



۷ و ۷ آبان ۱۳۸۸
October 28 & 29, 2009

سومین سمینار پیل سوختی ایران



3rd Fuel Cell Seminar of Iran



دانشگاه تربیت مدرس

تولید صفر، استانداردهای زیست محیطی و نقش پیل سوختی در توسعه پایدار

جلال ولی الهی

گروه محیط زیست دانشگاه شهید رجایی لویزان - تهران - ایران
jvaliallahi@srttu.edu

چکیده

امروزه معیارهای تقسیم بندی کشورها به کشورهای جهان سومی یا در حال توسعه و توسعه یافته دگرگون شده و در حال دگرگونی است. در گذشته اگر پیشرفت صنعتی بر مبنای میزان مصرف اسید سولفوریک بود امروزه سنجش پیشرفت یک کشور بر مبنای رعایت استانداردهای زیست محیطی رفاه اجتماعی است. برخی از این معیارها اصلاح الگوی مصرف، کاهش تولید گازهای گلخانه ای، دست بابی به فناوری های تولید صفر و شهر سبز، ساختمان ها و سازه های سبز است. یکی از این سازه ها پیل سوختی است. به کارگیری نیروگاه های پیل سوختی برای تولید الکتریسیته در مقیاس های مگاواتی و استفاده از آن در وسایط نقلیه به جای سوخت های فسیلی می تواند در پایداری شرایط زیست محیطی و متعادل شدن اکوسیستم زمین نقش بسزائی داشته باشد. پیل سوختی یک سامانه قدرت پیشرفته، پایدار، پاک و زیست سازگار برای آینده محسوب می شود. استفاده از هیدروژن همگام با دست یابی به فناوری ساخت سامانه پیل های سوختی به صورت رقابت پذیر، در کشورهای مختلف به سرعت در حال پی گیری است در این مقاله مزایای زیست محیطی کاربرد هیدروژن و پیل های سوختی، وضعیت پیشرفت آن در جهان، مفهوم توسعه پایدار و تولید صفر و نمونه یا نمونه هایی از اقدامات و سازه های تولید صفر ذکر شده است. اگر امروز در راستای دست یابی به استاندارد های جهانی توسعه پایدار و تولید صفر و مصرف بهینه انرژی توجه جدی نکنیم فردا هر چه قدر هم تولید ناخالص ملی را افزایش داده باشیم در شمار کشورهای عقب مانده طبقه بندی خواهیم شد.

واژه های کلیدی هیدروژن ، پیل های سوختی ، محیط زیست ، تولید صفر ، استانداردهای زیست محیطی

مقدمه :

توسعه پایدار علم و فناوری در جهان موجب آسایش و رفاه زندگی بشر بوده ، هست و خواهد بود. در گذشته پیش از انقلاب صنعتی توسعه علمی و فنی بشر به علت سازگاری با طبیعت در ابعاد کوچک مقیاس صورت می گرفت و طبیعت به علت گستردگی قادر به جبران اثرات ناشی از توسعه به دست بشر بود این نوع توسعه را توسعه سنتی می نامیم. اما با آغاز انقلاب صنعتی با افزایش توان بشر برای دست یابی و بهره برداری از منابع طبیعی و همراه با آن گسترش نظام بهره کشی سرمایه و منفعت طلبی بشر، نوع دیگری از توسعه شکل گرفت که توسعه لجام گسیخته صنعتی نام دارد. توسعه لجام گسیخته منجر به بهره برداری بیش از حد از جنگل ها، نابودی و پاک تراشی بخش گسترده ای از آنها در مقیاس جهانی شد صید بیش از حد از دریا ها سبب نابودی ذخایر و کاهش اسف بار اقیانوس ها گردید. شکار و بهره برداری از تمام انواع گیاهی و جانوری باعث نابودی بخشی از تنوع زیستی زمین شد. به طور کلی از بین بردن جنگل ها و مراتع، بیابان زایی، خشکاندن تالاب ها،



۷ و ۷ آبان ۱۳۸۸
October 28 & 29, 2009

سومین سمینار پیل سوختی ایران



3rd Fuel Cell Seminar of Iran



آلودگی آب ها و نواحی ساحلی، آلودگی اقیانوس ها به انواع مواد سمی ناشی از ورود فاضلاب ها به رودخانه ها و جاری شدن آفت کش ها به سوی آب ها شد آلودگی اقیانوس ها به رادیو اکتیو تا سال ۱۹۶۰ در اثر رقابت تسلیحاتی دو قطب هسته ایی در قالب پیمان ناتو و ورشو که منجر به آلودگی تمام اقیانوس ها به تشعشعات رادیو اکتیو گردید، آلودگی نواحی پاک قطبی، آلودگی هوا و مصرف بی رویه سوخت های فسیلی و همگام با آن انتشار گازهای گلخانه ایی و ده ها و صدها نوع دیگر از آلودگی ها امروزه بشر را به مخرب ترین موجود زمین بدل کرده است. امروزه بشر بر روی شاخه ایی نشست است که آن را از بن می برد. دامنه گسترش این وقایع به طور زنجیره ای منجر به بروز فجایع زیست محیطی مانند تخریب لایه ازن، تغییرات آب و هوایی، گسترش سیل های بنیان کن، پراکنش توده های عظیم گرد و غبار، گسترش بیماری جدید و به طور کلی به خطر افتادن حیات نوع بشر در زمین شده است. به طوری که بشر به این حد نیز قانع نشده با انجام آزمایشات هسته ای در زمین و اطراف فضا، با ایجاد تغییرات ژنتیکی در موجودات زمین که در بستر طبیعی خود طی میلیون ها سال تکامل یافته اند. سبب گسترش و تولید مواد و موجودات خطرناکی در مقیاس زمین شده است. که هشدار محققین آگاه و دانشمندان را برانگیخت که منجر به بنیان کنوانسیون آمینی زیستی گردید.

