

POLİMERİK YALITKANLARDA YÜZEY ÖZELLİKLERİNİN TEMAS AÇISI İLE İNCELENMESİ

CONTACT ANGLE STUDY ON SURFACE PROPERTIES OF POLYMERIC INSULATORS

Aysel ERSOY¹, Ayten KUNTMAN²

^{1,2} İstanbul Üniversitesi Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü
Avcılar, 34320, İstanbul

¹aersoy@istanbul.edu.tr, ²akuntman@istanbul.edu.tr

Özet

Bu çalışmada elektrik endüstrisinde kullanılan polyeşter yalıtkanın kullanım ömrüne boraks katkısının örneğın yüzey özelliklerine olan etkisi temas açısı ölçümleri ve yüzey gerilimlerinin hesaplanması ile incelenmiştir. Farklı oranda boraks katkılı polyeşter örnekler elektrolit çözeltide bekletilmiştir. Deneysel sonuçlara göre yüzey gerilimleri hesaplanmıştır. Boraks katkılı örneklerin temas açısı ve yüzey gerilimi değerleri katkı oranı arttıkça azalmıştır. Benzer olarak yalıtkan örneklerin çözeltide kalma süresi uzadıkça katkısız ve katkılı tüm örneklerde su tutma yeteneğinin zayıflaması nedeni temas açısı ve yüzey gerilimi değerleri azalmıştır. Yani çözeltinin içinde bekletilen yalıtkan örnekler zamanla suyu emmiş ve yalıtkanlık özelliği bozulmuştur.

Abstract

In this study surface properties of polyeşter insulators used in electrical industry is investigated with contact angle measurements and surface tension calculations according to borax concentrations. Polyeşter samples with different borax concentrations exposed to electrolyte solution. Surface tension values are calculated according to the experimental results. Polyeşter samples contact angle and surface tension values decreased with increasing the borax concentration. Similarly for pure and borax added samples hydrophobic properties getting weaker according to time that sample stay in electrolyte solution and their contact angle and surface tension values decreased. In other words insulator samples wait in electrolyte absorbs water and the insulation properties get worse.

1. Giriş

Günümüzde, elektriğın iletiminde, yalıtkan malzeme olarak polimerlerin kullanım alanları her geçen gün artmaktadır. Polimerik yalıtkanlar yaygın olarak alçak ve orta gerilim hatlarında ve transformatörlerde yalıtım amaçlı kullanılmaktadır. Polimerik yalıtkanların kullanım ömürlerini belirlemede yüzey özellikleri önemli bir parametredir. Yüzey özelliklerini belirlemede kullanılan yöntemlerden biride yüzeyin su tutma (hidrofob), su emme (hidrofil) gibi

özelliklerinin belirlenmesidir. Polimerik yalıtkanların hidrofob ya da hidrofil olduğunun belirlenmesi temas açısı ölçümü ile mümkün olmaktadır [1-5].

Polimerik yalıtkanların su tutma davranışı iyileştirilerek enerji boşalmalarındaki davranışının iyileştirilmesi yoluna gidilmektedir. Bu amaçla yapılmış çalışmalarda alçak seviyedeki enerji boşalmalarında polimerik malzemenin yüzeyine silikon kauçuk sürülerek malzemenin hidrofobluk özelliğinin arttığı fakat; yüksek enerjili boşalmalarda aynı sonucun gözlenmediği görülmüştür [2-3].

Temas açısı ile yapılan çalışmalar yalıtkanın yalnız hidrofob karakteristiğini belirtmekle kalmayıp, aynı zamanda yüksek gerilim altında kullanılan yalıtkanlarda, su damlalarının yalıtkan üzerine uygulanabilecek DC elektrik alan değışimi hakkında bilgi edinmek içinde kullanılmaktadır [4].

İnorganik porselen ve cam yalıtkanlar yağışlı havalarda hidrofilik karakterleri nedeni ile zayıf elektriksel performanslara sahiptirler. Bu noktada polimerik yalıtkanlar hidrofobik karakterleri ile oldukça iyi elektriksel performans gösterirler. Buna karşın hidrofobik özellikleri korona deşarjı, kirlilik, toz ve kuru band deşarjları nedeni ile gecici olarak kaybolabilmektedir. Polimer yalıtkan yüzeyinde korona deşarjı sonrası hidrofobik özelliğın geri kazanıldığı ve elektriksel performansın korunduğı yapılan çalışmalarda gözlenmiştir [5-10].

