

بنام خدا

مجموعه ذیل در مورد انرژی های هیدروژنی میباشد

تنظیم کننده : محمد وافی محمدی

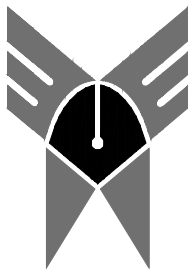
کتابخانه آریا

آدرس: [WWW.ARYABOOKS.COM](http://WWW.ARYABOOKS.COM)

ایمیل: <mailto:ARYABOOKS@GMAIL.COM>

تاریخ نشر الکترونیکی فایل pdf: ۱۳۸۶/۱۰/۱۳

هر گونه کپی برداری با یک صلوات مجاز است



واحد تهران جنوب  
دانشکده فني مهندسي  
گروه برق قدرت

عنوان پروژه :

# بهره‌گیری از ارزش‌های تجدیدپذیر برای تولید انرژی الکتریکی

استاد راهنما :

جناب آقای دکتر ابراهیمی

تهیه کنندگان :

امین شیخ احمدی

مجید زرگرزاده



# ۳ انرژی هیدروژنی

مقدمه

تاریخچه پیل‌های سوختی

تعریف پیل سوختی

مزایای پیل سوختی

موارد کاربرد پیل سوختی

اجزای اساسی پیل سوختی

مجموعه سازی پیل‌های سوختی

طبقه بندی پیل‌های سوختی

مقایسه کاربرد بین انواع پیل‌های سوختی

سوخت‌های مورد نیاز پیل‌های سوختی

اقتصاد پیل‌های سوختی

تولید برق

نتیجه گیری

# انرژی هیدروژنی و کاربرد آن در پیل‌های سوختی

## مقدمه

اگر وضعیت فعلی رشد جمعیت ادامه یابد، پیش بینی می شود جمعیت جهان در اوائل قرن حاضر به هفت میلیارد نفر برسد. در عین حال منابع انرژی متداول در حال اتمام بوده و ممکن است تا اوایل قرن ۲۱ به پایان برسد. استفاده از انرژی هسته ای که منابع آن نیز محدود بوده و مستلزم تربیت نیروی انسانی ماهر و نیز استفاده از سیستم های پیشرفته حفاظتی در برابر ضایعات رادیواکتیو است، تکافوی نیازمندیهای انرژی جهان را نخواهد داد.

پیش بینی می شود که انرژی خورشیدی و سایر منابع انرژی غیر متداول، جایگاه ویژه ای را تامین انرژی قرن آتی کسب نمایند. [ ۱ ]

در جایگزینی انرژیهای نو، یکی از شیوه های مبتکرانه ای که فناوری آن در دهه اخیر سرعت توسعه یافته است، بکارگیری پیل‌های سوختی است. در این روش که به عبارتی می توان آنرا الکترولیز معکوس نامید، انرژی بهای سوخت‌های فسیلی، عوامل زیان آور محیطی در استفاده از انرژی هسته ای و زغال سنگ و طبیعت محدود و تجدیدنپذیر سوخت‌های متداول، دلایلی هستند که موجب تحقیقات وسیع در یافتن منابع جدید انرژی شده اند. این منابع بایستی دارای مشخصات مطلوبی باشند که عبارتند از :

- ✓ دسترسی آسان
- ✓ تجدیدپذیری
- ✓ فاقد آلودگی زیست محیطی
- ✓ انرژی بالا
- ✓ قیمت پایین
- ✓ ذخیره سازی آسان
- ✓ جابجایی و قابلیت نقل و انتقال اقتصادی
- ✓ سازگاری اجتماعی

طبق پیش بینی های انجام شده توسط موسسه مهندسی نیروگاهی و فن آوری انرژی آلمان، میزان تقاضای انرژی از ۱۰۰۰۰۰ بیلیون کیلو وات ساعت در سال ۲۰۰۰ به بیش از ۶۲۵۰۰۰ در سال ۲۰۵۰ خواهد رسید که در همین مدت سهم منابع انرژی های نو و هیدروژن از مقدار ۱۰۰۰۰۰ بیلیون کیلووات ساعت به حدود ۳۵۵۰۰۰ افزایش خواهد یافت و سهم سوخت های فسیلی و نیروگاهی برق آبی، از میزان ۹۰۰۰۰۰ بیلیون کیلو وات ساعت به کمتر از ۶۰۰۰۰۰ خواهد رسید. لذا یافتن منابعی که بتواند پاسخگویی این رشد فزاینده انرژی باشد و همچنین مشکلات و مصائب حاصل از سوختن سوخت‌های فسیلی را نداشته باشد امریست

