

## ELEKTRİK BOŞALMASININ VƏ ORİYENTASIYANIN PP+NG NANOKOMPOZİTLƏRİNƏ TƏSİRİ

A.Ə. HADIYƏVA<sup>1</sup>, A.N. CƏFƏROVA<sup>1</sup>, V.İ. EMİNOVA<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti,  
Bakı, AZ1010, Azadlıq prospekti, 20

<sup>2</sup> Elm və Təhsil Nazirliyi Fizika İnstitutu,  
H. Cavid pr.131, AZ-1073, Bakı, Azərbaycan,

<sup>3</sup>Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti nəzdində Azərbaycan-Fransız Universiteti  
Bakı, Nizami küç., 183

e-mail: aynura.hadiyeva@asoju.edu.az

Polipropilenə (PP) əlavə edilən nanogil (NG) hissəciklərinin həcmi miqdarından asılı olaraq mexaniki möhkəmlik ( $\sigma$ ) 2,0%-ə qədər artır və sonra azalma müşahidə edilir. Optimal xassəyə malik PP+2,0% NG nanokompoziti və PP nümunələrinin  $\sigma$  -sı elektrik boşalmasının təsir müddətindən asılı olaraq kiçik zamanlarda artmış, sonra isə köhnəlmə zamanının artması ilə azalma müşahidə olunmuşdur. PP-də azalma nanokompozitə nisbətən çoxdur, Belə ki, NG destruktiv proseslərdə karbonil qrupları yaranmasının qarşısını alır.

**Açar sözlər:** polipropilen, nanogil, mexaniki möhkəmlik, elektrik boşalması, oriyentasiya  
**DOI:** 10.70784/azip.2.2024419

### Giriş

Sənayedə və müasir insan yaşamında önəmli yer tutan polimer maddələr çox dəyişik quruluş və xassələr göstərilir. Bəzi polimer maddələrin yararlılığı bu maddələrin mexaniki və elektrik xassələrinə dayanır. Polimerlər əsasən təmiz və kirli suyun axıdılması üçün plastik boruların istehsalında, müxtəlif məişət əşyaları, elektrik və istilik izolyasiya materialları və s. hazırlanmasında geniş istifadə olunur.

Polimerlərdən alınan məhsulların istifadə müddətini artırmaq polimerlər fizikasının aktual problemi kimi tədqiqatçıları qarşısında durur. Yaşama müddəti bir sıra üsullarla artırıla bilər. Bu üsullardan biri polimere orqanik və inorqanik əlavələrin daxil edilməsidir [1-5]. Yeni alınan polimer maddələrdən (kompozitlər) hazırlanan məhsullar nə qədər keyfiyyətli olsalar da istifadə müddətində, şəraitdən asılı olaraq, xarici amillərin (elektrik sahəsi, elektrik boşalması, mexaniki yük, temperatur, radiasiya, rütubət və s.) təsiri ilə qarşı-qarşıya qalarlar və parçalanması qaçınılmazdır. Yararsız hala gələn polimer məhsulların yenidən istifadəsi çətin olduğundan ekoloji kirliliyə səbəb olurlar. Xarici amillərin təsirindən sonra polimer maddələrin parçalanmasını araşdırmaq elmi və praktik cəhətdən vacibdir. Parçalanma səbəbini öyrənməklə mexaniki və elektrik xassələrini dəyişmək, istifadə müddətində parçalanmanı əngəlləmək mümkün ola bilər.

Araşdırdığımız bu işdə elektrik boşalmasının və oriyentasiyanın təsirindən sonra PP əsaslı NG əlavəli nanokompozitin mexaniki xassələrində və quruluşunda baş verən dəyişiklikləri qarşılaşdıraraq parçalanma səbəbləri öyrənilmişdir.

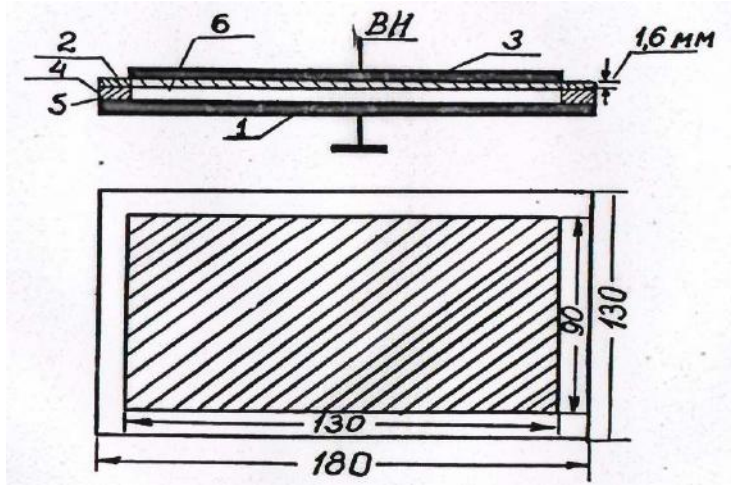
### Nümunələrin hazırlanması və ölçmə metodları

