

YAKIT PİLLERİ

Özgür Deniz KOÇ

İÇİNDEKİLER

Alkalin yakıt pili

Fosforik asit yakıt pili

Katı oksit yakıt pili

Erimiş karbonat yakıt pili

Proton Değişim Membranlı yakıt
pili

Alkalin Yakıt Pili

Alkalin yakıt pili (AYP) ya da icat eden bilim adamının ismiyle Bacon yakıt pili en çok çalışılmış yakıt pillerinden birisidir. Alkalin yakıt pilleri üzerine bu kadar çok çalışma yapılmasının sebebi bu yakıt pilinin 1960'lı yıllarda NASA tarafından uzay araştırmalarında kullanılmaya başlanmasıdır.

NASA'nın bu yakıt pilini kullanmasındaki temel sebeplerden birisi de düşük sıcaklıkta çalışması, yüksek elektrik verimine sahip olması ve yüksek yük yoğunluğuna çıkabilmesidir.

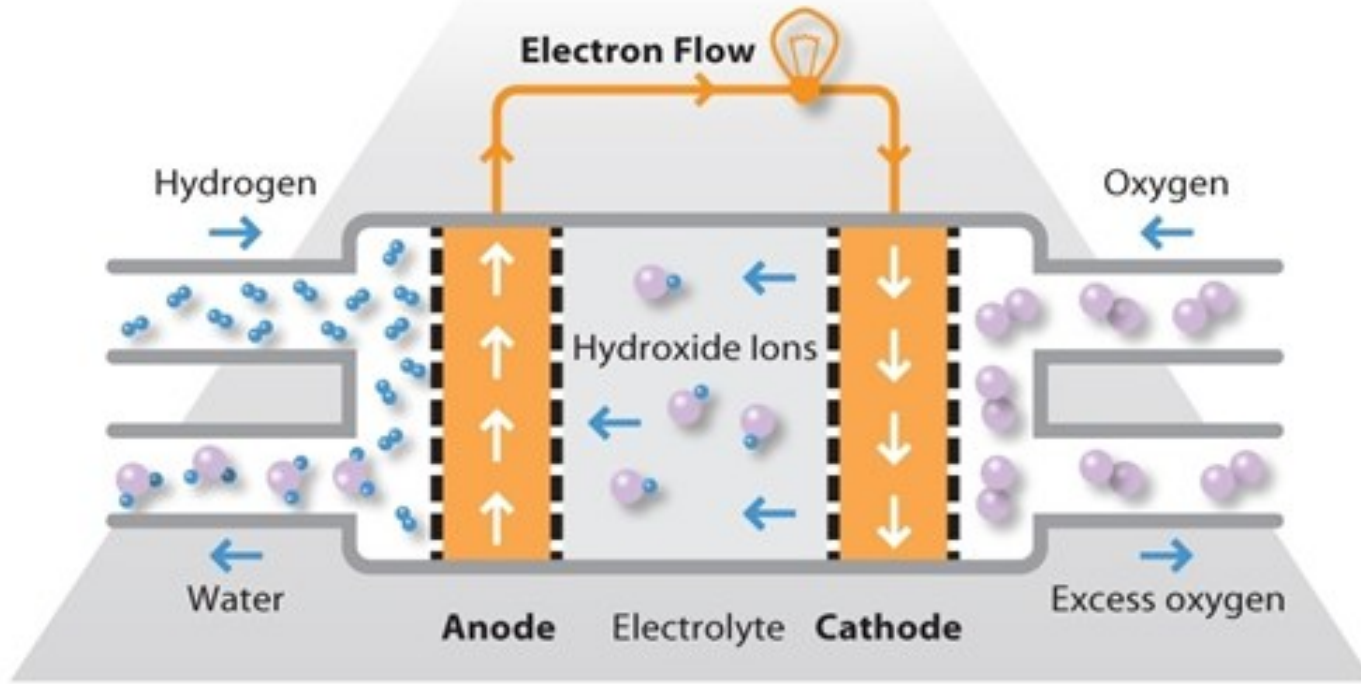
Alkalin yakıt pil'lerde hidrojen ve saf oksijen tüketilerek su, ısı ve elektrik üretilir. Bu yakıt pilleri en yüksek verimli yakıt pillerinden birisidir (% 70 verim)