Bu çalışmada laboratuvar koşullarında boraks katkılı polyeşter örnekler elektrolit çözeltide bekletilmiş ve temas açısı değışimleri gözlemlenmiştir. Hazırlanan deney sisteminde diğeri dış etkenler(nem, sıcaklık, sıvı miktarı) sabit tutulmuştur.

2. Malzeme ve Yöntem

Bu çalışmada katkısız ve %0.1, %0.2 ve %0.3 oranında boraks katkılı polyeşter örneklerin su emme davranışları incelenmiştir. Hazırlanan örnekler 1 litre saf su içine % 0.1 amonyum klorür katılarak hazırlanan elektrolit çözeltide bekletilmiştir. Örneklerin temas açılarının değışimleri belirli zaman aralıklarında elektrolit çözeltiden çıkarılması ile incelenmiştir. Ölçülen temas açısı değerleri ile polyeşter örneklerin yüzey gerilimi değeri hesaplanmıştır.

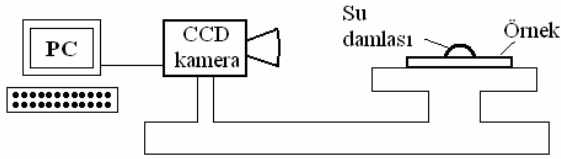
2.1. Temas Açısının Ölçülmesi

Katı bir yüzeye sıvı damlatıldığında damla yüzeyde yayılır. Su damlasının şekli damlatılan katı malzemenin fiziksel ve kimyasal özelliklerine göre şekil alır. Su damlası hareket edene kadar 3 fazın yüzey gerilimleri toplamı sıfırdır. Yüzey gerilimi ve temas açısı arasındaki bağıntı aşağıda verilmektedir.

$$\cos \theta_c = \frac{\gamma_{GS} - \gamma_{LS}}{\gamma_{GL}} \quad (1)$$

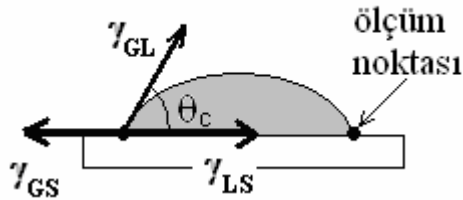
Burada θ_c , temas açısı γ_{GS} , gaz-sıvı arasındaki yüzey gerilimi, γ_{LS} sıvı-katı yüzey gerilimi ve γ_{GL} gaz-sıvı yüzey gerilimidir. Katı yüzeyler yüksek veya düşük enerjili olarak karakterize edilirler. Yüksek enerjili yüzeylerde su yüzeyde düzgün olarak dağılarak ince bir film oluşturur. Bu durumda temas açısı sıfırdır ve yüzey tamamen ıslanır ve hidrofilik denir. Benzer olarak düşük enerjili yüzeylerde su damlaları ayrı ayrı yerleşirler. Bunlarda temas açısı ($> 90^\circ$) ve yüzey hidrofobiktir. Su damlacıkları düşük enerjili yüzeylerden ayrılmaya çalışır.

Temas açısının ölçmek amacıyla hazırlanan polyester örnekler damlatma tekniği ile NRLCA model Goniometer kullanılarak ölçülmüştür. Temas açısı ölçümlerinin örnek üzerindeki damla hacminden bağımsız olduğu, yapılan diğer çalışmalarda görülmüştür[5]. Bu nedenle bu çalışmada örnek yüzeylerine damlatılan damla hacim değerleri belirtilmemiştir.



Şekil 1: Temas açısının ölçülmesi için deney düzeneği

Temas açılarının ölçülmesi için kullanılan test düzeneği Şekil 1'de verilmiştir. Deiyonize su damlatılan polimer yüzeyin fotoğrafı CCD kamera kullanılarak çekilmiştir. Kamera çıkışı temas açısının ölçümü için bilgisayara bağlanmıştır. Alınan görüntü üzerinden Şekil 2'de görüldüğü gibi sağından ve solundan damlanın yüzeyle yaptığı temas açısı ölçülmüş, ortalaması alınmıştır. Elektrolit çözelti içerisinde bekletilen örnekler belirlenen zaman aralıklarında çözeltiden çıkarıldıktan sonra asetil salisilik asit ile yıkanmış 24 saat bekletildikten sonra ölçümler gerçekleştirilmiştir.