ده ها کنوانسیون مانند کنوانسیون رامسر که کنوانسیون حفاظت از تالاب های بین المللی است کنوانسیون هوای پاک، کنوانسیون تنوع زیستی، کنوانسیون حقوق دریاها و غیره شکل گرفت و بشر هوشمندانه در صدد جبران حماقت های گذشته خود در باره طبیعت است بسیاری از کشورهای پیشرفته جهان در پی بازگرداندن حیات طبیعی به زیستگاه ها و باز سازی و باز یابی در کنار برنامه های حفاظت از زمین هستند. گرچه هنوز برخی از این کشورها مانند کشور آمریکا از آلوده کننده ترین کشورهای جهان است که با مصرف سوخت های فسیلی، انجام آزمایشات هسته ایی، لشکرکشی به نقاط مختلف دنیا و ایجاد جنگ و تجاوز از مقصرتین کشورهای جهان است که زیر بار تعهدات این کنوانسیون ها نمی رود اما در عین حال بسیاری از کشور های در حال توسعه نیز به شمار کشورهای آلوده کننده جهان پیوسته اند. یکی از راهکارهای کاهش آلودگی ها و دست یابی به انرژی های پاک و سازگار با محیط زیست استفاده از انرژی هیدروژن است که یکی از فناوری های کاربرد این انرژی استفاده از پیل سوختی است. (ولی الهی ۱۳۸۸).

سال ها ست که ضرورت گذار از انرژی های فسیلی بخاطر محدودیت منابع فسیلی و آثار زیست محیطی به سوی انرژی ها و تکنولوژی های پاک مانند هیدروژن و پیل های سوختی فرا رسیده است. هزینه زیاد احداث نیروگاه های مرکزی، امکان استفاده از سیستم های پیل سوختی برای تامین انرژی مورد نیاز ساکنین مناطق کم جمعیت مانند شرکت ها و یا مناطق دور افتاده مانند روستاهای غیر قابل دسترس به شبکه برق سراسری را عملی کرده است. و کارهای تحقیقاتی برای افزایش کارایی و طول عمر پیل ها و نیز کاهش هزینه تولید برق، در مراکز علمی و دانشگاهی و شرکت های بزرگ و مهم جهانی ادامه دارد. ولی الهی ۱۳۸۸

روش شناسی تحقیق:

در این مقاله تحقیق به روش توصیفی از نوع اسنادی صورت گرفت. اطلاعات مورد نیاز از طریق بررسی های کتابخانه ای و جستجوی اینترنتی و مطالعه و مرور بسیاری از مطالب اخذ شده و سازماندهی همگی این اطلاعات صورت گرفت. در عین حال این نظرات و اسناد توسط محقق دسته بندی شده و با نظرات محقق تلفیق شد.



۷ و ۷ آبان ۱۳۸۸
October 28 & 29, 2009

سومین سمینار پیل سوختی ایران



3rd Fuel Cell Seminar of Iran



مفهوم تولید صفر

تولید صفر به معنی تولید سازه ها یا فرورده هایی که تولید عناصر و ترکیبات مضر به حال محیط زیست در آنها به صفر برسد. یکی از سازه ها و وسایلی که تولید صفر پیل سوختی است که در آن مواد و ترکیبات وارد هر چه باشد مواد خروجی حاصل از آن ها فاقد مواد و ترکیبات مضر است. معمولاً ماده خروجی بخار آب است. نه تنها وسایل و تجهیزات بلکه مجموعه های زیستی که مجموع به کارگیری آن ها تجهیزات و تاسیسات در آن ها منجر به خروجی صفر می شود یکی از شاهکارهای بشر محسوب می شود. امروزه یکی از پیشرفته ترین معیارهای توسعه ایجاد و به کارگیری مجموعه های زیستی و رفاهی است که به تولید صفر منجر شوند.

مثال هایی از انرژی صفر و تولید صفر

دولت امارات طی ساله های اخیر برنامه های جامعی را برای کاهش تولید گاز گلخانه ای دی اکسید کربن آغاز کرده است. قرار است امروز دولت امارات مجموعه دستورالعمل ها و قوانین را برای سبز شدن ساختمان ها ابلاغ کند .

همچنین ابوظبی اخیراً ساخت شهر مصدر- شهر عاری از کربن را آغاز کرده است. شهر مصدر با همکاری مشترک دولت امارات و موسسه تکنولوژی ماساچوست (ام ای تی) با بودجه اولیه ۵ میلیارد دلار آغاز شده است و قرار است ۱۸ میلیارد دلار دیگر نیز به این پروژه اختصاص یابد. توافقنامه همکاری میان دولت ابوظبی و (ام ای تی) در فوریه ۲۰۰۸ به امضای دو طرف رسید. مصدر، اولین شهر دنیا با انتشار دی اکسید کربن صفر پذیرای ۵۰ هزار نفر، خدمات تجاری و شرکتی خواهد بود. ۸۲ درصد از انرژی این شهر از پانل های خورشیدی تامین می شود، یک درصد با توربین های بادی و ۱۷ درصد باقی مانده نیز با سوخت هایی که با کمک روش های پیشرفته از پسماندهای غذایی تولید شده اند به دست می آید. دولت دبی نیز هم اکنون در حال تدوین سیاست ها و قوانین مربوط به سازه های سبز است و اعلام شده که بناهای جدید باید مطابق با قوانین و استانداردهای سازه های سبز ساخته شوند. لادن بهبودی ۱۳۸۸

پیل سوختی با تولید صفر می تواند یکی از تجهیزات بنیادی این نوع از شهرها باشد. بیوگاز یا گاز زیستی می تواند در پیل های سوختی مورد استفاده قرار گیرد.

خانه ایی با انرژی صفر

خانه های انرژی صفر اصطلاحی است که برای نسل جدید ساختمان های سبز در نظر گرفته شده است به علت این که تمام انرژی های مورد نیاز ساختمان در خود ساختمان تولید می شود که از طریق سیستم های تعبیه شده در آن که انرژی سبز تولید می کنند تامین می شود. تولید صفر نیز در این مجتمع های ساختمانی نیز مصداق دارد زیرا در این مجتمع ها از سوخت های فسیلی استفاده نمی شود بنابر این تولید گاز کربنیک در آن ها به صفر می رسد. این مجتمع ها دارای سیستم جامعی برای به حداقل رساندن ضایعات، کاهش مصرف آب ، افزایش راندمان مصرف انرژی و نیاز صفر به انرژی وارداتی است. چون تمام انرژی مورد نیاز در داخل مجتمع تولید می شود.

شهر سانفرانسیسکو پذیرای اولین خانه انرژی صفر خواهد بود. طرح هایی برای ساختن اولین مجتمع ساختمانی در این شهر در دست بررسی است. ساخت این خانه الگویی خواهد بود از یک طرح موثر سبز برای ساخت خانه های مشابه در جهان. این مجتمع ساختمانی دارای فضای باز بیشتری است و راحتی و آسایش و آرامش بیشتری را برای زندگی به همراه دارد. سبکی کاملاً جدید و منحصر به فرد دارد گرچه در یک شهر باستانی ساخته می شود بنابراین این از معماری های کهن بی بهره نیست. غلامرضایی عبدالحسن ۱۳۸۸.

