

پیل سوختی

محمد صالح دهقانی تفتی ، آریا حاجی احمدی

۱- مقدمه

یک پیل سوختی دستگاهی برای تبدیل انرژی شیمیایی به انرژی الکتریکی از سوخت های مختلف (در طرف آند) و اکسید کننده (در طرف کاتد) است . این واکنش در یک محیز الکترولیتی انجام می شود. انواع مختلف پیل سوختی وجود دارند که هریک از لحاظ عملکرد با دیگری متفاوت هستند لیکن عموماً اتم های هیدروژن از آند وارد پیل سوختی می گردند و در آنجا یک واکنش شیمیایی منجر به جدا شدن یک الکترون از آنها می شود.

در این گزارش اساس کار پیل سوختی بیان خواهد شد و انواع آن معرفی می گردد .

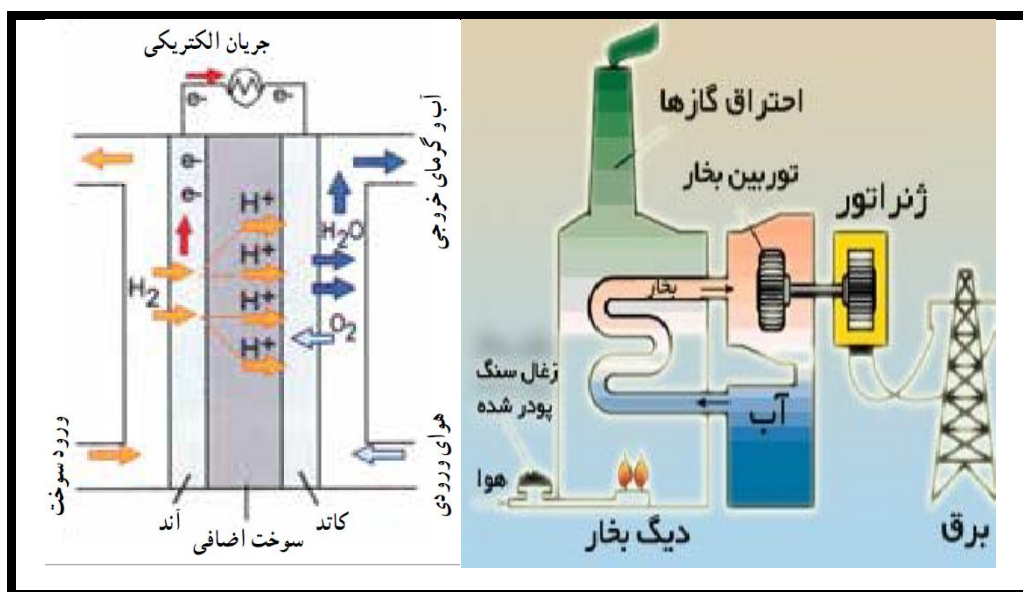
۲- معرفی پیل سوختی

پیل سوختی دستگاهی است الکتروشیمیایی که انرژی شیمیایی حاصل از یک واکنش را به انرژی الکتریکی مفید تبدیل می کند . تبدیل انرژی در پیل سوختی تبدیل مستقیم انرژی شیمیایی به الکتریکی است.

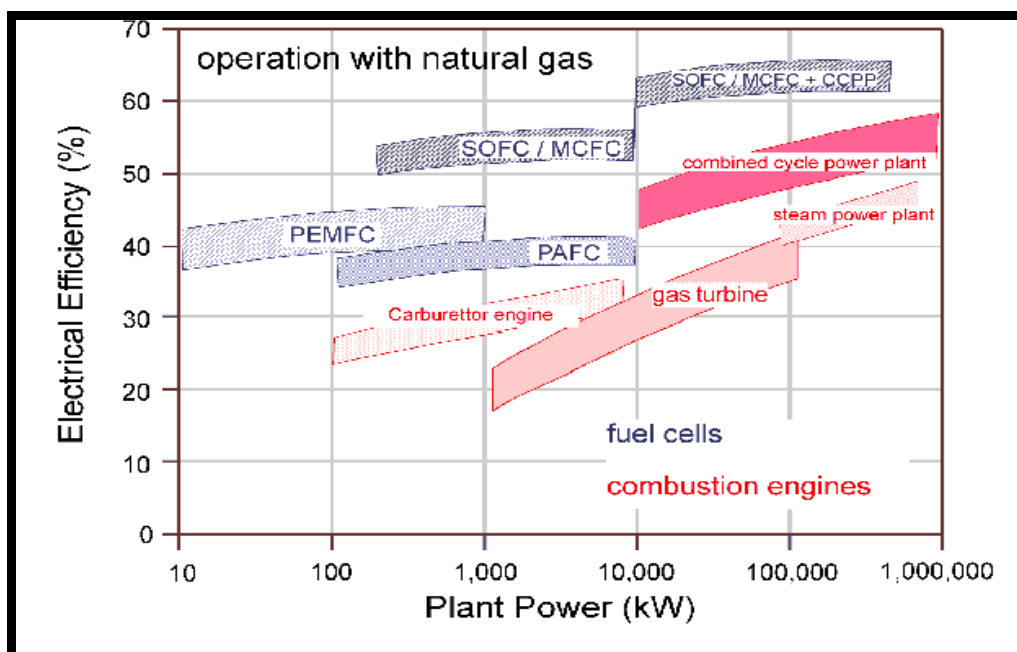
عملکرد پیل سوختی مانند باتری نیست که انرژی ذخیره کند ، بلکه در پیل سوختی حالتی از انرژی به حالتی دیگر تبدیل می شود ، به طوریکه در این تبدیل مواد داخل پیل مصرف نمی شوند . همچنین چگالی انرژی باتری کمتر از پیل سوختی است و فرآیند شارژ نمودن باتری بسیار پیچیده تر از پر کردن تانک سوخت پیل سوختی می باشد . در باتری ها بعد از چندین شارژ توان تبدیلات الکتروشیمیایی کاهش می یابد ، حال آنکه در پیل سوختی چنین محدودیتی وجود ندارد ، به عنوان مثال توده های پیل سوختی کار کرده در یک خودرو قابل انتقال به خودرو جدید می باشد . [۱]