Elektrotlar	Karbon
Katalizörler	Nikel, Ag, Metal oksit, Soy Metaller
Elektrolit	KOH(potasyum hidroksit) Çözeltisi
Çalışma Sıcaklığı	60-90 °C (pot. 20-250 °C)
Verimlilik	%60-%70 (CHP verimi > %80)
Güç yoğunluğu	10-100 kW

Alkalin Yakıt Pilinin Genel Özellikleri

Alkalin Yakıt Pili Çalışma Mekanizması

AYP'de yakıt olarak hidrojen anoda beslenir. Katoda ise oksijen beslenir. Anotta hidrojenler katalizör yardımı ile proton ve elektronlarına ayrılır. Elektronlar bir dış devre ile katoda taşınır. Burada oksijenler indirgenerek hidroksil iyonları oluşur. Hidroksil iyonları elektrolit ortamında taşınarak anoda gelir. Anotta hidroksil iyonları ve protonlar arasındaki tepkime ile su açığa çıkar. Bu reaksiyon sonucu ayrıca az ısı da açığa çıkar. Elektrik üretimi elektronların dış devrede göçü sırasında elde edilir.

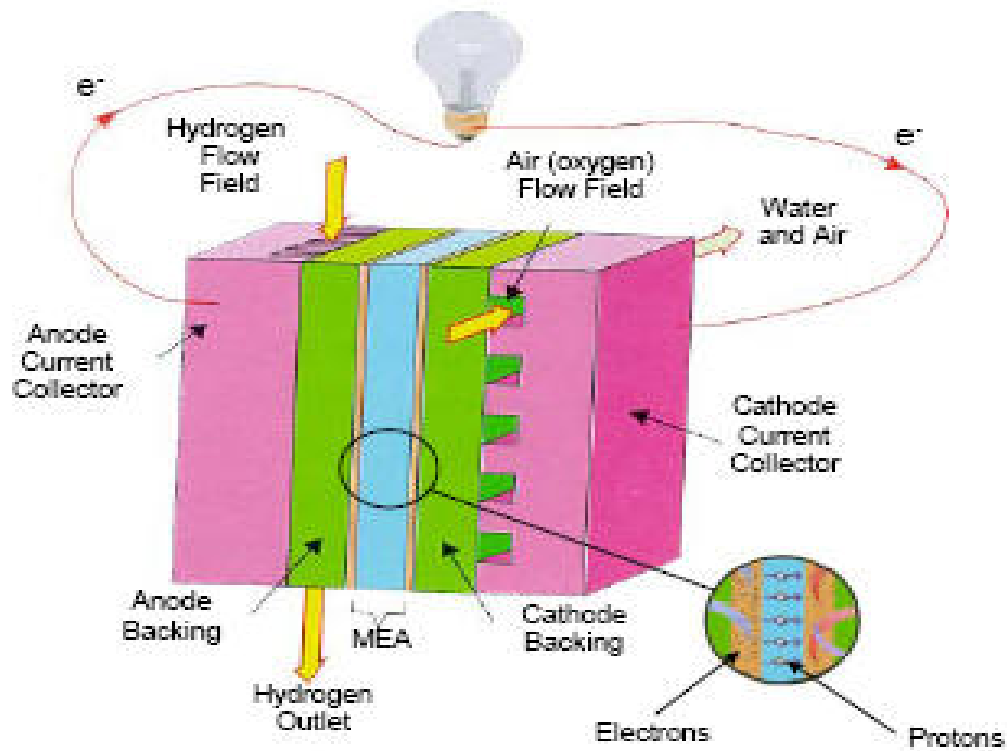


Alkalın yakıt pili çalışma mekanizması

Fosforik Asit Yakıt Pili

Elektrolitik olarak fosforik asitin kullanıldığı bu yakıt pilinde bağıl olarak temiz yakıtlar (doğalgaz,LPG gibi) veya gazlaştırıcıdan alınan temizlenmiş kömür gazı kullanılır. Pazara en yakın iki uygulama üzerinde durulmaktadır. Bunlar güç santralleri ve kojenarasyon üniteleridir. Bu yakıt pilinde soy metal elektro katalizör kullanmak gerekmektedir. Bu dezavantajına rağmen fosforik asit bir elektrolit olarak mükemmel ısıl,kimyasal ve elektrokimyasal kararlılık gibi avantajlar sağlamaktadır. Ayrıca Fosforik pil'ler atık ısıdan yararlanabilme açısından çok avantajlıdır.

Fosforik pil sistemleri yeryüzündeki uygulamalarda en çok gelişme gösteren sistemlerdir. Çoğunlukla apartmanlar, alışveriş merkezleri gibi yerlerde elektrik üretmek amacıyla kullanılmaktadırlar. Fosforik pil'ler 250 W'dan 200 kW'a kadar, 24 V'luk elektrik jeneratörü şeklinde ticari olarak piyasaya sunulma aşamasındadır. Yakıt olarak doğalgaz kullanan 200 kW'lık bir PAFC sisteminde yatırım maliyeti 287 \$/kW'dır.



