

NÜŞABƏ BABA QIZI ARZUMANOVA

**TƏBİİ MİNERALLARLA DOLDURULMUŞ TERMOPLASTİK
ETİLEN-PROPİLEN BİRGƏPOLİMERLƏRİ ƏSASINDA
YÜKSƏK MÖHKƏMLİK VƏ REOLOJİ XASSƏLƏRƏ MALİK
KOMPOZİTLƏR**

İxtisas: 2304.01- Makromolekullar kimyası

**Kimya üzrə fəlsəfə doktoru elmi dərəcəsi almaq üçün
təqdim edilmiş dissertasiyanın**

AVTOREFERATI

Sumqayıt– 2017

İş Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyasının Polimer Materialları İnstitutunun “Polimerlərin mexaniki-kimyəvi modifikasiyası və emalı” laboratoriyasında yerinə yetirilmişdir.

Elmi rəhbər: k.ü.e.d., prof. **N.T. Qəhrəmanov**

Elmi məsləhətçi: AMEA-nın m/ü, k.ü.e.d., prof.
A.M. Quliyev

Rəsmi opponentlər: t.ü.e.d., prof. **K.S. Şıxəliyev**
k.ü.e.d. **N.A.Zeynalov**

Aparıcı təşkilat: **Bakı Dövlət Universiteti**
(“Yüksəkmolekullu birləşmələr kimyası” kafedrası)

Müdafiə 01 dekabr 2017-ci il saat 10⁰⁰-da Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyasının Polimer Materialları İnstitutu nəzdindəki D.01.251 Dissertasiya Şurasının iclasında keçiriləcəkdir.

Ünvan: AZ5004, Sumqayıt şəhəri, S.Vurğun küşəsi, 124
E-mail: ipoma@science.az

Dissertasiya ilə AMEA Polimer Materialları İnstitutunun kitabxanasında tanış olmaq olar.

Avtoreferat “ 26 ” oktyabr 2017-ci ildə göndərilmişdir.

D.01.251 Dissertasiya Şurasının
elmi katibi, k.ü.f.d., dosent

 **A.Z. Çələbiyeva**

İŞİN ÜMUMİ XARAKTERİSTİKASI

İşin aktuallığı. Poliolefinlər və mineral dispers doldurucular əsasında polimer kompozit materiallar texnika və texnologiyanın demək olar ki, bütün sahələrində geniş tətbiq sahəsi tapmışdır. Plastik kütlələrin sənaye sintezi texnoloji parametrlərin dəyişdirilməsi və katalitik sistemlərin seçilməsi yolu ilə müxtəlif xassələrə malik bir çox polimer və birgəpolimerlər almağa imkan verir. Lakin bu heç də həmişə onlar əsasında müasir texnikanın yeni artan tələblərinə cavab verən konkret konstruksiya məmulatlarının hazırlanması üçün kifayət etmir.

Son illərdə polimer materiallarda kristallik molekulüstü quruluşun formalaşması prosesinə mineral doldurucuların quruluş və tərkibinin təsirinin öyrənilməsi istiqamətində aparılan tədqiqatlar diqqət cəlb etməyə başlamışdır. Polimerlərin minerallarla qarışdırılması prosesi zamanı xırdadispers mineral hissəciklərinin polimer matrisada heterogen mərkəzlərin əmələ gəlməsi mexanizminə və onların artmasına təsir göstərə bilməsi kimi unikal xüsusiyyət aşkar edilmişdir. Sonuncu hal minerallarla doldurulmuş polimer kompozitlərin xassələrinin yaxşılaşdırılmasına əhəmiyyətli dərəcədə təsir göstərir.

Üzvi və qeyri-üzvi mənşəli çoxfunksional quruluşəmələgətiricilərin doldurulmuş polimer kompozitlərin və nanokompozitlərin quruluş xüsusiyyətlərinə və xassələrinə təsirinin müəyyən edilməsi istiqamətinə yönəldilmiş sistemli tədqiqatlar demək olar ki, həyata keçirilməmişdir. Bu məsələnin aktuallığı həm də ondan ibarətdir ki, üzvi quruluşəmələgətiricinin (ÜQƏ) minimal miqdarda daxil edilməsi polimer kompozitlərin deformasiya-möhkəmlilik xüsusiyyətlərinin yaxşılaşmasına imkan verməklə yanaşı komponentlərin qarışmasını və nəticə etibarilə onların emalı prosesini asanlaşdırır. Təsdiq olunmuşdur ki, ÜQƏ-nin istifadəsi xırdasferolit törəmələrin formalaşmasına əhəmiyyətli dərəcədə təsir göstərir.

Polimer matrisa kimi nisbətən az tədqiq edilmiş sənaye poliolefinlərinin və doldurucu kimi Azərbaycanın demək olar ki, az öyrənilmiş təbii minerallarının istifadə olunması halında bu məsələnin həlli daha böyük aktuallıq qazanır.

Dissertasiya işi AMEA Polimer Materialları İnstitutunun elmi-tədqiqat planına əsasəyərində yerləşdirilmişdir.

İşin məqsədi çoxfunksional quruluşəmələgətiricilərin və Azərbaycanın təbii minerallarının doldurulmuş polimer kompozitlərin əsas fiziki-mexaniki və reoloji xassələrinin dəyişmə qanunauyğunluqlarına təsirini tədqiqindən ibarətdir.

Qarşıya qoyulmuş məqsədə çatmaq üçün aşağıdakı məsələlər həll edilmişdir:

- nisbətən az tədqiq edilmiş sənaye poliolefinləri və təbii mineral doldurucular əsasında polimer nanokompozitlərin işlənilib hazırlanması;
- polimer-doldurucu sisteminin texnoloji uyğunluğunun tədqiqi, fazalar-

- arası sahənin, polimer nanokompozitlərin quruluş və xassələrinin öyrənilməsi;
- polimer əsasın və doldurucunun növündən asılı olaraq polimer nanokompozitlərin reoloji xüsusiyyətlərinin tədqiqi;
 - qarışıqın komponentlərinin nisbətindən asılı olaraq polimer nanokompozitlərin fiziki-mexaniki xassələrinin tədqiqi;
 - doldurulmuş polimer nanokompozitlərin ekstruziya və təzyiq altında tökmə üsulu ilə emalının texnoloji rejiminin tədqiqi;
 - tədqiq olunan polimer nanokompozitlərin tətbiqinin mümkün perspektiv istiqamətləri haqqında tövsiyələrin işlənilib hazırlanması.

İşin elmi yeniliyi onadan ibarətdir ki,

- Azərbaycanın müxtəlif faydalı qazıntı yataqlarından əldə olunmuş çoxfunksional təbii minerallar – vezuvian və klinoptillolit poliiolefinlərin nanoölçülü doldurucuları kimi istifadə olunmuşdur;
- Müəyyən edilmişdir ki, vezuvianın və klinoptillolitə termoplastik statistik etilen-propilen birgəpolimeri və etilen-propilen blok birgəpolimerinin tərkibinə daxil edilməsi ilə yaxşılaşdırılmış reoloji xüsusiyyətlərə malik yüksək möhkəmlikli kompozit materiallar almaq mümkündür;
- Göstərilmişdir ki, nanokompozitlərin ərintisinin axıcılığının yaxşılaşdırılmasına imkan verən əsas amillərdən biri vezuvianın və klinoptillolitə tərkibində kaolinitin, yaxud nanogilin olmasıdır;
- Müxtəlif növ termoplastik etilen-propilen birgəpolimerlərində standart və təbii mineralların geniş çeşidinin doldurucu kimi istifadəsi nəticəsində polimer-doldurucu sisteminin fazalararası sahəsinin sərhəd laylarında gedən proseslər barədə kifayət qədər dolğun təsəvvürlər verən qanunauyğunluqlar və faktlar aşkar edilmişdir;
- Yaxşılaşdırılmış reoloji xassələrə malik yüksək doldurulmuş polimer nanokompozitlərin işlənilib hazırlanması üçün yeni elmi yanaşmalar müəyyən edilmişdir.
Tədqiqatların nəticələri belə hesab etməyə imkan verir ki,
- termoplastik etilen-propilen statistik və blok birgəpolimerləri və mineral doldurucular əsasında nanokompozitlərin yeni növləri işlənilib hazırlanmış; sübut edilmişdir ki, onların texnoloji uyğunluğunun yaxşılaşdırılması üçün daha effektiv modifikatorlar çoxfunksional quruluş-əmələgətiricilərdir;
- Azərbaycanın müxtəlif yataqlarından əldə olunmuş təbii mineral doldurucuların termoplastik etilen-propilen statistik və blok birgəpolimerlərinin tərkibinə daxil edilməsi onlar əsasında alınmış nanokompozitlərin möhkəmlik xassələrinin yüksəldilməsilə ilə yanaşı reoloji xassələrinin də yaxşılaşdırılmasına imkan verir;