ضروری. [ ۵ ]

از مهمترین منابع پایدار و بی پایان انرژی، خورشید است. کل مقدار سالانه انرژی خورشیدی که به زمین می رسد برابر ۱۶۳۴ بیلیون بشکه نفت خام یعنی ۳۰۰۰ برابر بیشتر از مصرف سالانه انرژی جهان است. توزیع این منبع بی پایان در همه جای کره زمین یکنواخت و ثابت نیست اما با تبدیل آن به انرژی های نوع دوم می توان آن را پس از ذخیره به اقصی نقاط دنیا منتقل و مورد استفاده قرار داد با این فرض اگر نیروگاه های برق خورشیدی از مولفه های بازار جهانی انرژی در آینده باشند، ضرورتاً می بایست بتواند انرژیهای نوع دوم را به نقاط مختلف انتقال دهند، که این ممکن بوسیله پل انرژی نوع دوم شیمیایی، هیدروژن، حل شده است. این سبکترین عنصر، هنگام واکنش با اکسیژن خالص مقدار قابل ملاحظه ای حرارت آزاد می کند و در شکل ایده آل هیچ گونه آلودگی زیست محیطی ندارد. اهمیت هیدروژن آنگاه بیشتر جلوه می نماید که بدانیم خورشید در عرض یک ثانیه ۴۰۰ میلیون تن هیدروژن می سوزاند که این مقدار هشت برابر بیشتر از حاملهای انرژی است که سالانه در جهان مورد استفاده قرار می گیرد. در حال حاضر تقریباً ۷۷٪ تولید جهانی هیدروژن از صنایع پتروشیمی، ۱۸٪ از زغال سنگ، ۴٪ از الکترولیز آب و تنها ۱٪ از دیگر منابع می باشد.

مزایای چون امکان کاربری بلند مدت، تامین پایدار انرژی، کاربرد جهانی و عاری از آلودگی بهترین شانس را به هیدروژن برای تبدیل شدن به یک سوخت و حامل انرژی بیش از اندازه ارزانی را به ما عرضه نماید.

جدا از الکتریسیته هیچ حامل دیگری توانایی تولید، توزیع و انتقال همچون هیدروژن را ندارد. آنرا می توان از انرژی فسیلی، هسته ای، و تجدید پذیر تولید کرد. علاوه بر این هیدروژن محصول جانبی بسیاری از فرایندهای صنعتی می باشد و از آن بصورت مایع و گاز ذخیره و انتقال انرژی جهت تولید الکتریسته و گرما، سوخت و گاز احتراق بطور خالص یا مخلوط با گاز طبیعی استفاده می کنند.

ابداع چنین فناوری جهت تولید انرژی الکتریکی، نقطه عطفی در این صحت می باشد چرا که تولید الکتریسیته از طریق فعل و انفعالات الکتروشیمیایی بین هیدروژن کسب شده از سوخت فسیلی و اکسیژن موجود در هوا بدون نیاز به احتراق صورت می پذیرد لفظ احتراق سرد ( Cold Combustion ) را بر آن اطلاق کرد. [ ۸ ]

هر چند که این فناوری هنوز بطور گسترده پا به بازار نگذاشته است، چرا که قیمت سوخت آن یعنی هیدروژن بالا می باشد، لیکن طبق برآوردهای مشترک بانک جهانی و سازمان ملل متحد، این مشکل طی ۱۰ تا ۱۵ سال آینده حل خواهد شد.

## تاریخچه پیل‌های سوختی

در سال ۱۸۳۹، برای اولین بار Willim Grove پیل سوختی را به دنیای علم معرفی کرد. Nernst در سال ۱۸۹۹ یک پیل سوختی  $H_2/O_2$  غیر مستقیم را ساخت. اولین پیل‌های سوختی با الکترولیت محلول هیدروکسید پتاسیم توسط Reid (۱۹۰۲) ارائه شد. [ ۵ ]

Bacon در سال ۱۹۴۶ پیل سوختی قلیایی  $H_2/O_2$  با الکترودهای نیکلی را ساخت.

