

ANOT TARAFI ELEKTROSPİN METODU İLE YSZ+SDC+NaCaNiBO İLE KAPLANMIŞ PEM YAKIT HÜCRESİNİN PERFORMANSININ DENEYSEL OLARAK İNCELENMESİ

Kevser DİNCER*, Oğuzhan ŞAHİN*, Salih YAYLA*, Ahmet AVCI*

*Selçuk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Konya,
Türkiye,

dincer@selcuk.edu.tr, oguzhansahin034@hotmail.com, salh_yayla@hotmail.com,
aavci@selcuk.edu.tr

Özet

Bu çalışmada, PEM yakıt hücresinin anot tarafı elektrospin yöntemi ile YSZ+SDC+NaCaNiBO ile kaplanmış ve PEM yakıt hücresinin performansı deneysel olarak incelenmiştir. 0,1 gr YSZ; 0,1 gr SDC; 0,1gr NaCaNiBO; 10 mL metanol ile bir solüsyon hazırlanmıştır. Bu solüsyondan alınarak, elektrospin metodu ile PEM yakıt hücresinin hidrojen tarafı kaplanmıştır. Elektrospin yönteminde 15 kV güç kullanılmıştır. Kaplama sonrası membranın kuruması için 24 saat bekletilmiştir. Deneylede, kaplama öncesi ve kaplama sonrası akım yoğunluğu, gerilim yoğunluğu ve güç yoğunluğu performansları kaydedilmiş ve birbiri ile mukayese edilmiştir. PEM yakıt hücresi YSZ+SDC+NaCaNiBO ile kaplandığında, çalışma süresinde artış olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Yakıt Hücresi, Polimer Elektrolit Membran (PEM), Membran

EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF PERFORMANCE ANODE SIDE OF PEM FUEL CELL WITH ELECTROSPIN METHOD COATED WITH YSZ+SDC+NaCaNiBO

Abstract

In this study, performance of PEM fuel cell was experimentally investigated coating on the cathode side of the PEM fuel cell was accomplished with the electro spinning method by using YSZ+SDC+NaCaNiBO. A solution having 0,1 gr YSZ; 0,1 gr SDC ; 0,1gr NaCaNiBO; 10 mL methanol was prepared. This solution was taken out and the

hydrogen side of PEM fuel cell was cladded with YSZ+SDC+NaCaNiBO by using electro-spinning method. The electro-spinning power used in this study was 15 kV. After coating, the membrane was left out to dry for 24 hours. In the experimental study, current density, voltage density and power density performances before and after coating have been recorded and then are compared to each other. It was found that run-time of the PEM fuel cell increase of coating with YSZ+SDC+NaCaNiBO.

Keywords: Fuel Cell; Polymer Electrolyte Membrane (PEM); Membrane

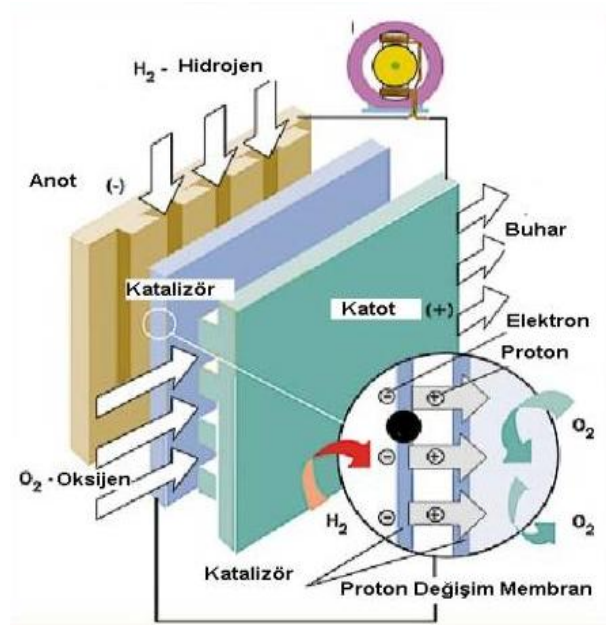
1. Giriş

Yakıt hücreleri (fuel cells) hidrojeni elektrik enerjisine çeviren sistemlerdir. Yakıt pilleri hidrojenden enerji elde etmek için geliştirilen bir teknolojidir. Yakıt hücresinde, hidrojen oksijen ile elektrokimyasal işlemler ile birleştirilerek elektrik akımı elde edilir. Yanma olmadığı için egzoz gazı oluşmaz. Dolayısıyla yakıt pilleri çevreyi kirletmeyen bir enerji üretim kaynağıdır [1].

