

UOT 539.4

YARIMKEÇİRİCİ - POLİMER ƏSASLI KOMPOZİT QEYRİ-XƏTTİ MÜQAVİMƏTLƏRİN MEXANİKİ XASSƏLƏRİ

İmanova A.Y.

“Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyası” PHŞ
Az1000, Bakı şəh., Z. Əliyeva küç., 18
E-mail: almaz.imanova@asco.az

Xülasə. Məqalədə yarımkeçirici və polimer əsaslı kompozit qeyri-xətti müqavimətlərin mexaniki xassələrinin disperqatorun həcmi faizindən asılı olaraq dəyişməsi tədqiq edilmişdir. Həmçinin polimer matrisasının növündən (polyar və ya qeyri polyar) asılı olaraq nümunələrin mexaniki möhkəmliyi öyrənilmişdir.

Abstract. The article investigates the change in mechanical properties of semiconductor and polymer-based composite nonlinear resistors as a function of the volume percentage of the dispersant. The mechanical strength of the samples was also studied depending on the type of polymer matrix (polar or nonpolar).

Аннотация. В статье исследовано изменение механических свойств композитных нелинейных резисторов на основе полупроводников и полимеров в зависимости от объемного процента диспергатора. Также была изучена механическая прочность образцов в зависимости от типа полимерной матрицы (полярная или неполярная).

Açar sözlər: polimer, yarımkeçirici, mexaniki xassələr, volt-ampere xarakteristikası, varistor effekti, kompozit, disperqatorun həcmi faizi

Key words: polymer, semiconductor, mechanical properties, current-voltage characteristic, varistor effect, composite, volume percentage of dispersant

Ключевые слова: полимер, полупроводник, механические свойства, вольт-амперная характеристика, варисторный эффект, композит, объемный процент диспергатора

Giriş. Son illərdə yarımkeçirici-polimer kompozitlərinə olan maraq, onların unikal elektrik və mexaniki xassələrinin kombinasiyası sayəsində xeyli artmışdır. Bu materiallar yüksək gərginlikli avadanlıqlarda elektrik sahəsinin tənzimlənməsi və elastik elektron cihazların (o cümlədən varistor tipli qoruyucu elementlərin) inkişaf etdirilməsi üçün mühüm əhəmiyyət kəsb edir.

Bərk cisimlərin əsas sınaq parametrlərindən biri mexaniki möhkəmlik və mikrobərklikdir. Göstərilən parametrlər mexaniki gərginliklərə qarşı cismin müqavimətini və deformasiya qabiliyyətini xarakterizə edir.

Tədqiq edilən kompozitlərin də mexaniki xassələrinin öyrənilməsi və onların xarici mexaniki təsir baxımından davamlılığı əhəmiyyət kəsb edən məsələdir.

Məlumdur ki, möhkəmlik nəzəriyyəsi dağılmanın energetik kriteriyasına və çatların, struktur boşluqlarının ətrafında yaranan lokal yüksək intensivliyə malik gərginliyi hesablamağa imkan verən elastiklik nəzəriyyəsinə əsaslanır.

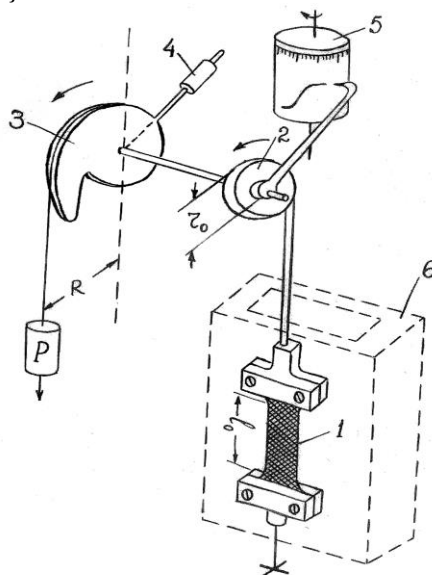
Qeyd edək ki, hal-hazırda polimer materialların tam birmənalı dağılma nəzəriyyəsi mövcud deyildir. Mexaniki dağılma prosesinin nisbətən tam nəzəriyyəsi şüşə və bəzi metallar üçün mövcuddur [1, 3]. Mexaniki dağılma prosesinin tədqiqində Qriffits nəzəriyyəsi mühüm rol oynayır.