پیل سوختی یکی از داوطلبان کاربرد در این مجتمع های ساختمانی خواهد بود که فاقد کنتر آب و برق و گاز هستند و تنها به انرژی تولیدی خود متکی می باشند. ایرانیان در معماری و ساختن خانه هایی الهام گرفته از طبیعت و استفاده از نیروهای طبیعی در جهان پیشتاز بوده اند معماری بادگیرهای شهر یزد، مسجد شیخ بهایی در اصفهان و اصلاً معماری گنبدها و حوض ها و آبشارهای ایرانی مانند آبشارهایی مجتمع فین کاشان که تنها از انرژی سقلی آب در آن استفاده شده نمونه های کوچکی از آن است. در استفاده از سازها و ساختارهای پیشرفته امروزی نیز نباید از دیگر کشورها عقب بمانند.

اهمیت مسئله کاهش گازهای گلخانه ای:

در آذرماه سال ۱۳۸۴ با تصویب مجلس شورای اسلامی و تائید شورای نگهبان، ایران به پروتکل کیوتو پیوست و به دولت یک سال مهلت داده شد تا مرجع صلاحیت دار ملی این پروتکل مشخص شود. پیمان کیوتو معاهده ای بین المللی است که هدف آن کاهش اثرات گازهای گلخانه ای از سوی کشورهای صنعتی است. دی اکسید کربن، متان، هیدروفلوروکربن، پرفلوروکربن و سلفور هگزافلوراید گازهایی است که هدف این معاهده اند. این گازها، براساس تحقیقات انجام شده موجب گرم شدن کره زمین و تغییرات آب و هوایی می شوند. تغییرات آب و هوایی زندگی روی کره خاکی را سخت می کند. کشورهای صنعتی به عنوان بزرگ ترین تولیدکنندگان گازهای گلخانه ای بین سال های ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۲ ملزم به کاهش ۵ درصد از گازهای گلخانه ای نسبت به سال ۱۹۹۰، هستند. همچنین هر کشوری که این معاهده را می پذیرد، باید سهمی در کاهش گازهای گلخانه ای داشته باشد.

سازمان ملل متحد معتقد است کشورهای صنعتی باید تا سال ۲۰۱۰ میزان تولید گازهای گلخانه ای خود را ۱۰ درصد نسبت به سال ۱۹۹۰ کاهش دهند. پیمان کیوتو، در سال ۲۰۰۱ و به دلیل خروج ایالات متحده آمریکا از این پیمان، ضربه سختی خورد. زیرا آمریکا به تنهایی تولیدکننده یک چهارم گاز گلخانه ای در سطح جهان است. قدر دوست، ۱۳۸۵

کشورهای در حال توسعه به طور روز افزونی گازهای گلخانه ای را افزایش می دهند. به گفته کارشناسان بخش انرژی، امارات در حال حاضر یکی از کشورهای عمده تولیدکننده گازهای گلخانه ای است. ۴۰ درصد از کل گازهای کربن در دنیا در امارات منتشر می شود. ایسنا ۱۳۸۶/۰۷/۰۹

بنا بر گزارش روزنامه نشنال چاپ ابوظبی، جدیدترین نتایج آژانس بین المللی انرژی نشان می دهد که سرانه تولید گاز دی اکسیدکربن در امارات ۲۴/۳۵۰ کیلوگرم در سال است. این رقم در استرالیا ۱۵۰۰۰ کیلو گرم و در آلمان تنها ۹/۸۶۰ کیلو گرم است. به این ترتیب امارات دومین کشور تولیدکننده گاز دی اکسیدکربن در دنیا است. شرکت آلمانی مشاوره انرژی با عنوان دی اچ اس پارتنر DHS-partners که از سال گذشته فعالیت خود را در ابوظبی آغاز کرده است عمده فعالیت های خود را در طراحی ساختمان ها به منظور کاهش ۲۰

درصدی این آمار متمرکز کرده است. مساحت ساختمان‌های مسکونی در امارات طی سال‌های اخیر افزایش چشمگیری داشته است. در سال ۲۰۰۵ در امارات ۱۳۰ میلیون متر مربع مساحت مسکونی وجود داشت. پیش‌بینی می‌شود تا پنج سال آینده ۱۷۰ میلیون متر مربع دیگر به این رقم اضافه شود. اگر روند ساخت و ساز و طراحی‌های ساختمانی به این شکل ادامه پیدا کند امارات باید طی ۵ سال آینده ۲۶ میلیون بشکه نفت را در سال بسوزاند تا تنها برق و الکتریسیته این واحدها تامین شود. در این صورت در سال ۲۰ میلیون تن گاز دی‌اکسید کربن تولید خواهد شد.

اقدامات موثر در کاهش گازهای گلخانه‌ای

با وجود این آمار هشدار دهنده کارشناسان معتقدند با اقدامات موثر می‌توان جلوی تولید این حجم گاز دی‌اکسید کربن را گرفت. عایق کاری در سازه‌های ساختمانی یکی از روش‌های موثر در ذخیره کردن انرژی است و یک عایق کاری خوب تنها ۵ تا ۸ درصد از هزینه‌های ساخت را شامل می‌شود. همچنین اگر شیوه‌های عایق کاری رعایت شود نیازی به سیستم‌های تهویه عظیم در سازه‌ها نیست و در فضای ساختمان نیز صرفه‌جویی زیادی می‌شود.

یکی دیگر از راه‌های بنیادی استفاده از سازه‌ها و تجهیزات سازگار با محیط زیست مانند پیل سوختی و سایر انرژی‌های طبیعت مانند انرژی باد، انرژی آب، انرژی خورشیدی، انرژی بیوگاز و انرژی جزر و مد است.