Yakıt hücresi çeşitleri; geliştirilmekte olan birçok yakıt hücresi türü vardır. Bunlar kullandığı yakıt ve oksitleyici türü, yakıtın yakıt hücresinin dışında (external reforming) veya içinde (internal reforming) işlenişi, elektrolit tipi, işletim sıcaklığı, yakıtın besleme biçimi vb. gibi çok değişik şekilde sınıflandırılabilir. Yakıt hücrelerinin en yaygın sınıflandırması hücrenin içinde kullanılan elektrolitin tipine göre yapılan sınıflandırmadır. Bu sınıflandırmaya göre 6 tür yakıt hücresi bulunmaktadır. Bunlar;

1. Polimer Elektrolit Membranlı (PEM) Yakıt hücresi
2. Doğrudan Metanol Yakıt hücresi (DMYP)
3. Alkali Yakıt hücresi (AYP)
4. Fosforik Asit Yakıt hücresi (FAYP)
5. Erimiş Karbonat Yakıt hücresi (EKYP)
6. Katı Oksitli Yakıt hücresi (KOYP) [2].

Bu çalışmada Polimer Elektrolit Membranlı Yakıt hücresi kullanılmıştır. Proton değişim membran yakıt hücresi şematik gösterimi Şekil 1’de sunulmuştur.



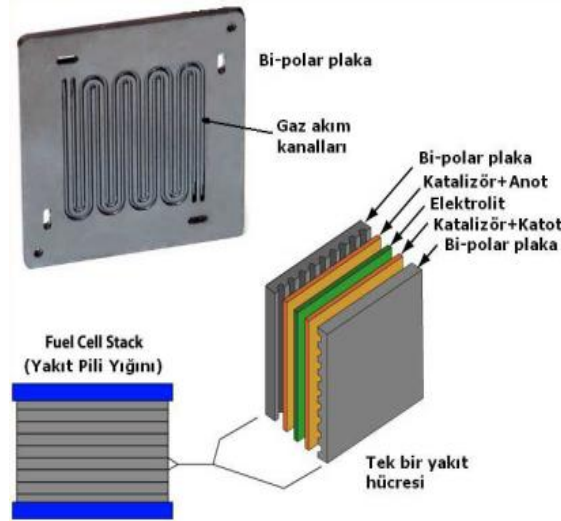
Şekil 1. Proton değişim membran yakıt hücresinin şematik görünüşü

PEM yakıt hücreleri hareketli parça içermemektedir ve bu sebeple aşınmazlar, oldukça sessiz çalışmakta ve herhangi atık ortaya çıkarmamaktadır. Verimlilikleri yaklaşık olarak % 50'dir. Hassas çalışma koşullarında (90°C'ye ve 600 kPa'a kadar) çalışırlar. PEM yakıt hücreleri düşük güç seviyelerinde maksimum verimliliğe ulaşabilmektedirler ve verimlilik gücün artırılmasıyla lineer olarak azalmaktadır. Proton değişim membran yakıt hücreleri, özellikle yüksek performanslı polimerlerin bulunmasından sonra; uzay çalışmalarında ve özel askeri sistemlerde uygulanmak amacıyla geliştirilmiştir. Proton değişim membran yakıt hücreleri düşük çalışma sıcaklığında yüksek verim elde edilmesi, sessiz çalışması ve su dışında herhangi bir atık ortaya çıkarmamasından dolayı en çok ilgi çeken yakıt hücresi türüdür. Proton değişim membran yakıt hücrelerinin en önemli elemanı proton iletim özelliğine sahip polimerik membrandır. Yakıt hücreleriyle ilgili yapılan çalışmaların başında polimerik membranların geliştirilmesi ile ilgili olan çalışmalar yer almaktadır. Günümüzde ticari olarak kullanılan membranların çeşitliliğinin az ve fiyatlarının yüksek olmasından dolayı alternatif membranların geliştirilmesi ile ilgili çalışmalar oldukça hızlanmıştır. Proton değişim membran yakıt hücrelerinde kullanılan membranların;

