

## POLİPROPİLEN ƏSASLI METAL TƏRKİBLİ POLİMER NANOKOMPOZİTİN İSTİLİK VƏ DIELEKTRİK XASSƏLƏRİ

<sup>1</sup>A.S. HÜSEYNOVA, <sup>2</sup>R.R. BƏKMİRZƏYEV

<sup>1</sup>Azərbaycan Elm və Təhsil Nazirliyi, Fizika İnstitutu, H. Cavid pr., 131, Bakı, AZ-1073

<sup>2</sup>Bakı Dövlət Universiteti, Z. Xəlilov küç.23, Bakı, AZ-1148

e-mail: [aem05@rambler.ru](mailto:aem05@rambler.ru)

Polimer nanokompozit materialların istilik və dielektrik xassələrinin öyrənilməsi materialın keyfiyyətini qiymətləndirməyə, onların alınması və istehsalı texnologiyasının optimallaşdırılmasına dair tövsiyələr hazırlamağa imkan verir. Bu iş PP əsaslı metaltəkbli PP+MnO<sub>2</sub> nanokompozitinin müxtəlif istilik və dielektrik xüsusiyyətlərinin öyrənilməsinə həsr edilmişdir. Alınan nanokompozitlərin termooksidləşmə dayanıqlığı aşkar edilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, MnO<sub>2</sub> nanoəlavəsinin müxtəlif konsentrasiyalarının polimerə daxil edilməsi və ETP sahəsinin təsiri polimerin termodestruksiyasına və onun istilik dayanıqlığının azalmasına səbəb olur. Polipropileni ETP- nin  $E=7 \cdot 10^6$  V/m sahəsinə məruz etdikdə, polimer matrisi kristallarının qismən amorflaşması və istilik sabitliyi baş verir. Həmçinin müəyyən edilmişdir ki, dielektrik nüfuzluğun ( $\epsilon$ ), dielektrik itkisi tangens bucağının ( $tg\delta$ ) dəyişməsi, polimer matrisinin sərhəd təbəqələrinin üstmolekulyar quruluşunun və polyarlaşma şəraitindən asılı olaraq PP+MnO<sub>2</sub> nanokompozitinin komponentlərinin arasındakı fazalararası qarşılıqlı təsirin dəyişməsi ilə bağlıdır.

**Açar sözlər:** elektrotermopolyarlaşma, termooksidləşdirici destruksiya, nanoəlavə, kristallaşma, derivatoqrafiya, depolyarlaşma.

DOI:10.70784/azip.2.2024332

### GİRİŞ

Son zamanlar nanokompozit materialların yeni növünə maraq əhəmiyyətli dərəcədə artmışdır ki, bu da nanoəlavələrin polimer matrisə daxil edilməsi ilə alınan nanokompozitlərin elektret, möhkəmlik, termofiziki, dielektrik və digər xüsusiyyətlərində müşahidə olunur. Az miqdarda nanoəlavələrin tətbiqi ilə nanomaterialın fiziki-mexaniki xassələri yaxşılaşır, davamlılığı və plastik məhsulların məhsuldarlığı artır. Həmçinin polimer nanokompozit materialların istilik xassələrinin öyrənilməsi onların istehsal və tətbiq texnologiyasında optimal xassələrə malik nümunələrin seçilməsinə kömək edə bilər. Məlumdur ki, kristallaşmanın temperatur - zaman asılılığı, istilik prosesləri, nanoəlavələrin konsentrasiyası, xarici amillərin birbaşa təsiri polimer nanokompozit maddələrin fiziki-mexaniki, elektrofiziki və digər xassələrini dəyişir. Aşağı və yüksək temperaturda nanokompozitlərin istilik xassələrinin öyrənilməsi onların daxili quruluşu haqqında məlumat verə bilər.

Polipropilen (PP) dünyada ən çox istifadə edilən polimerlərdən biridir. Son illərdə PP əsasında nanokompozit materiallara maraq xeyli artmışdır. Müxtəlif nanoəlavələrin tətbiqi ilə təmiz PP-nin xassələrini əhəmiyyətli dərəcədə dəyişməyə və onun texnoloji və istismar xüsusiyyətlərini tənzimləməyə imkan verir. PP-nin nanoəlavələrlə birləşməsi istilik-oksidləşdirici destruksiyaya qarşı müqaviməti tənzimləməyə və artırmağa imkan verir. Bu halda, nanokompozitlərin əsas xassələri əsasən onların əmələ gətirdiyi birləşmə quruluşu ilə müəyyən edilir. Bu dəyişiklik təbii ki, onun istilik xassələrinin dəyişməsinə də səbəb olur [1-5].