Bütün aktiv və passiv kompozitlərdə olduğu kimi kompozit qeyri-xətti müqavimətlər üçün də elektrik və mexaniki xassələrin öyrənilməsi xüsusi əhəmiyyət kəsb edir. Elektrik və mexaniki möhkəmliklərin təyin edilməsi kompozitlərdə varistor effektinin formalaşması zamanı elektron-

ion proseslərinin və fazalararası təsirlərin rolunu öyrənməyə imkan verir. Bunlardan başqa göstərilən makroskopik parametrlərin təyin edilməsi kompozit qeyri-xətti müqavimətlərin istismar rejimlərinin optimallaşdırılmasında da böyük əhəmiyyət kəsb edir.

Məsələnin qoyuluşu. Məqalədə yarımkeçirici və polimer əsaslı kompozit qeyri-xətti müqavimətlərin mexaniki xassələrinin disperqatorun həcmi faizindən və polimer matrisasının növündən (polyar və ya qeyri-polyar) asılı olaraq dəyişməsi tədqiq edilmişdir. Kompozitin komponentləri kimi toz halında yarımkeçirici monokristallik silisiumdan (p-tip Si), polyar polivinildenftoriddən (PVDF) və qeyri-polyar polipropilendən (PP) istifadə olunmuşdur. Qeyri-xətti müqavimətlərin alınması üçün lazım olan monokristallik Si, əvvəlcədən farfor kürəli dəyirməndə dənəciklərinin ölçücü 60 mkm daha kiçik olana qədər üyüdülmüşdür. Kompozitlər, komponentlərin homogen qarışığının 180°C temperatur və 15 MPa təzyiq altında isti preslənməsi yolu ilə alınmışdır. Sintez edilmiş nümunələr buzlu suda möhkəmlətmə üsulu ilə soyudulmuşdur. Tədqiq edilən kompozitlərin tərkibi geniş diapozonda (uyğun olaraq 30-60% Si və 70-40% polimer) dəyişir. Nümunələrin qalınlığı 150 mkm-ə bərabərdir.

Kompozit qeyri-xətti müqavimətlərin mexaniki xassələrini təyin etmək üçün kompozitdən xüsusi kəsiyə malik olan bıçaqla iki pər tipli nümunə kəsilib. Nümunənin işlək hissəsinin uzunluğu 10 mm, eni isə 3 mm-dir. Nümunənin bu quruluşda seçilməsi sınaq zamanı tətbiq olunan gərginliyin nümunənin en kəsiyi üzrə bərabər paylanmasını təmin edir. Kompozit qeyri-xətti müqavimətlərin mexaniki möhkəmliyini təyin etmək üçün şəkil 1-də göstərilən xüsusi qurğudan istifadə edilib. Təcrübə zamanı sınaq temperaturunun və tətbiq olunmuş mexaniki dartma gərginliyinin sabit qalması əsas şərtidir.