ولی الهی ۱۳۸۸

افزایش جمعیت جهان، نیاز روز افزون به انرژی، آلودگی فزاینده محیط زیست به دلیل سوزاندن سوخت‌های فسیلی و محدودیت این منابع، گذار از عصر سوخت‌های فسیلی به سوخت‌ها و تکنولوژی‌های پاک و سازگار با محیط زیست را اجتناب‌ناپذیر کرده است. هیدروژن به عنوان سوخت پاک جایگزین بسیار خوبی برای سوخت‌های فسیلی است. پیل‌های سوختی بعنوان تکنولوژی‌های سالم تبدیل انرژی و بخاطر سهم اندک این سیستم‌ها در انتشار گازهای گلخانه‌ای و عدم ایجاد آلودگی صوتی و نیز داشتن بازدهی بالا بخاطر حذف آلودگی داوطلب بسیار خوبی برای بکارگیری در تولید برق به صورت نیروگاه‌های پراکنده و محلی می‌باشند. این سیستم‌ها می‌توانند علاوه بر هیدروژن با سوخت‌های حاوی اکسیدهای کننده‌های دو ظرفیتی استفاده کنند. بنابر این با توجه به هزینه زیاد تولید هیدروژن خالص می‌توانند از گاز طبیعی محصولات نفتی و یا گازهای حاصل از بیومس بعنوان سوخت استفاده نمایند. در حال حاضر پیل سوختی اسید فسفریک در مقیاس ۲۰۰ کیلوواتی به مرحله تجاری رسیده و تحقیقات برای بکارگیری از سیستم و سایر انواع پیل‌ها در مقیاس‌های کیلوواتی تا دهه‌ها مگاوات ادامه دارد. ساعی و ایرانی زاد ۱۳۸۸.

پیل سوختی یک سامانه قدرت پیشرفته، پایدار، پاک و زیست‌سازگار برای آینده محسوب می‌شود. استفاده از هیدروژن همگام با توسعه پیل‌های سوختی چشم‌انداز بسیار روشنی را در آینده برای بخش انرژی و در سطح

بین‌المللی ترسیم نموده است. روشن‌ضمیر ۱۳۸۸

انرژی در جهان بعنوان محور اساسی رشد و پیشرفت مطرح بوده و میزان مصرف صحیح انرژی و به حداقل رساندن تلفات آن بعنوان شاخصی برای سنجش میزان توسعه هر کشور می‌باشد. استفاده و تأمین انرژی، اهمیت اساسی برای یک جامعه دارد و به دلیل مقیاس بزرگ و طبیعت نافذ انرژی در فعالیت‌های مختلف، بزرگ‌ترین تأثیر را بر محیط زیست دارد. تولید، انتقال، توزیع و مصرف انرژی، محیط زیست را در حین مراحل

مختلف از استخراج منابع اولیه تا ارائه خدمات و مصرف نهایی تحت تأثیر قرار می‌دهد. موضوع انرژی و محیط زیست برای توسعه پایدار، یک ضرورت است.

منابع سوخت فسیلی محدود هستند و با فرضی خوش بینانه، در ۷۰ تا ۱۵۰ سال آتی به اتمام خواهند رسید. پیش بینی می‌شود که در دو دهه آینده، نیاز به سوخت‌های فسیلی، از تولید آن پیشی می‌گیرد و لذا یک بحران کمبود انرژی جهان را تهدید خواهد نمود. در این راستا انتظار می‌رود موتورهای احتراق داخلی با سوخت هیدروژن در میان مدت مورد استفاده قرار گرفته و پیل‌های سوختی ابتدا در سامانه‌های قدرت هیبرید و سپس در بلندمدت در سامانه‌های انرژی هیدروژنی مورد بهره‌برداری قرار گیرند.

پیل‌های سوختی در ایران باستان

اعتقاد بر این است که اشکانیان در بغداد در فاصله سالهای ۲۵۰ ق.م تا ۲۲۴ پ.م. پیل الکتریکی ساختند. این باتری‌ها به باتری‌های بغداد مشهورند. شرکت جنرال الکتریک این باتری‌ها را شبیه سازی کرده است. پیل‌های سوختی در کاهش آلودگی محیط زیست نقش بسزایی داشته و به خاطر عدم بکارگیری قطعات مکانیکی زیاد، ایجاد آلودگی صوتی نمی‌کنند. علاوه بر آن سیستم پیل سوختی از کارایی نسبتاً بالایی نسبت به موتورهای احتراق درونسوز برخوردار است. ویکی پدیا. منبع پیل‌های سوختی در ایران باستان

هیدروژن بعنوان فراوان‌ترین عنصر موجود در سطح زمین به روش‌های مختلف قابل تولید می‌باشد. در یک سیستم ایده آل انرژی بر پایه هیدروژن با هدف تأمین امنیت ارائه انرژی، حفظ محیط زیست و ارتقاء کارایی سیستم انرژی، هیدروژن از الکتریسیته تولیدی از منابع تجدیدپذیر نظیر باد، خورشید، زمین گرمایی و نظایر آن تولید شده و پس از ذخیره سازی و انتقال به محل‌های مصرف، در کاربردهای مختلف از جمله تجهیزات الکترونیکی کوچک، صنعت حمل و نقل و صنایع نیروگاهی قابل بکارگیری است. با این رویکرد بسیاری بر این باورند که سوخت نهایی بشر هیدروژن بوده و بشر در آینده‌ای نه چندان دور عصر هیدروژن را تجربه خواهد نمود. (عصر هیدروژن) سیستم انرژی هیدروژنی به دلیل استقلال از منابع اولیه انرژی، سیستمی دائمی، پایدار، فناپذیر، فراگیر و تجدیدپذیر می‌باشد و پیش بینی می‌شود که در آینده‌ای نه چندان دور تولید و مصرف آن بعنوان حامل انرژی به سراسر اقتصاد جهانی سرایت نموده و اقتصاد هیدروژنی تثبیت شود. در واقع اهمیت فناوری پیل سوختی در یک سیستم انرژی بر پایه هیدروژن به گونه‌ای است که بسیاری آنرا به لوکوموتیو قطار توسعه عصر هیدروژن تشبیه نموده‌اند. علاوه بر فناوری پیل سوختی به عنوان مصرف کننده هیدروژن در عصر هیدروژن، فناوری‌های تولید، ذخیره سازی، عرضه و انتقال هیدروژن نیز از اجزاء اصلی ساختار انرژی این عصر خواهند بود. علیرضا پیمان پاک ۱۳۸۲.