این سیستم در برنامه های فضایی Gemini و Apollo مورد استفاده قرار گرفت. [ ۵ ]

### تعریف پیل سوختی

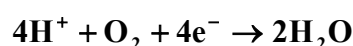
پیل سوختی یک پیل گالوانیک می باشد که انرژی شیمیایی را توسط یک فرآیند الکتروشیمیایی به انرژی الکتریکی تبدیل می نماید. مانند یک باتری، پیل سوختی دستگاهی است که در آن، انتقال الکترون توسط یک مسیر خارجی انجام می گیرد و نیاز به شارژ ندارد. یک پیل سوختی، و اکسید کننده را در الکترودهای جداگانه دریافت کرده و در انرژی شیمیایی اضافی را به جریان الکتریسیته مستقیم (DC) تبدیل می نماید. منبع سوخت معمولاً هیدروکربن ها و آلودگی صفر را با هیدروژن خواهد داشت. در پیل سوختی سوخت را از خارج می گیرد و به انرژی الکتریکی تبدیل می نماید، لذا، بسیاری از محدودیتهای باتریهای متداول را ندارد. بعبارت بهتر، پیل‌های سوختی بر خلاف باتریهای غیر قابل شارژ، دور نخواهد شد. پیل سوختی شامل دو الکترود متخلخل است که فرآیند تبدیل انرژی بر روی آنها صورت می گیرد. علاوه بر این یک الکترولیت جامد یا مایع وجود دارد که وظیفه آن ایجاد مداری بسته برای هدایت یونها است.

مولکولهای سوخت که در اینجا هیدروژن می باشد، بطرف آند حرکت می کنند. در آند که گاهی اوقات الکترود سوخت نیز نامیده می شود، مولکولهای هیدروژن الکترون از دست داده و تولید یون هیدروژن بار مثبت می نمایند.

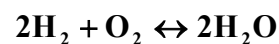


این الکترونها به سمت کاتد، توسط عامل اکسید کننده (اکسیژن) می روند که تولید یونهای اکسیژن با بار منفی خواهند کرد. همزمان با جریان الکترونها از مدار خارجی که کاتد و آند را بهم متصل کرده است، انرژی الکتریکی تولید شده می تواند بعنوان یک منبع قدرت استفاده شود.

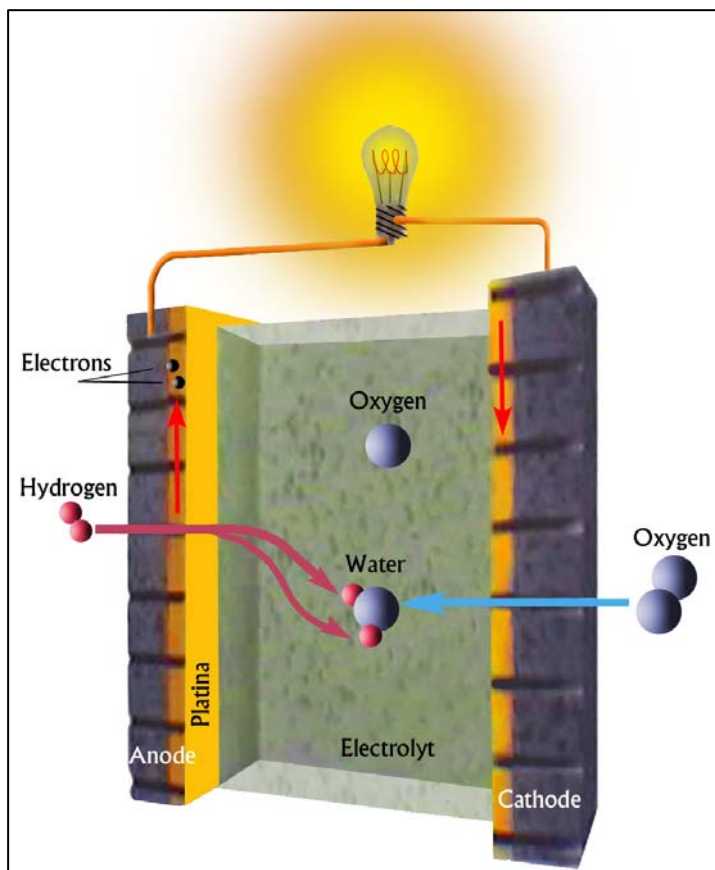
برای ایجاد مهاجرت یونها از یک الکترود به دیگری، یک الکترولیت بین دو الکترود قرار داده می شود. الکترولیت مسیری برای یونهای هیدروژن (پروتون) و عبور آن از آند به کاتد فراهم می نماید. در کاتد، یونهای هیدروژن در حضور کاتالیست با اکسیژنی که از میان الکترود متخلخل به فصل مشترک غشاء-کاتالیست نفوذ کرده، واکنش زیر تولید آب می کنند :