**Figure 5-1 Principles of Operation of Phosphoric Acid Fuel Cell
(Courtesy of UTC Fuel Cells)**

Fosforik Asit Yakıt Pilinin yapısı

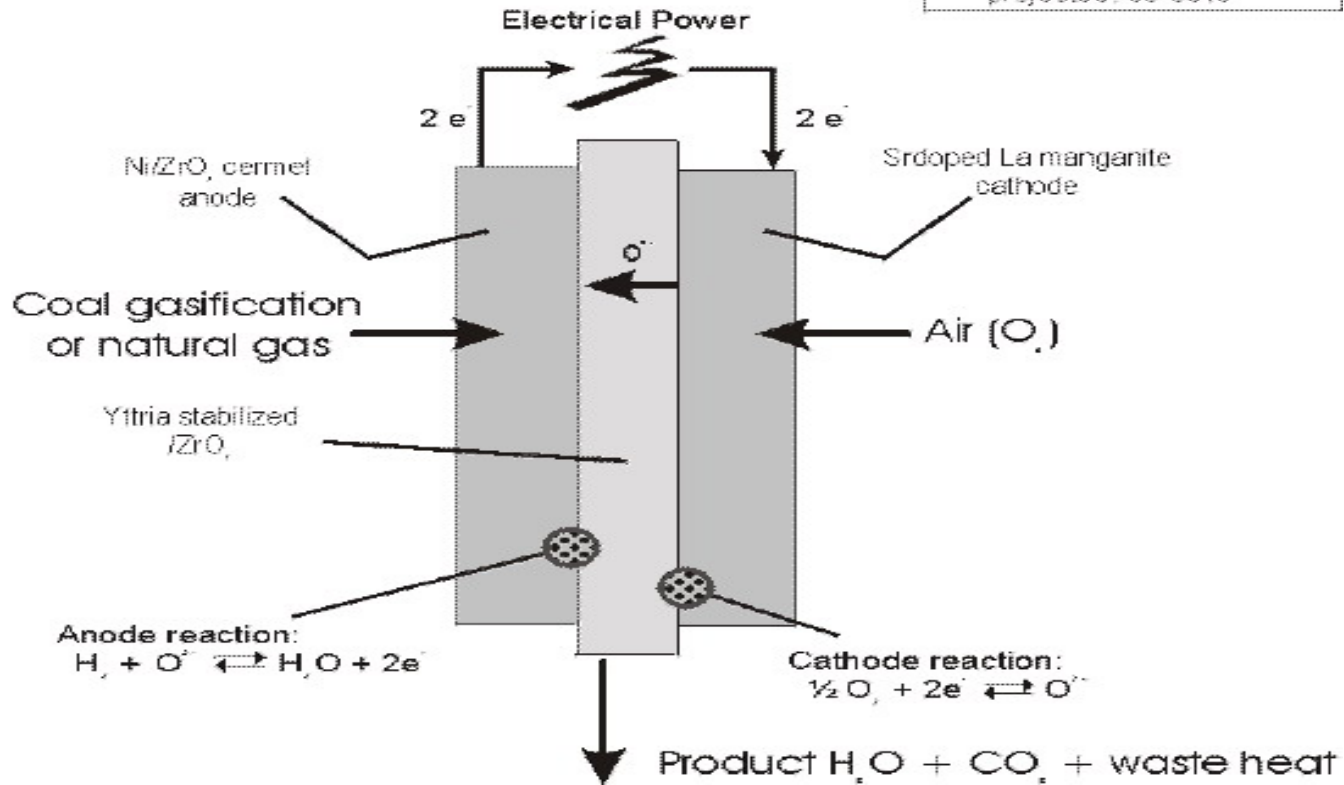
Katı Oksit Yakıt Pilleri

Katı oksit yakıt hücreleri elektrolit olarak katı seramik kullanır. Kullanılan seramiklerden en yaygını itriya–dengeli zirkonya dır. Çalışma sıcaklığı çok yüksek olduğundan katalizörlere ihtiyaç duymaz. Bu nedenle bu hücreler diğerlerine göre daha düşük maliyetlidir.

Katı oksit yakıt hücrelerinin çalışma sıcaklığı 800–1000 °C arası değişmektedir. Bu yüksek sıcaklık iç gelişime izin verirken kinetik enerjiyi de destekler. Yakıt hücresi bu yüksek sıcaklıktan dolayı yüksek kaliteli ısı üretir. Hücrenin bu sıcaklıkta çalışmasının nedeni itriya– dengeli zirkonya seramiğin bu sıcaklıkta iyon iletkenliğinin kanıtlanmış olmasıdır.

Katı oksit yakıt hücrelerinin güç verimi % 50 ile % 60 arasında değişirken açığa çıkan ısının da yakalanarak kullanılmasıyla verim % 80'e kadar çıkar. Hücrenin yaklaşık güç yoğunluğu $240 \text{ [mW/cm}^2\text{]}$ iken 2kW ile 100MW arasında elektrik üretme kapasitesine sahiptir.