Şekil 2: Temas açısının (θ_c) bulunması

2.2. Yüzey Geriliminin Bulunması

Bir sıvının yüzey gerilimi; yüzey üzerinde sıvının yüzey genişlemesine zıt olan birim uzunluk başına kuvvettir. Bu çalışmada γ_{GS} katı gaz arasındaki yüzey gerilimi değeri, γ_{GL}

gaz sıvı arasındaki yüzey gerilimi değerleri, [11]'den alınmıştır ve değerleri aşağıda verilmiştir.

$$\gamma_{GS} = 51.2 \text{ erg/cm}^2$$

$$\gamma_{GL} = 72,9 \text{ erg/cm}^2$$

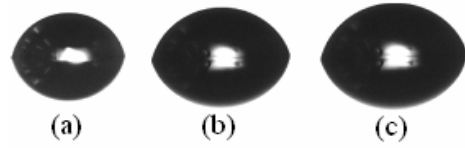
Ölçülen temas açısı değerleri ve (1) bağıntısından yararlanarak γ_{SL} katı-sıvı arasındaki yüzey gerilimi değeri hesaplanmıştır.

3. Bulgular

3.1. Temas Açısı Ölçümleri

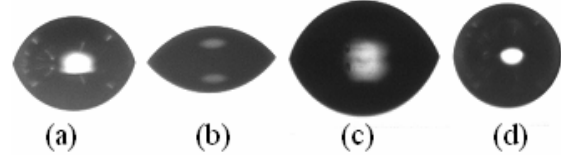
Laboratuar ortamında hazırlanan örneklerin pişirme sonrası temas açıları ölçülmüştür. Şekil 3 ve 4'de katkısız ve katkılı polyester örneklerin ölçülen temas açılarının görüntüleri verilmiştir.

1. SET



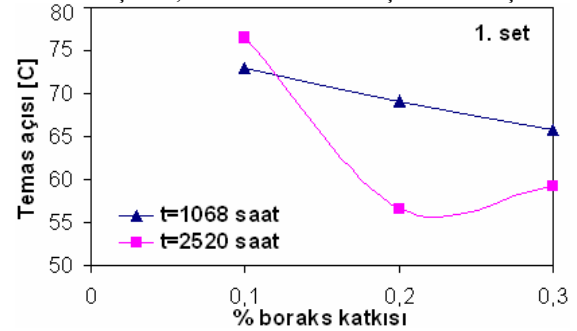
Şekil 3: Oluşturulan ilk setin temas açıları [(a) %0.1 katkılı örneğin temas açısı (b) %0.2 katkılı örneğin temas açısı (c) %0.3 katkılı örneğin temas açısı]

2. SET



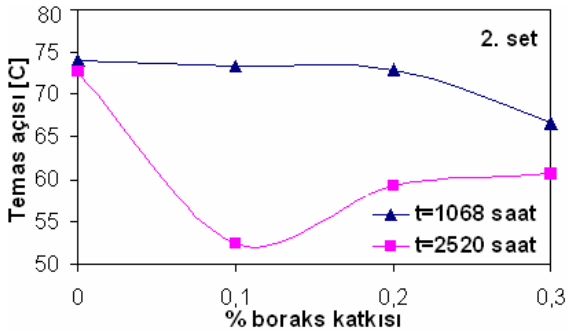
Şekil 4: Oluşturulan 2. setin örneklerinin temas açıları [(a) katkısız örneğin temas açısı (b) %0.1 katkılı örneğin temas açısı (c) %0.2 katkılı örneğin temas açısı (d) %0.3 katkılı örneğin temas açısı]

Temas açıları ölçülen örnekler daha sonra ağırlıkça %0.1 oranında amonyum klorür içeren saf su ile hazırlanmış elektrolit çözelti içerisinde 1068 saat ve 2520 saat bekletilerek temas açısındaki değişimleri gözlemlenmiştir. 1. set için temas açısı değerlerinin değişimi Şekil 5'de verilmiştir. Polimerik yalıtkanın temas açısı değeri 1. set için çözelti içinde kalma süresi uzadıkça %0,1 bor katkılı örnek dışında azalmıştır.



Şekil 5: 1. setin polimerik yapılan boraks katkı oranı ile temas açısı değerlerinin değişimi

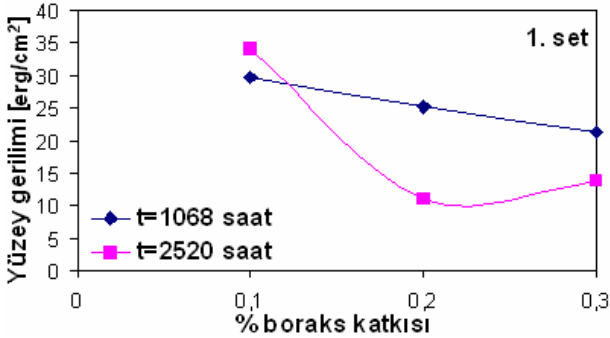
2. Setin temas açısının polimer yalıtıkana yapılan boraks katkı oranı ile değişimi Şekil 6'da verilmiştir.