- nanokompozitlərin reoloji xassələrinin yaxşılaşdırılmasına təsir edən əsas amil doldurucunun tərkibində laylı quruluşlu kaolinitin, yaxud nanogilin olmasıdır;
- polimer kompozitlərin moleküstü quruluşuna və xassələrinə doldurucu və quruluşəmələgətiricilərin miqdarının təsiri vardır.
- doldurucu hissəciklərinin səthində kompozit materialların reoloji xüsusiyyətlərinə təsir edən makrozəncirlərin mono layının formalaşması konsepsiyası təklif olunmuşdur;
- ekstruziya və təzyiq altında tökmə üsulu ilə polimer kompozitlərin alınma texnologiyası tədqiq edilmişdir.

Əldə olunmuş nəticələrin dürüslüyü müasir fiziki, fiziki-kimyəvi analiz üsullarının tətbiqi və doldurulmuş polimer kompozitlərin quruluşunun, deformasiya-möhkəmlik və reoloji xassələrinin tədqiqi ilə təsdiq olunmuşdur. İstifadə olunmuş tədqiqat üsulları qarşıya qoyulmuş məsələlərə tam uyğundur, əldə olunmuş təcrübi məlumatlar və nəticələr ədəbiyyatda mövcud olan təməl və əsas müasir elmi təsəvvürlərə zidd deyil.

İşin praktiki əhəmiyyəti. Poliolefinlər və Azərbaycanın təbii mineralları əsasında yüksək istismar xassələrinə malik doldurulmuş polimer kompozitlər işlənilib hazırlanmışdır. Doldurulmuş kompozitlərin konstruksiya təyinatlı polimer materiallar kimi tətbiqinin prinsiplial imkanları göstərilmişdir.

Nəşrlər və işin aprobeşiyası. Dissertasiya işinin mövzusunda dair 22 elmi əsər (10 məqalə, 11 tezis və konfrans materialı, 1 Azərbaycan patenti) nəşr olunmuşdur. Dissertasiya işinin əsas nəticələri aşağıdakı Beynəlxalq və Respublika Elmi Konfranslarında məruzə edilmişdir: X Международная научно-техническая конференция “Научные перспективы XXI века. Достижения и перспективы нового столетия” (Rusiya, Novosibirsk 2015), IX Bakı Beynəlxalq Məmmədəliyev konfransı (Bakı, 2016), AMEA PMİ-nun 50 illik yubileyinə həsr olunmuş elmi konfrans (Sumqayıt, 2016), Akademik M.Nağıyev adına Kataliz və Qeyri-üzvi Kimya İnstitutunun 80 illik yubileyinə həsr olunmuş elmi konfrans (Bakı, 2016), “Science and Education” materials of the XIV International Research and Practise Conference (Almaniya, Münih 2016), Akademik B.Q.Zeynalovun 100 illik yubileyinə həsr olunmuş “Neft-kimya sintezi və mürəkkəb kondensləşmiş sistemlərdə kataliz” mövzusunda beynəlxalq elmi-texniki konfrans (Bakı, 2017), Международная научно-техническая конференция “Полимерные композиты и трибология” (Belarusiya, Qomel 2017), 5th International Caucasian Symposium on Polymers and Advanced Materials (Georgia, Tbilisi 2017).

Dissertasiya işinin quruluşu və həcmi. Dissertasiya işi giriş, 5 fəsil, nəticələr, istifadə olunmuş ədəbiyyat siyahısı və əlavələrdən ibarətdir. Dissertasiya işinin materialları 25 şəkil, 23 cədvəl, 193 adda istifadə olunmuş ədəbiyyat siyahısı da daxil olmaqla 170 kompüter səhifəsində öz əksini tapmışdır.

Giriş hissədə dissertasiya işinin aktualığı əsaslandırılmış, işin məqsədi, işin elmi yeniliyi və praktiki əhəmiyyəti verilmişdir. **Birinci fəsildə** tədqiq edilən məsələnin qoyuluşu zamanı mövcud olan ədəbiyyat materiallarına əsasən bu problemin mövcud vəziyyətininətraflı təhlili verilmişdir. **İkinci fəsildə** istifadə olunan ilkin polimerlərin, doldurucuların və üzvi quruluşəmələgətiricilərin fiziki-kimyəvi göstəriciləri, doldurulmuş polimer kompozitlərin alınması üsulları və analizinin metodikaları göstərilmişdir. **Üçüncü fəsildə** poliiolefinlər və mineral doldurucular əsasında alınmış polimer kompozitlərin quruluş xüsusiyyətlərinin və fiziki-mexaniki xassələrinin tədqiqinə dair əldə olunmuş nəticələr müzakirə edilmişdir. **Dördüncü fəsildə** doldurulmuş polimer kompozitlərin reoloji xassələrinin tədqiqi, doldurucunun miqdarının və yerdəyişmə gərginliyinin yerdəyişmə sürətinə, ərintinin effektiv özlülüyünə və özlü axının aktivləşmə enerjisinə təsirinin tədqiqi üzrə nəticələr verilmişdir. **Beşinci fəsildə** ekstruziya və təzyiq altında tökmə üsulunun texnoloji rejiminin polimer kompozitlərin əsas möhkəmlik xassələrinə təsiri şərh edilmişdir.

İŞİN ƏSAS MƏZMUNU

POLİOLEFİNLƏR VƏ MİNERAL DOLDURUCULAR ƏSASINDA POLİMER NANOKOMPOZİTLƏRİN QURULUŞ XÜSUSİYYƏTLƏRİ VƏ XASSƏLƏRİ

Müxtəlif mineral doldurucuların termoplastik etilen-propilen birgəpolimerləri: etilen-propilen statistik birgəpolimeri (REP) və etilen-propilen blok birgəpolimeri (BEP) əsasında polimer kompozitlərin quruluş xüsusiyyətlərinə və fiziki-mexaniki xassələrinə təsiri tədqiq edilmişdir.

REP və standart mineral doldurucular əsasında polimer nanokompozitlərin quruluş xüsusiyyətləri və xassələri. REP və standart mineral doldurucular əsasında nanokompozitlər tədqiq edilmiş və nisbətən möhkəm kompozit materialların alınmasına imkan verən qarışıqın komponentlərinin optimal miqdarları aşkar edilmişdir. Bu halda standart dodlurucu kimi hissəciklərinin ölçüsü 10-105 nm olan nanoölçülü sement, kvars unu və təbaşirdən istifadə edilmişdir. Təcrübi tədqiqatlar nəticəsində müəyyən olunmuşdur ki, quruluşəmələgətiricilərin doldurulmuş kompozitlərin tərkibinə daxil edilməsi onların, demək olar ki, bütün möhkəmlik və reoloji xassələrinə nəzərə çarpacaq dərəcədə təsir göstərir. Quruluşəmələgətirici kimi hissəciklərinin ölçüsü 14-95 nm olan alizarin, sürtkü agenti kimi isə hissəciklərinin ölçüsü 10-85 nm olan sink stearatdan istifadə edilmişdir. Alizarin və sink stearatın molekulüstü quruluşun formalaşması vəREP əsasında nanokompozitlərin möhkəmlik xassələrinin dəyişməsi prosesinə təsiri müəyyənləşdirilmişdir (cədvəl 1).

Doldurucunun növünün, miqdarının, quruluşəmələgətiricinin polimer nanokompozitlərin istiliyə davamlılığına və kristallaşmanın başlanğıc temperaturuna təsirinin tədqiqi zamanı müəyyən edilmişdir ki, alizarin və sink stearatın

Cədvəl 1.

