və alınan nanokompozitin reoloji, fiziki-mexaniki və termiki xassələrinin yaxşılaşmasına səbəb olur [23-26].
5. DSK metodunu tətbiq etməklə alınan nanokompozitlərin teplofiziki və termiki analizləri aparılmışdır. Əldə olunan dəlillər termiki və termooksidləşmə destruksiyları, həmçinin destruksiya məhsullarının sublimasiyasını xarakterizə edən “aldadıcı” pikləri aydınlaşdırmağa imkan vermişdir [1-3].
6. Alınmış nanokompozitlərin teplofiziki və termiki xassələtinin DTA-DSK/T metodu ilə tədqiqi göstərmişdir ki, TPE –nin termostabilliyi 300°C, TPV-nin isə 350°C olduğu halda, onların tərkibinə 1.0 kütlə hissəsi qədər metalsaxlayan nanodoldurucu daxil etdikdə hər birinin termostabilliyi 50°C-dək yüksəlir, termooksidləşmə destruksiya prosesinin aktivləşmə enerjisi 29-48 kC/mola qədər artır. TPE və TPV-nin tərkibinə nanodoldurucunun daxil edilməsi alınan kompozisiyanın termostabilliyini xeyli dərəcədə artırmaqla onun istismarının temperatur həddini genişləndirir və yeni tətbiq sahələrinin tapılmasına imkan verir [8, 16, 19, 29].
7. İzotaktik polipropilen və müxtəlif tərkibli (yağla və yağsız) üçlü etilenpropilendien elastomeri əsasında tərkibində müxtəlif metal oksidlərinin (Cu₂O, NiO, Fe₃O₄) nanohissəciklərini saxlayan nanodolduruculardan istifadə etməklə yeni termoelastoplast nanokompozitlər işlənib hazırlanmışdır. Müəyyən olunmuşdur ki, az miqdarda (1.0 küt.his.) nanodoldurucu daxil edilməsi termoplastik elastomerlərin kristallıq dərəcəsinə və dielektrik nüfuzluluğuna praktiki olaraq təsir etmir, ancaq onların mexaniki göstəricilərini saxlamaqla elastiklik modulunu azaldır.

Aşkar edilmişdir ki, nanohissəciyin ölçüsü və təbiəti kompozitlərin fiziki-mexaniki, teplofiziki xassələrinə, həmçinin, axıcılığına xeyli təsir göstərir. Nanodoldurucunun yağıdolduruculu elastomerlər əsasında hazırlanmış qarışıqlara daxil edilməsi onların xassələrinə təsir göstərmir [4-7].

8. Radiotermoluminessensiya metodu ilə 77-300 K temperatur intervalında NiO , Cu_2O və Fe_3O_4 nanohissəcikli PP/EPDK əsaslı kompozisiyaların molekulyar xüsusiyyətləri tədqiq edilmiş və göstərilmişdir ki, nanodoldurucuların daxil edilməsi nəzərə çarpacaq dərəcədə γ və β relaksasiya proseslərinin xüsusiyyətlərinə və temperaturuna təsir edir. Bu zaman β -prosesinin təzahür sahəsi nəzərə çarpacaq dərəcədə aşağı temperatur nəhiyyəsinə keçir. Qeyd etmək olar ki, Cu_2O NH-lərinə əsaslanan nanokompozitlər digər ND tərkibli kompozisiyalardan daha yüksək T_β dəyərlərinə malik olur. Aşkar edilmişdir ki, ABS matrisli, dispersiyası 11-15nm olan Cu_2O NH-k tərkibli PP/EPDK əsaslı kompozisiyalar optimal donma müqavimətinə malikdirlər [30, 31].
9. Aşkar edilmişdir ki, PP/EPDK əsasında alınan nanokompozitlərin son xassələrinə təkcə metal nanohissəciklərinin tipi deyil, həm də onları stabilləşdirən polyar və qeyri polyar matrisi də təsir göstərir. Məsələn, yüksək təzyiq polietilendə, titan fenolyat katalitik sistemlər tətbiq edilməklə alınan xətti polietilendə (XPE) və akrilonitrilbutadienstirol (ABS) matrisində stabilləşdirilmiş mis-1 oksid alınan nanokompozitlərin xassələrinə müxtəlif cür təsir göstərir. Ön yaxşı xassəli YTPE-də matrisində stabilləşdirilmiş nanohissəcik iştirak edən nanokompozit göstərir, bir qədər pis - XPE matrisli, daha pis - ABS matrisli. Bu nanohissəcikləri stabilləşdirən polimer matrislərin PP/EPDK ilə, uyğunlaşmasının fərqli olması ilə izah edilmişdir [12, 14].
10. Göstərilmişdir ki, PP/EPDK əsaslı termoplast elastomerlərdə yüksək təzyiq polietilenində stabilləşdirilmiş mis oksidi nanohissəcikləri saxlayan nanodoldurucuların əlavə edilməsi