Preslənmənin istilik rejimlərini və kristallaşmanın temperatur-zaman şərtlərini dəyişdirməklə polimer nanokompozit sistemlərinin üstmolekulyar quruluşunu dəyişmək mümkündür ki, bu da müxtəlif çeviricilər üçün yüksək səmərəli nanokompozit materialların yaradılması zamanı çox vacibdir. Polimer nanokompozitlərin izotermik proseslərində elektrik sahəsinin təsiri

getdikcə daha dərin təbəqələri əhatə edir və nəticədə onların bəzilərində kristal və amorf fazaların nisbətlərində dəyişikliklər baş verir. PP, PP+MnO<sub>2</sub> nanokompozitindəki istilik effektlərin, ərimə nöqtəsi və kristallaşmanın dəyişməsinə öyrənmək üçün derivatoqrafiya metodundan istifadə edilib [6-8]. Bu üsul müxtəlif keçidlərin temperaturunu yüksək dəqiqliklə ölçməyə imkan verir.

Bu işdə müxtəlif yüksək temperaturalarda MnO<sub>2</sub> nanoəlavəsinin PP-nin dielektrik xassələrinə təsiri öyrənilib. 0,5% MnO<sub>2</sub> və 1% MnO<sub>2</sub> konsentrasiyalarda MnO<sub>2</sub> nanoəlavələrinin polimer matrisə daxil edilməsi ilə alınmış nanokompozitlərin dielektrik parametrlərinin ( $\epsilon$ ,  $tg\delta$ ) müqayisəli analizini aparmaqla sistemdə gədən relaksasiya proseslərini öyrənməklə, polimer matrisədə və polimer-nanodoldurucu fazalararası sərhəddində qarşılıqlı əlaqənin təsviri verilib [11-15].

### TƏCRÜBİ HİSSƏ

Tədqiqat obyektini kimi polipropilen (PP) polimeri və nanoəlavə kimi manqan-oksidi (MnO<sub>2</sub>) götürülmüşdür. Polimer nanokompozit materiallar iki üsullu, yəni məhlulun qarışdırılması və isti presləmə prosesinin birləşməsi yolu ilə əldə edilmişdir. Əvvəlcə izotaktik polipropilen və onun üzvi həlledicisi olan toluol maqnit qarışdırıcıda həll edildi. 0,5% və 1% həcmli manqan-oksidi nanoəlavələri dəqiqliklə çəkilməmiş və izotaktik polipropilen-toluol məhluluna əlavə edilmişdir. MnO<sub>2</sub> nanoəlavələrinin izotaktik polipropilen-toluol məhlulu daxilində hərtərəfli dispersiyasını təmin etmək üçün qarışıq 6 saat güclü maqnit qarışdırıcıda qarışdırıldı. Sonradan əldə edilən qarışıq Petri qabına töküldü və bütün gün havada qurumağa buraxıldı. Həlledicini polimer matrisdən tamamilə çıxarmaq üçün nanokompozitlər bir saat otaq temperaturunda vakuüm sobasında daha da qurudulur. Daha sonra PP-nin ərimə temperaturunda

(180°C) və 15 MPa təzyiqdə isti presləmə üsulundan istifadə etməklə nanokompozitlərin nazik təbəqələrini əldə etmişik. Nümunələrin isti presləmədən sonra soyudulması dərhal suya batırılmaqla həyata keçirildi. Alınan nümunələrin diametri və qalınlığı müvafiq olaraq 3 sm və 120 µm olmuşdur.

Derivatoqramlar 20°C-450°C temperatur intervalında MOM tipli (Macarıstan) Paulik-Paulik Erdey sisteminin Q-derivatoqrafında qeyd alınmışdır. Həssaslıq: DTA-1/5; DTG-1/15. İstilik dərəcəsi 10% dəq; etalon olaraq 12 saat ərzində 1000°C-də tablanmış Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> istifadə edilmişdir. Bu işdə termofiziki xüsusiyyətlərin qiymətləri vahid dərəcə °C ilə verilmişdir. Dielektrik xassələr 293K-437K temperatur aralığında IET1920 PRECISION LCR METER-dən istifadə etməklə ölçülmüşdür. Dielektrik nüfuzluğu ε aşağıdakı kimi müəyyən edilmişdir:

$$\epsilon = \frac{cd}{\epsilon_0 S} \quad (1)$$

Dielektrik itki bucağı tgδ (tangens itki bucağı) aşağıdakı ifadə ilə hesablanmışdır:

$$tg\delta = \frac{\epsilon''}{\epsilon'} \quad (2)$$

### NƏTİCƏLƏRİN MÜZAKİRƏSİ

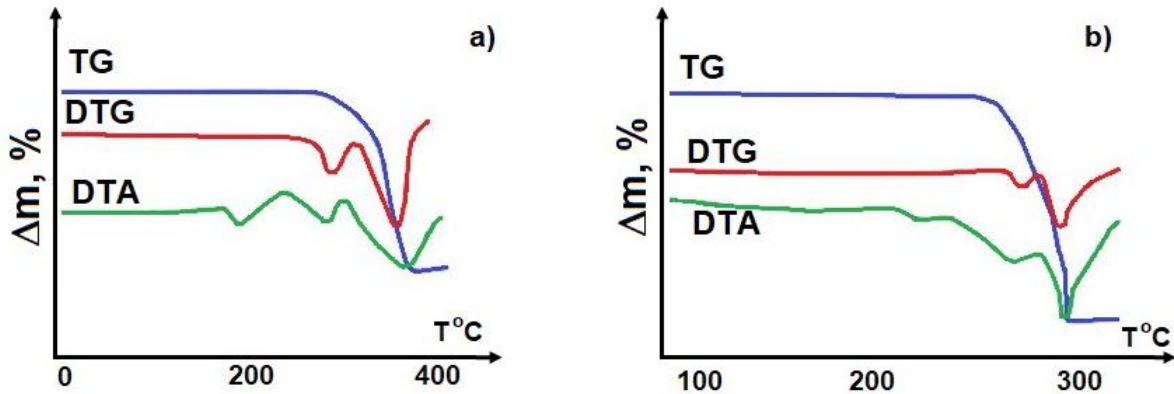
Qeyd etmək lazımdır ki, dinamik termoqravimetrik (DTG) analizdə tədqiq olunan maddənin kütləsinin azalması bir qədər yüksəlmiş temperaturda baş verir [9-10]. Dinamik termoqravimetrik analizlə alınan tədqiq olunan nanokompozit materialların termodestruksiya

prosesinin kinetik parametrlərinin termik şəraitində alındığını nəzərə alaraq, birinci tərtib tənlikdən istifadə etməklə reaksiya sürətinin sabitini dinamik TG ayrılardan hesablamaq olar:

$$K_T = \frac{dm/dt}{\alpha_0 - m} \quad (3)$$

burada  $K_T$  -T temperaturunda reaksiya sürətinin sabiti, dəq<sup>-1</sup>; dm/dt kütlənin azalma sürəti, mq/dəq (DTG əyrisindən müəyyən edilir); m- nümunənin kütləsinin azalması, mq (TG əyrisindən müəyyən edilir); α<sub>0</sub> – parçalanmada iştirak edən nümunənin ilkin kütləsinin hissəsi, mq (TG əyrisindən müəyyən edilir).

Şəkil 1a-da, təmiz PP nümunəsinin (E=0) derivatoqramı göstərilmişdir. Görünür ki, PP matrisinin kristal fazasının ərimə temperaturunda (185°C-də) endotermik effekt müşahidə olunur. 300°C də ekzotermik təsir, DTG əyrisində 290°C də endotermik təsirlə ifadə olunan PP-nin termodestruksiyasına uyğun olub, onun nəticəsində əmələ gələn qazların buxarlanması müşayiət olunur. TG əyrisi boyunca əmələ gələn qazların miqdarının 12% olduğu aşkara çıxır (şəkil 1a). Bundan əlavə, DTA əyrisində PP-nin depolyarlaşmasına uyğun gələn 390°C də (şəkil 1a) geniş yayılmış endotermik effekt müşahidə olunur. Depolyarlaşma prosesi DTG əyrisində 380°C də güclü endotermik təsir (şəkil 1a) və TG əyrisi boyunca aparılan hesablamalara əsasən depolyarlaşma zamanı əmələ gələn qazların 63% həcmində buxarlanması ilə müşayiət olunur. Polipropilen E=7·10<sup>6</sup>V/m ETP sahəsinə məruz qaldıqda, matrisin kristal fazasının ərimə temperaturu aşağı temperaturlara doğru sürüşür, yəni 135°C düşür (şəkil 1b).



Şəkil 1. PP-nin elektrotermopolyarlaşmadan əvvəl (a) və sonra (b) derivatoqrafiyası.

Eyni zamanda, 165°C temperaturda DTA əyrisinə endotermik təsir sahəsi demək olar ki, 2,5 dəfə azalır. E=7·10<sup>6</sup>V/m ETP sahəsinə məruz qaldıqda köhnəlmə baş verir, PP matrisi fazasının kristallaşma dərəcəsi azalır və elektrotermopolyarlaşmaya məruz qalmayan təmiz PP ilə müqayisədə termodayanıqlığı 40°C azalır. Həm DTA, həm də DTG əyriələrində təmiz PP-nin termodestruksiyası 250°C-də endotermik effektlə ifadə edilir və əmələ gələn qazların 22,9% həcmində buxarlanması ilə müşayiət olunur. PP-nin depolyarlaşma pro-

sesi həm DTA, həm də DTG əyriələrində 300°C-də endotermik effektlə ifadə edilir ki, əmələ gələn uçucu qazların miqdarı 77,2% təşkil edir (TG əyrisinin hesablamalarına görə). ETP sahəsindən qabaq (E=0) və elektrotermopolyarlaşmaya məruz qalmış (E=7·10<sup>6</sup>V/m) təmiz PP, PP+0,5%MnO<sub>2</sub> və PP+1%MnO<sub>2</sub> nanokompozitlərinin derivatoqrafik tədqiqatlarının nəticələri aşağıdakı cədvəldə ümumiləşdirilmişdir.