- Proton geçirgen özellikte olması,
- Su, yakıt (hidrojen veya metanol), oksijen ve havadaki diğer gazları geçirmemesi,
- Mekanik dayanımının yüksek olması,

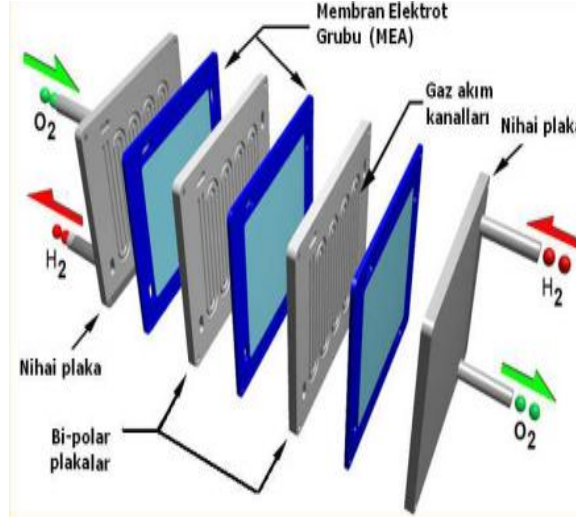
- Uzun süreli kullanımda ısı ve kimyasal direnci yüksek,
- Teknolojik olarak yaygın bir şekilde kullanılabilmesi için emniyetli ve ucuz olması gerekmektedir [3].

Yakıt pili performansında, işletme şartları önemli olsa da, bu performansta temel faktörler olarak yakıt pilinin her bir biriminde kullanılan elemanların yapısı, malzemesi ve bunlara bağlı olarak performansları sayılabilir. Bu nedenle yakıt pilinde kullanılan malzemeler ve ekipmanlarla ilgili olarak yapılan çalışmalar da büyük önem taşımaktadır. Yakıt pilinde çok sayıda hücrenin bir araya getirilmesiyle “yakıt pili yığını (fuel cell stack) denilen yapılar oluşturulmaktadır. Yakıt pili yığınları ile istenilen oranda voltaj üretebilecek bir sistem geliştirilerek değişik amaçlar için kullanılmaktadır. Bir yakıt pili yığını ve elemanlarının detaylı görünüşü Şekil 2 ve 3’de sunulmuştur [4].



Şekil 2. Bir yakıt pili yığını ve bi-polar plakalarının detaylı görünümü

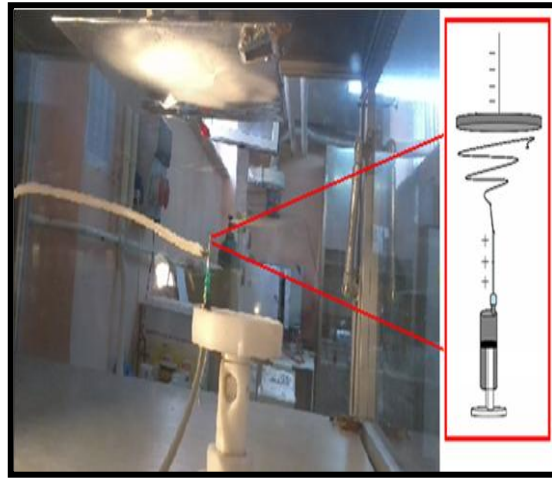
PEM yakıt hücreleri üzerinde yapılmış olan farklı çalışmalar bulunmaktadır [5-11]. Bu çalışmada ise, PEM yakıt hücresinin anod tarafı, YSZ+SDC+NaCaNiBO ile kaplanarak elektron ve proton geçirgenliğinin PEM yakıt hücresi performansını nasıl etkilediği deneysel olarak incelenmiştir.



Şekil 3. Bir yakıt pili yığının ve elemanlarının detaylı görünümü

2. Deneysel Çalışma

Bu çalışmada elektrospin metodu ile PEM yakıt hücresinin anod tarafı YSZ+SDC+NaCaNiBO ile kaplanmış ve PEM yakıt hücresinin performansı deneysel olarak incelenmiştir.