در مقایسه با باتری ها برتری مطلق پیل سوختی به عنوان یک مولد دائمی مطرح است . بدین ترتیب توان و عمر پیل های سوختی خیلی بهتر است . در مقایسه با ژنراتورها که در آنها ابتدا با سوزاندن سوخت انرژی شیمیایی ذخیره شده به گرما و سپس به انرژی مکانیکی و سپس به انرژی الکتریکی تبدیل می شود ، به دلیل حذف سوختن ، بازده بالاتری بدست آمده و از آلودگی های متداول نیز خبری نیست.

شکل های زیر به ترتیب روش تبدیل انرژی شیمیایی به الکتریکی و راندمان پیل سوختی در مقایسه با سایر روش های متداول را نشان می دهد . [۲]



شکل ۱: مقایسه روش های سنتی تبدیل انرژی با پیل سوختی [۲]



شکل ۲: مقایسه راندمان تبدیل انرژی پیل سوختی و دیگر روش ها

۳- تاریخچه پیل سوختی

اگر چه پیل سوختی به تازگی به عنوان یکی از راهکارهای تولید انرژی الکتریکی مطرح شده است ولی تاریخچه آن به قرن نوزدهم و کار دانشمند انگلیسی سرویلیام گرو بر می گردد. او اولین پیل سوختی را در سال ۱۸۳۹ با سرمشق گرفتن از واکنش الکترولیز آب، طی واکنش معکوس و در حضور کاتالیست پلاتین ساخت.

واژه "پیل سوختی" در سال ۱۸۸۹ توسط لودویک مند و چارلز لنجر به کار گرفته شد. آنها نوعی پیل سوختی که هوا و سوخت ذغال سنگ را مصرف می کرد، ساختند. تلاش های متعددی در اوایل قرن بیستم در جهت توسعه پیل سوختی انجام شد که به دلیل عدم درک علمی مسئله هیچ یک موفقیت آمیز نبود. علاقه به استفاده از پیل سوختی با کشف سوخت های فسیلی ارزان و رواج موتورهای بخار کم رنگ گردید.

فصلی دیگر از تاریخچه تحقیقات پیل سوختی توسط فرانسیس بیکن از دانشگاه کمبریج انجام شد. او در سال ۱۹۳۲ بر روی ماشین ساخته شده توسط مند و لنجر اصلاحات بسیاری انجام داد. این اصلاحات شامل جایگزینی کاتالیست گرانتقیمت پلاتین با نیکل و همچنین استفاده از هیدروکسیدپتاسیم قلیایی به جای اسید سولفوریک به دلیل مزیت عدم خوردگی آن می باشد. این اختراع که اولین پیل سوختی قلیایی بود، "Bacon Cell" نامیده شد. او ۲۷ سال تحقیقات خود را ادامه داد تا توانست یک پیل سوختی کامل و کارا ارائه نماید. بیکن در سال ۱۹۵۹ پیل سوختی با توان ۵ کیلووات را تولید نمود که می توانست نیروی محرکه یک دستگاه جوشکاری را تامین نماید.

تحقیقات جدید در این عرصه از اوایل دهه ۶۰ میلادی با اوج گیری فعالیت های مربوط به تسخیر فضا توسط انسان آغاز شد. مرکز تحقیقات ناسا در پی تامین نیرو جهت پروازهای فضایی با سرنشین بود. ناسا پس از رد گزینه های موجود نظیر باتری (به علت سنگینی)، انرژی خورشیدی (به علت گران بودن) و انرژی هسته ای (به علت ریسک بالا) پیل سوختی را انتخاب نمود.

تحقیقات در این زمینه به ساخت پیل سوختی پلیمری توسط شرکت جنرال الکتریک منجر شد. ایالات متحده فن آوری پیل سوختی را در برنامه فضایی Gemini استفاده نمود که اولین کاربرد تجاری پیل سوختی بود.