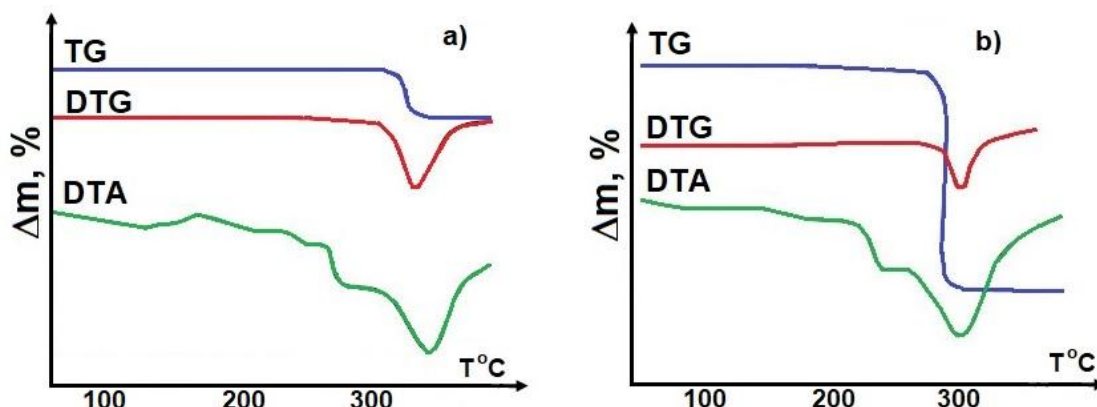
PP və PP+MnO<sub>2</sub> nanokompozitlərinin derivatoqrafik metodunun nəticələri

Tərkib	Diferensial istilik analizi, DTA		Diferensial - termogravimetrik analiz, DTG, TG			
	Endoeffekt, T°C	Ekzoeffekt, T°C	Endotermik effekt, T°C	T°C-də TG əyrisinə uyğun uçucu qazlar, %	T°C-də DTG əyrisinə uyğun uçucu qazlar, %	Qalıq, %
PP, E=0	170-ərimə 390-depol.	300-termodes.	290, 380	12	63	25
PP, E=7·10 <sup>6</sup> V/m	135-ərimə 250- termodest. 300-depol.		250, 300	22,9	77,2	0
PP+0,5%MnO <sub>2</sub> E=0	148- ərimə 400- depol.		400	20	69	11
PP+0,5%MnO <sub>2</sub> E=7·10 <sup>6</sup> V/m	280- termodest. 410- depol.	215-zəif	410	8,6	18,5	0
PP+1%MnO <sub>2</sub> E=0	256- termodest. 350- depol.	205 – zəif	380	8,5	53,5	0
PP+1%MnO <sub>2</sub> E=7·10 <sup>6</sup> V/m	60- ərimə 235- zəif 298-depol.	205-intensiv	362	6	82	0

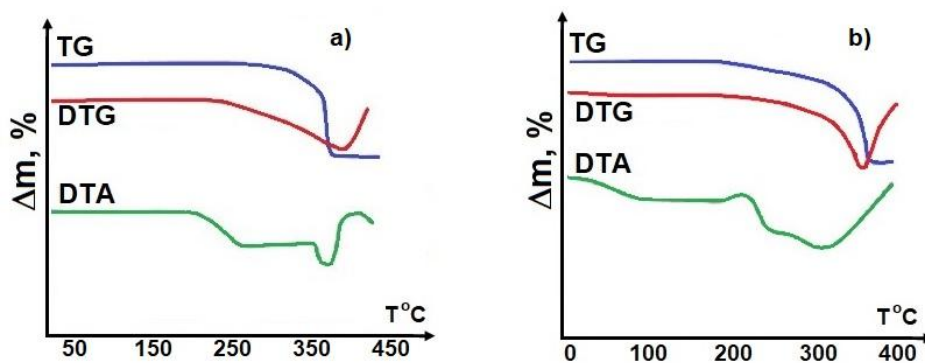
Şəkil 2-dən görünür ki, PP+0,5%MnO<sub>2</sub> nanokompozitində PP matrisinin kristal fazasının ərimə nöqtəsi 148°C-yə uyğundur ki, bu da təmiz PP-dən 12°C aşağıdır. Termodestruksiya və depolyarizasiya nəticəsində əmələ gələn qazların miqdarı müvafiq olaraq 20% - 69% təşkil edir ki, bu da təmiz PP ilə müqayisədə 8% - 6% çoxdur. PP+0,5%MnO<sub>2</sub> nanokompoziti təmiz poli-propilenlə müqayisədə polimer matrisin kristal fazasının qismən amorflaşmasına, termiki destruksiya nəticəsində uçucu qazların 6%-8% artmasına və termodayanıqlığın 28°C azalmasına səbəb olur.