و واکنش کلی عبارتست از :



گاهی اوقات یک سیستم پیل سوختی شامل مبدل سوخت برای تبدیل سوخت‌های هیدروکربنی (گاز طبیعی، متانول و حتی بنزین) به هیدروژن می‌باشد. پیل‌های سوختی از لحاظ شیمیایی هیچگونه احتراقی ندارند در نتیجه آلودگی در این سیستم (پیل سوختی) کمتر از تمیزترین فرآیندهای احتراق سوختی می‌باشد.



شکل ۱- در مجاورت پلاتینی که الکترودها را می‌پوشاند، یک ملکول هیدروژن به ۲ یون هیدروژن تجزیه می‌شود و ۲ الکترون را در آند آزاد می‌سازد. الکترون‌ها توسط الکترولیت بلوکه شده و جدار (غشاء) تنها اجازه عبور به پروتون‌ها را می‌دهد و در نتیجه یک جریان برق در خارج به وجود می‌آید. الکترون‌ها موقعی که به کاتد می‌رسند، با اکسیژن هوا ترکیب شده و آب تولید می‌گردد. برای به دست آوردن یک ولتاژ قابل ملاحظه لازم است تعدادی پیل به طور سری به هم متصل گردد. [ ۵ ]

## مزایای پیل سوختی

پیل‌های سوختی در مقایسه با دیگر روش‌های تولید قدرت الکتریکی از مزایای متعددی بهره‌مند می‌باشند:

✓ راندمان بالا ( ۷۵ تا ۸۰٪ شامل ۳۵ تا ۴۰٪ راندمان حرارتی و ۴۰٪ راندمان الکتریکی)

✓ آلاینده‌گی پایین که به معنی کاهش میزان  $CO_2$  تا ۴۰٪ و حذف تقریبی  $SO_2$  و  $NO_x$  است

✓ حداقل نیاز به آب فرآیندی جهت تولید انرژی الکتریکی

✓ فاقد قسمت‌های اصلی متحرک در مقایسه با سیکل‌های متداول تولید انرژی می‌باشد

✓ انعطاف پذیری در سوخت مصرفی

✓ نصب آسان

✓ تولید آب قابل شرب در سیستم های  $H_2 / O_2$

✓ حداقل نیاز به تعمیرات و نگهداری

✓ فاقد اتلاف‌های ناشی از انتقال نیرو

✓ پتانسیل بالا تولید مشترک ( Cogeneration ) حرارت و انرژی

✓ پتانسیل بالا برای کاربری های آینده ( انرژی‌های هسته‌ای خورشیدی و هیدروژنی )

✓ پاسخ سریع به تغییرات بار ( load )

✓ بی‌صدا، پاکیزه، بدون لرزش، انتشار حرارتی کم

✓ مدولار بودن ( سهولت گسترش )

✓ امکان بهره‌برداری در غیاب اپراتور ( در اندازه کوچک )

✓ هزینه قابل رقابت با سایر انرژی‌های نو

✓ اعتماد پذیر بودن عملکرد سیستم

## موارد کاربرد پیل سوختی

قدرت پیل‌های سوختی از چند میکرووات مورد نیاز در صنایع الکترونیک تا بیشتر از مگاوات در نیروگاه‌های پیل سوختی متغیر است. پیل‌های سوختی در اصل برای سفینه‌های فضایی ساخته شدند اما امروزه زمینه‌های استفاده از آن به مراتب بیشتر شده است. اتومبیل برقی مجهز به این پیل ( Electric Vehicle Fuel Cell ) انرژی خود را از واکنش بین هیدروژن و اکسیژن به هنگام تولید آب بدست می‌آورد. بازدهی این اتومبیل‌ها بیش از سه برابر موتورهای بنزینی است. علاوه بر آن، تنها ماده تولید شده در این واکنش بخار آب می‌باشد و گازهای فاضلی  $HC$  و  $CO$  و  $BO_x$  و  $CO_2$  به هیچ وجه تولید نمی‌شود. این اتومبیل‌ها تا سال ۲۰۰۵ به بازار خواهند آمد. از دیگر موارد کاربرد پیل سوختی تامین قوه

محرکه صنعت راه آهن است. پیل‌های سوختی با قدرت پایین بطور عمده برای موارد نظامی یا خاص نظیر برنامه های فضایی طراحی و ساخته می شوند.