Şekil 6: 2. setin polimere yapılan boraks katkı oranı ile temas açısı değerlerinin değişimi

Katkısız ve boraks katkılı polimerik örnekler için Şekil 6'dan da görüleceği üzere 2520 saat çözeltide bekletilen örneklerin temas açısı değerleri 1068 saat çözeltide bekletilen örneklerin temas açısı değerlerine göre azalmıştır.

3.2. Yüzey Geriliminin Bulunması



Şekil 7 : 1. sete ait yüzey gerilimi değerlerinin t=1068 saat ve t=2520 saat için boraks konsantrasyonu ile değişimi

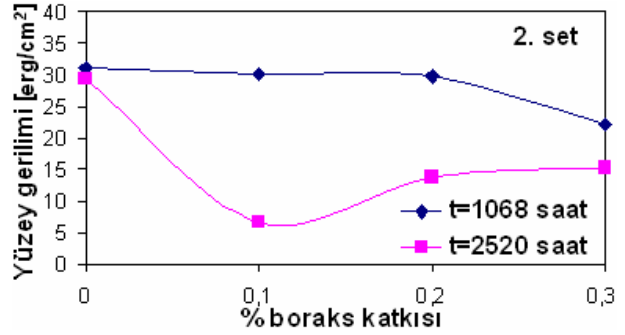
Şekil 7'de 1. sete ait boraks katkılı örneklerin yüzey geriliminin zamanla değişimi çizilmiştir. Yüzey geriliminin değişimi, örneğin temas açısı değerlerinin değişimi ile paralellik göstermektedir. Tablo 3'de 1. setin deneyin başlangıcında ve 168 saat sonra yapılan temas açısı ölçümlerine göre hesaplanan yüzey gerilimi değerleri görülmektedir. Tablo 3'den de görüleceği üzere 1 sette yer alan boraks katkılı örneklerin yüzey gerilimleri çözelti içerisinde kalma süreleri uzadıkça azalmıştır.

Tablo 3: 1. setin yüzey geriliminin zamanla değişimi

Katkı oranı	Yüzey gerilimi (t=0)	Yüzey gerilimi (t=168)	Yüzey gerilimi (t=1068)	Yüzey gerilimi (t=2520)
%0.1	38,8	36,8	29,7	34,1
%0.2	35,1	25,6	25,13	11,01
%0.3	37,1	33,2	21,35	13,8

Şekil 8'de 2. sette yer alan katkısız ve boraks katkılı örneklerin yüzey gerilimi görülmektedir. Temas açısı değerleri ve (1) bağıntısı kullanılarak yapılan hesaplamalar sonucu bu grafiğinde temas açısı değişimi ile aynı paralellikte seyrettiği gözlenebilmektedir. 1. sette olduğu gibi burada

örneklerin çözelti içerisindeki bekleme süresi uzadıkça yüzey gerilimleri azalmıştır. Özellikle boraks katkılı örneklerde bu azalma katkısız örneklere göre daha fazla gerçekleşmiştir.



Şekil 8 : 2. sete ait yüzey gerilimi değerlerinin t=1068 saat ve t=2520 saat için boraks konsantrasyonu ile değişimi

Tablo 4: 2.setin yüzey geriliminin zamanla değişimi

Katkı oranı	Yüzey gerilimi (t=0)	Yüzey gerilimi (t=24)	Yüzey gerilimi (t=1068)	Yüzey gerilimi (t=2520)
Katkısız	55,01	29,6	31,04	29,4
%0.1	1,66	8,69	30,2	6,77
%0.2	26,8	44,75	29,7	13,9
%0.3	37,9	49,3	22,2	15,37

Tablo 4'te 2. setteki örneklerin deneyin başlangıcında, 24 saat, 1068 saat ve 2520 saat çözeltide bekledikten sonra ölçülen temas açılarına göre hesaplanan yüzey gerilimi değerleri verilmiştir. 2 .setteki %0.1 oranında boraks katkılı örneğin yüzey gerilimi t=1068 artmıştır. %0.2 boraks katkılı örneğin yüzey geriliminin zamanla temas açısı azaldıkça yüzey geriliminin azaldığı gözlenebilmektedir. 2 setteki %0.3 katkılı örneğin yüzey gerilimi-zaman grafiğinde 24. saatteki temas açısı ölçümüne göre yapılan hesaplardan elde edilen yüzey gerilimi değeri çok büyük çıkmıştır. Genel olarak temas açısı azaldıkça yüzey geriliminin azaldığı görülmüştür.