Tərkibində 1kütlə% miqdarında alizarin və 1kütlə% miqdarında sink stearat olan REP əsasında doldurulmuş kompozitlərin tərkibi və fiziki-mexaniki xassələri

№	Polimer kompozisiyanın tərkibi	Dartılmada möhkəmlik həddi, MPa	Əyilmədə elastiklik modulu, MPa	Nisbi uzanma, %	ƏAG, q/10dəq
1	REP	28.5	975	600	0.36
2	REP+1% al	29.8	1001	750	1.56
3	REP+1% ss	29.1	988	680	2.98
4	REP+al+ss	30.4	1006	780	3.11
5	REP+5% s	31.3	1010	560	0.44
6	REP+5% s+al+ss	32.2	1028	640	1.94
7	REP+10% s	31.5	1025	320	0.35
8	REP+10% s+al+ss	34.6	1176	510	1.98
9	REP+20% s	24.0	1075	85	0.25
10	REP+20% s+al+ss	32.3	1198	250	1.85
11	REP+30% s	22.8	1080	25	axmır
12	REP+30% s+al+ss	24.6	1215	125	0.95
13	REP+5% ku	29.8	1015	240	0.35
14	REP+5% ku+al+ss	31.4	1022	525	2.04
15	REP+10% ku	27.0	1020	180	0.30
16	REP+10% ku+al+ss	30.8	1132	295	1.84
17	REP+20% ku	22.6	1040	70	0.11
18	REP+20% ku+al+ss	27.3	1155	110	1.92
19	REP+30% ku	20.8	1050	35	axmır
20	REP+30% ku+al+ss	24.5	1175	70	0.73
21	REP+5% t	27.1	980	495	0.37
22	REP+5% t+al+ss	30.3	1035	210	2.01
23	REP+10% t	25.8	1000	315	0.20
24	REP+10% t+al+ss	27.9	1121	145	1.72
25	REP+20% t	19.8	1010	95	0.12
26	REP+20% t+al+ss	24.7	1123	105	1.45
27	REP+30% t	18.2	1015	15	axmır
28	REP+30% t+al+ss	22.6	1155	65	0.69

Cədvəl üzrə ixtisarlər: al - alizarin, ss - sink stearat, s - sement, ku - kvars unu, t - təbaşir.

birgə istifadəsi kristallaşmanın başlanğıc temperaturunun 5-7°C yüksəlməsilə ifadə olunan “sinergizm” effektinin mövcud olmasını təsdiqləyir. Kristallaşmanın başlanğıc temperaturunun dəyişməsinə daha çox məruz qalan sement və kvars ununun doldurucu kimi istifadə olunduğu nümunələrdir. Doldurucu

kimi təbəşirin istifadəsi zamanı nanokompozitlərin istiliyə davamlılığı və kristallaşmanın başlanğıc temperaturunda yüksəlmə effekti, demək olar ki, müşahidə edilmir. Bu təbəşirin inqrediyentlərə qarşı inert olmasını və polimer bağlayıcı ilə adgeziyasının kifayət qədər olmamasını sübut edir.

BEP və standart mineral doldurucular əsasında polimer nanokompozitlərin quruluş xüsusiyyətləri və xassələri. Standart mineral nanodoldurucuların və quruluşməhləgətiricilərin etilen-propilen blok birgəpolimerinin əsas fiziki-mexaniki xassələrinə təsirinin öyrənilməsi üzrə tədqiqatlar aparılmışdır.

Quruluşməhləgətiricinin, sürtgü agentinin və nanohissəciklərin nanokompozitlərin istiliyə davamlılıq, ərimə temperaturu, kristallaşmanın başlanğıc temperaturu kimi xassələrinə təsiri üzrə tədqiqatlar həyata keçirilmişdir. Sürtkü agenti kimi sink stearatdan istifadə olunmuşdur və eksperimental tədqiqat prosesində aydınlaşdırılmışdır ki, o təkcə polimer kompozitlərin emalının yaxşılaşmasına deyil, eyni zamanda quruluşməhləgəlmə prosesinə də təsir göstərir.

Azərbaycanın təbii mineralları və poliolefinlər əsasında polimer nanokompozitlərin quruluş xüsusiyyətləri və xassələri. Vezuvian və klinoptillolit kimiyerli təbii minerallar əsasında yeni nəsil polimer nanokompozitlərin alınması üzrə genişmiqyaslı tədqiqatlar aparılmışdır ki, bu nanokompozitlərdə polimer matrisa kimi REP və BEP istifadə olunmuşdur.

Vezuvian və REP, BEP əsasında polimer nanokompozitlərin quruluş xüsusiyyətləri və xassələri. Vezuvianın polimer kompozitlərin fiziki-kimyəvi və əsas fiziki-mexaniki xassələrinə təsirinin tədqiqi həyata keçirilmişdir. Vezuvianın və onunla doldurulmuş REP-in RFA difraktoqramlarının müqayisəli təhlili polimer matrisada vezuvian üçün xarakterik olan reflekslərin müəyyən qədər yerdəyişməsinə 2θ : $30.0 \rightarrow 30.4$, $32.4 \rightarrow 32.5$ və $33.8 \rightarrow 34.2$ göstərdi. Vezuvianın və BEP+15kütə% vezuvian, REP+15kütə% vezuvian doldurulmuş kompozitlərin İQ-spektrlərinin müqayisəsi zamanı da dəyişikliklər aşkar edilmişdir. Əldə olunmuş İQ-spektrlərə əsasən vezuvian üçün xarakterik olan udulma zolağı $795, 857, 915, 957, 1013 \text{ sm}^{-1}$ BEP-in tərkibində müvafiq olaraq $808, 875, 898, 972$ və 997 sm^{-1} udulma zolaqları sahəsinə, REP-in tərkibində isə $807, 874, 898, 972$ və 997 sm^{-1} udulma zolaqları sahəsinə yerdəyişir. Vezuvianla doldurulmuş REP və BEP əsasında nanokompozitlərin SEM analizindən əldə olunmuş şəkillərin müqayisəli təhlilindən müəyyən edilmişdir ki, BEP əsasında nümunələr kristallik törəmələrin sərhədlərinin daha dəqiq olduğu molekulüstü quruluş ilə xarakterizə olunur.

Müəyyən edilmişdir ki, vezuvianın miqdarı artdıqca REP və BEP əsasında nanokompozitlərin nisbi uzanmasında gözlənilən qanunauyğun azalma baş verir. REP-in tərkibində vezuvianın möhkəmlilik xassələrinin nisbətən yüksək qiymətlərinin əldə olunduğu maksimal miqdarı təqribən 10 kütə% təşkil edir,

BEP əsasında kompozitlər üçün isə bu kəmiyyət 5 kütlə%-ə qədər aşağı düşür. Bu zaman əyilmədə elastiklik modulu nanohissəciklərin miqdarının artması ilə fasiləsiz olaraq yüksəlir. REP və BEP-in tərkibinə vezuvianın 10 kütlə%-i miqdarında daxil edilməsi ƏAG-nin müvafiq olaraq 1.8 və 7.5 dəfə yüksəlməsinə gətirib çıxarır.

Vezuvian hissəciklərinin ölçüsünün REP və BEP əsasında kompozitlərin əsas fiziki-mexaniki xassələrinə təsirinin tədqiqi zamanı müəyyən olunmuşdur ki, vezuvianın dispers hissəciklərinin ölçüsünün 510-1290 nm intervalında artırılması ilə əsas fiziki-mexaniki xassələrdə müəyyən pisləşmə müşahidə edilir. Belə ki, məsələn, dispers hissəciklərinin ölçüsü 510-1290 nm olan vezuvianın 20 kütlə%-i miqdarında daxil edilməsi zamanı REP üçün dartılmada möhkəmlik həddinin maksimal qiyməti 29.5 MPa, BEP üçün isə 27.3 MPa təşkil edir. Doldurucu hissəciklərinin ölçüsü nə qədər kiçik olarsa, onun bir o qədər kiçik miqdarlarında möhkəmlik xassələrinin optimal qiymətləri əldə edilir.