Şekil 4. Deneysel çalışmada kullanılan elektrospin cihazı

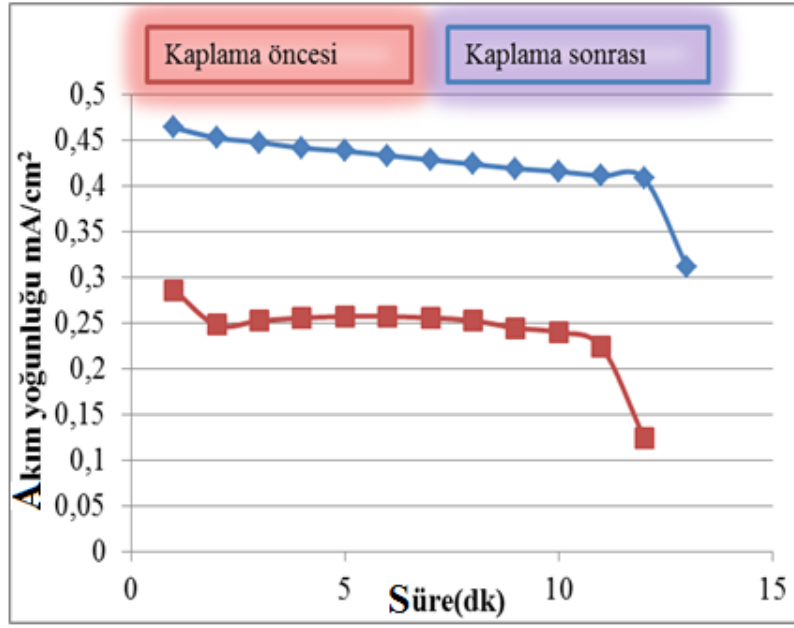
Elektrospin metodu ile kaplama yapmak için, 10 mL metanole 0,1gr YSZ+0,1gr SDC+0,1gr NaCaNiBO ilave edilmiş ve manyetik karıştırıcıda 12 dakika kadar karıştırılarak, karışımın yeterli homojenliğe ulaşması sağlanmıştır. Hazırlanan çözeltiye yüksek voltaj uygulanarak (15 kV) membranın anod tarafı elektrospin yöntemi ile kaplanmıştır. Elektrospinle membran kaplanmadan önce ve kaplandıktan sonra hassas terazide membran tartılarak membrana ne kadar kaplanma yapıldığı tespit edilmiştir.

20° C için deney düzeneği ısıtıcılı manyetik karıştırıcının üzerine hazırlanmıştır. O₂ ve H₂ tankları 10 göstergesine kadar su ile doldurulmuştur. Batarya ve membranın gerilimlerini reaksiyon başlamadan önce digital multimeter (avometre) ile ölçülmüştür. Bu çalışmada 2,5x2,5 cm²'lik PEM yakıt hücresi ile 2 farklı deney yapılmıştır. Bunlardan birincisi elektroliz deneyi, diğeri ise PEM yakıt hücresi ile elektrik üretme deneidir. Her iki deneyde de, farklı zaman aralıkları için akım yoğunluğu, gerilim yoğunluğu ve güç yoğunluğu değerleri ölçülmüştür. Bu çalışmada, elektroliz süreleri 12 dakika olarak belirlenmiştir. Bunun nedeni bu deneysel çalışma öncesi defalarca yapılan test deneylerinde elde edilen veriler değerlendirilerek bu sonuca varılmıştır.