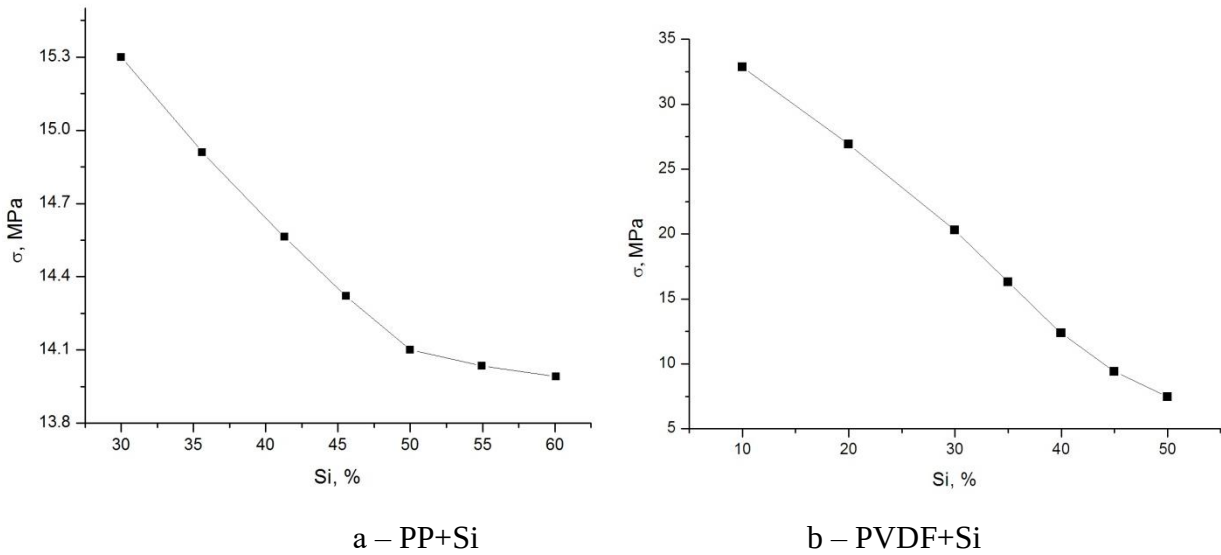
Şəkil 1. Kompozitlərin mexaniki gərginliyini təyin etməklə istifadə edilən qurğu:
1-nümunə; 2-blok; 3- fiqurlu ling; 4-lingin yarada biləcəyi qüvvəni kompensasiya edən yük;
5-saat mexanizmi; 6-temperatur kamerası

Məlumdur ki, mexaniki yaşama müddəti təyin edildikdə nümunə deformasiya edərək uzanır, yəni onun en kəsiyinin sahəsi azalır. Ona görə də deformasiyaya uyğun olaraq tətbiq olunan mexaniki gərginlik azalmalıdır ki, mexaniki qüvvənin nümunənin en kəsiyinin sahəsinə olan nisbəti sabit qalsın. Buna görə də qeyd olunmuş qurğuda fiqurlu lingdən istifadə olunmuşdur.

Gərginliyin sabit qalması üçün nümunəyə tətbiq olunan müxaniki qüvvə fiqurlu ling vasitəsilə ona verilir. Nümunənin en kəsiyinin sahəsi azaldıqca şəkil 1-də göstərilən qüvvənin P qolu azaldığı üçün nümunədə həmişə eyni mexaniki gərginlik yaranır.

Nümunənin deformasiyası fırlana bilən saat mexanizmi vasitəsilə təyin edilir. İstifadə olunan kompozitlərin qalınlığı 150 mkm-ə bərabərdir. Qalınlıq xüsusi optik qalın ölçən cihaz (İZV-2) vasitəsilə 1 mkm dəqiqliklə təyin edilmişdir.

Alınmış nəticələrin analizi. Şəkil 2-də yarımkeçirici Si və müxtəlif polimer əsaslı kompozitlərin mexaniki möhkəmliyinin disperqatorun həcmi faizindən asılılıqları verilmişdir. Şəkillərdən görünür ki, matrisadakı polimerin növündən asılı olmayaraq disperqatorun həcmi faizi artdıqca mexaniki möhkəmlik azalır. Bununla yanaşı mexaniki gərginliyin qiyməti PVDF əsaslı kompozitdə PP əsaslı kompozitə nisbətən 1,5 dəfə çoxdur (şəkil 2). Alınan nəticələri izah etmək üçün nəzərə almaq lazımdır ki, polimerin real quruluşunda defektlər çoxdur və kompozitdə daxili gərginliyin qiyməti də böyükdür. Temperaturun sabit qiymətində nümunəyə nə qədər çox gərginlik verilərsə, kimyəvi əlaqələrin qırılma ehtimalı da bir o qədər çox olar.