Temperature: 800-1000°C
Efficiency
present: 45%
projected: 50-60%



Katı Oksitli Yakıt Pili Şematik Gösterimi

Erimiş karbonat yakıt pili

Erimiş karbonat pil'ler 600–650 °C sıcaklıkta çalışır ve son dönemlerde geliştirilen ikinci jenerasyon yakıt pillerindedir. Anotta CO₂(karbondioksit)'ce zengin gaz ürün ve H₂O üretimi sağlanır, CO₂ katoda giren hava ile karıştırılmak üzere gönderilir.

Erimiş karbonat piller işletim sıcaklığı yüksek olması nedeniyle değerli atık ısı, proses ısı ve kojenarasyon amaçlı olarak kullanılabilir. En önemli avantajları hücre içindeki kendi atık ısı desülfürizasyondan geçmiş metanın anot odasında hidrojene dönüştürülmesi için doğrudan kullanılabilmektedir. Erimiş karbonat pil'ler için hedeflenen yatırım maliyeti 1000 \$/kW seviyesindedir.

Proton Değişim Membranlı Yakıt Pili

Proton değişim membranlı pil'ler 1960'ların başında General Electric tarafından icat edilmiştir. Katı polimer elektrolitli yakıt hücresi olarak ta adlandırılır. Bu tip yakıt hücrelerinde proton(hidrojen iyonu) geçirebilen membranlar kullanılmaktadır.