پیل‌های سوختی همانند باتری‌ها عمل می‌کنند اما بر خلاف باتری‌ها مادامی که به آنها سوخت رسانده شود، از کار نمی‌افتند و به شارژ مجدد احتیاجی ندارند. پیل‌های سوختی پتانسیل شیمیایی هیدروژن را به انرژی الکتریکی تبدیل کرده و محصول جانبی آن، آب و حرارت می‌باشد. هیدروژن مورد نیاز پیل‌های سوختی را می‌توان از منابع مختلفی همانند منابع هیدروکربنی نظیر نفت خام، گاز طبیعی، زغال سنگ و ... و منابع تجدید پذیر نظیر باد و خورشید به دست آورد. پیل‌های سوختی دامنه کاربرد وسیعی از موارد مصرف را از سفینه‌های فضایی تا تأمین انرژی وسایل کوچک الکترونیکی شامل می‌شود. از پیل‌های سوختی در مقیاس کوچکتر، می‌توان در کاربردهای قابل حمل از جمله تلفن‌های همراه، کامپیوترهای قابل حمل و ... استفاده

نمود. از مهم ترین مزایای پیل های سوختی می توان به تولید دی اکسید کربن و اکسید نیتروژن کمتر به ازای هر کیلووات از برق تولیدی و عدم وجود قطعات متحرک زیاد اشاره نمود.

برخی از این پیل های سوختی نظیر پیل های سوختی اکسید جامد و کربنات مذاب، گاز طبیعی را به صورت مستقیم مصرف می نمایند و در برخی از آنها نظیر پیل های سوختی پلیمری و اسید فسفریکی به کمک یک رفورمر، گاز طبیعی به هیدروژن تبدیل شده و مورد مصرف قرار می گیرد، همچنین در پیل سوختی متانولی، متانول مستقیماً برای استفاده به پیل سوختی وارد می شود. پیل های سوختی می توانند در بخش های مختلف تولید انرژی الکتریکی نیروگاهی حضور یابند. این حوزه ها عبارتند از هتل ها، مدارس، بیمارستان ها، ساختمان های اداری و محل های خرید. طراحی صنعتی ایرانی ۱۳۸۸

مزایای کاربرد متانول به عنوان سوخت (پیل سوختی) برای کشور

کاربرد سوخت های جایگزین فرآورده های نفتی، برای کشورهایی که دچار بحران آلودگی هوای شهرهای بزرگ خود هستند، اقدامی بسیار ضروری به شمار می رود. از طرف دیگر کشور ما با حجم زیادی متانول روبرو است که با کنار گذاشتن تکنولوژی متیل تری بوتیل اتر (MTBE)، بازار مصرف کافی برای آن وجود نخواهد داشت. یکی از مشهورترین این گزینه ها، "متانول" می باشد که در مقایسه با سوختهایی همچون بنزین، گازوئیل و گاز طبیعی (CNG و LPG) به دلیل ساده بودن فناوری تولید، مطابقت با استانداردهای محیط زیست و چشم انداز قیمت مناسب به عنوان یکی از سوخت های برتر برای تامین انرژی، مطرح است.

سوخت های مختلفی در پیل سوختی مورد استفاده قرار می گیرد که هیدروژن، اسیدفسفریک و متانول از عمده ترین این سوخت ها می باشند. امتیازات متعدد متانول همانند مایع بودن در دمای معمولی، تولید آسان آن از گاز طبیعی، حمل و نقل راحت و تبدیل آسان متانول به هیدروژن، این مایع شیمیایی را به عنوان بهترین گزینه برای تامین سوخت های پیل های سوختی مطرح نموده است.

آزمایش های انجام شده بر روی اتومبیل های پیل سوختی متانولی، از لحاظ عملی نیز توانایی های این خودروها را تایید کرده اند. بنابر گزارش ایسنا در ۲۵ نوامبر ۲۰۰۲، یک خودروی مرسدس بنز کلاس A کوچک با سوخت متانولی در یک سفر ۸۵ ساعته مسافت پنج هزار و ۲۵۲ کیلومتری از ایالت کالیفرنیا تا ایالت واشنگتن دی سی را با موفقیت طی نمود. این خودرو در هر ۴۰ مایل، معادل ۶۴ کیلومتر یک گالن (۳،۷۸۵۳) سوخت مصرف نموده و میزان آلاینده های منتشره از این خودرو، کسری از خودروهای بنزینی بود. از سال ۲۰۰۲ تاکنون پیشرفت های قابل توجهی در همه زمینه ها در مورد پیل سوختی صورت گرفته است.

مطالعات گسترده ای که از سوی کارشناسان متانکس Metanex، در ژوئن ۲۰۰۰ صورت گرفته است، اختلاف زیاد در توان کاهش گازهای گلخانه ای را به وسیله پیل های سوختی متانولی و سایر سوخت های مورد مصرف نمایان ساخته است و متانول را به عنوان سوختی که در تمام مراحل تولید و مصرف خود کمترین میزان تولید CO_2 را دارد، مطرح نموده است. مجموعه مقالات اولین همایش سراسری فناوری پیل های سوختی

کاربردهای پیل سوختی نیروگاهی

بازار مولدهای نیروگاهی پیل سوختی بسیار گسترده است و کاربردهای دولتی، نظامی و صنعتی را شامل می شود. همچنین به عنوان نیروی پشتیبان در مواقع اضطراری در مخابرات، صنایع پزشکی، ادارات،



بیمارستان‌ها، هتل‌های بزرگ و سیستم‌های کامپیوتری به کار می‌رود. پیل‌های سوختی نسبتاً آرام و بی‌صدا هستند لذا برای تولید برق محلی مناسبند. علاوه بر کاهش نیاز به گسترش شبکه توزیع برق، از گرمای تولیدی از این نیروگاه‌ها می‌توان برای گرمایش و تولید بخار آب استفاده نمود. باشگاه مهندسان ایران. ۱۳۸۸.

سوخت تازه برای پیل‌های سوختی

با استفاده از اسیدفرمیک به عنوان سوخت غیرقابل اشتعال در پیل‌های سوختی محصولات الکترونیکی قابل حمل بدون اتصال به شبکه برق کار می‌کنند. شرکت‌های بیس BASE و تکیون Tekion توسعه دهنده پیل‌های سوختی مینیاتوری برای محصولات قابل حمل برای توسعه اسیدفرمیک به عنوان سوخت برای فناوری پیل سوختی تفاهم نامه ای امضا کردند. شرکت بیس بزرگترین تولید کننده اسیدفرمیک در دنیا محسوب می‌شود و قصد دارد با همکاری شرکت تکیون، فرمولاسیون مناسبی را برای اسیدفرمیک تهیه و آزمایش کند.