daha perspektlidir. Bu zaman nanokompozitdə mikrokristallik strukturun yaranması nəticəsində onun xassələri yaxşılaşır və kompozisiyanın tətbiqi imkanları daha da genişlənmiş olur [1, 2, 28, 32].

Dissertasiyanın əsas nəticələri aşağıdakı əsərlərdə dərc olunmuşdur:

1. Kurbanova N.I. Nanocomposite thermoelastolayers on the basis of isotactic polypropylene and ternary ethylene propylene diene elastomer. / N.I. Kurbanova, N.A. Alimirzoeva, A.M. Kuliev [et.al.]// European Applied Sciences, – Stuttgart: – 2014, no 4, – pp. 100-103.
2. Алимйрзоева Н.А. Влияние нанонаполнителя на свойства термопластичных эластомеров на основе изотактического полипропилена.// Gənc alim və mütəxəssislərin I Beynəlxalq elmi konfransı, – Bakı: – 15-16 oktyabr, – 2014,– s.412-413.
3. Алимйрзоева Н.А., Курбанова Н.И. Металлсодержащие нанокomпозитные полипропиленовые термоэластопласты.// V Всероссийская школа-конференция с элементами научной школы для молодежи «Органические и гибридные наноматериалы», – Иваново: – 29.06. - 02.07. – 2015, – с.75-79.
4. Kurbanova N.I, Alimirzoyeva N.A. Metal-containing nanocomposites on the basis of isotactic polypropylene. // 1st International Turkic World Conf. on Chem.Scienc.Technologies, – Sarajevo: – 27 October - 1 November, – 2015, – p.324.
5. Курбанова Н.И., Алимйрзоева Н.А. Cu-содержащие нанокomпозитные полипропиленовые термоэластопласты. Конференция, посвященная 90-летию юбилея академика Т.Н.Шахтахтинского, – Баку, – 2015, – с. 245.
6. Курбанова Н.И. Влияние металлсодержащих нанонаполнителей на свойства смесевых и динамически вулканизованных термоэластопластов на основе

- изотактического полипропилена и тройного этиленпропилендиенового эластомера. / Н.И. Курбанова, Н.А. Алимирзоева, А.М. Кулиев [и др.]/Пластические массы,— Москва:— 2016, №5,6, — с.48-51.
7. Kurbanova N.I, Alimirzoyeva N.A. Metal-containing nanocomposites on the basis of isotactic polypropylene. International journal of applied and fundamental research. — 2016, — no 4. <http://www.science-sd.com/466-25041>, Germany
 8. Kurbanova N.I. Thermal destruction of metal-containing nanocomposites based on isotactic polypropylene. / N.I. Kurbanova, N.A. Alimirzoeva, A.M. Kuliev [et.al.]/ Journals Biological and Chemical Research, — Delaware: — 2016, Vol.3, — Issue 11, November, — pp. 341-358
 9. Курбанова Н.И., Кулиев А.М., Алимирзоева Н.А., Гулиева Ф.С. Влияние добавок металлсодержащих нанонаполнителей на особенности свойств термопластичных эластомеров на основе изотактического полипропилена. // Polimer Materialları İnstitutunun yaradılmasının 50 illik yubileyinə həsr olunmuş «Makromolekullar kimyası, üzvi sintez və kompozit materiallar» mövzusunda respublika elmi konfransının materialları, — Sumqayıt: — 2016, — с.106
 10. Курбанова Н.И., Кулиев А.М, Алимирзоева Н.А. Маслостойкая нанокompозитная термопластичная резина на основе изотактического полипропилена. // Бакинская международная Мамедалиевская конференция по нефтехимии — Баку: — 2016, — с.184
 11. Курбанова Н.И., Кулиев А.М, Алимирзоева Н.А., Алыев А.Т., Гулиева Ф.С. Металлсодержащие нанонаполнители - модифицирующие агенты полимерных композитов. M.Nağıyev adına Kataliz və Qeyri-Üzvi Kimya İnstitutunun 80 illik yubileyinə həsr olunmuş Respublika Elmi Konfransının materialları, — Bakı: — 2016, — s.434.435
 12. Курбанова Н. И. Получение и исследование свойств нанокompозитных термопластичных эластомеров на основе