Proton değişim membranlı yakıt pili, platin ile kaplanmış iki elektrotun arasına preslenmiş perflorlu sülfönik asit polimerler gibi proton ileten bir katı elektrolitten oluşur. Buradaki elektrolit anot ile katot arasında bir gaz sütunu oluşturarak anottan katoda doğru hidrojen iyonlarının taşınmasını sağlar.

Polimer elektrolite gaz elektrotlarda bulunan gaz difüzyon kanalcıklarından oluşur. Aynı zamanda bu kanallar elektrik akımını toplama görevini de üstlenir. Proton değişim membranlı pil'lerin çalışma sıcaklığı 80–90 °C gibi çok düşük sıcaklıklarda ve çalışma basınçları da 1–8 atmosfer basınç arasındadır. Bu tip yakıt hücreleri belli bir nem oranında hidrojen ve oksijen ile çalışabilmektedir.

	Fosforik Asit Yakıt Pili	Katı Oksit Yakıt Pili	Erimiş Karbonat Yakıt Pili	Polimer Elektrolit Yakıt Pili	Alkali Yakıt Pili
Elektrolit	Fosforik Asit	Çinko üzerine tutturulmuş Yittria (YSZ)	Karbonat	Polimer iyon değişim filmi	Potasyum hidroksit
Elektrolitteki Taşıyıcı	H ⁺	O ₂ ⁻²	CO ₃ ⁻²	H ⁺	OH ⁻
Hücre Materyali	Karbon	Seramik vb.	Ni, Paslanmaz Çelik, vb.	Karbon	Karbon
Güç Yoğunluğu (W/kg)	120-180	15-20	30-40	350-1500	35-105
Yakıt Türü	H ₂ , Hidrokarbonlar, Fosil yakıtlar	H ₂ , Hidrokarbonlar	H ₂ , Hidrokarbonlar	H ₂ , Hidrokarbonlar	H ₂
Sıcaklık	200 °C	1 000 °C	600-700 °C	80 °C	80 °C
Güç Üretim Verimi	% 37-42	% 60-70	% 45-60	% 60	% 42-73
Uygulama Alanları	Ticari Uyg. (Oteller, Hastaneler vs)	Ticari Uyg., Sanayi Uyg., Elektrik Santralleri	Elektrik Santralleri	Ulaşım Araçları, Askeri Sistemler	Uzay Çalışmaları

Yakıt Pillerinin Karşılaştırılması

Fuel cell type	Anode reaction	Mobile Ion	Cathode reaction
PEMFC	$H_2 \rightarrow 2H^+ + 2e^-$	H ⁺	$1/2O_2 + 2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2O$
DMFC	$CH_3OH + H_2O \rightarrow 6H^+ + 6e^- + CO_2$	H ⁺	$3/2O_2 + 6H^+ + 6e^- \rightarrow 3H_2O$
PAFC	$H_2 \rightarrow 2H^+ + 2e^-$	H ⁺	$1/2O_2 + 2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2O$
MCFC	$H_2O + CO_3^{2-} \rightarrow H_2O + CO_2 + 2e^-$	CO ₃ ²⁻	$1/2O_2 + CO_2 + 2e^- \rightarrow CO_3^{2-}$
SOFC	$H_2 + O^{2-} \rightarrow H_2O + 2e^-$	O ²⁻	$1/2O_2 + 2e^- \rightarrow O^{2-}$

Yakıt Hücresi Çeşitlerine Ait Anot ve Katot Reaksiyonları



KAYNAKÇA

<http://biyokure.org/yakit-pilleri-yazi-dizisi-6-alkali-yakit-pilleri/9888/>

<http://biyokure.org/yakit-pili-yazi-dizisi-7-fosforik-asit-yakit-pili/9899/>

<http://biyokure.org/yakit-pilleri-yazi-dizisi-9-kati-oksit-yakit-pilleri/10101/>

<http://www.bilgiustam.com/hidrojen-yakit-pili-cesitleri/>

Sürdürülebilir Enerji ve Hidrojen Kitabı (s.49-64)