ساخت پیل سوختی با نیروی باکتری

تیمی متشکل از میکروبیولوژیست‌ها، مهندسين و متخصصان شیمی زمین از دانشگاه‌های کالیفرنیا جنوبی و رایس به منظور ساخت پیل‌های سوختی (به اندازه یک کف دست) با نیروی محرکه باکتری برای تامین انرژی هواپیماهای جاسوسی همکاری مشترک خود را آغاز کردند. نیروی هوایی آمریکا از مدتها قبل در پی تولید وسایل نقلیه هوایی در مقیاس مینیاتوری (به اندازه حشرات) بود، اما تاکنون این خواسته به دلیل نداشتن منبع انرژی فشرده مناسب ناکام مانده است. این گروه تحقیقاتی امیدوار است با سرمایه‌گذاری ۴/۴ میلیون دلاری مرکز تحقیقات دانشگاهی در وزارت دفاع موری (MURI) بتواند با تولید نخستین نمونه بدون سرنشین، طی پنج سال آینده این اندیشه را محقق سازد. بر اساس این گزارش، در دانشگاه رایس به منظور درک چگونگی اتصال و اثر متقابل باکتری *Sewanella* بر سطوح آند در پیل سوختی، تحقیقاتی در حال انجام است. آند در پیل سوختی و باتری‌ها، وظیفه جمع‌آوری الکترون اضافی را بر عهده دارد و این تیم قصد دارد شرایط بهینه انتقال الکترون‌ها در سطح آند در شرایط مختلف را تعیین کند. اجزای اصلی این سیستم باکتری، سطح و محلول هضم کننده باکتری است که تغییر هر یک از این عوامل روی دو عامل دیگر مؤثر بوده و هدف، یافتن شرایط بهینه عملکرد سیستم کلی است. دانشگاه کالیفرنیا جنوبی در زمینه روش‌های ژنتیکی، حفظ متابولیسم تنفسی میکروب‌ها در محیط‌های با اکسیژن کم، تحقیقاتی انجام داده است. *Sewanella* یکی از این باکتری‌ها برای متابولیسم کامل غذا به جای اکسیژن از فلز استفاده می‌کند و از آنجا که این ارگانیزم قادر است مستقیماً الکترون‌ها را به اکسید فلزی جامد انتقال دهد، می‌توان آن را در آند پیل سوختی مورد استفاده قرار داد.

در کشور ما نیز تاکنون برخی ساختارهای تحقیقاتی در مورد استفاده از انرژی های پاک شکل یافته است و محققان بسیاری دست به کار شده اند که جنبه های مختلف موضوع را مورد پژوهش قرار داده اند. برای مثال محققان پژوهشگاه مواد و انرژی، طی پژوهشی موفق شدند نانوپودر کامپوزیت NiO-YSZ را برای استفاده به عنوان آند پیل‌های سوختی اکسید جامد، به روش سنتز احتراقی به کمک ماکروویو سنتز کنند. حسام ۱۳۸۸.



۷ و ۷ آبان ۱۳۸۸
October 28 & 29, 2009

سومین سمینار پیل سوختی ایران



3rd Fuel Cell Seminar of Iran



دانشگاه تربیت مدرس

به کار گیری پیل سوختی در خودروها

یکی دیگر از انگیزه های وسه برانگیز بکارگیری پیل سوختی استفاده از آن ها در خودروهاست. راندمان و نشر آلاینده های زیست محیطی خودروهای پیل سوختی به مراتب از خودروهای رایج مناسب تر می باشد، همچنین پیل های سوختی به عنوان نسل چهارم نیروگاه ها در آینده امکان توسعه سیستم های غیر متمرکز تولید انرژی را فراهم می سازند.

امکان استفاده از سوخت های فسیلی همانند متانول و یا گاز طبیعی در پیل های سوختی تا زمان دستیابی به زیرساخت های لازم برای ارائه هیدروژن به پیل های سوختی از دیگر مزایای کاربردی این سیستم ها می باشد. امروزه همه تولید کنندگان عمده خودرو بر روی تولید تجاری خودروهای پیل سوختی سرمایه گذاری نموده اند، همچنین پیل های سوختی می توانند به عنوان مولد انرژی اتوبوس ها، قایق ها، هواپیماها و حتی دوچرخه ها مطرح شوند.

پیل های سوختی می توانند از انواع گازها شامل گاز طبیعی، پروپان، گاز حاصل از دفنگاه های زباله، متانول و هیدروژن به عنوان سوخت استفاده کنند. طراحی صنعتی ایرانی ۱۳۸۸

در حال حاضر شش میلیارد و ۴۰۰ میلیون انسان بر روی کره زمین زندگی می کنند و این آمار تا سال ۲۰۲۰ به هفت میلیارد و ۵۰۰ میلیون نفر خواهد رسید. در همین حال پیش بینی می شود، در مدت زمان فوق شمار افرادی که صاحب خودرو می شوند ۱۲ تا ۱۵ درصد رشد داشته باشد و این بدان معنی است که تعداد خودروها که در حال حاضر در حدود ۷۷۵ میلیون دستگاه برآورد شده است، تا سال ۲۰۲۰ به بیش از یک میلیارد و ۱۰۰ میلیون دستگاه خواهد رسید. بنابراین کاهش مصرف سوخت و آلاینده های محیط زیست اهمیت بسیار زیادی پیدا می کند که در این میان شرکت خودروسازی جنرال موتورز آمریکا با معرفی تکنولوژی پیل سوختی هیدروژنی توانسته است امید به جابجایی بدون آلودگی رادر آینده افزایش دهد. شرکت جنرال موتورز قصد دارد با برنامه ای بلند مدت، سوخت هیدروژن را به صورت همه گیر در خودروها مورد استفاده قرار دهد. لذا توسعه خودروهای پیل سوختی به سرعت در جهان در حال رشد است، به طوری که در حال حاضر شرکت های خودروسازی جنرال موتورز و اوپل بیش از یک میلیارد دلار صرف تحقیقات در این تکنولوژی کرده اند.

نمونه هایی از اتومبیل های آینده

"هیدروژن ۳ اوپل"

این خودرو جانشین نمونه اولیه هیدروژنی است که در بهار سال ۲۰۰۰ معرفی شد نیروی برق این خودرو توسط ۲۰۰ قطعه پیل سوختی که به صورت سری به یکدیگر متصل شده اند، تولید می شود. در آوریل سال ۲۰۰۵ نیز این خودرو توانست جایزه مسابقات رالی مونت کارلو را برای وسایل نقلیه دارای پیل سوختی از آن خود کند. شرکت خودروسازی اوپل اکنون در حال گسترش تکنولوژی آزمایشهای پیل سوختی با همکاری شرکت سوئدی ایکیا می باشد. بزرگترین جایگاه سوخت گاز هیدروژنی جهان در پاییز سال ۲۰۰۴ در پایتخت آلمان آغاز به کار کرد و قرار است علاوه بر گاز هیدروژن و هیدروژن مایع، بنزین و گازوئیل نیز به مردم ارائه کند.



