

ZnO-POLİMER ƏSASLI KOMPOZİT VARİSTORLARIN OPTİMAL SİNTEZ ÜSULUNUN VƏ MEXANİKİ XASSƏLƏRİNİN TƏYİNİ

Ş.M. ƏHƏDZADƏ

Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyasının H.M.Abdullayev adına Fizika İnstitutu

AZ-1143, Bakı, H. Cavid prospekti. 33,

e-mail: ahadzade79@mail.ru

Məqalədə polimer əsaslı kompozit varistorların hazırlanması üçün optimal olan presləmə üsulu təyin edilmiş və ZnO+PE əsaslı kompozit varistorların mexaniki yaşama müddətinin onun mexaniki möhkəmliyindən və kompozitlərin mexaniki möhkəmliyinin doldurucunun həcmi faizindən asılılıqları öyrənilmişdir.

Açar sözlər : kompozit varistorlar, isti presləmə, mexaniki möhkəmlik, yaşama müddəti, ərimə temperaturu, təzyiq.

UOT: 621.315.61

GİRİŞ.

Məlumdur ki, qeyri-xətti keçiriciliyə malik olduğu üçün polyar və qeyri-polyar polimerlər və keramika əsaslı kompozit materiallar energetika sahəsi üçün mühüm əhəmiyyət kəsb edir. Belə materialların tətbiqi ilə yüksək gərginlik xətlərində və yarımstansiyalarda sıçrayışla arta bilən zərərli gərginlik dalğalarının zəifləməsi təmin olunur [8]. Qeyd etmək lazımdır ki, müasir elektrotexnikada əsasən simmetrik volt-ampere xarakteristikasına malik SiC və ZnO materiallarından istifadə olunur. Əgər belə elementi mühafizə etdiyimiz aparata, məsələn transformatora paralel bağlasaq, onda sıçrayışla arta bilən dalğalar zəifləyir və aparat yüksək keçid gərginliklərini hiss etmir. Bütün bu xüsusiyyətləri nəzərə alaraq elektrotexnika sahəsində ZnO və polimer yarımkeçirici kompozit varistorlarından geniş istifadə olunur.

Bu cür kompozit materialların hazırlanması zamanı texnoloji rejimlərin düzgün seçilməsi əsas məsələlərdən biridir.

Polimer əsaslı kompozit varistorların alınması üçün əsasən aşağıdakı texnoloji metodlardan istifadə olunur:

- isti presləmə;
- ekstruziya;
- kalandırlama;
- məhluldan çökdürmə [1].

Göstərilən metodların tətbiqi son nəticədə kompozitə qoyulan tələbdən asılıdır [3, 4]. Polimer əsaslı kompozit materialların hazırlanması üçün texnoloji üsula aşağıdakı tələblər qoyulur:

- 1) kompozit məsaməli olmalıdır;
- 2) polimer və varistor fazaların nümunədə paylanması bircins olmalıdır;
- 3) alınma prosesinin mərhələləri mümkün qədər az və qısa müddət ərzində olmalıdır;
- 4) kompozitlərin qalınlıqları eyni olmalıdır;
- 5) kompozitlərin alınması ekspress olmalıdır;
- 6) eyni şəraitdə alınmış nümunələrin elektrofiziki, fiziki-mexaniki xassələrinin təkrarlılığı təmin olmalıdır.

İsti presləmə metodundan başqa digər metodlar göstərilən tələbləri tam ödəmir. Məsələn, kompozit varistorlar üçün çox vacib olan məsaməsiz nümunələri

məhlulda çökdürməklə almaq mümkün deyil. Ekstruziya və kalandırlama metodları ilə kompozitlərin alınması zamanı polimer qeyri-üzvi fazanın (ZnO) həcmi faizini yalnız 25-35% götürmək olar: kimyəvi metodla kompozitlərin alınması isə kompozitlərin tərkibində kiçik molekullu birləşmələrin yaranmasına səbəb olur. Ona görə də, işimizdə əsasən isti presləmə metodu ilə kompozitlərin alınması nəzərdə tutulmuşdur. İsti presləmə metodu, məlum olduğu kimi, polimer kompozitlərin təzyiq və temperaturunun birgə təsiri şəraitində kristallaşmasıdır.