Şəkil 2. Si və polimer əsaslı kompozitin mexaniki möhkəmliyinin
disperqatorun həcmi faizindən asılılığı

Qriffits nəzəriyyəsinə [4] görə bu gərginlik çatların artmasına gətirib çıxarır və bunun nəticəsində nümunə dağılır.

Mexaniki möhkəmliyin kinetik nəzəriyyəsinə [3] əsasən kompozitlərdə disperqatorun həcmi faizi artdıqca mexaniki möhkəmliyin azalmasının əsas səbəblərini aşağıdakı kimi izah etmək olar:

1) Kompozitdə disperqatorun hissəcikləri arasındakı polimer matrisanın rolu böyükdür və kompozitin mexaniki möhkəmliyi disperqatorun hissəcikləri arasındakı polimer qatı ilə təyin olunur. Ona görə də disperqatorun həcmi faizi artdıqca kompozitin mexaniki möhkəmliyinin azalması disperqatorun hissəcikləri arasındakı polimer qatının azalması ilə əlaqədardır.

2) Matrisanın (polimerin) makromolekulları arasındakı istilik enerjisi hissəciklər arasında bərabər paylanmadığı üçün bu enerji müəyyən bir hissəyə daha çox düşür və bu da öz növbəsində nümunənin dağılmasının əsasını qoyan çatların yaranmasına səbəb olur. Zaman keçdikcə bu çatlar kompozitdə daha böyük çatlara çevrilir və nəticədə nümunə dağılır.

İş [3]-a əsasən əvəzedicisi nizamsız olan polimerlər amorf olurlar və onların kristallaşma dərəcəsi kiçik olur. Polipropilen polimerinin əvəzləyicisi olmadığı üçün onun kristallaşma dərəcəsi polivinilidenftorid polimerinin kristallaşma dərəcəsi ilə bərabərdir. PVDF polimerində əvəzedici flüor atomları hesabına onların kristallaşma dərəcəsi azdır (50-60%).

Qeyd edək ki, PVDF polimerində flüor atomu üstünlük təşkil edir və elektromənfiyyətə malik olan flüor atomu ilə karbon atomları arasındakı rabitə çox güclüdür (onların parçalanma enerjisi

480 kC/mol-dur). Buna görə də flüor atomları ilə polimer atomları arasındakı rabitəni qırmaq üçün həmin sistemə böyük qüvvə sərf etmək lazımdır. Aldığımız təcrübələr deyilənləri təsdiq edir.

Nəticə. Beləliklə, yarımkəçirici və polimer əsaslı kompozit qeyri-xətti müqavimətlərin mexaniki xassələrinin disperqatorun həcmi faizindən asılı olaraq dəyişməsi tədqiq edilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, matrisası polyar PVDF olan kompozitlərdə, matrisası qeyri-polyar PP olan kompozitlərə nisbətən mexaniki möhkəmliyin çox olmasının əsas səbəbi PVDF polimerində yüksək elektromənfə xassəyə malik flüor atomlarının olmasıdır.

Ədəbiyyat

1. Мустафаев З.Э. Влияние зарядового состояния и межфазного взаимодействия на прочностные свойства композитов на основе полимер-пьезоэлектрик. Канд. дис., 2005, 155 с.
2. Hull and Bacon. Introduction to dislocations". 5th Edition. Butterworth-Heinemann, 2011.
3. Anderson T.L. Fracture mechanics: Fundamentals and applications. 4th Edition, CRC Press, 2017.
4. Suresh S. Fatigue of materials. 2nd Edition. Cambridge University Press, 1998.

Məqalə qəbul olunub: 14.10.25
Təvsiyə edib: prof. Həsənov Y.N.