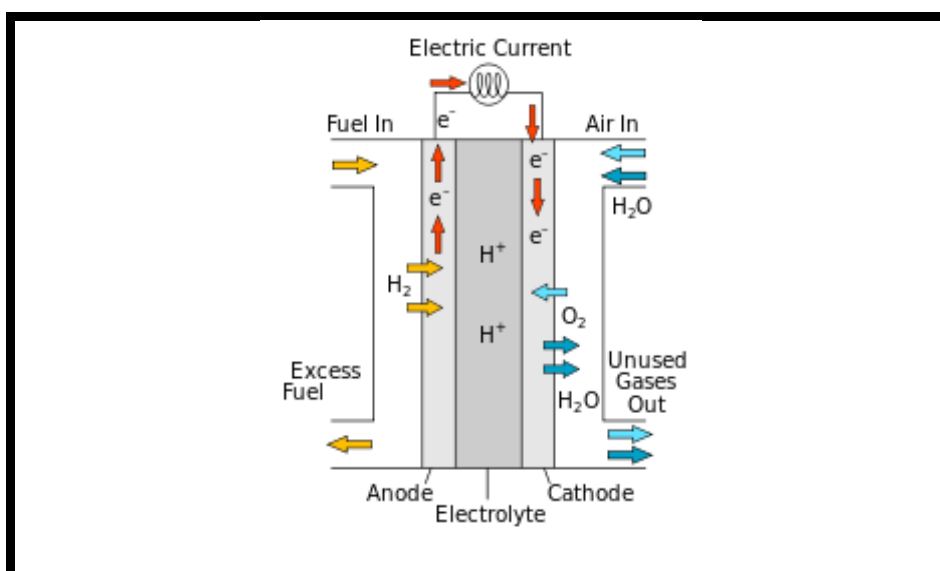
پرت و ویتنی دو سازنده موتور هواپیما پیل سوختی قلیایی بیکن را به منظور کاهش وزن و افزایش طول عمر اصلاح نموده و آن را در برنامه فضایی آپولو به کار بردند. در هر دو پروژه پیل سوختی بعنوان منبع انرژی الکتریکی برای فضاپیما استفاده شدند. اما در پروژه آپولو پیل‌های سوختی برای فضانوردان آب آشامیدنی نیز تولید می‌کرد. پس از کاربرد پیل‌های سوختی در این پروژه‌ها، دولت‌ها و شرکت‌ها به این فن‌آوری جدید به عنوان منبع مناسبی برای تولید انرژی پاک در آینده توجه روزافزونی نشان دادند.

از سال ۱۹۷۰ فن‌آوری پیل سوختی برای سیستم‌های زمینی توسعه یافت. تحریم نفتی از سال ۱۹۷۳-۱۹۷۹ موجب تشدید تلاش دولتمردان امریکا و محققین در توسعه این فن‌آوری به جهت قطع وابستگی به واردات نفتی گشت.

در طول دهه ۸۰ تلاش محققین بر تهیه مواد مورد نیاز، انتخاب سوخت مناسب و کاهش هزینه استوار بود. همچنین اولین محصول تجاری جهت تامین نیرو محرکه خودرو در سال ۱۹۹۳ توسط شرکت بلارد ارائه شد.

۴- نحوه عملکرد پیل سوختی

هر پیل سوختی دارای دو الکترود (آند و کاتد) و یک الکترولیت ما بین این دو الکترود و غشا به منظور جدا کردن دو بخش پیل می‌باشد. در قطب آند، هیدروژن بر روی یک کاتالیزور واکنش داده و تولید یک یون با بار مثبت (H^+) و الکترون با بار منفی (e^-) می‌کند. پروتون به وجود آمده از محیط الکترولیت گذر کرده حال آنکه الکترون در فضای مدار حرکت می‌کند و تولید جریان مینماید (الکترون نمی‌تواند از فضای الکترولیت عبور کند). در قطب کاتد اکسیژن با یون و الکترون واکنش نشان داده و تولید آب و حرارت مینماید که از سیستم خارج می‌شوند [۳]. این سلول به تنهایی ۰,۷ ولت نیروی محرکه الکتریکی تولید می‌کند که برای روشنایی یک لامپ کوچک کافی می‌باشد. اگر این پیلها به صورت سری قرار گیرند قادر به تولید برق با توان چندین مگاوات می‌باشند. [۴] طرز کار پیل سوختی هیدروژنی در شکل زیر نمایش داده شده است.



شکل ۳ : نحوه عملکرد پیل سوختی هیدروژنی

اساس کار انواع پیل سوختی مشابه یکدیگر است. در پیل های سوختی دما پایین بین دو واکنش دهنده پروتون و اکسیژن حایلی قرار گرفته که از سه فاز تشکیل شده است. طبیعت و نوع این حایل نقش اساسی در عملکرد الکتروشیمیایی پیل سوختی دارد، به ویژه در مورد پیل های سختی با الکترولیت مایع. در پیل های سوختی دما بالا، حایل، لایه نازک بین الکترولیت است. الکترولیت علاوه بر اینکه رسانای یون ها بین الکترود است، مانعی فیزیکی برای جلوگیری از انحراف جریا ن سوخت اکسیدان از مسیر اصلی می باشد. [۳]

۵- مزایا و معایب پیل سوختی

(۱) مزایای پیل سوختی

پیل سوختی آلودگی ناشی از سوزاندن سوختهای فسیلی را حذف نموده و تنها محصول جانبی آن آب می باشد.

در صورتیکه هیدروژن مصرفی حاصل از الکترولیز آب باشد نشر گازهای گلخانه ای به صفر می رسد.

بدلیل وابسته نبودن به سوختهای فسیلی متداول نظیر بنزین و نفت، وابستگی اقتصادی کشورهای ناپایدار اقتصادی را حذف می کند.

با نصب پیلهای سوختی نیروگاهی کوچک، شبکه غیرمتمرکز نیرو گسترده می گردد.

پیل های سوختی راندمان بالاتری نسبت به سوختهای فسیلی متداول نظیر نفت و بنزین دارد.