Eyni tərkibli PP+0,5%MnO<sub>2</sub> ETP E=7·10<sup>6</sup>V/m sahəsinə məruz qaldıqda, matrisin kristal fazasının daha çox amorflaşması müşahidə olunur (DTA əyrisində PP matrisinin kristal fazasının əriməsinə uyğun gələn endoeffekt aşkar edilməmişdir.). PP+0,5%MnO<sub>2</sub> nanokompozitinin elektrotermopolyarlaşmaya məruz qalması ilə termodestruksiya DTA əyrisində 225°C-

370°C geniş temperatur diapazonunda baş verir. Üstəlik, depolyarlaşma 280°C-410°C də intensiv endotermik təsirlə eyni vaxtda baş verir. TG əyrisi boyunca 215°C-225°C temperatur intervalında uçucu qazların itkisi 8,6% təşkil edir, 225°C-270°C temperatur intervalında isə sabit tərkibə uyğun gələn düz xətt müşahidə olunur ki (TG əyrisi), burada əmələ gələn qazların buxarlanması baş vermir. Daha sonra 270°C-370°C və 370°C-410°C temperatur intervallarında zəif rabitələrin qırılması və yaranan aralıq qazların buxarlanması prosesi müvafiq olaraq 18,5 və 73% miqdarında baş verir. 225°C-270°C temperatur intervalında TG əyrisinə uyğun nanokompozitlərin sabitliyi bu tərkibdə matrisin yeni təbəqələrarası kristal fazasının olduğunu göstərir, onun termik parçalanması 215°C-225°C temperaturda 8,6% həcmdə baş verir. ETP sahəsinin təsiri PP+0,5%MnO<sub>2</sub> tərkibinin daha çox amorflaşmasına və nəticədə 100% həcmdə buxarlanması ilə müşayiət olunan tam depolyarlaşmaya səbəb olur.



Şəkil 2. PP+0,5%MnO<sub>2</sub> nanokompozitinin elektrotermopolyarlaşmadan əvvəl (a) və sonra (b) derivatoqrafiyası.



Şəkil 3. PP+1%MnO<sub>2</sub> nanokompozitinin elektrotermopolyarlaşmadan əvvəl (a) və sonra (b) derivatoqrafiyası.

Şəkil 3-də PP+1%MnO<sub>2</sub> nanokompozitinin derivatoqram ayrılırları göstərilmişdir. Görünür ki, PP+1%MnO<sub>2</sub> nanokompozitinin ETP sahə təsiri olmadan DTA əyrisində 256°C-də və TG əyrisində komponentlərin 8,5% miqdarında buxarlanması ilə müşayiət olunan diffuz endotermik təsir aşkar edildi. Depolyarlaşma DTA əyrisində 350°C də endotermik effektlərlə, DTG əyrisində isə 380°C də geniş yayılmış endotermik effektlə ifadə edilir. TG əyrisinin hesablamalarına görə, 205°C-256°C temperatur diapazonunda əmələ gələn qazların 2,5% miqdarında buxarlanması ilə müşayiət olunan termodestruksiya (zəif rabitələrin qırılması) prosesi gedir. Təmiz PP ilə müqayisədə termodayanıqlıq 35°C azalır.

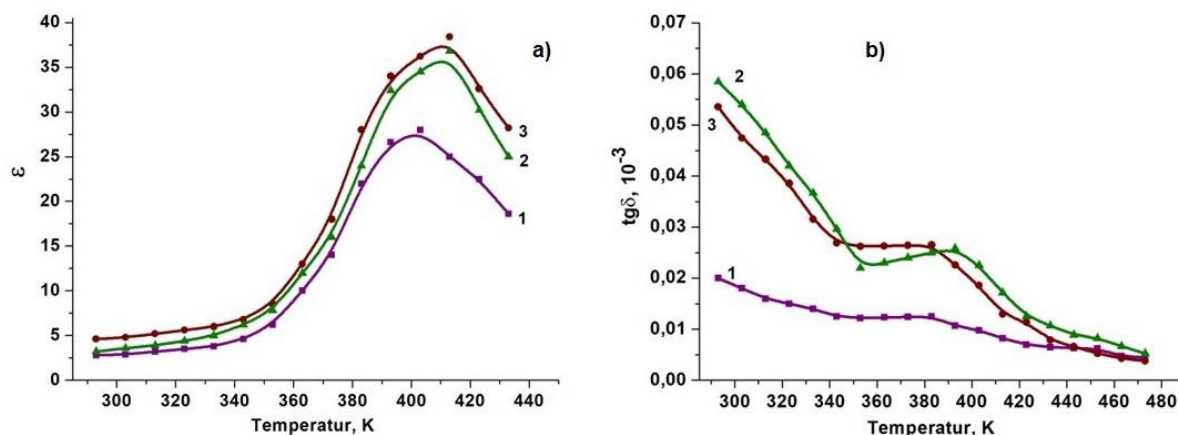
PP+1%MnO<sub>2</sub> nanokompozitini ETP  $E=7 \cdot 10^6$ V/m sahəsinə məruz etdikdə, PP matrisinin kristal fazasının əriməsi nəticəsində DTA əyrisində (şəkil 3b) 60°C-də zəif endotermik təsir aşkar edilmişdir. PP+1%MnO<sub>2</sub> elektrotermopolyarlaşmaya məruz qaldıqda, 225°C-də ekzotermik effekt termodestruksiya üçün gəlir və nanokompozitin depolyarizasiyası isə 235°C-362°C temperatur intervalında baş verir. DTG əyrisində termodestruksiya və depolyarlaşma prosesləri 175°C-362°C temperatur intervalında intensiv endoeffektlə ifadə edilir. 175°C-235°C temperatur intervalında, TG əyrisinin hesablamalarına görə, termodestruksiya nəticəsində əmələ gələn qazların buxarlanması 6% miqdarda baş verir. Sonra 235°C-298°C temperatur intervalında 12% miqdarda qazların yavaş-yavaş ayrılması pro-