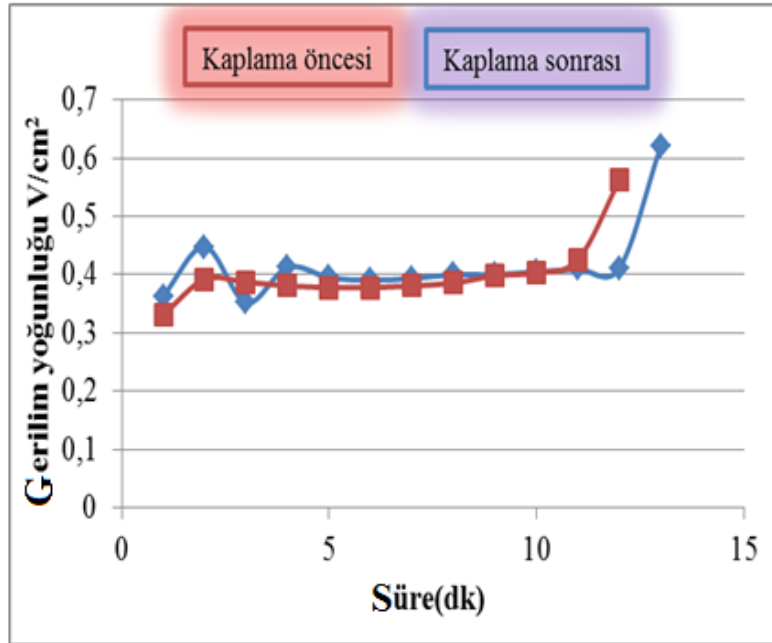
3. Bulgular ve Tartışma

Bu çalışmada, PEM yakıt hücresinin anod tarafı, YSZ+SDC+NaCaNiBO ile kaplanarak, PEM yakıt hücresinin performansı deneysel olarak incelenmiştir. Performans parametreleri, akım yoğunluğu, gerilim yoğunluğun ve güç yoğunluğunun zamana göre değişimleridir. Bu amaçla tersinir 2,5x2,5 cm²'lik PEM yakıt hücresi ile ilgili iki farklı grupta deneyler yapılmıştır. Bunlar, elektroliz ve elektrik üretme deneyleridir. Bu çalışmadaki elektroliz performansı için yapılan deneysel verilerden elde edilen performans verilerine yönelik akım yoğunluğunun zamana göre değişimi Şekil 5'de, gerilim yoğunluğunun zamana göre değişimi Şekil 6'da, güç yoğunluğunun zamana göre değişimi Şekil 7'de sunulmuştur.

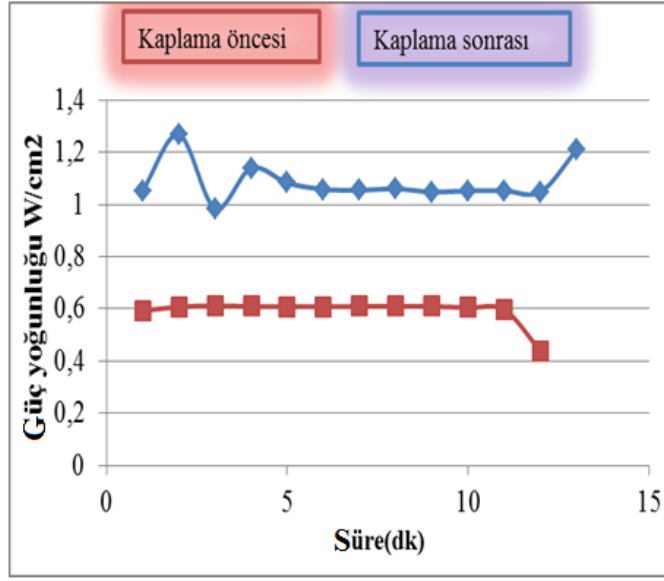
Yakıt hücresinin elektroliz deneylerinde; kaplama öncesi ve sonrası akım yoğunluğu zaman ilerledikçe düşmüştür. Gerilim yoğunluğunun kaplama öncesi ve sonrası performansı, zaman ilerledikçe artmıştır. Güç yoğunluğu ve akım yoğunluğunun performansı kaplama sonrası kaplama öncesine göre artmıştır. Maksimum akım yoğunluğundaki performans kaplama sonrası 0,464 mA/cm²-1.dakikada, maksimum gerilim yoğunluğundaki performans kaplama sonrası 0,6208 V/cm²-13. dakikada, maksimum güç yoğunluğundaki performans kaplama sonrası 1,26784 W/cm²- 2. dakikada deneysel olarak tespit edilmiştir.



Şekil 5. Akım yoğunluğunun zaman göre değişimi (elektroliz için)

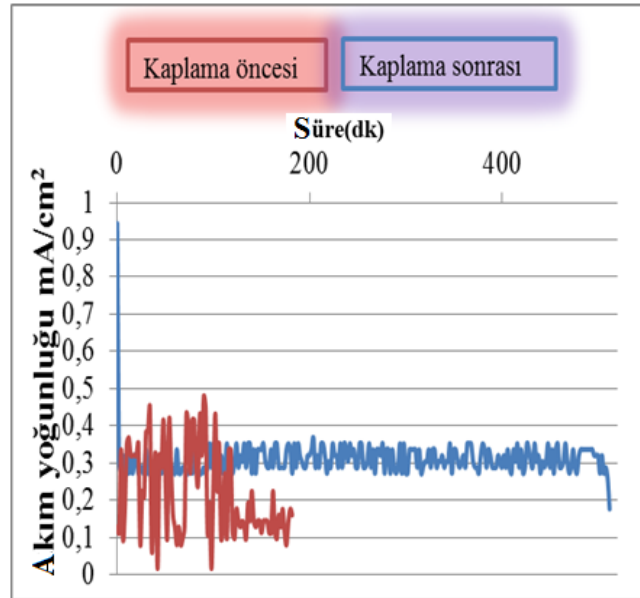


Şekil 6. Gerilim yoğunluğunun zamana göre değişimi (elektroliz için)