Təcrübədə istifadə edilən saf PP-yə fərqli miqdarlarda (1,0%, 2,0%, 3,0%, 4,0%, 6,0%, 8,0%, 10,0%)

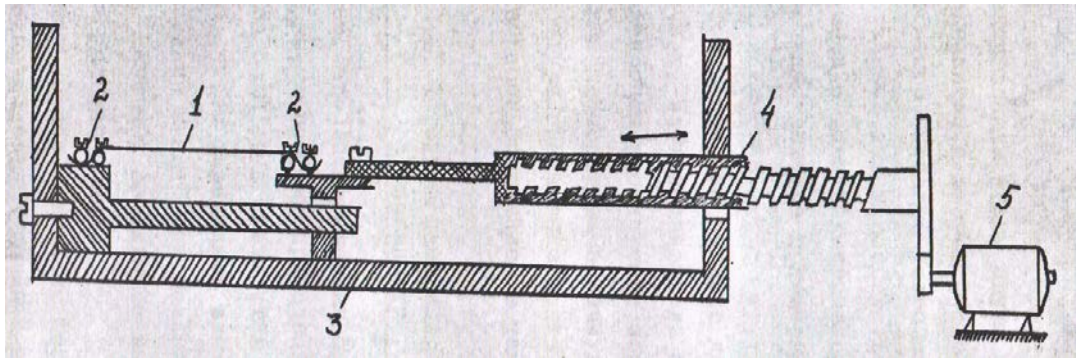
NG əlavə etməklə mexaniki qarışdırdıqdan sonra qaynar presləmə (438K, 15 MPa, 10 dəq) üsulu ilə nazik (50-80 mkm) nümunələri əldə edilmişdir. NG olaraq istifadə olunan əlavə montimorillenitli (MM) təbəqəli silikatlardır və bu təbəqələrin ölçüləri təxmini olaraq: uzunluğu 200nm, eni (1-3) nm-dir [6]. Təbəqələrin mərkəzində Al, Mg və Fe atomları yerləşir və onlar SiO<sub>2</sub> təbəqəsi ilə əhatə olunmuşdur. Belə quruluşa malik gilin daxilində elektrostatik tarazlığın pozulması artır və təbəqənin xaricində mənfi yüklü zərrəciklərin artması gözlənilir. Na<sup>+</sup>, Ca<sup>+</sup> ionların absorpsiyası ilə mənfi yüklü hissəciklər neytrallaşır. MM hissəciklərinin müstəvi şəklində olması təbəqələrin bir-biri üzərinə düzülərək polimer matrisası ilə lay-lay təbəqəli quruluş yaradır.

Xarici amil olaraq iki cür təsir seçilmişdir: Köhnəldici, dağıdıcı, parçalayıcı bir sözlə destabilləşdirici təsir göstərən amillər (elektrik boşalması, elektrik sahəsi, mexaniki yük, temperatur, radiasiya, rütubət və s.) və stabilləşdirici təsir göstərən amillər (oriyentasiya, mikro- əlavələr, doldurucular və s.). Polimerlərin elektrik köhnəlməsini bir çox üsullarla əldə etmək olar [7,8]. Elektrik boşalmasının və oriyentasiyanın təsiri ni öyrənmək üçün xüsusi qurğulardan istifadə edilmişdir (şəkil 1 və şəkil 2).

Mexaniki xassələrin dəyişməsində NG əlavəsinin rolunu araşdırmaq üçün müxtəlif saatlarda elektrik boşalmasının təsiri ilə əvvəlcədən köhnəldilmiş və müxtəlif dərəcədə oriyentasiya olunmuş nanokompozitlərin mexaniki möhkəmliyi çəkmə cihazı ilə ölçülmüşdür [1]. Xarici amillərin təsiri ilə PP və nanokompozitin quruluşunda baş verən dəyişiklikləri İQ udulma spektrometri vasitəsi ilə 400-2500 sm<sup>-1</sup> tezlik aralığında alınan spektrləri incələyərək mexaniki möhkəmlikləri ilə qarşılaşdırılmışdır.