هیدروژن در هر مکانی از آب و برق تولید می گردد. لذا پتانسیل تولید سوخت، غیرمتمرکز فراهم خواهد شد.

اکثر پیلهای سوختی در مقایسه با موتورهای متداول بسیار بی صدا هستند.

انتقال گرما از پیلهای دما پایین بسیار کم می باشد لذا آنها را برای کاربردهای نظامی مناسب خواهد شد.

زمان عملکرد آنها از باتریهای متداول بسیار طولانی تر است. فقط با دو برابر نمودن سوخت مصرفی می توان زمان عملکرد را دو برابر نمود و نیازی به دو برابر کردن خود پیل نمی باشد.

سوختگیری مجدد پیلهای سوختی به راحتی امکان پذیر می باشد و هیچگونه اثرات حافظه ای بر جای نمی گذارد.

بعلت عدم وجود اجزای متحرک نگهداری از آنها بسیار ساده می باشد.

نصب و بهره برداری از پیل های سوختی بسیار ساده و مقرون به صرفه می باشد.

پیل های سوختی مدولار می باشند یعنی براحتی توان تولیدی از آنها قابل افزایش می باشد.

این مولدها قابلیت تولید همزمان برق و حرارت را دارند.

امکان استفاده از سوختهای تجدیدپذیر و سوختهای فسیلی پاک در آنها وجود دارد.

به میکروتوربین ها متصل می گردند.

پیل سوختی به تغییر بار الکتریکی پاسخ می دهد.

پیل سوختی امکان تولید برق مستقیم با کیفیت بالا را دارد.

دانشیته نیروی بالا دارد.

۲) معایب پیل سوختی

سوختگیری پیل های سوختی مشکل اصلی پیل های سوختی است. تولید، انتقال، توزیع و ذخیره بعلت نبودن زیرساخت مناسب مشکل می باشد.

تبدیل هیدروکربن به هیدروژن از طریق مبدل هنوز با چالش هایی روبروست و هنوز فن آوری کاملاً پاک نمی باشد.

برد خودروهای پیل سوختی کوتاهتر و زمان سوختگیری و استارت زدن طولانی تری نسبت به خودروهای متداول دارند.

پیل های سوختی از باتریهای متداول سنگین تر هستند و محققین در پی کاهش وزن آنها می باشند.

تولید پیل سوختی بدلیل نداشتن خط تولید هنوز گران است.

برخی پیل های سوختی از مواد گرانبه استفاده می کنند.

این فن آوری هنوز کاملاً توسعه نیافته و محصولات کمی از آن موجود است.

۶- انواع پیل سوختی

انواع پیل سوختی را میتوان بر اساس نوع الکترولیت ، اکسید کننده ، سوخت و ... تقسیم بندی کرد که رایج ترین نوع تقسیم بندی پیل سوختی براساس نوع الکترولیت مورد استفاده در پیل سوختی است و شامل موارد زیر می شود.

(PEMFC) پیل سوختی پلیمری

(AFC) پیل سوختی قلیایی

(PAFC) پیل سوختی اسید فسفریک

(MCFC) پیل سوختی کربنات مذاب

(SOFC) پیل سوختی اکسید جامد

(DMFC) پیل سوختی متانولی [۱]

در جدول زیر مقایسه انواع پیل های سوختی از نظر دمای عملکرد و توان آمده است.

جدول ۱: مقایسه انواع پیل سوختی از نظر الکترولیت و دمای عملیاتی و بازده و توان و کاربرد در صنعت

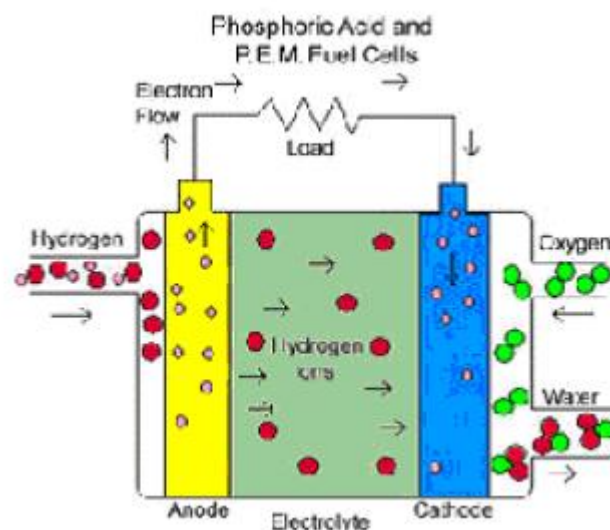
اکسید جامد	پلیمری	اسید فسفریک	کربنات مذاب	متانول	قلیایی	
الکترولیت	غشا تعویض یولا	مایع اسید فسفریک ثابت	مایع کربنات مذاب ثابت	غشا پلیمری	هیدروکسید پتاسیم	
دمای عملیاتی	۸۰	۲۰۰	۶۵۰	۶۰-۱۳۰	۶۰-۹۰	
بازده	۴۰-۶۰٪	۳۵-۴۰٪	۴۵-۶۰٪	۴۰٪	۴۰-۶۰٪	
توان	بیش از ۲۰۰ کیلو وات	بیش از ۵۰ کیلو وات	بیش از ۱ مگا وات	کمتر از ۱۰ کیلو وات	تا ۲۰ کیلو وات	
کاربرد	نیروگاهی	وسایل نقلیه کوچک نیروگاهی	نیروگاهی	نیروگاهی	کاربرد های حمل و نقل	زیر دریایی و فضایی