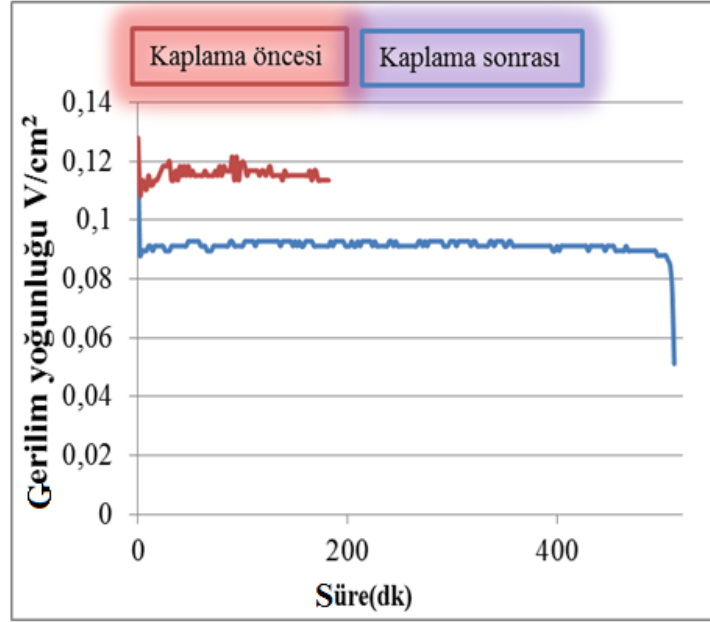


Şekil 7. Güç yoğunluğunun zamana göre değişimi (elektroliz için)

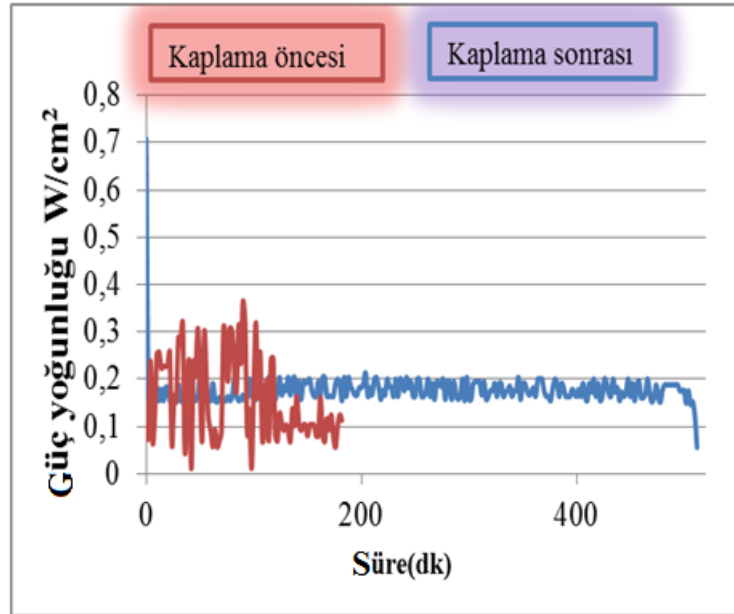
Bu çalışmada, elektrospon yöntemi ile anod tarafı YSZ+SDC+NaCaNiBO ile kaplanmış, PEM yakıt hücresinin elektrik üretim performansı kaplama öncesi ve sonrası deneysel olarak incelenmiştir. Test edilen anod için üç farklı analiz yapılmıştır. Bunlar elektrik üretimine yönelik performans deneylerine ait veriler, Şekil 8'de akım yoğunluğunun zamana göre değişimi, Şekil 9'da gerilim yoğunluğunun zamana göre değişimi, Şekil 10'da güç yoğunluğunun zamana göre değişimleri sunulmuştur.