REP və BEP-in tərkibində vezuvianın miqdarından və hissəciklərinin ölçüsündən asılı olmayaraq onlar əsasında kompozitlərin ərintisinin axıcılığının az və ya çox dərəcədə artması meylə müşahidə edilir. ƏAG-nin yüksəlməsinə kömək edən amillərin aşkar edilməsi məqsədilə həyata keçirilən vezuvianın rengenfazalı analizi göstərmişdir ki, onun tərkibində 9.7 kütlə% miqdarında kaolinit, yaxud “nanogil” var. Belə ehtimal etmək olar ki, doldurulmuş kompozitlərin reoloji xassələrinin yaxşılaşması vezuvianın tərkibində 9.7 kütlə%-i miqdarında laylı quruluş ilə xarakterizə olunan nanogilin mövcud olması ilə əlaqədardır.

Vezuvianla doldurulmuş nanokompozitlərin əsas xassələrinin dəyişməsinə doldurucu hissəciklərinin və quruluşmələğətiricinin eyni anda təsiri nəzərdən keçirilmişdir. Əldə olunmuş nəticələr göstərdi ki, polimer kompozitlərin tərkibinə 1 kütlə%-i miqdarında alizarinin daxil edilməsi nəticəsində xassələrdə müəyyən yaxşılaşma müşahidə olunur.

Klinoptillolit və REP, BEP əsasında polimer nanokompozitlərin quruluş xüsusiyyətləri və xassələri. Müəyyən olunmuşdur ki, hissəciklərinin ölçüsü 10-110 nm olan təbii klinoptillolit poliolefinlərin tərkibinə daxil edilməsi kompozitlərin keyfiyyət xüsusiyyətlərinin əhəmiyyətli dərəcədə yaxşılaşmasına səbəb olur (cədvəl 2).

Klinoptillolit və REP+15 kütlə% klinoptillolit nanokompozitlərinin İQ-spektrlərinin müqayisəli analizindən klinoptillolit üçün xarakterik udulma zolaqlarının 725, 796 və 1021 sm^{-1} müvafiq olaraq 730, 808 və 1044 sm^{-1} udulma zolaqları sahəsinə yerdəyişməsinə müşahidə etmək olar.

Klinoptillolit miqdarının və hissəciklərinin ölçüsünün REP və BEP əsasında kompozitlərin fiziki-mexaniki xassələrinə təsiri tədqiq edilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, daha iri ölçülü (640-1410 nm) hissəciklərin daxil edilməsi ilkin REP və BEP nümunələrinə nisbətən fiziki-mexaniki xassələrin

Cədvəl 2.

Poliolefinin növünün və klinoptillolit (hissəciklərin ölçüsü 10-110 nm) miqdarının doldurulmuş nanokompozitlərin möhkəmlik xassələrinə, nisbi uzanmasına, ƏAG və istilikfiziki xassələrinə təsiri

№	Polimer kompozisiyanın tərkibi	Dartılmada möhkəmlik həddi, MPa	Əyilmədə elastiklik modulu, MPa	Nisbi uzanma, %	ƏAG, q/10dəq	Vikaya görə istiliyə davamlılıq, °C	Kristallaşmanın başlanğıc temperaturu °C
1	REP	28.5	1150	600	0.36	133	141
2	REP+5% ktl	33.8	1212	200	0.57	135	141
3	REP+10% ktl	34.4	1511	155	0.55	135	142
4	REP+15% ktl	35.3	1554	110	0.53	135	142
5	REP+20% ktl	34.0	1578	85	0.49	135	143
6	REP+30% ktl	30.1	1617	45	0.42	136	143
7	REP+40% ktl	26.8	1695	20	0.29	138	143
8	BEP	25.6	1200	200	0.61	148	155
9	BEP+5% ktl	32.0	1405	180	4.92	151	158
10	BEP+10% ktl	36.2	1548	125	3.51	151	159
11	BEP+15% ktl	35.3	1597	115	2.90	151	159
12	BEP+20% ktl	33.0	1639	80	2.38	152	160
13	BEP+30% ktl	27.5	1688	55	2.16	153	160
14	BEP+40% ktl	23.3	1744	15	1.82	154	161

Cədvəl üzrə ixtisarlər: ktl – klinoptillolit

müəyyən qədər yaxşılaşmasına gətirib çıxarır. Lakin klinoptillolit hissəciklərinin ölçüsü 640-1410 nm olan nümunələrə nisbətən onun hissəciklərinin ölçüsü 10-110 nm olan nanokompozitlərində demək olar ki, bütün xassələrdə daha yüksək nəticələr qeydə alınmışdır.

Məhlulda qarışdırılma prosesində alınmış nanokompozitlərin xassələri.

Nanohissəciklərin polimer həcmində bərabər paylandığı kompozitlərin alınması və onların xassələrinin öyrənilməsi məqsədiilə doldurucuların məhlulda dispersləşdirilməsinə dair tədqiqatlar aparılmışdır. Polimer məhlulunda doldurucu hissəciklərinin bərabər dispersləşdirilməsinin təmin olunması zamanı əlavə mərhələlərin (çökdürülmə, filtrləmə, ayrılma və materialın qurudulması) meydana çıxmasına baxmayaraq məhlulda qarışdırılmanın təbii minerallar və termoplastik etilen-propilen birgəpolimerləri əsasında kompozit materialların əsas fiziki-mexaniki xassələrinin dəyişməsinə təsirini göstərməyə cəhd etmişik. Tərkibində 10 kütlə%-i miqdarında doldurucu olan kompozit nümunəsi misalında kompozitlərin alınma üsulunun onların fiziki-mexaniki xassələrinə təsirinin tədqiqinin nəticələrinin müqayisəli təhlilindən görmək olar ki, doldurucunun daxil edilməsi dartılmada möhkəmlik həddinin və əyilmədə elastiklik modulunun artmasına gətirib çıxarır (cədvəl 3). Doldurucuların polimer kompozitlərin ƏAG-nə təsirinin tədqiqi zamanı müəyyən edilmişdir ki, ərinti rejimində alınmış nümunələrlə müqayisədə ümumilikdə bu göstəricinin kəmiyyətində 12.5-13.7% aşağı düşmə tendensiyası müşahidə edilir. Lakin buna

Cədvəl 3.

Hissəciklərinin ölçüsü 10-105 nm olan vezuvian və hissəciklərinin ölçüsü 10-110 nm olan klinoptillolit əsasında nanokompozitlərin alınma üsulunun onların fiziki-mexaniki xassələrinə təsiri (ərintidə/məhlulda)

Nanokompozitin tərkibi	Dartılmada möhkəmlik həddi,MPa	Əyilmədə elastiklik modulu,MPa	Nisbi uzanma, %	ƏAG, q/10dəq
REP+10%vz	31.4/33.6	1486/1525	65/90	0.93/0.68
REP+10%ktl	34.4/35.3	1511/1593	125/130	2.51/1.92
BEP+10%vz	27.6/29.3	1515/1617	85/105	15.2/11.6
BEP+10%ktl	36.2/37.5	1548/1674	155/170	0.55/0.44

Cədvəl üzrə ixtisarlar:vz - vezuvian, ktl – klinoptillolit.

baxmayaraq doldurulmuş kompozitlərin ƏAG ilkin REP və BEP nümunələrindən həmişə yüksək olaraq qalır.

Məhlulda qarışdırılma yolu ilə alınan kompozitlərin əsas fiziki-mexaniki xassələrinə mineral hissəciklərinin ölçüsünün təsirinin öyrənilməsi məqsədilə hissəciklərinin ölçüsü müvafiq olaraq 510-1290 nm və 640-1410 nm olan vezuvian və klinoptillolit kompozitlərinə əsas fiziki-mexaniki xassələrə təsirinin tədqiqi həyata keçirilmişdir (cədvəl 4). Əldə olunmuş nəticələrin təhlili

Cədvəl 4.

Hissəciklərinin ölçüsü 510-1290 nm olan vezuvian və hissəciklərinin ölçüsü 640-1410 nm olan klinoptillolit əsasında kompozitlərin alınma üsulunun onların fiziki-mexaniki xassələrinə təsiri (ərintidə/məhlulda)

Kompozitin tərkibi	Dartılmada möhkəmlik həddi,MPa	Əyilmədə elastiklik modulu,MPa	Nisbi uzanma, %	ƏAG, q/10dəq
REP+10% vz	29.0/30.6	1246/1497	75/70	0.55/0.42
REP+10% ktl	33.6/35.9	1465/1704	125/110	0.5/0.44
BEP+10% vz	27.0/29.5	1311/1423	65/50	10.5/8.8
BEP+10%ktl	35.5/37.4	1429/1586	65/40	1.50/1.33

Cədvəl üzrə ixtisarlar:vz - vezuvian, ktl – klinoptillolit.

göstərir ki, REP və BEP əsasında kompozitlərin möhkəmlik xassələrinin qanunauyğun şəkildə yaxşılaşması, ƏAG-nin isə müəyyən qədər aşağı düşməsi müşahidə edilir.