İsti presləmə ekspress metodudur, optimal rejimlərin müxtəlif kompozitlər üçün tez seçilməsinə imkan verir. İsti presləmə metodu ilə kompozit varistorların sıxlığını tətbiq edilən təzyiqin hesabına artırmaq olar. İsti presləmə rejiminin parametrləri presləmə təzyiqi (P_{pr}), presləmə temperaturu (T_{pr}) və presləmə müddətidir (τ_{pr}). Kompozit varistorların presləmə temperaturu əsasən matrisa kimi götürdüyümüz polimerin ərimə temperaturuna yaxın olduğu üçün, varistor fazası olan keramikalarda struktur dəyişiklikləri baş verə bilməz.

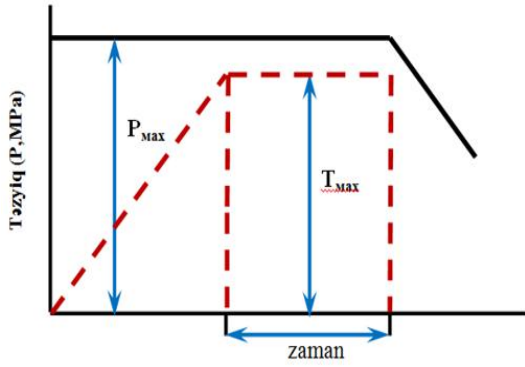
Beləliklə, həm ədəbiyyat, həm də bizim nəticələrimiz göstərir ki, isti presləmə metodu kompozit varistorlar üçün optimal parametrlərin alınmasını və onların məqsədəuyğun şəkildə variasiyasını təmin edir.

İsti presləmə metodu kompozit varistorların tətbiq sahələrini artırır, məsələn, isti presləmə metodu ilə qalınlığı müxtəlif olan nümunələrin alınması kompozit varistorlar əsasında işləyən yüksək gərginlik aparatlarında keçid gərginliklərini məhdudlaşdıran elementlər hazırlana bilər.

İşdə qarşıya qoyulan məqsəd, daha optimal metod olan isti presləmə üsulundan istifadə etməklə, polimer əsaslı kompozit varistorların hazırlanması və alınmış nümunələrin mexaniki xassələrinin təyin edilməsidir.

TƏCRÜBİ HİSSƏ VƏ NƏTİCƏLƏRİN MÜZAKİRƏSİ.

İsti presləmə metodunun tətbiqində, (P_{pr}), (T_{pr}) və (τ_{pr}) parametrlərinin optimal seçimi ilə yanaşı, təzyiqin verilmə rejiminin təyini də çox mühüm məsələdir. Şəkil 1-də temperatur və təzyiqin verilmə rejimi göstərilmişdir.



Şəkil 1. Temperatur və təzyiğin verilməsi.

Nümunələrin alınmasında təzyiğin aşağıdakı verilmiş rejimlərdən istifadə edilmişdir:

a) pres-ovuntuya otaq temperaturunda təzyiq verilməyi və sistemin temperaturu (T_{or}), polimerin ərimə temperaturuna qədər qaldırılıb, yəni prosesə izobarik xarakter verilib;

b) nisbətən qalın nümunələrin (>150 mkm) alınması zamanı kristallaşmanın biricinsliyi üçün əvvəlcə temperatur (ərimə temperaturuna qədər), sonra isə təzyiq yavaş-yavaş qaldırılır.

İsti presləmə zamanı nümunəyə tətbiq olunan təzyiq 5÷15 Mpa intervalında dəyişmişdir. Tətbiq olunan təzyiq maksimal həddə çatdıqdan sonra $\tau_{max}=5$ dəqiqə saxlanılır. τ_{max} müddəti təcrübə olaraq seçilir və kompozit varistora qoyulan tələblərdən asılıdır. Presləmə təzyiqinin göstərilən həddən sonrakı artımı kompozitin parametrlərinə əhəmiyyətli dərəcədə təsir etmir və texniki çətinliklər yaradır. $\tau_{max}=5$ dəqiqə götürmək isə kompozitin alınmasının səbəbsiz uzadılmasına gətirir.

Cədvəl 1-də kompozitlərin alınmasında matrisa kimi istifadə olunan polimerlərin preslənmə rejimləri göstərilmişdir.