Şekil 8. Akım yoğunluğunun zamana göre değişimi (elektrik üretimi için)



Şekil 9. Gerilim yoğunluğunun zamana göre değişimi (elektrik üretimi için)



Şekil 10. Güç yoğunluğunun zamana göre değişimi (elektrik üretimi için)

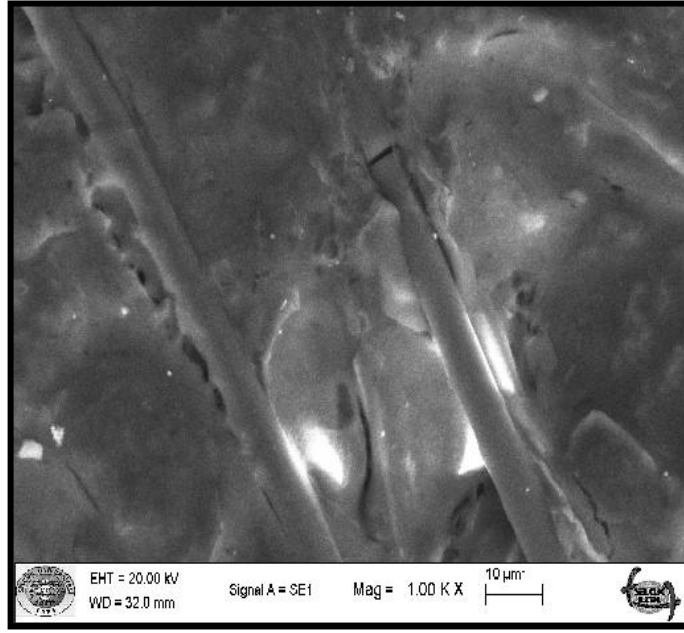
PEM yakıt hücresinin membranının YSZ+SDC+NaCaNiBO ile kaplandığında elektrik üretim deneylerinde, akım yoğunluğu, gerilim yoğunluğu ve güç yoğunluğunun

çalışma sürelerinin kaplama öncesine göre arttığı deneysel olarak tespit edilmiştir (Şekil 8–10). PEM yakıt hücresinin elektrik üretim deneylerinde kaplama öncesi, çalışma süresi 182 saniye iken kaplama sonrası performans deneylerinin çalışma süreleri, 512 saniye olarak tespit edilmiştir.

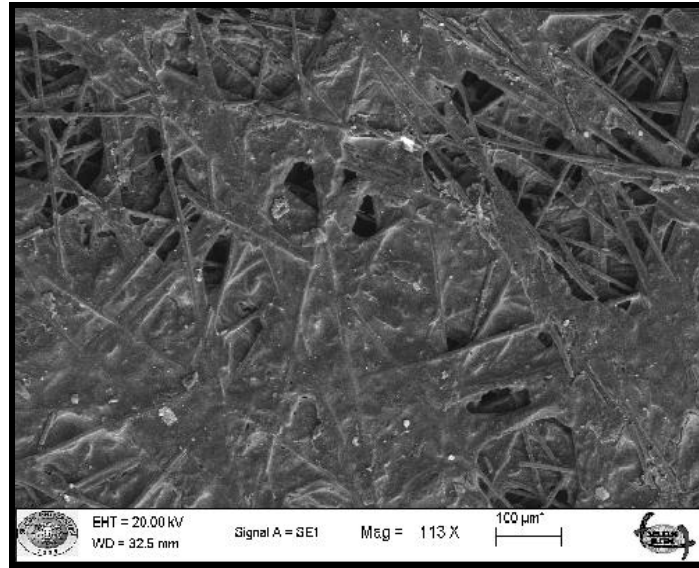
Bu çalışmada, elektrosprin yöntemi ile anod tarafı YSZ+SDC+NaCaNiBO ile kaplanmış PEM yakıt hücresinin performansı kaplama öncesi ve kaplama sonrası deneysel olarak incelenmiştir ve geliştirilen anodların mikro yapısını anlamak için SEM taramalı elektron mikroskopuyla anod-elektrolitin, Şekil 11’de YSZ+SDC+NaCaNiBO ile kaplanmadan önceki 10 μm ’deki görüntüsü, kaplandıktan sonra ise 10 μm ’de ve 100 μm ’deki görüntüleri sırasıyla Şekil 12-13’de sunulmuştur. Şekil 12 ve 13’deki beyaz olan yerler membranın YSZ+SDC+NaCaNiBO ile kaplanmış bölgeleridir.