Şəkil 1. Elektrik boşalması təsiri ilə köhnəlmə qurğusu. 1- yerlə birləşdirilən metal elektrod; 2- şüşə lövhə; 3- yüksək gərginlik elektrodu; 4- kiçik boşluq yaratmaq üçün şüşə təbəqələr; 5- tədqiq olunan nümunə; 6- hava aralığı.



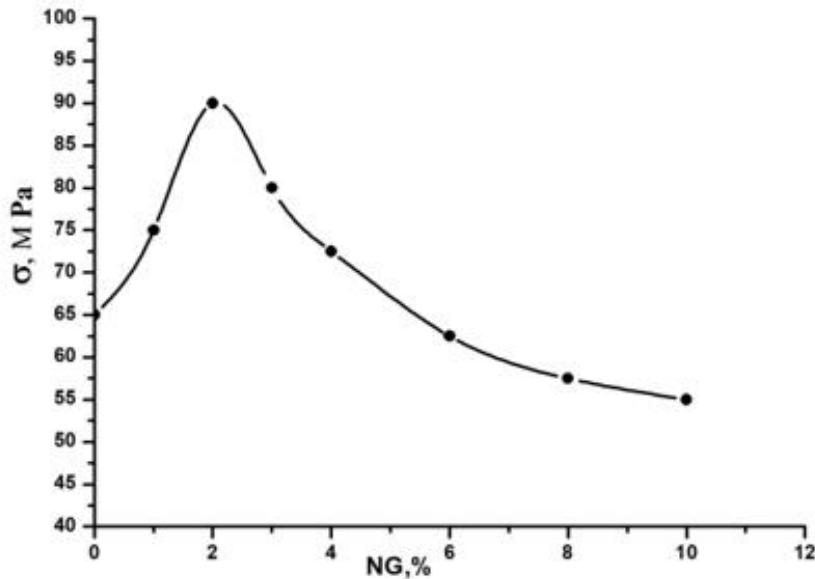
Şəkil 2. Nümunələri oriyentasiya etmək üçün qurğu. 1- nümunə; 2- nümunəni tutan sıxaclar; 3- isidici soba; 4- sıxacı elektrik mühərrikinə birləşdirən vasitə; 5- elektrik mühərriki.

### Təcrübi nəticələr və onun izahı.

Saf polimerlər və onların əsasında alınan nanokompozitlərdən alınan məmulatlar, istifadə müddətindən asılı olaraq, köhnəlirlər və yaşama müddəti azalar. Köhnəlmə uzun illərdə baş verdiyi üçün, belə bir əməliyyatı laboratoriya şəraitində də aparmaq olar.

PP-nin mexaniki möhkəmliyinin NG-in miqda-

rından asılılığı şəkil 3-də göstərilmişdir. 2,0% -ə qədər  $\sigma$ -nın qiymətində artma, sonrakı faizlərdə azalma müşahidə olunur. NG-in 2,0% miqdarında nanokompozitin  $\sigma$ -sı ən böyük olur, PP-yə nisbətən 38% artır. Sonrakı təcrübələri optimal xassəyə malik PP+2,0% NG nanokompozit və PP nümunələrində müqayisəli şəkildə aparılacaqdır.