Əldə olunmuş təcrübi nəticələrin müqayisəli təhlili bir daha sübut edir ki, doldurulmuş polimer sistemlərin alınma üsulundan asılı olmayaraq nisbətən yaxşı fiziki-mexaniki xassələrə nanokompozitlər malik olur. Qeyd etmək lazımdır ki, nanokompozit materialların xassələrinin ilk növbədə molekulüstü

quruluşun qüsurluluğunun əhəmiyyətli dərəcədə aşağı salınmasına imkan verən xırda kristallik törmələrin xüsusi düzülüş forması və inkişafından asılıdır.

POLİMER NANOKOMPOZİTLƏRİN REOLOJİ XASSƏLƏRİ

Termoplastik etilen-propilen birgəpolimerləri və vezuvian, klinoptillolit kimi təbii mineral doldurucular əsasında nanokompozitlərin reoloji xassələrinin tədqiqi həyata keçirilmişdir. Əldə olunmuş təcrübi nəticələr təsdiq edir ki, kompozitlərin reologiyası əhəmiyyətli dərəcədə doldurucunun növü, polimer matrisa, temperatur və sərf olunan yerdəyişmə gərginliyindən asılıdır.

REP və təbii mineral doldurucular əsasında polimer nanokompozitlərin reoloji xassələri. REP və mineral doldurucular – vezuvian və klinoptillolit əsasında doldurulmuş kompozitlərin reoloji xassələrinin tədqiqi göstərdi ki, polimer kompozitin möhkəmlik göstəricilərini yaxşılaşdırmaqla yanaşı ərintinin axıcılığının artmasına əhəmiyyətli dərəcədə təsir göstərən təbii mineral doldurucular mövcuddur. Tərkibində 10 kütlə%-i miqdarında vezuvian və 10 kütlə%-i miqdarında klinoptillolit olan REP nümunələri misalında geniş temperatur və yerdəyişmə gərginliyi diapazonunda polimer kompozitlərin ərintisinin axıcılığının dəyişməsi xarakterinin tam mənzərəsini əldə etmək üçün onların reoloji xassələrinin ayrılıqda öyrənilməsi həyata keçirilmişdir. REP-in tərkibinə 10 kütlə%-i miqdarında vezuvian daxil edildikdən sonra kompozitin yerdəyişmə sürəti azalmır, əksinə artır. REP+vezuvian kompozitinin ərintisinin yüksək axma sürəti demək olar ki, bütün temperatur 190-250°C və yerdəyişmə gərginliyinin loqarifmik qiymətinin 3.77-4.52 intervalında müşahidə edilir.

Vezuviandan fərqli olaraq 10 kütlə%-i miqdarında klinoptillolit REP-in tərkibinə daxil edilməsi əksinə ilkin REP ilə müqayisədə yerdəyişmə sürətlərinin nisbətinin qeyri-bərabər dəyişməsinə gətirib çıxarır. REP+10kütlə% klinoptillolit kompozitlərinin axma ayrılıqlarının təhlili prosesində aydın olmuşdur ki, 190-210°C temperatur və yerdəyişmə gərginliyinin loqarifmik qiymətinin 3.77-3.88 intervalında ərintinin axma sürəti ilkin REP-ə nisbətən kompozitdə daha yüksəkdir. Lakin 230-250°C temperatur və yerdəyişmə gərginliyinin loqarifmik qiymətinin 4.19-4.52 intervalında REP ərintisinin yerdəyişmə sürəti REP+klinoptillolit kompozitinin axma sürətindən yüksək olur. REP+klinoptillolit kompozitində ərintinin axıcılığının dəyişməsində aşkar edilmiş qanunauyğunluq polimer-doldurucu ayrılma sərhəddində mürəkkəb fiziki-kimyəvi proseslərin getməsinə sübut edir.

Müxtəlif yerdəyişmə gərginliklərində, yəni yerdəyişmə gərginliyinin loqarifmik qiyməti 3.77 və 4.19-a bərabər olduğu halda ilkin REP və onun doldurulmuş kompozitlərinin ərintisinin özlülüyünün doldurucunun miqdarından və temperaturdan asılılığı tədqiq edilmişdir. Göstərilmişdir ki, axma ayrılıqlarında quruluş şaxəsi ən böyük və ən kiçik nyuton özlülüyü sahələrinə

yaxın sahələrin olması ilə xarakterizə edilir. Özlülüyn temperaturdan asılılığı müəyyən olunmuşdur ki, bu asılılıq Arrhenius koordinatlarında [$\lg \eta = f(1/T)$] əyri xətt ilə ifadə olunur. Belə hallarda adətən özlü axmanın “görünən” aktivləşmə enerjisini müəyyən edirlər. Poliiolefinlər və onların vezuvian və klinoptillolit ilə nanokompozitləri üçün özlü axmanın “görünən” aktivləşmə enerjisi kifayət qədər geniş həddlərdə (23.5-58.4 kC/mol) dəyişir.

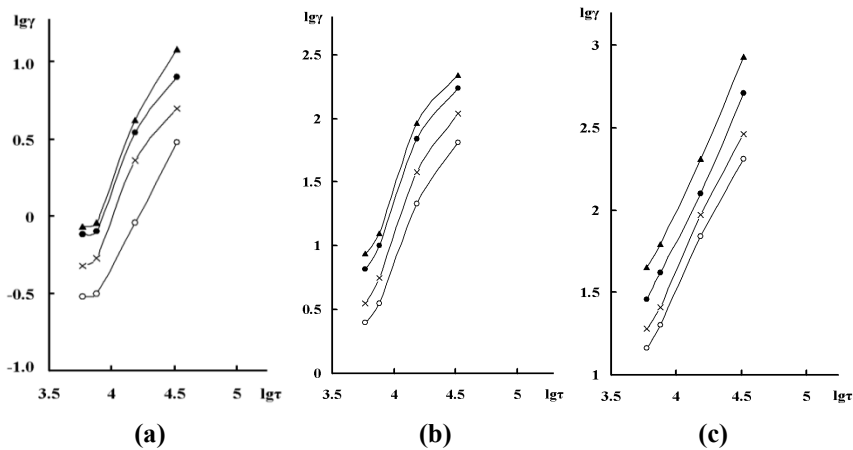
Nanokompozitlərin özlülüynün temperatur-invariant asılılığı qurulmuşdur ki, bu da onu kompozitlərin təzyiqlik altında tökmə və ekstruziya üsulları ilə emalı zamanı real yerdəyişmə sürətlərinə yaxın yüksək yerdəyişmə sürətləri sahəsinə ekstrapolyasiya etməyə imkan verir.

BEP və təbii mineral doldurucular əsasında nanokompozitlərin reoloji xassələri. Tərkibində 10 kütlə%-i miqdarında vezuvian və 10 kütlə%-i miqdarında klinoptillolit olan BEP nümunələri misalında geniş temperatur və yerdəyişmə gərginliyi diapazonunda polimer nanokompozitlərin reoloji xassələrinin tədqiqi həyata keçirilmişdir.

Şəkil 1-də ilkin BEP-in və onun tərkibində 10 kütlə%-i miqdarında vezuvian və 10 kütlə%-i miqdarında klinoptillolit olan nanokompozitlərinin axma əyriləri verilmişdir. Müxtəlif temperaturlarda nanokompozitlərin axma əyrilərinin tədqiqi zamanı doldurucunun növündən asılı olaraq axma əyrilərinin forması dəyişir. Axma əyrilərinin müqayisəli təhlilindən müəyyən etmək olar ki, ümumi qəbul olunmuş təsəvvürlərin əksinə doldurulmuş nanokompozitlərdə yerdəyişmə sürəti ilkin BEP-ə nəzərən bir neçə dəfə yüksəkdir. Belə ki, məsələn, yerdəyişmə gərginliyinin 4.19-a bərabər loqarifmik qiymətində və 250°C temperaturda BEP+10 kütlə% vezuvian və BEP+10 kütlə% klinoptillolit kompozitlərində yerdəyişmə sürəti ilkin BEP-ə nəzərən müvafiq olaraq 3.2 və 3.7 dəfə yüksəkdir.