۷- خلاصه توضیحات انواع پیل

خلاصه ای از خصوصیات هر کدام از انواع پیل‌های سوختی و جدول خصوصیات آنها بشرح ذیل می باشد:

(۱) پیل سوختی غشاء پروتون (PEMFC)

پیل‌های سوختی غشاء پروتون دارای غشاء پلیمری جامد هستند که در حال حاضر عمدتاً غشاء Nafion در این پیل سوختی بکار برده می شود و به شکل یک ورقه باریک منعطف است. این غشاء کوچک و سبک بوده و در دمای پایین کار می کند (دمای کارکرد بهینه در حدود ۸۵ درجه سانتیگراد است). سایر الکترولیت‌های جامد در دمای بالا کار می کنند. شکل زیر یک الکترولیت غشاء پروتون را به ما نشان می دهد.

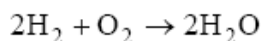
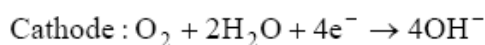
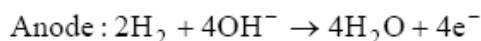


شکل ۴: عملکرد پیل سوختی غشاء پروتون

برای سرعت بخشیدن به واکنش، یک کاتالیست پلوتونیومی در دو سطح غشاء الکترولیت استفاده می شود که این کاتالیست موجب افزایش قیمت پیل سوختی می شود؛ اما بدلیل جامد بودن الکترولیت پیل سوختی و همچنین انعطاف پذیر بودن این الکترولیت، امکان شکستن یا ترک خوردن در آن کم است و این مشخصه، پیل سوختی PEM را برای کاربردهای خانگی و کاربردهای حمل و نقلی مناسب می کند.

در پیل سوختی نوع PEM اتم‌های هیدروژن در آند یونیزه می شوند و الکترون‌های آنها جدا می شود. یون‌های هیدروژن که شامل بار مثبت هستند، به سطح غشاء خلل دار نفوذ می کند و بسمت کاتد می روند؛ الکترون‌های جدا شده نمی توانند از این غشاء عبور کنند و از یک مدار خارجی عبور می کنند و موجب تولید برق می شوند. در کاتد الکترون‌ها، پروتون‌های هیدروژن و اکسیژن موجود در هوا با هم ترکیب می شوند و آب را تشکیل می دهند. پیل سوختی PEM نیازمند هیدروژن خالص است؛ بنابراین باید از یک رفورمر در خارج از پیل سوختی استفاده کنیم تا احتمال بوجود آمدن CO و در نتیجه مسمومیت کاتالیست را کاهش دهیم.

واکنشهای انجام شده در آند و کاتد بشرح ذیل است:



(1)

مزایا:

- دمای پایین و شروع بکار سریع
- عدم حساسیت به دی اکسیدکربن
- امکان استفاده از گازهای مشتق از هیدروکربن بعنوان سوخت

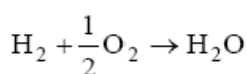
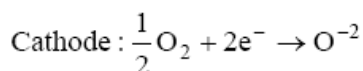
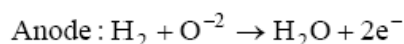
معایب:

- حساسیت به مونواکسید کربن
- بکارگیری فلزات کمیاب در ساختمان پیل
- پیچیده بودن سیستم مدیریت آب در مجموعه غشاء و الکترود

۲) پیل سوختی قلیایی (AFC)

پیل سوختی قلیایی با هیدروژن و اکسیژن خالص کار می کند و از محلول هیدروکسید پتاسیم در آب بعنوان الکترولیت استفاده می کنند و الکترود آند آن از جنس نیکل و الکترود کاتد آن از جنس اکسید نیکل لیتیمی شده می باشد. درجه حرارت کارکرد این پیل پایین بوده و بین ۶۰ تا ۸۰ درجه سانتیگراد می باشد.

در این پیل سوختی یونهای هیدروکسیل OH^- از سمت کاتد به آند رفته و در آند گاز هیدروژن با یونهای هیدروکسیل واکنش داده و آب و الکترون را ایجاد می کند. الکترونهای بوجود آمده در آند توسط یک مدار خارجی، توان الکتریکی تولید می کند و از طریق این مدار خارجی، الکترونها به کاتد باز می گردد. الکترونها در کاتد با اکسیژن و آب واکنش می دهند و موجب تشکیل یونهای هیدروکسیل بیشتری می شوند. این یونها درون الکترولیت نفوذ کرده و واکنش ادامه پیدا می کند.