در دوربین‌های فیلم برداری در کامپیوتر Laptop ، خودروها، ویلچر و دستگاه‌های الکترونیکی قابل حمل نظامی قابل استفاده می باشند.

حضور پیل سوختی در یک واحد تولید نیرو، آن را به نیروگاه پیل سوختی (Fuel Cell Power Plant, FCPP) تبدیل می کند. واحدهای تولید نیرو متکی به فناوری پیل سوختی دارای مشخصاتی نظیر سهولت گسترش، آلاینده‌گی پایین و راندمان بالا می باشد. یک نیروگاه پیل سوختی حداقل از سه قسمت اساسی تشکیل شده است :

- ۱- قسمت تولید نیرو ( Power Section ) که شامل یک یا چند مجموعه پیل سوختی است.
- ۲- قسمت تامین سوخت ( Fuel Processor ) که سوخت لازم برای واحد نیرو را فراهم می کند.
- ۳- قسمت تنظیم کننده نیرو که تبدیل قدرت ایجاد شده به نوع مورد نیاز را بر عهده دارد.
- ۴-

### اجزا اساسی پیل سوختی

اجزاء اساسی پیل سوختی واحد عبارتند از :

- ۱- آند ( الکترو سوخت ) که فصل مشترکی بین سوخت و الکترولیت ایجاد کرده و واکنش اکسیداسیون سوخت را تسریع نموده و الکترون‌ها را از نقاط واکنش به مدار خارجی و یا به جمع کننده جریان که الکترون‌ها را به مدار خارجی هدایت می نماید منتقل می کند.
- ۲- کاتد ( الکترو اکسیژن ) که باید فصل مشترکی بین اکسیژن و الکترولیت ایجاد کرده و واکنش احیاء اکسیژن را تسریع نموده و الکترون‌ها را از نقاط واکنش الکترو اکسیژن به مدار خارجی هدایت می کند.
- ۳- الکترولیت که باید یکی از اجزاء یونی در گیر در واکنش‌های الکترو سوخت و اکسیژن را منتقل کند در حالیکه مانع هدایت الکترون‌ها می شود بعلاوه در پیل‌های سوختی، نقش جدا کننده گاز را ایفا می کند. [ ۸ ]

۴-

### مجموعه سازی پیل‌های سوختی ( Stacking )

اگر چه تحقیقات بر روی آزمایشات پیل منفرد انجام شده است، اما پیل منفرد به جهت ولتاژ پایین ( ۰/۵ تا ۱ ولت ) ارزش عملی ندارد. برای کاربردهای عملی، یک مجموعه از پیل‌ها به صورت سری بهم متصل می شوند. تعداد پیل‌ها در مجموعه توسط ولتاژ لازم تعیین خواهند شد. پیل‌های واحد و مجزا به نام مجموعه غشاء الکترو ( MEA ) متشکل از یک غشاء ( الکترولیت ) که بین دو الکترو متخلخل متراکم شده اند می باشند. صفحات دو قطبی که از نظر الکتریکی هادی می باشند، موجب جدا شدن MEA ها از لحاظ ورودی و خروجی سوخت و اکسید کننده می شوند.

## طبقه بندی پیل‌های سوختی

سیستم های پیل سوختی بر حسب نوع سوخت و اکسیداسیون، نوع الکترولیت، دمای عملیاتی و پارامترهای دیگر تقسیم بندی شده اند. انواع متداول پیل‌های سوختی عبارتند از:

۱- پیل‌های سوختی اسیدی

a. پیل سوختی الکترولیت پلیمر جامد (Solid Polymer Electrolyte) SPE

b. پیل سوختی اسید فسفریکی (Phosphoric Acid Fuel Cell) PAFC

۲- پیل سوختی قلیایی AFC (Alkaline Fuel Cell)

۳- پیل سوختی کربنات مذاب MCFC (Molten Carbonate Fuel Cell)

۴- پیل سوختی اسید جامد SOFC (Solid Oxide Fuel Cell)

۵- پیل سوختی متانول مستقیم DMFC (Direct Metanol Fuel Cell)

۶- پیل سوختی دو منظوره RFC (Regenerative Fuel Cell) [ ۵ ]

۷-

## مقایسه کاربرد بین انواع پیل‌های سوختی

کاربرد پیل‌های سوختی با توجه به دمای عملیاتی، زمان راه اندازی و راندمان متفاوت می باشد.