سکونل جنرال موتورز

خودروی سکونل جنرال موتورز محصولی است که تمامی نتایج تحقیقات فشرده که طی چند سال اخیر از سوی بزرگترین خودروساز جهان انجام شده است را در بر دارد؛ پروژه‌ای که جنرال موتورز بیش از یک میلیارد دلار در آن سرمایه‌گذاری کرده است. این خودرو جادار به گونه‌ای طراحی شده است که کمترین آلاینده‌گی محیط زیست را دارد. در این خودرو سه منبع با فشار بالا تعبیه شده است که موقعیت آنها در میانه شاسی باعث بهبود مرکز ثقل خودرو می‌شود. این خودروها که از اصلاحات فنی بسیار زیادی نیز بهره‌مند می‌باشند منحصر به فرد هستند. خودروی سکونل جنرال موتورز به دلیل افزایش ۲۵ درصدی نیرو توسط تکنولوژی جدید می‌تواند سرعت صفر تا ۱۰۰ کیلومتر را در کمتر از ۱۰ ثانیه به دست آورد. اجزای پیل سوختی شامل توده پیل سوختی، دستگاه فرعی هیدروژن و فرآوری هوا، سیستم خنک کننده و سیستم توزیع ولتاژ بالا می‌باشد.

اکویونیکس شورلت و ثبت رکورد خودروهای پیل سوختی

دو خودروی شورلت با سوخت هیدروژن فشرده، مسیر ۵۰۰ کیلومتری دو شهر را به طور موفقیت آمیزی تنها با یکبار سوختگیری طی کردند و مورد استقبال جمعی از دوستداران محیط زیست و دانش‌آموزان قرار گرفتند.

این دو خودرو رکورد اولین خودروهای پیل سوختی را بر جای گذاشتند که ۵۰۰ کیلومتر را تنها با یک مخزن هیدروژن طی کردند و هیدروژن مورد نیاز آنها از برق تولید شده در آبشار نیاگارا تامین شده است و هر کدام، دو هزار و ۴۰۰ کیلوگرم وزن داشته و می‌توانند به سرعت ۱۶۰ کیلومتر در ساعت برسند.

جنرال موتورز از چندین جایگاه سوختگیری هیدروژن در لس آنجلس و یک جایگاه در واشنگتن دی سی برخوردار است و آزمون های بازاریابی پیل سوختی خودرو شورلت اکویونیکس EQUINOX را در اکتبر ۲۰۰۸ به سرانجام رساند. جنرال موتورز در نظر دارد قیمت خودروهای هیدروژنی را تا سال ۲۰۱۰ به قیمت قابل رقابت با خودروهای موتور احتراق داخلی برساند.

بحث ونتیجه گیری

سال‌هاست که بنزین و سوخت‌های دیزلی تنها منابع انرژی برای حمل و نقل، تولید انرژی الکتریکی و برآورده کردن تقاضاهایی از این نوع به‌شمار می‌روند. در کنار این مسئله، آلودگی شدید شهرهای بزرگ که در اثر مصرف سوخت‌های فسیلی صورت گرفته، شرایط نابسامانی را برای مصرف‌کنندگان این منابع انرژی فراهم آورده است. این امر، کشورهای صاحب فناوری را بر آن داشته تا برای یافتن جایگزین مناسب برای سوخت‌های فسیلی تحقیقات گسترده‌ای را آغاز نمایند و به بررسی گزینه‌های مختلف با توجه به شرایط و منابع خود بپردازند. کشور ایران از یک سو با بالا بودن مصرف سالیانه سوخت و از دیگر سوی با عدم توسعه یافتگی مناسب فناوری در صنایع خودرو و نیروگاهی روبروست و عدم توجه به مشکلات ناشی از آلودگی های زیست محیطی نیز موجب مشکلات جدی زیست محیطی در کلان شهرها شده است. توسعه فناوری پیل های سوختی می‌تواند یک راه حل مناسب برای توسعه پایدار و بلند مدت باشد. به کارگیری نیروگاه های پیل سوختی برای تولید الکتریسیته در مقیاس های مگاواتی و استفاده از آن در وسایط نقلیه به جای سوخت های فسیلی می‌تواند در پایداری شرایط زیست محیطی و متعادل شدن اکوسیستم زمین نقش بسزائی داشته باشد. پیل های

سوختی به دلیل برخورداری از دانش فنی پیشرفته در تولید الکتریسیته، علاوه بر کاهش اثرات گلخانه ای و عدم ایجاد آلودگی صوتی به علت نداشتن قطعات مکانیکی موتوری بازدهی بسیار بالایی نسبت به ماشین های احتراقی درونسوز دارند .

با توجه به این موضوع که در طی چند سال آینده، جمع تولید متانول در ایران به حدود ۵ میلیون تن در سال خواهد رسید و همچنین با مدنظر قراردادن آلودگی هوای شهرهای بزرگ ایران، پرداخت ارز زیاد برای واردات بنزین و محدودیت منابع سوختی کشور، بررسی متانول به عنوان سوخت جایگزین، از اهمیت خاصی برخوردار است. مزیتی که عمده ترین ویژگی متانول مصرفی بعنوان سوخت، محسوب می گردد، سازگاری آن با محیط زیست می باشد. گازهای دفعی حاصل از مصرف متانول عاری از منواکسیدکربن (CO)، اکسیدهای نیتروژن (NOX) و کلیه ذرات جامد موجود در گازهای حاصله از سوختن بنزین و دیزل می باشد. در بیشتر اوقات، صنایع حمل و نقل عمومی، عامل مهم نشر گازهای گلخانه ای به شمار می آیند. گازهای گلخانه ای (CH₄, CO₂, NOX, CFC) موجب تبدیل جنگل ها و مراتع به حالت بیابانی و افزایش مساحت بیابان ها در کره زمین می گردد. مهمترین عامل افزایش گرمای جهان نیز وجود این گازها و افزایش آنها در جو می باشد. پیل های سوختی مربوط به وسائط نقلیه، پتانسیل بسیار بالایی را برای کاستن این گازهای گلخانه ای دارا می باشند. تحقیقات انجام شده به وسیله گروه های مختلف علمی بر این نکته تاکید دارد که در نهایت انتقال متانول و گازهای حاصله از مصرف آن به محیط زیست در مقایسه با مصرف بنزین و سایر سوخت های فسیلی، بسیار ایمن تر، سالم تر و سازگارتر می باشد. در کشور ما، علاوه بر ضررهای زیست محیطی، مصرف سوخت های فسیلی رشد بسیار سریعی داشته است. برای مقابله با این روند که موجب بالارفتن هزینه های ملی می گردد، مطالعه در مورد جایگزین های مناسب برای سوخت های فسیلی و سرمایه گذاری مناسب در این زمینه می تواند، در درازمدت پیامدهای بسیار مثبتی را برای کشور به دنبال داشته باشد. همچنین کنار گذاشتن تکنولوژی متیل ترشری بوتیل اثر به دلیل زیان های زیست محیطی غیرقابل جبران، منجر به تعطیلی واحدهایی می گردد که یک سوم متانول تولیدی را به عنوان خوراک مصرف می نمایند. این موضوع برای صنایع پتروشیمی ما که عمده متانول تولیدی را برای تولید متیل ترشری بوتیل اثر (MTBE) به مصرف می رساند، سرمایه گذاری برای یافتن کاربردهای جدید متانول و پیل های سوختی متانولی را توجیه پذیر می سازد