sesi gedir və intensiv depolyarlaşma prosesi nəticəsində yaranan uçucu qazların 82% miqdarda buxarlanması müşayiət olunur. PP+1%MnO<sub>2</sub> nanokompoziti ETP  $E=7 \cdot 10^6$ V/m sahəsinə məruz qaldıqda, DTA əyrisində PP matrisinin kristal fazasının əriməsinə uyğun gələn 60°C-də polyarlaşma nəticəsində əmələ gələn endotermik effekt müşahidə olunur.

Elektrotermopolyarlaşmanın  $E=7 \cdot 10^6$ V/m sahəsinə PP+1%MnO<sub>2</sub> nanokompozitinin tərkibinin termodayanıqlığı təmiz polipropilenlə ( $E=0$ ) müqayisədə 65°C azalır.

Cədvəldəki verilənlərə əsasən, demək olar ki, polipropilenin 0,5%MnO<sub>2</sub> və 1%MnO<sub>2</sub> nanoəlavələrlə doldurulması və ETP sahəsinə məruz qalması kristallaşma dərəcəsinin azalmasına və müvafiq olaraq termodayanıqlığın 28% və 65% azalmasına səbəb olur. Təmiz polipropilen ETP  $E=7 \cdot 10^6$ V/m sahəsinə məruz qaldıqda, kristal fazasının ərimə temperaturunun 35°C azalması, ETP sahəsinə məruz qalmadıqda isə ( $E=0$ ) termodayanıqlığın 40°C azalması müşahidə olunur.

Şəkil 4-də PP+MnO<sub>2</sub> əsaslı nanokompozitlərin dielektrik nüfuzluğunun ( $\epsilon$ ) və dielektrik itki bucağı tangensinin ( $tg\delta$ ) temperaturdan asılılıq qrafikləri verilmişdir. Dielektrik nüfuzluğunun temperaturdan asılı olaraq dəyişmə qanunauyğunluğu həm təmiz PP, həm də nanokompozitlər üçün eynidir. Belə ki, ( $\epsilon$ ) əvvəlcə PP-nin ərimə temperaturuna qədər artır, sonra isə kəskin azalır, bu isə keçiriciliyin və polyar qrupların mü-təhərrikliyinin artması ilə izah oluna bilər.



Şəkil 4. PP+MnO<sub>2</sub> nanokompozitinin dielektrik xassələrinin temperaturdan asılılığı: a) dielektrik nüfuzluğu – 1. təmiz PP; 2. PP+0,5% MnO<sub>2</sub>; 3. PP+1% MnO<sub>2</sub>; b) dielektrik itkisinin tangens bucağı – 1. təmiz PP; 2. PP+0,5% MnO<sub>2</sub>; 3. PP+1% MnO<sub>2</sub>

Şəkil 4-də PP+MnO<sub>2</sub> əsaslı nanokompozitlərin dielektrik nüfuzluğunun ( $\epsilon$ ) və dielektrik itki bucağı tangensinin ( $tg\delta$ ) temperaturdan asılılıq qrafikləri verilmişdir. Dielektrik nüfuzluğunun temperaturdan asılı olaraq dəyişmə qanunauyğunluğu həm təmiz PP, həm də nanokompozitlər üçün eynidir. Belə ki, ( $\epsilon$ ) əvvəlcə PP-nin ərimə temperaturuna qədər artır, sonra isə kəskin azalır, bu isə keçiriciliyin və polyar qrupların mütəhərriqliyinin artması ilə izah oluna bilər. Şəkildən görüldüyü kimi, 0,5%MnO<sub>2</sub> və 1%MnO<sub>2</sub> nanoəlavələrinin PP-yə daxil edilməsi ilə alınan nanokompozitlərin dielektrik nüfuzluğu ( $\epsilon$ ) təmiz polipropilendən daha çoxdur. MnO<sub>2</sub> nanoəlavələri polimer matrisədə quruluş fomaləşdirici rolunu oynayır ki, bu da nanokompozitin dielektrik nüfuzluğunun artmasına gətirib çıxarır. Dielektrik nüfuzluğunun yüksək temperaturlarda azalması polyarlaşma proseslərinin pisləşməsi ilə də bağlıdır. Belə ki, nanoəlavələr ayrıca dispers faza kimi özünü apardığı üçün onların konsentrasiyasının artması hesabına keçiriciliyi də artır və nəticədə nanokompozitin polyarlaşma qabiliyyəti tədricən azalır.