Cədvəl 1.

Kompozitlərin preslənmə rejimi

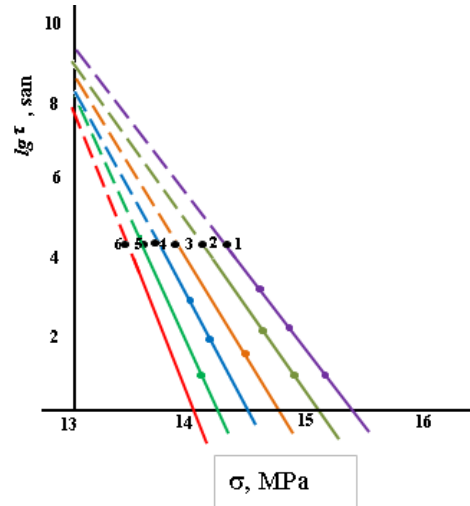
Polimer	Poliyeten (PE)	Polivinilidenftorid (F2M)
T_{or} , K	443–453	463–483
P_m , MPa	10	15

Polimer əsaslı kompozit varistorların alınması üçün hidravlik presdən istifadə edilmişdir. Presin aşağı meydanına və tavanına səthləri cilalanmış və qızdırıcı sistem ilə təmin edilmiş puansonlar birləşdirilmişdir. Yuxarı puanson diametri 8 mm olan şarın üzərində qarmaq vasitəsilə yerləşdiyi üçün, sərbəstliyə malikdir və bunun nəticəsində aşağı puansonla paralellik əldə olunur. Puansonlar arasındakı məsafə xüsusi istiqamətvericilər vasitəsilə tənzim olunur. Polimer əsaslı kompozit varistorların alınmasının ilkin mərhələsi biricinsli pres-ovuntunun alınması və onu xüsusi formalı qəlibə yerləşdirilməsidir. Nümunənin qalınlığı qəlibdə olan məhdudlaşdırıcılar vasitəsilə təyin olunur.

Kompozit varistorların alınmasının sonrakı mərhələsi nümunəyə elektrodların çəkilməsidir. İsti presləmə metodu ilə qalınlığı 7-30 mkm olan alüminium folqa elektrod kimi asanlıqla nümunənin üzərinə çəkilir. Elektrodlar kimi çox zaman keçiriciliyi yüksək olan xüsusi pastalardan da istifadə olunur.

İşdə hazırlanmış polimer əsaslı kompozit nümunələrin mexaniki xassələri təyin olunmuşdur. Polimer əsaslı kompozit nümunələrin mexaniki xassələrini təyin etmək üçün, kompozitdən xüsusi kəsiyə malik olan bıçaqla iki pər tipli nümunə kəsilir. 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. Nümunələrin mexaniki xassələrini təyin etmək məqsədi ilə polimer materiallar üçün qəbul edilmiş $\tau = \tau_0 e^{k/T}$ formulundan istifadə olunur. [3, 8].

Bunun üçün əvvəlcədən təyin edilmiş temperaturda nümunələrin mexaniki yaşama müddətinin tətbiq olunan mexaniki gərginlikdən asılılığı qurulmuşdur. Götürülmüş hər bir mexaniki gərginlik üçün ən azı 5-6 nümunə sınaqdan keçirilir. Sonra isə mexaniki yaşama müddətinin loqarifminin mexaniki gərginliyin qiymətindən asılılıq qrafiki qurulmuşdur (şəkil 2) [1, 9].



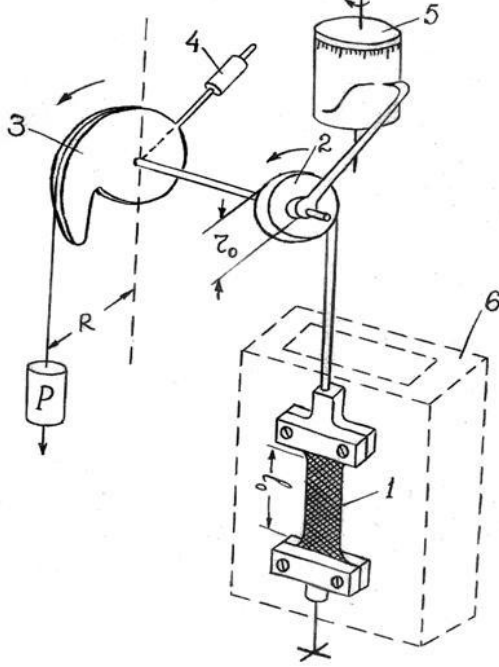
Şəkil 2. ZnO+PE əsaslı kompozit varistorların mexaniki yaşama müddətinin onun mexaniki möhkəmliyindən asılılığı:

- 1-30 %C+70% PE
- 2- 35% C+65% PE
- 3- 40% C+60% PE
- 4-45 %C+55% PE
- 5-50 %C+50% PE
- 6-60 %C+40% PE

Aparılan təcrübə nəticələri göstərir ki, $lg \tau = \Phi(\sigma)$ asılılığı düz xətlidir. Bu, $lg \tau = 0$ anı üçün, yəni $\tau = 1$ saniyə müddətində mexaniki dağılma gərginliyini təyin etməyə imkan verir.

Kompozit varistorların mexaniki möhkəmliyini təyin etmək üçün, şəkil 3-də göstərilən xüsusi qurğudan istifadə edilmişdir. Sınaq zamanı sınaq temperaturunun və tətbiq olunmuş mexaniki dartma gərginliyinin sabit qalması əsas şərtidir. 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 istifadə etdiyimiz qurğuda fiqurlu lingdən istifadə olunmuşdur (şəkil 3).



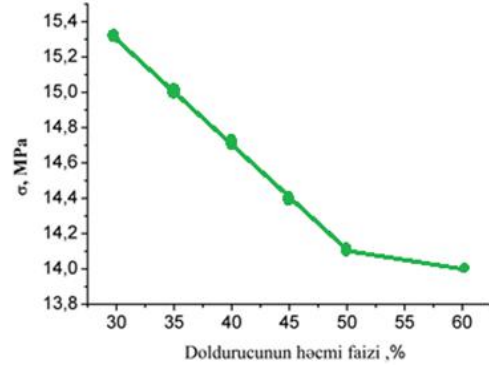
Şəkil 3. Kompozitlərin mexaniki möhkəmliyini təyin etmək üçün istifadə edilən qurğu. 1- nümunə; 2- blok; 3- fiqurlu ling; 4- lingin yarada biləcəyi qüvvəni kompensasiya edən yük; 5- saat mexanizmi; 6- temperatur kamerası.

Gərgunliyin sabit qalması üçün nümunəyə tətbiq olunan mexaniki qüvvə fiqurlu ling vasitəsilə verilir.

Şəkil 3-də kompozitlərin mexaniki gərginliyini təyin etmək üçün istifadə olunan qurğu göstərilmişdir. Nümunənin en kəsiyinin sahəsi azaldıqca, şəkildə 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 180mkm- yə bərabərdir. Qalınlıq xüsusi optik qalınlıq

ölçən cihaz (İZV-2) vasitəsilə 1 mkm dəqiqliklə təyin edilmişdir.

Şəkil 4-də ZnO+PE əsaslı kompozit varistorların mexaniki möhkəmliyinin doldurucunun həcmi faizindən asılılığı verilmişdir.



Şəkil 4. ZnO+PE əsaslı kompozit varistorların mexaniki möhkəmliyinin doldurucunun həcmi faizindən asılılığı.

Şəkil 4-dən görünür ki, doldurucunun həcmi faizi artdıqca, kompozitlərin mexaniki möhkəmliyi azalır. Bu, onunla izah olunur ki, kompozitə vurulan doldurucunun həcmi faizi artdıqca, kompoziti təşkil edən digər fazanın, yəni polimer qatının qalınlığı azalır. Buna görə də, nümunədə mexaniki möhkəmliyin azalmasına səbəb olan kövrəklik yaranır [2, 5, 6, 7].

NƏTİCƏ.