4. Sonuç

Bu çalışmada her bir örneğin elektrolit çözeltide bekleme sürelerine göre temas açıları ölçülmüş ve temas açısına bağlı olarak yüzey gerilimi değerleri hesaplanmıştır. yapılan deneysel çalışmada elektrolit çözelti içerisinde bekletilen örneklerin zamanla hidrofob özelliğinin zayıfladığı gözlenmiştir. Ayrıca yapılan çalışma sonucunda boraks katkısı ile polyester örneklerin temas açısı ve yüzey gerilimi değerlerinin katkısız örneklere göre daha fazla azaldığı gözlemlenmiştir.

Daha önce yapmış olduğumuz çalışmalarda polyester yalıtıkana boraks katkısının iz oluşumuna ve yalıtıkana olumlu etki yaptığını rapor edilmişti[12]. Fakat su tutma özelliği ile ilgili yapılan çalışmada elektrolit çözelti içerisinde bekletilen boraks katkılı örneklerin yüzey gerilimi değerlerindeki değişimin katkısız polyester örneklere göre oldukça azaldığı gözlenmiştir. Bu çalışma ile polyester yalıtıkana hidrofob özelliğinin boraks konsantrasyonu ile azaldığı, alev alma dayanımını arttırsa dahi yer altı ya da su altı yalıtım sistemlerinde boraks katkılı polyesterlerin

kullanımı alanı bulma olasılığının zayıflatıldığı bu anlamda kullanımının dezavantaj sağladığı gibi bir sonuç gözlenmiştir.

5. Kaynaklar

- [1] A. Shastry, A. Epilepsia, M. J. Case, S. Abbasi, and K. F. Böhringer, 2006, "Bounds on contact angle hysteresis of textured super-hydrophobic surfaces", in Proc. MicroTAS, pp. 122-124.
- [2] D. T. Eddington, J. P. Puccinelli, D. J. Bebe, 2006, "Thermal aging and reduced hydrophobic recovery of polydimethylsiloxane", Sensors and Actuators B, Vol.114, pp. 170-172.
- [3] J. Kim, M. K. Chaudhury, M. J. Owen, T. Orbeck, 2000, "The Mechanisms of Hydrophobic Recovery of Polydimethylsiloxane Elastomers Exposed to Partial Electrical Discharges", Journal of Colloid and Interface Science, Vol. 226, pp. 231-236
- [4] C. Roero, Contact angle measurements of sessile drops deformed by a DC electric field, High Voltage Laboratory, Swiss Federal Institute of Technology, CH-8092 Zürich, Switzerland.
- [5] Waluyo, P. M. Pakpahan, Suwarno, 2006, Influences of water droplet size and contact angle on the electric field and potential distributions on an insulator surface, 8th International Conference on Properties and applications of Dielectric Materials, pp.889-892.
- [6] S. M. Gubanski and A. E. Vlastos, "Wettability of naturally aged silicone and EPDM composite insulators", IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 5, No. 3, pp. 1527-1535, 1990.
- [7] D. H. Han, H. Y. Park, D. P. Kang and H. G. Cho, "Effects of added silicone oils on the surface characteristics of silicone rubber", IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation, Vol. 9, No. 2, pp. 323-328, 2002.
- [8] S. H. Kim, E. A. Cherney and R. Hackam, "Hydrophobic behaviour of insulators coated with RTV silicone rubber", IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation, Vol. 27 No. 3, pp. 610-622, 1992.
- [9] N. D. Geyter, R. Morent and C. Leys, "Surface modification of a polyester non-woven with a dielectric barrier discharge in air at medium pressure", Surface and Coatings Technology, Vol. 201, pp. 2460-2466, 2006.
- [10] D. Y. Kwok, T. Gietzelt, K. Grundke, H.-J. Jacobasch, and A. W. Neumann, 1997, Contact Angle Measurements and Contact Angle Interpretation. 1. Contact Angle Measurements by Axisymmetric Drop Shape Analysis and a Goniometer Sessile Drop Technique, American Chemical Society, Vol 13, pp. 2880-2894.
- [11] <http://kimya.us/genel-konular/yuzey-ve-ara-yuzey-gerilimleri.html>
- [12] A. Ersoy, M. Ugur, A. Kuntman, İ. Güneş, A Study on the Insulation Capacity of Polymeric Composite Materials Blended with Boron Minerals, Istanbul University – Journal of Electrical & Electronics Engineering, Vol.7, No.1, pp.367-371, 2007