Ümumiyyətlə, PP+MnO<sub>2</sub> nanokompozitinin dielektrik nüfuzluğunu Maksvel-Vaqner modelinə görə izah etsək, görürük ki, 0,5%MnO<sub>2</sub> və 1%MnO<sub>2</sub> konsentrasiyalı nanokompozitlərə ETP sahəsi ilə təsiri etdikdə dielektrik nüfuzluğuna görə bir-birindən fərqlənən fazaların sərhəddinə yüklər yığılır. Bu yükləri dəyişən dipol kimi qəbul etmək olar. Konsentrasiyanın 1%MnO<sub>2</sub> qiymətində fazalararası sərhəddin payı çox olduğundan, sahə istiqamətinə dönən dipolların miqdarı artdığına görə, PP+1%MnO<sub>2</sub> nanokompozitinin polyarlaşma qabiliyyəti artır.

Şəkil 4b. görüldüyü kimi, həm təmiz PP, həm də nanokompozitlərin dielektrik itki bucağı tangensi ( $tg\delta$ ) 340K temperatura qədər kəskin azalır, lakin 387K qədər dəyişməz qalır. Sonrakı yüksək temperaturlarda isə  $tg\delta$ -in düşmə sürətində azalma müşahidə olunur. Bu isə onunla izah oluna bilər ki, nanoəlavələrin polipropilene daxil edilməsi ilə polimerdəki daxili sahə modifikasiya olunur, nəticədə yuxarı temperaturlarda ETP sahəsinin

qiymətinin dəyişməsi zamanı, polipropilendə bu dəyişmələrə cavab olaraq rezonans maksimumu itir, eyni zamanda səpilmələrinin miqdarı artmış olur. Nəticədə həm təmiz PP, həm də nanokompozitlərdə dielektrik releksasiya itkisi baş verəcəkdir.

## NƏTİCƏ

Polimer matrisə MnO<sub>2</sub> nanoəlavələrin daxil edilməsi polipropilenin quruluş elementlərinin fazalararası təbəqəsinin sərhəddində yerləşən əlavə nüvələşmə mərkəzlərinin yaranmasına səbəb olur. Nanokompozitin qızdırılması və ETP sahəsinə məruz qalma prosesində onlar kristallaşma mərkəzlərinin dəyişməsinə imkan yaradır və bu da kristallaşma prosesinin dəyişməsinə və nisbətən incə sferolit quruluşların əmələ gəlməsinə səbəb olur. Bundan əlavə, yuxarıdakı təcrübə nəticələrindən aydın olur ki, ETP-nin  $E=7 \cdot 10^6$  V/m sahəsinin təsiri PP+0,5həcm%MnO<sub>2</sub>, PP+1həcm%MnO<sub>2</sub> nanokompozitlərində amorflaşmaya və təmiz PP də isə termodayamlılığının azalmasına, həmçinin termodestruksiyaya səbəb olur.

Təmiz PP ilə müqayisədə PP/MnO<sub>2</sub> nanokompozitinin dielektrik nüfuzluğu daha yüksəkdir. Daha maraqlısı odur ki, ölçmə temperaturu 330K-dən yüksək olduqda PP/MnO<sub>2</sub> nanokompozitinin nəzərə çarpacaq dərəcədə artan dielektrik nüfuzluğu müşahidə olunur. MnO<sub>2</sub> nanoəlavələrinin polipropilendə 1% olduqda dielektrik nüfuzluğunun maksimal və dielektrik itki bucağının tangensinin minimal qiymət alması onunla izah olunur ki, bu miqdarda MnO<sub>2</sub> nanoəlavələri polimer matrisədə əsasən kristallaşma mərkəzi rolunu oynayır.

Nəticə olaraq deyə bilərik ki, əlavə edilən MnO<sub>2</sub> nanodoldurucunun konsentrasiyası, texnoloji alınma şəraiti və xarici təsirlərlə istilik, dielektrik xassələri məqsədyönlü şəkildə idarə edilə bilən PP/MnO<sub>2</sub> nanokompozitindən elektret mikrofonların, yaddaş qurğularının, filtrlərin, antipas sistemlərinin və tibbdə istifadə edilə bilər.

- [1] A. Dutta, A.K. Ghosh. Investigation on  $\gamma$ -irradiated PP/ethylene acrylic elastomer TPVs by rheological and thermal approaches. Radiat. Phys. Chem., 144, 2018, 149-158.
- [2] P. Dahal, Y.C. Kim. Preparation and characterization of modified polypropylene by using electron beam irradiation. J. Ind. Eng. Chem., 19, 2013, 1879-1883.
- [3] M. Tulika, R. Bajpai. A thermally stimulated depolarization current investigation of poly (phenylene oxide): Poly(styrene) polymer blends. J. Physic, 2005, Vol.79, 4, .361-366.
- [4] M. Gahleitner, K. Bernreiter, W. Neibl, C. Paulik, E. Ratajski. Influence of molecular structure on crystallization behaviour and mechanical properties of polypropylene. Polym. Test., 14, 1995, 173-187.
- [5] I. Krupa, A.S. Luyt. Thermal properties of isotactic polypropylene degraded with gamma irradiation. Polym. Degrad. Stab., 72, 2001, 505-508.
- [6] H.L. Sui, X.Y. Liu, F.C. Zhong, X.Y. Li, X. Ju. A study of radiation effects on polyester urethane using two-dimensional correlation analysis based on thermogravimetric data. Polym. Degrad. Stab., 98, 2013, 255-260.
- [7] A.Fina, H.C.L.Abbenhuis, D.Tabuani, A. Frache G. Camino. Polypropylene metal functionalized POSS nanocomposites: a study by thermogravimetric analysis. Polym. Degrad. Stab., 91, 2006, 1064-1070.
- [8] А.Д. Стадник, Г.К. Кирик. Полимерные композиты и нанокompозиты в магнитных полях, 2005, 239.
- [9] A.B. Волков, М.А. Москвина, С. Б. Зезин. ВМС 1980. Сер. А, Т 45, 2, 2003, 283-291.
- [10] В.А. Волков, М. Москвина, А. Вольнский, Н.Ф. Бакеев. ВМС, Сер. А, Т 41, 6, 1999, 963-969.
- [11] М.А. Рамазанов, А.М. Рахимли. The study of the morphology and dielectric properties of PVC/TiO<sub>2</sub> based nanocomposites. An