Polimer materialların reoloji xüsusiyyətlərinin digər mühüm göstəricisi verilmiş özlülüyn yerdəyişmə sürətindən asılılığıdır və bu asılılığı ifadə edən əyrilərin təhlili nəticəsində müəyyən edilmişdir ki, doldurulmuş kompozitlərin özlülüynü ilkin BEP-in özlülüyndən 1.7-2.3 dəfə aşağıdır.

Arrhenius koordinatlarında ilkin BEP-in və onun əsasında nanokompozitlərin ərintisinin özlülüynün əks temperaturdan asılılığı müəyyən edilmişdir. Aşkar edilmişdir ki, yerdəyişmə gərginliyinin 3.77-4.19-a bərabər loqarifmik qiymətlərində BEP üçün ərintinin özlülüynün temperaturdan asılılığı əyrixətlidir. Özlülüyn temperaturdan əyrixətli asılılığının mövcud olması faktı belə hesab etməyə imkan verir ki, nanokompozitlərin enerji tərtibinin hesablanması zamanı onu ərintinin özlü axmanın “görünən” aktivləşmə enerjisi kimi nəzərdən keçirmək lazımdır. Özlülüyn temperaturdan asılılığı göstərdi ki, ilkin BEP üçün özlü axmanın görünən aktivləşmə enerjisi 41.9-50.3 kC/mol təşkil edir, doldurulmuş kompozitlərdə isə o, 47.2 – 58.4 kC/mol həddində dəyişir.



Şəkil 1. İlk BEP (a), BEP+10 kütlə% vezevian (b) və BEP+10 kütlə%klinoptillolit (c) üçün yerdəyişmə sürətinin yerdəyişmə gərginliyindən asılılığı: ○-190°C; ×-210°C; ●-230°C; ▲-250°C

Azərbaycanın Gədəbəy yataqlarından əldə olunmuş vezevian və Aydağyataqlarından əldə olunmuş klinoptillolit poliolefinlərin mineral doldurucusu kimi istifadəsi nanokompozitlərin fiziki-mexaniki xassələrini yaxşılaşdırmaqla yanaşı ərintinin axıcılığını əhəmiyyətli dərəcədə yüksəltməyə imkan verir.

POLİMER NANOKOMPOZİTLƏRİN ALINMASININ TEXNOLOJİ XÜSUSİYYƏTLƏRİ

Ekstruziya qarışdırılması yolu ilə REP və BEP əsasında nanokompozitlər alınmışdır. Qarışdırıcı kimi birşnekli ekstruderdən istifadə edilmişdir (şnekin diametri 54 mm, işçi parametrlərinin nisbəti L/D 16:1). Birşnekli ekstruderdə qarışdırıcı effekt ərintinin bir hissəsinin onun işçi silindrində əks axın yaratması hesabına əldə edilir. Polimer kompozitlərin ekstruziyasının optimal texnoloji rejiminin seçimi ilə bağlı problemin həlli zamanı prosesin temperatur rejiminin və şnekin fırlanma sürətinin qurğunun məhsuldarlığına təsirinə öyrənilməsi istiqamətinə yönəldilmiş tədqiqatlar əsas rol oynayır.

BEP əsasında nanokompozitlərin ekstruziyasının optimal texnoloji rejiminin seçilməsinin nəticələri öyrənilmişdir. Fiziki-mexaniki və istismar xüsusiyyətlərinin qənaətbəxş səviyyəsi şəraitində iqtisadi nöqtəyi-nəzərdən BEP nanokompozitləri əsasında ekstruziya məmulatlarının alınması daha sərfəlidir. Bu zaman BEP əsasında materialların emalı, xüsusilə, ekstruderin başlığında, daha mülayim temperatur şəraitində həyata keçirilir.

Nanokompozitlərin təzyiq altında tökülməsinin texnoloji parametrlərinin

qiymətləndirilməsi zamanı onların emalına əhəmiyyətli dərəcədə təsir göstərən əsas amillər material silindrinin temperatur rejimi, tökmə təzyiqi, pressformanın temperaturu, təzyiq altında saxlanma müddəti və s.-dir. Temperatur rejiminin və tökmə təzyiqinin BEP+5 kütlə% vezuvian və BEP+10 kütlə% klinoptillolit nanokompozitlərinin xassələrinə təsirinin qiymətləndirilməsi üzrə tədqiqatların nəticələrinə əsasən müəyyən edilmişdir ki, nisbətən yaxşı möhkəmlilik xassələrinə BEP+10 kütlə% klinoptillolit nanokompozitləri malikdir. Sonuncu hal iddia etməyə imkan verir ki, bu nanokompozitlərdə klinoptillolit ən gücləndirici doldurucudur. Bu zaman göstərilən doldurucuların daxil edilməsi və material silindrinin temperatur rejiminin dəyişməsi nanokompozitlərin bütün nümunələrində həcmi yığılmanın 5.7 dəfə aşağı düşməsinə səbəb olur. Lakin təzyiq altında tökmənin texnoloji parametrlərinin polimerlərin konstruksiya xassələrinə təsirinə gəldikdə yalnız təzyiq və temperaturla kifayətlənmək olmaz. Pressformanın özünün temperaturu və təzyiq altında saxlanma müddəti kimi göstəricilər mühüm əhəmiyyət kəsb edir. Müəyyən edilmişdir ki, BEP+5 kütlə% vezuvian və BEP+10 kütlə% klinoptillolit nanokompozitlərinin möhkəmlilik xassələrinin nisbətən yüksək qiymətləri material silindrinin temperatur rejimi 160-180-195-210°C, təzyiq altında saxlanma müddəti 20 saniyə və pressformanın temperaturu 50°C olduqda qeydə alınır.

ƏSAS NƏTİCƏLƏR

1. Standart mineral doldurucuların nisbətən yeni növ termoplastik poliolefinlər – statistik etilen-propilen birgəpolimeri (REP) və etilen-propilen blok birgəpolimeri (BEP) əsasında nanokompozitlərin əsas fiziki-mexaniki və fiziki-kimyəvi xassələrinə təsiri tədqiq edilmişdir. Göstərilmişdir ki, 1.0 kütlə% həddində çoxfunksional quruluşəmələgətiricilərin – alizarin və sink stearatın yuxarıda qeyd olunan poliolefinlərin tərkibinə daxil edilməsi onlar əsasında kompozit materialların möhkəmlik və reoloji xassələrini əhəmiyyətli dərəcədə yaxşılaşdırmağa imkan verir. Quruluşəmələgətiricilərin və doldurucu nanohissəciklərinin iştirakı ilə xırdasferolit molekulüstü quruluşun əmələ gəlməsilə nüvə əmələ gəlmənin heterogen mərkəzlərinin formalaşmasının daha uyğun mexanizmi təklif edilmişdir.

2. İQ-spektroskopiya və rentgenfazalı analiz üsulları ilə nanokompozitlərin quruluşunun ətraflı analizi həyata keçirilmiş və doldurucunun səthində makrozəncirlərin istiqamətlənməsi proseslərinin getməsi imkanını təsdiqləyən doldurucunun xarakterik udulma zolaqlarının və reflekslərinin yerdəyişməsi müəyyən edilmişdir. Nanokompozitlərdə möhkəmlik xassələrilə qarşılıqlı əlaqədə olan fazalararası sahənin formalaşması mexanizmi təklif olunmuşdur.

3. REP, BEP və vezuvian, klinoptillolit kimi Azərbaycanın təbii mineral-ları əsasında polimer nanokompozitlərin fiziki-mexaniki xassələrinin dəyişməsinin əsas qanunauyğunluqları aşkar edilmiş və göstərilmişdir ki, təbii mineral-lar möhkəmlik xassələrinə görə standart minerallardan heç də geri qalmır. Təbii mineral doldurucuların əsas üstünlüyü ondan ibarətdir ki, onlar nanokompozitlərin istismar xassələrini yaxşılaşdırmaqla yanaşı, ərintinin reoloji xüsusiyyətlərini qənaətbəxş səviyyədə saxlayır. Sonuncu hal 30-40% qatılıqlı yüksəkdoldurulmuş polimer kompozitlər almağa imkan verir ki, bunlar da təzyiq altında tökmə və ekstruziya üsulu ilə konstruksiya məmulatlarının alınması üçün tövsiyyə edilə bilər.