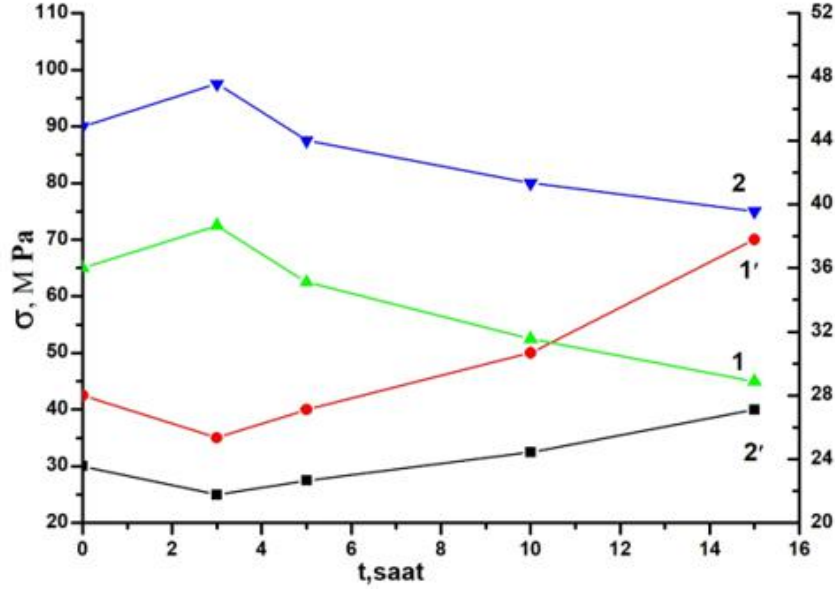


Şəkil 3. PP-nin mexaniki möhkəmliyinin NG-in miqdarından asılılığı.

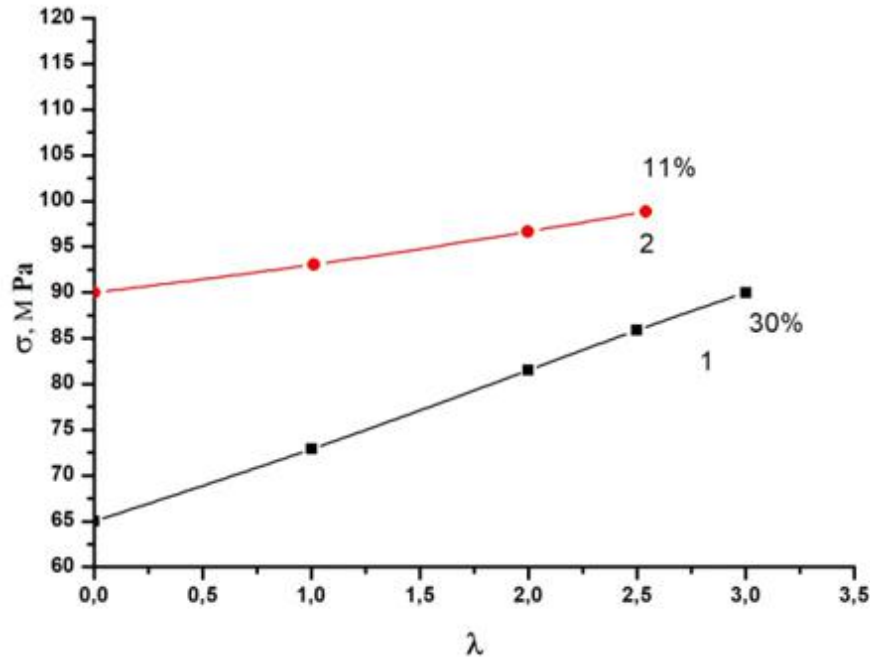
## ELEKTRİK BOŞALMASININ VƏ ORİYENTASIYANIN PP+NG NANOKOMPOZİTLƏRİNƏ TƏSİRİ

$\sigma$ -nın elektrik boşalmasının təsir müddətindən asılılığı şəkil 4-də verilmişdir. Göründüyü kimi hər iki nümunədə elektrik boşalmasının ilk saatlarında  $\sigma$  artır və 3 saatdan sonra azalma müşahidə olunur. 15-ci saatdan sonra PP-də azalma 30%, PP+2,0% NG nanokompozitdə 17% olmuşdur. Köhnəlmə zamanından asılı olaraq PP-də azalma sürəti daha çoxdur. Məlumdur ki, [7,8] elektrik boşalmasının təsiri ilə makromolekullar əvvəlcə ionlaşır sonra isə oksidləşir, amorf bölgələrdə

aşınmalar əmələ gəlir, kimyəvi rabitələrdə qırılmalarla yanaşı (təsir müddəti artdıqca), tikilmələr (qopmuş rabitələrin yenidən birləşməsi) müşahidə olunur, mikroboşluqlar və çatlar yaranır və s. nəticədə molekullararası qarşılıqlı təsirlər zəifləyir. Nanokompozitlərdə NG elektrik boşalmasının təsirinə qarşı rabitələrin qırılmasının, mikroboşluqlar və çatların əmələ gəlməsinin qarşısını alır və oksidləşmə nəticəsində karbonil qrupların (C=O) yaranmasına mane olur [9].



Şəkil 4. Mexaniki möhkəmliyin və optik sıxlığın t-dən asılılığı. 1, 1'~PP; 2, 2' ~ PP+2,0%NG; 1, 2~σ; 1', 2'~D<sub>1720</sub>, T=295K; U = 9 · 10<sup>3</sup>V.