(2)

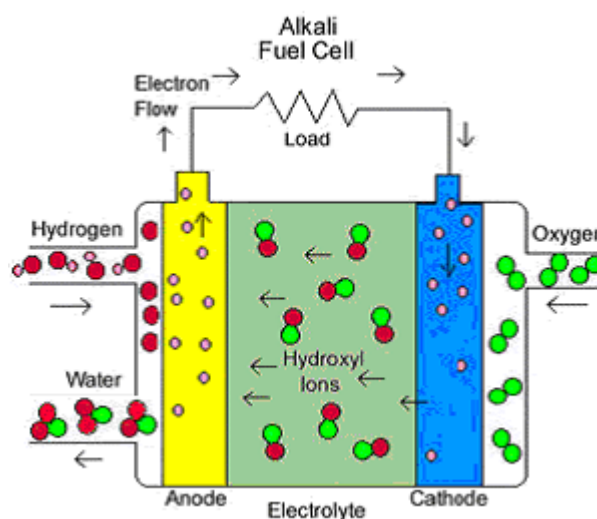
مزایا:

- عدم نیاز به فلزات کمیاب
- بالا بودن راندمان

معایب:

- حساسیت شدید به دی اکسید کربن
- لزوم استفاده از هیدروژن خالص

پیل سوختی قلیایی از میزان آلودگی کمی برخوردار است و بخاطر احتمال واکنشهای ناخواسته در این پیل نیاز به هیدروژن خالص شده داریم و در صورتی که هیدروژن خالص نباشد موجب واکنشهای شیمیایی اضافی و ایجاد کربنات جامد می شود که این ماده در واکنشهای پیل سوختی اختلال ایجاد می کند. مشکل دیگر پیل سوختی قلیایی میزان زیاد پلوتونیم است که بعنوان کاتالیست از آن استفاده می شود. این کاتالیست قیمت زیادی دارد و پیل سوختی قلیایی را برای کاربردهای عادی نامناسب می کند و از آنجایی که احتمال نشت الکترولیت مایع نیز ممکن است؛ بنابراین برای کاربردهای حمل و نقلی مناسب نیست. عملکرد یک پیل سوختی قلیایی را در شکل می بینید.

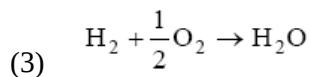
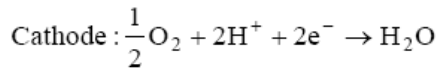
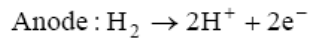


شکل ۵: عملکرد پیل سوختی قلیایی

۳) پیل سوختی اسید فسفریک (PAFC)

پیل سوختی اسید فسفریک در دمای حدود ۱۵۰ تا ۲۰۰ درجه سانتیگراد کار می کند و از الکترولیت اسید فسفریک استفاده می کند و الک ترودهای پیل سوختی اسید فسفریک از جنس پلاتین می باشد که بر روی سطح پودر کربن فعال نشاندہ شده است. در این نوع پیل سوختی از سوختهای بیشتری می توان استفاده کرد.

عملکرد پیل سوختی اسید فسفریک به این ترتیب است که یونهای هیدروژن مثبت توسط الکترود از آند به کاتد می روند و الکترونهای بوجود آمده در آند از طریق یک مدار خارجی عبور می کند و برق تولید می کند و به کاتد برمی گردد. واکنشهای انجام شده در این پیل عبارتست از:

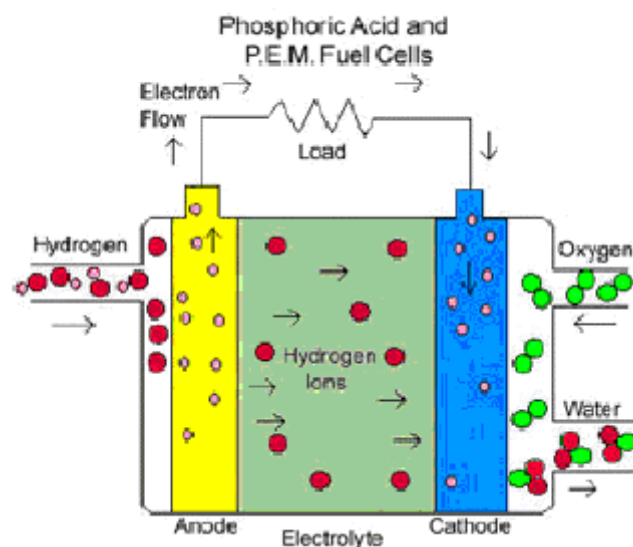


مزایا:

- توان تحمل ۱ تا ۲ درصد مونواکسید کربن
- امکان استفاده در مولدهای (تولید همزمان برق و حرارت)
- ثبات الکترولیت در محیط الکتروشیمیایی
- سادگی سیستم مدیریت آب و دما

معایب:

- کم بودن سرعت احیاء اکسیژن
- S_2H حساسیت به

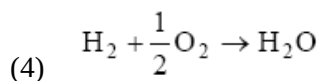
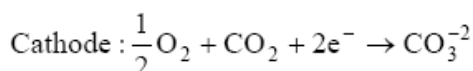
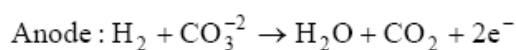


شکل ۶: عملکرد پیل سوختی اسید فسفریک

در کاتد الکترونها، یونهاى هیدروژن و اکسیژن آب بوجود می آورند که با فشار به بیرون پیل سوختی هدایت می شود. با وجود کاتالیست پلوتنیم سرعت واکنشها بالا می رود. از مزایای پیل سوختی اسید فسفریک می توان به توان تحمل پیل سوختی در قبال میزان کمی از مونوکسید کربن و همین طور توانایی تحمل دمای بالای دمای جوش آب را دارد. این پیل سوختی اجزایی با مقاومت بالا باید داشته باشد تا در مقابل خوردگی اسید مقاومت کند. هیدروژن مورد نیاز برای PAFC می تواند یک Reformer خارجی از یک سوخت هیدروکربنی بوجود بیاید در صورتی که سوخت مورد نظر گازوئیل باشد، سولفور آن باید جدا شود. زیرا سولفور به کاتالیست الکترودها صدمه می زند. می توان از گرمای بوجود آمده در PAFCها در کاربرد ترکیبی گرما و برق استفاده کرد. عملکرد یک پیل سوختی اسید فسفریک را در شکل می بینید.