4. Doldurucunun məhlulda daxil edilməsi yolu ilə nanokompozitlərin alınma imkanı nəzərdən keçirilmişdir ki, bu üsul polimer həcmində doldurucu hissəciklərinin bərabər dispersləşdirilməsi imkanını təmin edir. Ərintidə və məhlulda alınmış polimer kompozitlərin xassələrinin müqayisəli qiymətləndirilməsi verilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, məhlul rejimində alınmış nanokompozitlər bəzi möhkəmlik göstəricilərinə görə ərintidə qarışdırılma ilə alınmış analoji kompozitləri ötüb keçir.

5. İlk dəfə olaraq müəyyən olunmuşdur ki, təbii mineral doldurucuların (vezuvian və klinoptillolit) tərkibində nanogilin olması BEP və REP əsasında polimer kompozitlərin reoloji xassələrinin (yerdəyişmə sürəti) əhəmiyyətli dərəcədə yaxşılaşmasına, yəni 2.8 dəfə artmasına gətirib çıxarır. İlkin REP və onun doldurulmuş kompozitlərinin axma əyriləri və ərintinin özlülüyünün

tədqiqi nəticəsində göstərilmişdir ki, axma əyrilərində quruluş şaxəsi ən böyük və ən kiçik nyuton özlülüyü sahələrinə yaxın sahələrin olması ilə xarakterizə edilir. Arrenius koordinatlarında özlülüyün temperaturdan asılılığına əsasən nanokompozitlər üçün özlü axmanın “görünən” aktivləşmə enerjisi (23.5-58.4 kC/mol) müəyyən olunmuşdur. Nanokompozitlərin özlülüyünün temperatur-invariant asılılığı qurulmuşdur ki, bu da onu kompozitlərin təzyiq altında tökmə və ekstruziya üsulları ilə emalı zamanı real yerdəyişmə sürətlərinə yaxın yüksək yerdəyişmə sürətləri sahəsinə ekstrapolyasiya etməyə imkan verir.

6. REP və BEP əsasında kompozitin tərkibinin, doldurucunun növünün (vezuvian və klinoptillolit), şnekin fırlanma dövrlərinin sayının, material silindrində təzyiqin və ekstruziyanın temperatur rejiminin ekstruderin məhsuldarlığına təsiri tədqiq edilmişdir. Göstərilmişdir ki, ekstruderin ən yüksək məhsuldarlığı (22.6 və 22.3 kq/saat) REP-in tərkibində vezuvianın və klinoptillolit miqdarının 10 kütlə% həddində əldə edilir. Ekstruderin maksimal məhsuldarlığı (32.6 və 33.8 kq/saat) tərkibində 10 kütlə%-i miqdarında vezuvian və klinoptillolit olan BEP əsasında kompozitlərdə əldə edilir.

7. Təzyiq altında tökmənin temperatur rejiminin REP, BEP və mineral doldurucular – vezuvian və klinoptillolit əsasında polimer nanokompozitlərin möhkəmlik xassələrinə və yığılmasına təsiri nəzərdən keçirilmişdir. BEP+5kütlə% vezuvian və BEP+10 kütlə% klinoptillolit nanokompozitlərinin möhkəmlik xassələrinin nisbətən yüksək qiymətləri material silindrinin temperatur rejimi 160-180-195-210°C, təzyiq altında saxlanma müddəti 20 saniyə və pressformanın temperaturu 50°C olduğu halda qeydə alınmışdır.

Dissertasiyanın mövzusunə aid aşağıdakı işlər dərc olunmuşdur:

1. Kakhramanov N.T., Arzumanova N.B. The problematic questions of mechanochemical synthesis of polymer compositions during their processing / X международная научно практическая конференция "Научные перспективы XXI века. Достижения и перспективы нового столетия", 17-18 апреля 2015, Россия, г. Новосибирск, стр.147-148
2. Kakhramanov N.T., Azizov A.G., Osipchik V.S., Mamedli U.M., Arzumanova N.B. Nano структурированные композиты и полимерное материаловедение // Пластические массы, 2016, № 1-2 , стр.49-57
3. Kakhramanov N.T., Ismayilzade A.D., Arzumanova N.B., Mamedly U.M., Martinova Q.S. Properties of filled composites based on polyolefins and clinoptilolite // American Scientific Journal № 4 (4) / 2016, pp. 60-65
4. Arzumanova N.B., Xamedova L.X., Lələyeva R.N., Əliyeva S.S., Qəhrəmanov N.T. Etilenin propilen ilə termoplastik birgəpolimerləri və mineral doldurucular əsasında kompozitlərin quruluşu və xassələri / IX Bakı Beynəlxalq Məmmədəliyev konfransı, 4-5 oktyabr 2016, səh. 212
5. Arzumanova N.B., Xamedova L.X., Kakhramanov N.T. Properties of filled composite materials based on polyolefins and clinoptilolite / AMEA PMİ-nun 50 illik yubileyinə həsr olunmuş elmi konfrans, 20-21 oktyabr 2016, səh. 94
6. Arzumanova N.B., Lələyeva R.N. Qəhrəmanov N.T. Doldurucu hissəciklərinin forma və ölçüsünün kompozit materialların xassələrinə təsiri / AMEA PMİ-nun 50 illik yubileyinə həsr olunmuş elmi konfrans, 20-21 oktyabr 2016, səh. 147-148
7. Arzumanova N.B. The role of structurants in the process of formation of structure and properties of polymer composite materials / AMEA PMİ-nun 50 illik yubileyinə həsr olunmuş elmi konfrans, 20-21 oktyabr 2016, səh. 93
8. Arzumanova N.B., Heydərova G.D., Xamedova L.X., Lələyeva R.N., Qəhrəmanov N.T. Mineral doldurucular və polipropilenin birgəpolimerləri əsasında kompozit materiallar / Akademik M.Nağıyev adına Kataliz və Qeyri-üzvi Kimya İnstitutunun 80 illik yubileyinə həsr olunmuş elmi konfrans, noyabr 2016, səh. 314-315
9. Arzumanova N.B. Doldurulmuş polimer kompozisiya materiallarının yaradılmasının ümumi aspektləri //Gənc Tədqiqatçı jurnalı, II cild, № 2, 2016, səh. 36-41
10. Arzumanova N.B., Kakhramanov N.T., Quliyev A.M., Mammadli U.M., Lalayeva R.N. Physicomechanical properties of nano-composites based on ethylene-propylene block copolymer / Science and education.

- Materials of the XIV International Research and Practice Conference, december 28-29, 2016, Munich, pp. 7-10
11. Kahramanov N.T., Arzumanova N.B., Osipchik V.S., Kahramanly Y.N., Aliyeva F.M., Mammadli U.M., Heydarova G.D., Aliyeva S.S. The role of structurants in the process of formation of structure and properties of polymer composites based on random polypropylene and mineral fillers // Azerbaijan Chemical Journal, 2017, №1, pp. 44-49
 12. Кахраманов Н.Т., Осипчик В.С., Арзуманова Н.Б., Кулиев А.Д., Лалаева Р.Н., Хамедова Л.Х., Ищенко Н.Я. Влияние минеральных наполнителей на основные физико-механические свойства рандом полипропилена // Пластические массы, 2017, №1-2, стр. 34-37
 13. Kakhramanov N.T., Azizov A.G., Osipchik V.S., Mamedli U.M., Arzumanova N.B. Nanostructured composites and polymer materials science // International Polymer Science and Technology, Vol. 44, No. 2, 2017, pp. T/37- T/47
 14. Кахраманов Н.Т., Исмаилзаде А.Д., Арзуманова Н.Б., Осипчик В.С., Мартынова Г.С. Структура и свойства полимерных композитов на основе везувиана и полиолефинов // Пластические массы, 2017, №3-4, стр. 42-48
 15. Кахраманов Н.Т., Арзуманова Н.Б., Осипчик В.С., Гулиев А.М. Реологические свойства композитных материалов на основе рандом полипропилена и везувиана // Перспективные материалы, 2017, №4, стр. 35-43
 16. Кахраманов Н.Т., Арзуманова Н.Б. Реологические свойства нано-композитов на основе клиноптиллолита и блок-сополимера пропилен с этиленом / Международная научно-техническая конференция «Полимерные композиты и трибология» (Поликомтриб-2017), 27-30 июня 2017 Гомель, Беларусь, стр.11
 17. Арзуманова Н.Б., Кахраманов Н.Т., Ляляева Р.Н. Влияние способа получения нано-композитов на основе полиолефинов и минеральных наполнителей на их свойства / Akademik B.Q.Zeynalovun 100 illik yubileyinə həsr olunmuş “Neft-kimya sintezi və mürəkkəb kondensləşmiş sistemlərdə kataliz” mövzusunda beynəlxalq elmi-texniki konfrans, 29-30 iyun, 2017, səh. 223
 18. Арзуманова Н.Б., Кахраманов Н.Т., Хамедова Л.Х. Влияние различных минеральных наполнителей на структурные особенности и физико-механические характеристики полимерных композитов на основе статистического сополимера этилена с пропиленом / Akademik B.Q.Zeynalovun 100 illik yubileyinə həsr olunmuş “Neft-kimya sintezi və mürəkkəb kondensləşmiş sistemlərdə kataliz” mövzusunda beynəlxalq elmi-texniki konfrans, 29-30 iyun, 2017, səh. 235