Şekil 11. YSZ+SDC+NaCaNiBO ile kaplanmadan önceki membranın 10 μm ’deki SEM görüntüsü



Şekil 12. YSZ+SDC+NaCaNiBO ile kaplandıktan sonraki 10 µm'deki SEM görüntüsü



Şekil 13. YSZ+SDC+NaCaNiBO ile kaplandıktan sonraki 100 µm'deki SEM görüntüsü

4. Sonuçlar

Bu çalışmada elektrospin metodu ile PEM yakıt hücresinin anod tarafı YSZ+SDC+NaCaNiBO ile kaplanmış ve PEM yakıt hücresinin performansı kaplama öncesi ve sonrası elektroliz ve elektrik üretme olmak üzere deneysel olarak iki farklı grupta incelenmiştir. Bu deneysel çalışmaya ait sonuçlar aşağıda sunulmuştur.

- Membranın kuru olması proton iletkenliğini düşürmüştür.
- PEM yakıt hücresindeki, nemin fazla olması, elektrotlarda su taşmasına neden olmuştur. Bu durumda gaz difüzyon tabakaları su ile dolmuş ve hidrojen ile oksijenin katalizör tabakasına geçmesine engel olmuştur.
- Elektroliz deneylerinde kaplama öncesi ve sonrası akım yoğunluğu zaman ilerledikçe performans düşerken, gerilim yoğunluğu performansı zaman ilerledikçe artmıştır.
- PEM yakıt hücresinin membranının YSZ+SDC+NaCaNiBO ile kaplandığında elektrik üretim deneylerinde, akım yoğunluğu, gerilim yoğunluğu ve güç yoğunluğunun çalışma sürelerinin kaplama öncesine göre arttığı tespit edilmiştir.

Teşekkür: Bu çalışma Selçuk Üniversitesi BAP Proje No: 11401130 tarafından desteklenmektedir.

Kaynaklar

- [1]. <http://www.hurriyet.com.tr/teknoloji/6600761.asp>, 25.11.2013.
- [2]. http://yakitpili.com/?page_id=11, 28.11.2013.
- [3]. <http://yunus.hacettepe.edu.tr/~yilser/protondegisim.htm>, 28.11.2013.
- [4]. <http://cevre.beun.edu.tr/dersnotu/yakitpilleri/cev346-yakit-pilleri.pdf>, 25.11.2013.
- [5]. Berg, P., Kimmerle, S., Novruzi, A., 2014, "Modeling, Shape Analysis and Computation of the Equilibrium Pore Shape Near a PEM-PEM Intersection", *Journal of Mathematical Analysis and Applications*, Vol. 410 No: 1, pp. 241-256.
- [6]. Lang, S., Kazdal, T., Kuehl, F., et al., 2014, "Diffusion coefficients and VLE data of aqueous phosphoric acid", *Journal of Chemical Thermodynamics*, Vol., 68, pp. 75-81.
- [7]. Chang, T.C., Zhang, J.P., Fuh, Y.K., 2014, "Electrical, Mechanical and Morphological Properties of Compressed Carbon Felt Electrodes In Vanadium Redox Flow Battery", *Journal of Power Sources*, Vol. 245, pp. 66-75.
- [8]. Kadakia, K., Datta, M. Kanchan, V., Oleg I., et al. 2014, "High Performance Fluorine Doped (Sn,Ru)O-2 Oxygen Evolution Reaction Electro-Catalysts For Proton Exchange Membrane Based Water Electrolysis", *Journal of Power Sources*, Vol. 245, pp. 362-370.

- [9. Eastcott, J., Easton, I., Bradley, E., 2014, “Sulfonated Silica-Based Fuel Cell Electrode Structures for Low Humidity Applications”, *Journal of Power Sources*, Vol.: 245 pp. 487-494.
- [10]. Siracusano, S., Baglio, V., Lufrano, F., et al., 2013, “Electrochemical Characterization of a PEM Water Electrolyzer Based on a Sulfonated Polysulfone Membrane”, *Journal of Membrane Science*, Vol. 448, pp. 209-214.
- [11]. Higgins, D.C., Chen, Z., 2013, “Recent Progress in Non-Precious Metal Catalysts for Pem Fuel Cell Applications”, *Canadian Journal of Chemical Engineering*, Vol. 91, pp. 1881-1895.