Şəkil 5. PP-nin mexaniki möhkəmliyinin orientasiya dərəcəsiəndən asılılığı. 1~PP; 2~PP+2,0%NG.

$\sigma$ -nın orientasiya dərəcəsiəndən asılılığı şəkil 5-də göstərilmişdir. Oriyentasiya dərəcəsi artdıqca  $\sigma$ -nın qiymətinin artması hər iki nümunə üçün fərqlidir. PP-də artma PP+2,0%NG-dən çoxdur.

Müəyyən bir gərginlik altında ( $U = 9 \cdot 10^3 V$ ) köhnəlmə müddətindən asılı olaraq  $\sigma$ -nın kiçik zamanlarda artmasını və sonradan azalmasını izah etmək üçün quruluşda əmələ gələn dəyişikliklər İQ spektroskopik üsulla ölçülmüşdür. Spektrlərdən alınan nəticələrə görə

hesablanan optik sıxlığın ( $D_{1720}$ ) köhnəlmə müddətindən asılılığı şəkil 4-də göstərilmişdir.  $D_{1720}$ -nin qiymətinin artması makromolekullarda qırılan rabitələrin hesabına C=O qrupların (oksidləşmə) yaranmasıdır. Kiçik zamanlarda yenidən birləşən rabitələr, qırılan rabitələri üstələdiyi üçün  $D_{1720}$ -də azalma ( $\sigma$  -da artma) baş verir. Boşalmanın sonrakı təsir müddətində rabitələrin qırılması daha intensiv getdiyi üçün  $D_{1720}$ -nin artması

( $\sigma$ -nın azalması) sürətlənir. Nanokompozitdə NG qırılan rabitələr hesabına oksidləşməyə mane olur, NG antioksidləşmənin rolunu üstələyir.

Elektrik boşalması və oriyentasiyanın təsirindən əvvəl və sonra PP və nanokompozit üçün  $\sigma$  -nın qiyməti cədvəldə göstərilmişdir.

Xarici amillərin təsirinə məruz qalmış nümunələrin parametrləri

| Nümunələr | $\sigma$ ,MPa          |   | $\Delta\sigma\%$ | $\sigma$ ,Mpa                  |  | $\Delta\sigma\%$ |
|-----------|------------------------|---|------------------|--------------------------------|--|------------------|
|           | Oriyentasiya olunmamış | Oriyentasiya olunmuş<br>$\lambda = 2,5$ |                  | Köhnəlməmiş<br>$U=0 \quad t=0$ | Köhnəlmiş<br>$U = 9 \cdot 10^3V,$<br>$t=15$ saat |                  |
| PP        | 65                     | 80                                      | 30               | 65                             | 45   | 30               |
| PP+2,0%NG | 90                     | 100                                     | 11               | 90                             | 75   | 17               |

Göründüyü kimi, PP-də elektrik boşalmasının təsirindən sonra  $\sigma$  nanokompozitə nisbətən sürətlə azalır, oriyentasiyanın təsirindən sonra isə daha sürətlə artır.

Mexaniki və elektrofiziki xassələr üstmolekulyar quruluşun dəyişməsindən asılıdır [7, 10]. Polimərlərə daxil edilən əlavələr, oriyentasiya, temperatur işləmələri və s. üstmolekulyar quruluşu dəyişdirir və ya müəyyən təsir göstərə bilər. PP-də  $\sigma$  -nın nanokompozitə nisbətən  $\lambda$  -dan asılı olaraq çox dəyişməsinin səbəbi oriyentasiya prosesi NG-in rolunu üstələməsi ilə əlaqədardır. PP-də  $\sigma$  30% artdığı halda, PP+2,0% NG-də 11% artmışdır. Elektrik boşalmasının təsirindən sonra

PP-də azalma 30% olduğu halda nanokompozitdə 17% olmuşdur. Yəni, NG stabilizirici amilə nisbətən destruktiv proseslərdə daha aktiv rol oynayır.

### NƏTİCƏ

PP+2,0% NG nanokompozitinin  $\sigma$  -sı PP-yə nisbətən 38% artmışdır. Hər iki nümunənin  $\sigma$  -sı oriyentasiya dərəcəsinə asılı olaraq artmış, lakin PP-də artma sürəti PP+2,0% NG-ə nisbətən çoxdur. Bu da onu göstərir ki, NG stabilizirici amillərin təsirinə nisbətən destruktiv proseslərdə daha aktiv rol oynayır.