پیل سوختی اسید فسفریکی در میان انواع دیگر به بالا ترین سطح تجاری خود رسیده اند و برای بیمارستانها، هتل ها، مدارس فرودگاهها و نیروگاهها با راندمانی بیش از ۴۰٪ قابل استفاده می باشند. شایان ذکر است که بهترین موتور احتراق داخلی راندمانی حداکثر ۳۰٪ را دارا می باشند. در زمینه خودرو این نوع پیل برای اتوبوس و مینی بوس مناسب هستند.

پیل سوختی با الکترولیت قلیایی در میان انواع پیل‌های سوختی  $H_2 / O_2$  پیشرفته ترین نوع هستند و با راندمانی بالاتر از ۷۰٪ کار می کنند. از مزایای این نوع پیل راندمان بالا و امکان استفاده در محدوده وسیعی از الکتروکاتالیستها با فعالیت بالا را می توان ذکر کرد. علاوه بر این دمای عملکرد پایین، کاربری آنها را ساده کرده است. شکل اساسی این نوع پیلها استفاده از هیدروژن خالص بعنوان پیل قلیایی سوخت است. اگر سوخت دارای  $CO_2$  باشد تولید کربنات از الکترولیت بر حسب تضعیف کارایی می گردد. لزوماً در سیستم های قلیایی بایستی از هیدروژن خالص با قیمت بالا استفاده نمود. از این رو کاربرد این نوع پیلها منحصر به برنامه با اهداف خاص، نظیر فضایی و دریایی شده است.

## سوختهاي مورد نیاز پيلهاي سوختي

هیدروژن تنها سوختي است که عملاً در پيلهاي سوختي مورد نیاز واقع مي شود. دليل اين امر، فعاليت بالاي الكترولوشيميائي هیدروژن در مقايسه با بيشتتر سوختهاي متداول نظير هیدروکربنها، الكها يا زغال سنگ است، هیدروژن مي تواند به مقادير زياد از منابع انرژي اوليه نظير سوختهاي فسيلي ( زغال سنگ، نفت يا گاز طبيعي ) از واسطه هاي شيميائي متعدد ( محصولات پالایشگاه، آمونیاک و متانول ) و از منابع ديگري نظير بيومس و مواد ضايعاتي توليد شود. که در فصول بعدي مشروحاً بحث خواهد شد.

در اکثر سيستم هاي پيل سوختي قابل حمل از يك هیدريد فلزي بعنوان منبع سوخت هیدروژن استفاده مي گردد. بعبارت بهتر، هیدروژن مي توان بطور شيميائي توسط تركيب آن با فلزات و آلياژهاي فلزي به فرم هیدريد انبار شود.

## اقتصاد پيلهاي سوختي

امروزه مجموعه پيلهاي سوختي به صورت نمونه ( Prototype ) ساخته مي شوند

و

فناوريهاي موجود قيمت پيلهاي سوختي بايد به زير ۱۰۰۰ دلار بر هر كيلووات براي نيروگاههاي ثابت ( Stationary ) و پايين تر از ۱۰۰ دلار بر هر كيلووات براي خودروها برسد.

منابع مالي اذعان داشته اند که فروش سيستم هاي پيل سوختي از ۴۰ ميليون دلار در سال ۱۹۹۹ به بالاتر از ۱۰ ميليارد دلار تا سال ۲۰۱۰ خواهد رسيد. پيلهاي سوختي آينده درخشاني دارند. سالانه بيش از ۲۰۰ ميليون دلار صرف توسعه و تجاري شدن اين فناوري در سطح جهان مي شود.

## توليد برق

در حال حاضر تعدادي از واحدهاي پيل سوختي مولد برق در ايالات متحد آمريکا و ژاپن شروع به کار کرده اند. شرکت آمريکايي « بالارد » واحدهاي را با قدرت ۲۵۰ كيلووات آماده فروش دارد. از طرف ديگر بخش « گاز فرانس » يك واحد هیدروژني را آزمايش کرده که قادر است انرژي برق يك کارخانه کوچک را تأمين کند. [ ۸ ]

اين پيل ها، سوخت هاي مختلفي را از قبيل گاز شهري يا هیدروکربنهايي که مشکلي براي توزيع ندارند، مصرف مي کنند و داراي بازده بالايي بوده و ماده زائدي به جز اندکي دي اکسيدکربن ايجاد نمي کنند ( ۱۰ تا ۱۰۰۰ برابر کمتر از مقداري که يك نيروگاه برقي کلاسيک توليد مي کند ).