- изотактического полипропилена. / Н.И. Курбанова, Н.А. Алимирзоева, А.М. Кулиев [и др.] //Перспективные материалы, – Москва: – 2017, № 2, – с. 59-65
13. Kurbanova N.I. Preparation and investigation of properties of polymer composites on the basis of polypropylene and ethylene propylene diene elastomer with metal-containing nanopartilces. / N.I.Kurbanova, A.T.Aliev, A.M.Kuliev [et.al.] //Az.chem. j., – Bakı: – 2017, no 2, – p.75-80
 14. Курбанова Н.И., Алимирзоева Н.А, Кулиев А.М., Гулиева Ф.С. Исследование свойств металлсодержащих нанокompозитных полипропиленовых термоэластопластов. // Материалы межд. науч. тех конф. » Нефтехим. синтез и катализ в сложных конденс. системах», посвящ.100-летн. юбил. акад. Б.К.Зейналова, – Баку: – 29-30 июня – 2017, – с.209
 15. Курбанова Н.И., Алимирзоева Н.А, Кулиев А.М., Гулиева Ф.С. Исследование свойств нанокompозитных термопластичных эластомеров. // Материалы межд. науч-тех конф.» Поликомтриб- 2017», – Гомель: – 27-30 июня, – 2017, – с.30
 16. Алимирзоева Н.А, Курбанова Н.И. Термическая деструкция металлсодержащих нанокompозитов на основе изотактического полипропилена. // VI Всероссийская школа - конференция с элементами научной школы для молодежи «Органические и гибридные наноматериалы», – Иваново: – 1-4 июля, – 2017, – с. 56-60.
 17. Kurbanova N.I., Kuliyeв A.M., Alimirzoeва N.A., Alinagiev E.Z., Ishenko N.Ya., Iskenderova E.G. Preparation of copper-containing nanoparticles in polyethylene matrix without use of solvents. 5th Internat. Caucasian Symposium on Polymer &. Advansed Materials, –Tbilisi: – 2017, – 2-5 July, – p.91.
 18. Kurbanova N.I., Alimirzoeва N.A., Guseinova Z.N., Nurullayeva D.R. Ecological Method of Preparation of Metal-Containing Nanoparticles in Polyethylene Matrix, ITWCCST 2017, – Baku: – 2017, – 10-13 Sept. – p.98.

19. N.A.Alimirzoeva, N.İ.Kurbanova. Cu-containing nanocomposite thermoplastic elastomers based on isotactic polypropylene//Gənc tədqiqatçı. Elmi-praktiki jurnal, – Baku: – 2018, IV cild, – №1, – c.45-51.
20. Kurbanova N.I. Preparation and investigation of properties of metal-containing nanocomposites on the basis of isotactic polypropylene and ethylene propylene diene rubber / N.I. Kurbanova, N.A. Alimirzoeva, Z.N. Guseinova[et.al.] //Processes of Petrochemistry and Oil Refining, – Bakı: – 2018, Vol.19, no 3, – pp. 274-281.
21. Н.И.Курбанова, Н.А.Алимирзоева, А.М.Кулиев, З.Н.Гусейнова, Н.Я.Ищенко, Медьсодержащие нанокompозиты на основе изотактического полипропилена и этиленпропиленовых сополимеров, // Тезисы докладов Международной научно-практической конференции "Инновативные перспективы развития нефтепереработки и нефтехимии", посвященной 110-летию академика В.С. Алиева, – Баку: – 9-10 октября, – 2018 г, – с. 164.
22. Курбанова Н.И., Алимирзоева Н.А., Гусейнова З.Н., Кахраманов Н.Т., Гасанова А.А. Влияние наночастиц меди на процесс кристаллизации термоэластопласта на основе изотактического полипропилена // Akademik M.Nağıyevin 110 illiyinə həsr olunmuş "Nağıyev qiraətləri" elmi konfransının materialları, – Baku: – 2018, – səh.104.
23. Kurbanova N.I., Alimirzoeva N.A. The influence of metal-containing nanofiller on the rheological properties of thermoplastic elastomers based on isotactic polypropylene and ethylene-propylene-diene elastomer //6th International Caucasian Symposium on Polymer &. Advansed Materials, – Batumi: – 17-20 july, – 2019, – p.64
24. Курбанова Н.И., Алимирзоева Н.А. Влияние металлосодержащего нанонаполнителя на реологические свойства термоэластопластов на основе изотактического полипропилена и этилен-пропилен-диенового эластомера The İnter Scien Conf “Ac. Probl of Mod Ch.”, Oct 2-4, – Baku: – 2019. –