۴) پیل سوختی کربنات مذاب (MCFC)

در پیل سوختی کربنات مذاب (MCFC) الکترولیت ترکیب ۳۲٪ درصد کربنات پتاسیم و ۶۸٪ درصد کربنات لیتیم می باشد. الکتروکاتد آن از جنس اکسید نیکل لیتیمی شده و الکتروکاتد آن از جنس آلیاژ نیکل کروم (۲ تا ۱۰ درصد کروم) است. درجه حرارت کارکرد ۶۵۰ درجه سانتیگراد و جزء پیلهای سوختی با دمای کارکرد بالا بشمار می آید. در آند، هیدروژن با این یونها واکنش می دهد و دی اکسیدکربن، آب و الکترون تشکیل می دهد. الکترونها توسط یک مدار خارجی از آند به کاتد منتقل می شود و برق تولید می کند. اکسیژن هوا، دی اکسیدکربن بازیافت شده از آند با الکترونها واکنش داده و یونهاى CO^{-۲} را بوجود می آورد و الکترولیت را سرشار از یونهاى CO^{-۲} ۳۲- می کند.



مزایا:

- امکان بکارگیری در مولدهای دو منظوره
- عدم استفاده از کاتالیست گران قیمت
- راندمان بالا

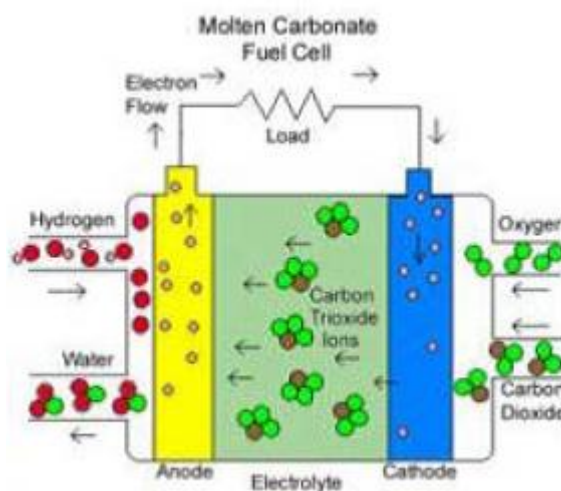
معایب:

- حساسیت زیاد به سولفور
- حل شدن اکسید نیکل
- احتیاج به چرخه دی اکسید کربن

پیل سوختی کربنات مذاب، (MCFC) دما بالا می توانند هیدروژن را از سوختهای مختلف توسط رفورمر داخلی یا خارجی استخراج کند؛ بعلاوه حساسیت کمتری نسبت به مسمومیت مونوکسیدکربن دارند.

MCFC ها با کاتالیستهای نیکلی بسیار خوب کار می کنند و کاتالیستهای نیکلی ارزانتر، پلوتینم هستند.

از گرمای خروجی پیل سوختی می توان برای کارهای صنعتی استفاده نمود.



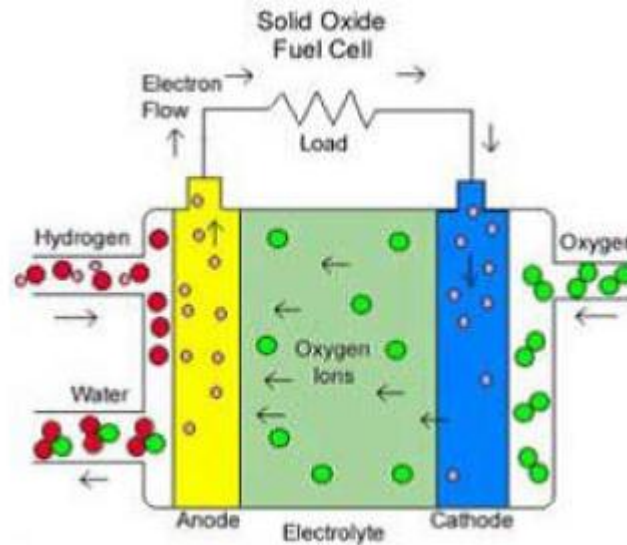
شکل ۷: عملکرد پیل سوختی کربنات

پیل سوختی کربنات در مقایسه با پیل سوختی اکسید جامد دارای دو مشکل است؛ یکی از این مشکلات پیچیدگی کار با الکترولیت مایع است و دومین مشکل باقیمانده های واکنش شیمیایی در پیل سوختی کربنات مذاب است. یونهای کربنات الکترولیت در واکنشهای آند استفاده می شوند؛ بنابراین نیاز داریم که توسط تزریق دی اکسید کربن در کاتد، این مقدار را جبران کنیم.