این نیروگاه های مولد برق برای شرکت هایی جالب هستند که همواره با قطع برق مواجه اند و این قطع برق برایشان اشکالاتی را به وجود می آورد و یا اینکه نمی خواهند به سوخت های فسیلی وابسته باشند. همچنین این واحدها برای کارخانه و مراکزی که دور از شبکه برق هستند مفید می باشند.

در حال حاضر با ورود غشاهای هادی پروتون ها به بازار، چندین شرکت، مولد برق کوچکی را به اندازه یک یخچال خانگی و قدرتی حدود ۱۰ تا ۵۰ کیلووات تولید کرده اند که قادرند انرژی برقی مورد نیاز یک خانه مسکونی یا یک دفتر تجارتي را تامین کنند. تمام این شرکت ها تولیدهای خود را در آینده ای نزدیک تجارتي خواهند کرد.

کاربرد دیگر آن-ها به عنوان-پیل های-هیدروژنی کم قدرت- است که معادل آکومولاتورهای کلاسیک می باشد. پیلهای سوختی یا هیدروژنی به سبب قیمت بالا، در دستگاه های رایانه کیفی یا تلفن همراه کاربرد دارند. این پیلها خیلی سبک بوده ( یک لایه الکترو-الکتروولیت-الکتروود-، برای- تولید فشاری- معادل- یک ولت ) و- به سرعت شارژ می شوند و بخصوص دارای عمری طولانی تر نسبت به آکومولاتورهای کلاسیک هم وزن خود هستند. تنها مسئله در دسترس نبودنشان به سبب ساختمان ظرفیتشان است.

چندین نوع از این پیل ها وجود دارد که برای رایانه های قابل حمل و دوربین های فیلم برداری مناسب هستند.

پیل های هیدروژنی و پیل های سوخت متانی در چندین شرکت سازنده تلفن همراه از قبیل موتورولا از سال ۱۹۹۹ مورد مطالعه قرار گرفته اند.

پیل های هیدروژنی که قادر به تولید ۱۰ وات با شدت ۲ آمپر باشند، در حال حاضر در اینترنت با قیمت ۶۰۰ دلار عرضه می شوند. از این پیل ها برای موارد جنبی از قبیل تامین منبع انرژی برای مواقع اضطراری یا کمکی نیز استفاده می شود. مخازن دی هیدروژن ( H<sub>2</sub> ) به شکل بطری هایی با ظرفیت ۲۸۷۰۰ لیتر گاز که از ۱ تا ۱۵ کیلو وزن دارند در دسترس هستند.

## نتیجه گیری

پیل‌های سوختی عموماً برای تبدیل انرژی به جهت راندمان بالا و مشخصات زیست محیطی خوب بسیار مناسب هستند. این روش بطور تئوریک ۸۵٪ انرژی شیمیایی را به انرژی الکتریکی تبدیل می‌کند. در عمل با احتساب هر دو راندمان حرارتی و الکتریکی، پیل‌های سوختی دارای راندمان تقریبی ۷۰ تا ۷۵٪ می‌باشند. بنابراین، پیل‌های سوختی یک فناوری جذاب برای مصرف تمیز سوخت‌های فسیلی هستند.

استفاده وسیع از این فناوری در دهه آتی جزء سیاست‌های انرژی کشورهای پیشرفته جهان می‌باشد و انواع مختلف پیل‌های سوختی در حال توسعه جدی هستند و طراحی مهندسی پیل سوختی در صدر برنامه‌های تحقیقات و توسعه جهان قرار گرفته است. در کشور ما نیز برای جلوگیری از شکاف فناوری با جهان پیشرفته، لزوم دستیابی به دانش مربوط در سطح جهانی الزامی است. بنابراین، با توجه به ویژگی‌های خاص پیل سوختی و موقعیت کشور ایران، دستیابی به این فناوری، طراحی و ساخت آنها در ردیف پروژه‌های ملی کشور قرار گرفته است. از این رو برنامه ریزی و برداشتن گام‌های اساسی و عملی بیش از هر زمان دیگر محسوس است.