- International Journal Integrated Ferroelectrics, Vol. 201, 1, 2019, 178-182.
- [12] A. *Nabiyev*, A. *Islamov*, A. *Maharramov*, M. *Nuriyev*, R. *Ismayilova*, A. *Doroshkevich*, A. *Pawlukojc*, V. *Turchenko*, A. *Olejniczak*, M. *Rulev*, V. *Almasan*, A. *Kuklin*. Structural Studies of dielectric HDPE+ZrO<sub>2</sub> polymer nanocomposites: filler concentration dependences, Physics: Conf. Series, United Kingdom, 994, 2018, 012011
- [13] A. *Magerramov*, M. *Ramazanov*, F. *Gadzhieva*. Study of the Structure and Dielectric Properties of Nanocomposites Based on Polypropylene and Zirconia Nanoparticles, Surf. Eng. Appl. Chem.49, 2013, 355-358
- [14] P. *Patel*, J. *Rani*, K. *Yadav*. Effective strategies for reduced dielectric loss in ceramic/ polymer nanocomposite film Ceram. Int, 47, 7, Part A, 2021, 10096-10103
- [15] C. *Zhang*, R. *Mason*, G. *Stevens*. Dielectric Properties of Epoxy and Polyethylene, Nanocomposites Proceedings of 2005 International Symposium on Electrical Insulating Materials, June 5-9, Kitakyushu, Japan, 2005, 393-396

**R.P. Бекмирзаев, А.С. Гусейнова**

### **ТЕПЛОВЫЕ И ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МЕТАЛЛОСОДЕРЖАЩЕГО ПОЛИМЕРНОГО НАНОКОМПОЗИТА НА ОСНОВЕ ПОЛИПРОПИЛЕНА**

Исследование тепловых и диэлектрических свойств полимерных нанокomпозитных материалов позволяет оценить качество материала, подготовить рекомендации по оптимизации технологии его приобретения и производства. Данная работа посвящена исследованию различных тепловых и диэлектрических свойств нанокomпозита ПП+MnO<sub>2</sub> на основе ПП. Установлена термоокислительная стабильность полученных нанокomпозитов. Установлено, что введение в полимер различных концентраций нанодобавки MnO<sub>2</sub> и воздействие поля ЭТФ приводят к термодеструкции полимера и снижению его термостабильности. При воздействии на полипропилен поля  $E=7 \cdot 10^6$  В/м ЭТП происходит частичная аморфизация кристаллов полимерной матрицы и термостабильность. Также установлено, что изменение диэлектрической проницаемости ( $\epsilon$ ), тангенса угла диэлектрических потерь ( $tg\delta$ ), связано с изменением надмолекулярной структуры пограничных слоев полимерной матрицы и межфазным взаимодействием между компонентами ПП+MnO<sub>2</sub> нанокomпозита в зависимости от условий поляризации.

**R.R. Bekmirzayev, A.S. Huseynova**

### **THERMAL AND DIELECTRIC PROPERTIES OF POLYPROPYLENE-BASED METAL-CONTAINING POLYMER NANOCOMPOSITE**

The study of thermal and dielectric properties of polymer nanocomposite materials allows us to evaluate the quality of the material and prepare recommendations for optimizing the technology of its acquisition and production. This work is devoted to the study of various thermal and dielectric properties of the PP+MnO<sub>2</sub> nanocomposite based on PP. The thermal-oxidative stability of the obtained nanocomposites is established. It is established that the introduction of various concentrations of the MnO<sub>2</sub> nanoadditive into the polymer and the effect of the ETP field lead to thermal destruction of the polymer and a decrease in its thermal stability. When polypropylene is exposed to a field  $E=7 \cdot 10^6$  V/m ETP, partial amorphization of the polymer matrix crystals and thermal stability occur. It is also established that a change in the permittivity ( $\epsilon$ ), the dielectric loss tangent ( $tg\delta$ ) is associated with a change in the supramolecular structure of the boundary layers of the polymer matrix and the interphase interaction between the components of the PP+MnO<sub>2</sub> nanocomposite depending on the polarization conditions.

*Qəbul olunma tarixi: 23.09.2024*