۵) پیل سوختی اکسید جامد (SOFC)

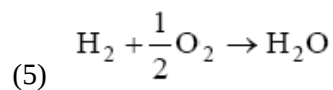
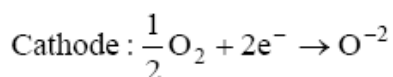
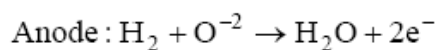
پیل سوختی اکسید جامد (SOFC) از یک الکترولیت سرامیکی (ترکیبی از زیرکنا (Zr) و ایتریا (Y) با فرمول $1.96O_{0.08}Y_{0.92}Zr$ می باشد) بجای یک الکترولیت مایع استفاده می کند. الکتروند آند ملغمه ای از نیکل و زیرکنا و الکتروند کاتد از جنس منگنیت لانتانیم است. درجه حرارت کارکرد پیل ۷۰۰ الی ۱۰۰۰ درجه سانتیگراد می باشد. الکترولیت جامد با الکترودها که از مواد متخلخل مخصوصی تشکیل شده اند، پوشانده شده اند. در دمای بالای عملکرد پیل سوختی SOFC، یونهای اکسیژن (با بار منفی) از شبکه کریستالی عبور می کند. وقتی یک سوخت گازی حاوی هیدروژن از آند عبور کند، یک جریان شارژ شده منفی شامل یونهای اکسیژن از الکترولیت عبور می کند تا سوخت را اکسید کنند. اکسیژن ذخیره شده در کاتد معمولاً از هوا گرفته می شود. الکترونهای ایجاد شده در آند از یک بار خارجی (مدار خارجی) عبور کرده و به کاتد می رود.

با این کار یک مدار الکترونیکی کامل می شود و انرژی برق تولید می شود. پیلهای سوختی نوع اکسید جامد SOFC نیاز به رفرورمر خارجی ندارند. عملکرد کلی پیل سوختی اکسید جامد را می توان در شکل زیر دید



شکل ۸ : عملکرد پیل سوختی اکسید جامد

واکنشهای انجام شده در آند و کاتد بصورت زیر می باشد:



مزایا:

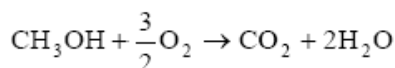
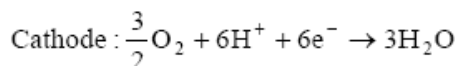
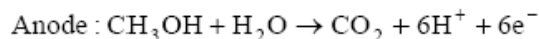
- عدم حساسیت به مونواکسیدکربن
- قابلیت مصرف سوختهای گوناگون
- عدم نیاز به هیدروژن خالص
- بالا بودن راندمان سیستم
- عدم نیاز به سوخت مجزا
- امکان استفاده مستقیم از گاز طبیعی بعنوان سوخت
- قابل استفاده در مولدهای دو منظوره
- عدم استفاده از الکترولیت مایع
- عدم استفاده از فلزات گران قیمت و کمیاب در ساخت

معایب:

- طولانی بودن زمان شروع به کار
- تشدید خوردگی و خرابی اجزاء بعلت کارکرد در دمای بالا
- گران قیمت بودن بعضی از اجزاء

۶. پیل سوختی متانولی (DMFC)

پیل سوختی متانولی در حقیقت یک پیل سوختی پلیمری است که قادر است متانول مایع را مستقیماً بعنوان سوخت مصرف کند؛ از اینرو الکترولیت آن مانند پیل سوختی پلیمری غشاء پلیمری (عمدتاً Nafion) می باشد. الکترود آند از جنس آلیاژ پلاتین روتینیوم (Pt-Ru) و الکترود کاتد آن از جنس پلاتین است. این پیل سوختی در محدوده وسیعی از درجه حرارت کار می کند و دمای کارکرد آن بین ۶۰ تا ۱۲۰ درجه سانتیگراد است. واکنشهای انجام شده در الکترودهای این پیل سوختی عبارتند از:



(6)

مزایا:

- قابلیت استفاده از متانول مایع بعنوان سوخت
- چگالی قدرت بالا
- دما و فشار عملکردی پایین
- سادگی ساختار و مدیریت حرارت پیل
- ضریب اطمینان بالای سیستم
- حذف سیستم مبدل سوخت
- حذف سیستم پیچیده مدیریت آب و حرارت (بعلت همراه بودن سوخت با آب)
- کاهش قابل ملاحظه وزن و حجم

معایب:

- عبور متانول از غشاء و در نتیجه افت ولتاژ کلی پیل و به هدر رفتن سوخت

- پایین بودن عملکرد در مقایسه با دیگر پیلها
- استفاده از پلاتین در ساختار پیل
- پایین بودن فعالیت کاتالیست Pt-Ru در آند[5]

۸- جمع بندی

در این پژوهش پیل سوختی معرفی شد و ساختار آن مورد بررسی قرار گرفت. همچنین انواع پیل سوختی معرفی شد و به صورت مجمل در مورد هریک توضیح داده شد و ساختار آن ها و واکنش های هر یک تحت بررسی واقع شد.

۹- مراجع :

- [۱] ن. رشیدی رنجبر ، " پیل سوختی ، انرژی سبز " ، انتشارات ارکان ، ۱۳۸۰
- [2] Li Zhoua , Huaxin Lin , Baolian Yi , Huamin Zhang Zhigang Shao , Pingwen Ming , Mojie Cheng , A Study on the Start-Up and Performance of a kW-Class Molten Carbonate Fuel Cell (MCFC) Stack
- [3] www.fcc.gov.ir
- [4] www.fuelcells.org
- [5] www.suna.org.ir سازمان انرژی های نو ایران