19. Кахраманов Н.Т., Арзуманова Н.Б., Мамедли У.М., Ляляева Р.Н., Гулиев А.М. Физико-механические свойства нано-композитов на основе блок-сополимера пропилена с этиленом // *Kimya problemləri Jurnalı*, 2017, №2, səh. 167-172
20. Kakhramanov N.T., Arzumanova N.B., Bayramova I.V., Gahramanly J.N. Structure and properties of polymer composites based on random polypropylene and mineral fillers / 5th International Caucasian Symposium on Polymers and Advanced Materials, Tbilisi, Georgia, 2-5 July, 2017, pp. 83
21. Кахраманов Н.Т., Арзуманова Н.Б., Осипчик В.С., Кахраманлы Ю.Н., Курбанова Р.В., Алиева Ф.М., Алиева С.С. Влияние технологического режима литья под давлением на прочностные свойства нанокомпозитов на основе полиолефинов // *Перспективные материалы*, 2017, №9, стр.62-71
22. Əzizov A.H., İsmayılzadə A.D., Qəhrəmanov N.T., Məmmədli Ü.M., Arzumanova N.B., Heydərova G.D., Əliyeva F.M. Poliiolefinlər və mineral doldurucular əsasında polimer kompozisiyası // *Azərbaycan patenti*. № 2015 0145, qərar20.09.2017

İşin yerinə yetirilməsində daimi köməklik göstərdiyinə görə elmi rəhbərim AMEA-nın PMİ-nun "Polimerlərin mexaniki-kimyəvi modifikasiyası və emalı" laboratoriyasının müdiri, k.ü.e.d., professor Qəhrəmanov Nəcəf Tofiq oğluna öz dərin minnətdarlığımı bildirirəm.

Əlavə olaraq, dissertasiya işinə aid elmi-tədqiqat işlərinin aparılmasında iştirak edən laboratoriya əməkdaşlarına, AMEA-nın Geologiya və Geofizika İnstitutunun "Petrologiya" şöbəsinin müdiri, akademik Arif İsmayılzadəyə, D.İ. Mendeleev adına Rusiya Kimya-Texnologiyası Universitetinin professoru, t.ü.e.d. Vladimir Semyonoviç Osipçikə, Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universitetinin "Kimya və qeyri-üzvi maddələrin texnologiyası" kafedrasının müdiri, t.ü.e.d, dosent Yunis Qəhrəmanlıya öz təşəkkürümü bildirirəm.

Композиты свысокими прочностными и реологическими свойствами на основе термопластичных сополимеров этилена с пропиленом наполненных природными минералами

РЕЗЮМЕ

Введением нано-размерных природных минералов везувиана и клиноптиллолита в состав таких малоизученных полиолефинов, как статистический сополимер этилена с пропиленом и блок-сополимер этилена с пропиленом были получены бифункциональные нано-композиты. Бифункциональность выражается не только в возможности получения высоконаполненных нано-композитов с улучшенными физико-механическими свойствами, но и в значительном повышении текучести их расплава. Такое сочетание в изменении свойств полимерных композитов практически не встречается, так как введение наполнителя всегда сопровождается чрезмерным ростом вязкости расплава. Для интерпретации обнаруженных закономерностей были подробно исследованы структурные особенности нано-композитов с привлечением современных физико-химических методов анализа. В частности, в процессе рентгенфазового анализа было установлено, что в составе везувиана и клиноптиллолита имеются 9-12% масс. каолинита (нано-глины), которая, как известно, характеризуется слоистой структурой. В процессе термомеханического перемешивания, а также, в результате интеркаляции макроцепей в межслоевое пространство нано-глины происходит распад ее структурных элементов на более мелкие, способствующий улучшению текучести их расплава. В работе подробно были исследованы реологические характеристики нано-композитов в широком диапазоне температур 190-250°C и напряжений сдвига в логарифмических выражениях 3.77-4.52. Наряду свышеотмеченными природными наполнителями были исследованы влияние ряда стандартных нано-размерных наполнителей и структурообразователей на структурные особенности и комплекс свойств нано-композитов на основе вышеуказанных полиолефинов.

Таким образом, открывается перспективная возможность практическому использованию природных минералов Азербайджана – везувиана и клиноптиллолита для получения высоконаполненных и технологичных нано-композитов на основе полиолефинов.

Nushaba Baba Arzumanova

**Composites with high strength and rheological properties
based on thermoplastic ethylene-propylene copolymers filled
with natural minerals**

SUMMARY

Bifunctional nanocomposites have been produced by introduction of nanoscale natural minerals of vesuviane and clinoptilolite into the composition of such poorly studied polyolefins as ethylene-propylene random copolymer and ethylene-propylene block copolymer. Bifunctionality is expressed not only in the possibility of obtaining highly filled nanocomposites with improved physical and mechanical properties, but also in a significant increase in the fluidity of their melt. Such combination of changes in the properties of polymer composites practically does not occur, since the introduction of the filler is always accompanied by an excessive increase in the viscosity of the melt. Structural features of nanocomposites were studied in detail with the use of modern physicochemical methods of analysis in order to interpret the discovered regularities. X-ray phase analysis revealed that there are 9-12 wt% kaolinite (nano-clay) in the composition of vesuviane and clinoptilolite. Kaolinite as known is characterized by a layered structure. Nanoclay's structural elements decay into smaller ones in the process of thermomechanical mixing, and as a result of intercalation of macrochains in the interlayer space of nanoclay, which contributes to the improvement of their melt fluidity. The rheological characteristics of nanocomposites were thoroughly investigated in wide temperature range of 190-250°C and shear stresses in logarithmic values of 3.77-4.52. Along with the above-mentioned natural fillers, the effect of a number of standard nano-sized fillers and structurants on the structural features and complex properties of nanocomposites based on above-mentioned polyolefins was investigated.

Thus, promising opportunity opens up for the practical use of natural minerals of Azerbaijan - vesuviane and clinoptilolite - to produce highly filled and technologically advanced nanocomposites based on polyolefins.





POLİQRAFİYA

Çapa imzalanmışdır: 20.10.2017

Kağız formatı 60x84. Ofset çapı 1/16

Fiziki ç.v.1,5. Tiraj 100

Ünvan: Sumqayıt Şəh., 13-cü mkr. Niyazi küç.

E-mail: bilik-2008@mail.ru

Tel.: (012) 408 39 51, (018) 656 50 42

НУШАБА БАБА КЫЗЫ АРЗУМАНОВА

**КОМПОЗИТЫ С ВЫСОКИМИ ПРОЧНОСТНЫМИ И
РЕОЛОГИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ НА ОСНОВЕ
ТЕРМОПЛАСТИЧНЫХ СОПОЛИМЕРОВ ЭТИЛЕНА
С ПРОПИЛЕНОМ НАПОЛНЕННЫХ ПРИРОДНЫМИ
МИНЕРАЛАМИ**

Специальность: 2304.01- Химия макромолекул

АВТОРЕФЕРАТ

**диссертации на соискание ученой степени
доктора философии по химии**

Сумгайыт– 2017