- p. 439.
25. Kurbanova N.I. Metal-Containing Nanocomposites on the Basis of Isotactic Polypropylene / N.I.Kurbanova, N.A.Alimirzoyeva, A.M.Kuliyev [et.al.] // Inorganic materials: Applied research, – Moskow: – 2019. vol. 10, no. 2, – p. 411-415.
 26. Kurbanova N.I. Influence of Metal-Containing nanofiller on rheological properties of mixed Thermoplastic elastomers on the basis of isotactic polypropylene and ternary ethylene-propylene-diene elastomer./ N.I.Kurbanova, N.A.Alimirzoyeva, N.T.Kakhramanov [et.al.]//PPOR, – Baku: –2019. Vol. 20, no.4, – p.417-423.
 27. Kurbanova N.I. Preparation of copper-containing nanoparticles in polyethylene matrix without use of solvents. / N.I. Kurbanova, A.M. Kuliev N.A. Alimirzoyeva [et.al.]//Science and Technology of Polymers and Advanced Materials. Applied Research Methods. / Edited by O.V.Mukbaniani, T.N.Tatishvili. M.J.M.Abadie. Apple Academic Press. Ins. – Canada. – 2019. – p. 57-65
 28. Alimirzoyeva N.A. Metal-containing nanocomposites based on isotactic polypropylene and ethylene propylene diene rubber.// Az. Chem. J., – Baku: – 2020. no.1. – p.41-45.
 29. Алимйрзоева Н.А. Термические свойства металлсодержащих композитов на основе ПП/СКЭПТ. //American Scientific Journal “ASJ”, – New York: – 2020. No (35), issue 1, march. – p. 38-40
 30. Магеррамов А.М. Некоторые особенности радиотермолюминесценций нанометаллсодержащих композиций полипропилена и этиленпропилендиенового эластомера СКЭПТ-4044. / А.М. Магеррамов, Н.И.Курбанова, Н.А.Алимйрзоева [и др.] //Физика и химия обработки материалов, – Москва: – 2020. №3 – с.66-73
 31. Alimirzoyeva N.A. Effect of metal-containing nanoparticles on the glass transition temperature of a polypropylene nanocomposite. Sec Int Scie Conf of Young Scien and Spe Multidis the 75th anniversary of AzNatAcad of Sci. Book of Abstracts, – Baku: – 03 –06 March, – 2020.– p. 311-312

32. Курбанова Н.И. Медьсодержащие нанокompозиты на основе изотактического полипропилена и этиленпропилендиенового каучука. / Н.И. Курбанова, Н.А. Алимйрзоева, А.М. Кулиев //Международный научно-исследовательский журнал. Евразийский союз ученых, – Москва: – 2021. т.3. №3(84), – с.39-43

Dissertasiyanın müdafiəsi 29 oktyabr 2021-ci il tarixində saat 11⁰⁰ -da Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyası Polimer Materialları İnstitutunun nəzdində fəaliyyət göstərən

ED 1.28 Dissertasiya şurasının iclasında keçiriləcək.

Ünvan: Sumqayıt şəhəri, S.Vurğun küç. 124

Dissertasiya ilə Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyası Polimer Materialları İnstitutunun kitabxanasında tanış olmaq mümkündür.

Dissertasiya və avtoreferatın elektron versiyaları Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyası Polimer Materialları İnstitutunun rəsmi internet saytında (www.amea-pmi.az) yerləşdirilmişdir.

Avtoreferat 28 sentyabr 2021-ci il tarixində zəruri ünvanlara göndərilmişdir.

Çapa imzalanıb:

Kağızın formatı: A5

Həcm:

Tiraj: 100