- [1] F.S. Boydag, Y.L. Orcanlı, V.A. Alekperov and İ.Hikmet. Temperature and Time Dependence of Electrical and Mechanical Durability of LDPE / Diamond Composite, Composites, Part B. 37, 2006, pg 249-254.
- [2] Y.L. Orcanlı, F.S. Boydag, V.A. Alekperov, İ.Hikmet and M. Canturk. Simultaneous Effect of Mechanical Tension on Electrical Lifetime of Some Inorganic Composites, Modern Physics Letters B, 21, 2007, p. 1415-1419.
- [3] A.P. Садыгова, И.И. Аббасов, Э.С. Сафиев, П.Б. Асилбейли, В.А. Алекперов. Влияние микродобавок наноглины на молекулярные процессы и кинетику электрического и механического разрушения полиэтилена, Наносистемы, наноматериалы, нанотехнологии, т. 17, № 1, (2019). с.155-165.
- [4] V. Ozcanlı, M. Beken, Kosovoalı Çavuş F., A.A. Hadiyeva, A.R. Sadigova and V.A. Alekperov. Artificial Neural Network Modelling of the Mechanical Properties of Nanocomposite Polypropylene-Nanoclay, Journal of Nanoelectronics and Optoelectronics, vol.12 2017, p.p. 316-320.
- [5] M.A.Ramazanov, A.A.Hadiyeva, V.A. Alekperov. Influence of electric field (aging in electric field) on structure and properties of nanocomposite polypropylene-nanoclay, journal of Ovonic Research, vol.10,№4, 2014, pg-101-107.
- [6] Jeffrey W. Gilman, Catheryn L. Jackson, Alexander B. Morgan and Richard Harris, Jr. Flammability Properties of Polymer-Layered-Silicate Nanocomposites. Polypropylene and Polystyrene Nanocomposites. Chem. Mater. 2000, 12, 1866-1873.
- [7] A.R. Sadygova, I.I. Abbasov, E.S. Safiev, P.B.Asilbeyli P.B., Alekperov V.A., "Influence of Nanoclay Microadditives on the Molecular Processes and Kinetics of Electrical and Mechanical Destruction of Polyethylene", Nanosystems, Nanomaterials, Nanotechnologies, vol. 17, pp. 155-165, 2019.
- [8] Cigdem Yumuşak and Vilayet Alekberov, The Effects of Electrical Discharge on the Mechanical Properties of Bombyx mori Silk Fibrien, Fibers and Polymers, vol.9, №1, 2002, pg. 15-20.
- [9] В.Р. Регель, А.И. Слуцкер, Э.Е. Томашевский. Кинетическая природа прочности твердых тел, М, «Наука», 1988, с. 560.
- [10] M.A.Ramazanov, P.B. Agakishiyeva, S.A.Abbasov, R.A. Ali-Zade. The Influence of Temperature – Time Crystallization Mode on The Mechanical Strength And on The Structure of Polymeric Magnetic Nano-Composites on PvdF+Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> Basis. Azerbaijan Journal of Physics, v. XIII, №5, 2007, p.47-49.

**A.A. Hadiyeva, A.N. Jafarova, V.I. Eminova**

**INFLUENCE OF ELECTRICAL DISCHARGE AND ORIENTATION PP+NC NANOCOMPOSITES**

Depending on the volume fraction of nanoclay (NC) particles added to polypropylene (PP), the mechanical strength ( $\sigma$ ) increases up to 2.0% and then decreases. The PP+2.0% NC nanocomposite and PP samples with optimal properties increased at short times depending on the duration of the electric discharge, and then decreased with increasing aging time. The decrease in PP is greater than in the nanocomposite, since NC prevents the formation of carbonyl groups in destructive processes.

**А.А. Хадиева, А.Н. Джафарова, В.И. Эминова**

**ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО РАЗРЯДА И ОРИЕНТАЦИИ НАНОКОМПОЗИТОВ PP+NG**

В зависимости от объемной доли частиц наноглины (НГ), добавленных к полипропилену (ПП), механическая прочность ( $\sigma$ ) увеличивается до 2,0%, а затем уменьшается. У нанокompозита ПП+2,0% НГ и образцов ПП с оптимальными свойствами наблюдался рост на коротких временах в зависимости от длительности электрического разряда, а затем снижение с увеличением времени старения. Снижение ПП больше, чем у нанокompозита, так как НГ препятствует образованию карбонильных групп в деструктивных процессах.

*Qəbul olunma tarixi: 04.12.2024*