استفاده از پیل های سوختی متانولی، علاوه بر صرفه های اقتصادی، کاهش چشمگیر گازهای گلخانه ای و آلودگی هوای شهرهای کشور را نیز به دنبال خواهد داشت. بنابر نظر کارشناسان داخلی استفاده از این فناوری در سال های آتی ۸۵ درصد از آلودگی های فعلی را خواهد کاست. لذا عدم توجه به تحقیقات کافی در زمینه به-کارگیری این قبیل فناوری ها و در مقابل، روی آوردن به استفاده بیشتر از سوخت های فسیلی، باعث ایجاد فاصله بیشتر میان ما و صاحبان تکنولوژی گشته و به عقب افتادن در حوزه دیگری از دانش و تکنولوژی های نوین منجر خواهد شد. مجموعه ای از عوامل مختلف از جمله محدودیت منابع فسیلی، تأثیرات منفی زیست محیطی، بهره گیری از منابع هیدروکربنی، افزایش قیمت سوخت های فسیلی، منازعات سیاسی و تأثیرات آن بر روی ارائه انرژی پایدار از جمله دلایلی هستند که بسیاری از سیاستمداران و متخصصین مباحث انرژی و محیط زیست را در حرکت به سوی ایجاد ساختاری نوین مبتنی بر امنیت ارائه انرژی، حفظ محیط زیست، ارتقاء کارایی سیستم انرژی وادار نموده است. بر این اساس هیدروژن یکی از بهترین گزینه ها برای ایفای نقش حامل انرژی در این سیستم جدید ارائه انرژی می باشد.



۷ و ۷ آبان ۱۳۸۸
October 28 & 29, 2009

سومین سمینار پیل سوختی ایران



3rd Fuel Cell Seminar of Iran



دانشگاه تربیت مدرس

در آینده برای این که کشور ما بتواند به سطح کشورهای پیشرفته برسد ملزم است که در هر زمینه ایی استانداردهای زیست محیطی را رعایت کند ، سازه های سازگار با محیط زیست را تولید کند ، ساختمان ها و مجتمع های تولید انرژی صفر را فراهم سازد و به وسایل و تجهیزات و زیر ساخت های تولید صفر دست یابد. د رزمینه انرژی های پاک سرمایه گذاری کند.

منابع :

بهبودی لادن، ۱۳۸۸ ، سازه هایی که محیط زیست را آلوده می کنند سایت زیست بوم ، ایسنا ۱۳۸۶/۰۷/۰۹ .
همشهری امارات از سایت زیست بوم.

پیمان پاک علیرضا ۱۳۸۲ کد اخبار: ۶۸۰ - انرژی هیدروژن و پیل سوختی تاریخ: ۱۳۸۲/۴/۱۶ سایت انرژی هیدروژن.

ساعی و ایرانی زاد اسماعیل ، ۱۳۸۷، هیدروژن، پیل های سوختی و محیط زیست ، دانشگاه تربیت مدرس و سازمان انرژی اتمی ایران و عضو کمیته فنی تکنولوژیهای انرژی

سایت طراحی صنعتی ایرانی ۱۳۸۸، منبع: از انرژیهای نو چه می دانید؟ انرژی هیدروژن و پیل سوختی، سازمان انرژی های نو ایران

سایت باشگاه مهندسان ایران. ۱۳۸۸

حسام ۱۳۸۸. استفاده از نانوکامپوزیت در پیل سوختی. پژوهش در پژوهشگاه مواد و انرژی و با راهنمایی دکتر تورج عبادزاده و دکتر فریدون علیخانی حصاری با جزئیات آن در مجله Powder Technology جلد ۱۸۸، صفحات ۱۸۶-۱۸۳، سال ۲۰۰۹) و (Journal of Power Sources جلد ۱۷۸، صفحات ۶۸-۶۴، سال ۲۰۰۸

غلامرضایی عبدالحسن، ۱۳۸۸، ترجمه : یک گام دیگر برای حذف آلاینده ها. برگرفته از سایتیس، روزنامه همشهری شماره: ۴۹۳۰ بخش محیط زیست.

روشن ظمیر سوسن ۱۳۸۸، آزمایشگاه تحقیقاتی انرژی های تجدیدپذیر- بخش پیل سوختی سایت انرژی های تجدید پذیر.

قدردوست نخچی علیرضا ، ۱۳۸۵ خرید و فروش گاز گلخانه ای! روزنامه ایران شماره ۳۵۸۲ صفحه ۱۴ محیط زیست ۱۳۸۵/۱۲/۸

ویکی پدیا ، پیل های سوختی در ایران باستان به نقل از کتاب های :

کتاب Hidden History

کتاب chemical and electrochemical energy systems برگرفته از

«<http://fa.wikipedia.org>»

مجموعه مقالات اولین همایش سراسری فناوری پیل های سوختی

سایت های مورد استفاده دیگر:

www.methanol.org

www.methanex.com/fuelcells Methanol fuel cell alliance presentation, 2002 fuel cell seminar, palm spring

<http://hotsprit.mihanblog.com>.

<http://www.knowclub.com/paper/images/850926.jpg>

<http://www.newdesign.ir/search.asp?id=88&rnd=7297>