Təcrübə tədqiqatları nəticəsində sintez olunmuş polimer əsaslı kompozit varistorların hazırlanması üçün əlverişli olan presləmə üsulu təyin olunmuş və ZnO+PE əsaslı kompozit varistorların mexaniki yaşama müddətinin onun mexaniki möhkəmliyindən, kompozitlərin mexaniki möhkəmliyinin doldurucunun həcmi faizindən asılılıqları öyrənilmişdir. Məlum olmuşdur ki, kompozit varistorların alınması zamanı istifadə olunan ən yaxşı texnoloji üsul isti presləmə üsuludur. Həmçinin, təyin olunmuşdur ki, doldurucunun həcmi faizi artdıqca, kompozitlərin yaşama müddəti və mexaniki möhkəmliyi azalır.

- [1] A.M. Həşimov, K.B. Qurbanov, Ş.M. Həsənlı, R.N. Mehdizadə, Ş.M. Əzizova (Əhədžadə), X.B. Bayramov. Nazik təbəqəli kompozit varistorun hazırlanma üsulu. Azərbaycan Respublikası Standartlaşdırma, Metrologiya və Patent üzrə dövlət Agentliyi | 2007 0172.
- [2] A.M. Гашимов, Ш.М. Гасанли, Р.Н. Мехтизаде, Ш.М. Азизова (Ахадзаде), Х.Б. Байрамов. ЖТФ, 2007, том 77, вып.8.с.121.
- [3] В.Р. Регель, А.И. Слуцкер, Э.Е. Томашевский. Кинетическая теория прочности твердых тел. М.: Наука, 1974, 560 с
- [4] H. Bidadi, Sh.M. Azizova, Sh.M. Gasanli, R.N. Mehtizadeh, M.R. Allazov, A.S. Bondyakov. Electro physical characteristics of composite

varistors. International Conference on Composite Science & Technology, American University of Sharjah. 2005, p. 266.

- [5] A.M. Hashimov, Sh.M. Hasanli, R.N. Mehtizadeh, Kh.B. Bayramov, Sh.M. Azizova (Ahadzade). Physica Status Solidi (PSS), 2006, (c) 3, N8, p.2871-2875.
- [6] A.M. Hashimov, Sh. M.Hasanli, R. N.Mehtizadeh, Kh. B.Bayramov, Sh. M.Azizova (Ahadzade). Kyoto, Japan. 2006, p. 29.
- [7] A.M. Hashimov, Sh.M. Hasanli, R.N. Mehdizadeh, H.B. Bayramov, Sh.M. Azizova (Ahadzade). Features of electro physical characteristics of zinc oxide and polymer based composite varistors. TPE-2006 Conference Proceeding third

- international Conference on Technical and Physical problems in Power Engineering, Ankara, Turkey, 2006, p. 65.
- [8] *M.Ə. Qurbanov, M.Q. Şaxtaxtinski, A.İ.Məmmədov, M.M.Quliyev, İ.A. Fərəczadə.* AMEA Fizika İnstitutu, Energetikanın problemləri, №2, 2000, s.68-63.
- [9] *Whu Wen-Hwa , Lin Chiung-Chih, Lee Woei-Shyong, Sun Chang-Chun.* Ceramics International, 2008, Vol. 34, p.131-136.

Sh.M. Ahadzade

DEFINITION OF THE OPTIMAL SYNTHESIS METHOD AND MECHANICAL PROPERTIES OF COMPOSITE VARISTORS BASED ON ZnO-POLYMER

In the work, the optimal pressing method for the synthesis of composite varistors was established and the dependences of mechanical durability on mechanical strength and mechanical strength on the percentage of filler were studied. It was established that for the synthesis of composite varistors the optimal technological method of pressing is hot pressing. It was also revealed that with an increase in the percentage of filler, the mechanical durability and strength of the composite varistors decrease.

Ш.М. Ахадзаде

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО МЕТОДА СИНТЕЗИРОВАНИЯ И МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КОМПОЗИТНЫХ ВАРИСТОРОВ НА ОСНОВЕ ZnO-ПОЛИМЕР

В работе определен оптимальный метод прессования для синтезирования композиционных варисторов и изучены зависимости механической долговечности от механической прочности и механической прочности от процентного содержания наполнителя.

Установлено, что для синтезирования композиционных варисторов оптимальный технологический метод прессования - это горячее прессование. А также выявлено, что при увеличении процентного содержания наполнителя уменьшается механическая долговечность и прочность композиционных варисторов.

Qəbul olunma tarixi: 01.10.2019