دانشگاه صنعتی شاهرود

مواد و انرژی های تجدید پذیر

محمد احمدی دریاکناری

۱- نمره کوییز ۳
۲- سمینار ۵
۳- نمره میان ترم ۴
۴- نمره پایان ترم ۶

سمینار

- تولید پودر آلومینیم از ضایعت آلومینیم
- تولید پودر آلومینا از ضایعات آلومینا
- تولید کاربید سیلیکون از پوسته برنج
- تولید نانوژنراتور از مواد غذایی
- بازیافت باتری یون لیتیم
- الکتروکاتالیست ها
- جداسازی روغن از آب
- تولید فولاد به روش سبز
- تولد نانوپودر مس از سیم های مسی

مقدمه بر بازیافت و انرژی های نو

- آلودگی یکی از بزرگترین تهدیدها برای محیط زیست و سلامت همه موجودات روی زمین است.
- قرار گرفتن در معرض هوا، آب و خاک آلوده بیشتر از چاقی، الکل و حوادث ترافیکی باعث مرگ افراد می‌شود
- این آلاینده‌ها سه برابر مجموع ایدز، سل و مالاریا باعث مرگ انسان می‌شوند
- ، آلودگی هوا و آب است که باعث مرگ زودرس تقریبا یک نفر از هر ۱۰ مرگ زودرس در سطح جهان می‌شود.
-
- مهمترین روش های برطرف کننده منابع آلودگی

۱ –بازیافت

۲–انرژی های نو

اهمیت بازیافت

- بازیافت زباله ها سه فایده مهم برای محیط زیست دارد.
- ۱- ما به کمک بازیافت زباله در مصرف منابع طبیعی صرفه جویی کرده ایم زیرا به جای استفاده از مواد خام برای تولید محصولات نو، از مواد بازیافتی استفاده می‌کنیم.
- ۲- از دیگر فوائد بازیافت، صرفه جویی در مصرف انرژی است. البته برای بازیافت مواد زاید هم نیاز به مقداری انرژی است اما انرژی لازم برای بازیافت زباله خیلی کمتر از انرژی مورد نیاز برای تولید محصولات جدید از مواد خام است.
- ۳- سومین فایده بازیافت نیاز به فضای کمتر برای دفن زباله هاست.

اهمیت انرژی های نو وتجدید پذیر

- انرژی نو یا انرژی جایگزین به آن دسته از انرژی‌ها گفته می‌شود که برای تولیدشان از منابع بدون کربن استفاده می‌گردد؛ مهمترین آنها انرژی خورشیدی، انرژی بادی، انرژی نیروگاه‌های آبی، انرژی زیست توده و پیل‌های سوختی است.

پیل سوختی چیست؟

- پیل سوختی وسیله‌ای الکتروشیمیایی است که از طریق واکنش شیمیایی بین سوخت و عامل اکسیدکننده انرژی الکتریکی تولید می‌کند.
- برخلاف باتری‌های معمولی که انرژی را در داخل ذخیره می‌کنند و در صورت نیاز آن را آزاد می‌کنند، سلول‌های سوختی برای تولید برق به عرضه مداوم سوخت و اکسیدان متکی هستند.
- متداول‌ترین سوخت‌های مورد استفاده در پیل‌های سوختی هیدروژن و متانول هستند. در حالی که رایج‌ترین مواد اکسیدکننده اکسیژن هوا و آب هستند.

- واکنش شیمیایی که در پیل سوختی انجام می‌شود، الکترون‌هایی تولید می‌کند که از طریق یک مدار خارجی جریان می‌یابند تا نیروی الکتریکی را تأمین کنند، در حالی که محصولات جانبی واکنش، مانند آب، گرما و دی‌اکسید کربن، معمولاً از سلول خارج می‌شوند.

- https://www.aparat.com/v/jlc5H

تاریخچه پیل سوختی

- تاریخچه پیل‌های سوختی را می‌توان به اوایل قرن نوزدهم ردیابی کرد، زمانی که اصول پیل‌های سوختی برای اولین بار توسط سر ویلئام گرو، فیزیکدان و مخترع ولزی کشف شد. گرو کشف کرد
- وقتی هیدروژن و اکسیژن در یک ظرف با یک الکترود ترکیب می‌شوند، جریانی تولید می‌شود. این اولین نمایش شناخته شده از چیزی بود که بعداً پیل سوختی نامیده شد.

- در دهه‌های ۱۹۷۰ و ۸۰، پیشرفت‌ها در علم مواد و تولید منجر به پیشرفت‌های قابل‌توجهی در عملکرد و دوام پیل‌های سوختی شد.

- در دهه ۱۹۹۰ و اوایل دهه ۲۰۰۰، فناوری پیل سوختی با تمرکز ویژه بر بهبود کارایی و کاهش هزینه سیستم‌های پیل سوختی به تکامل خود ادامه داد.
- این دوره همچنین شاهد معرفی انواع جدیدی از سلول‌های سوختی، مانند سلول‌های سوختی غشایی الکترولیت پلیمری (PEM)بود که برای استفاده در کاربردهای حمل و نقل مناسب بودند.
- امروزه فناوری پیل سوختی زمینه‌ای به سرعت در حال رشد است و پیل‌های سوختی در طیف وسیعی از کاربردها از جمله تولید برق ثابت، حمل و نقل، و فرآیندهای صنعتی مورد استفاده قرار می‌گیرند.
- علی‌رغم چالش‌های زیادی که باقی مانده است، سلول‌های سوختی به طور گسترده به عنوان یک فناوری‌امیدوارکننده برای تأمین نیازهای انرژی ما به روشی پاک و پایدار دیده می‌شوند.

انواع پیل های سوختی

- انواع پیل‌های سوختی بر مبنای نوع الکترولیت عبارتند از:

۱-پیل‌سوختی قلیایی

۲- پیل‌سوختی پلیمری

۳-پیل‌سوختی اسیدفسفریک

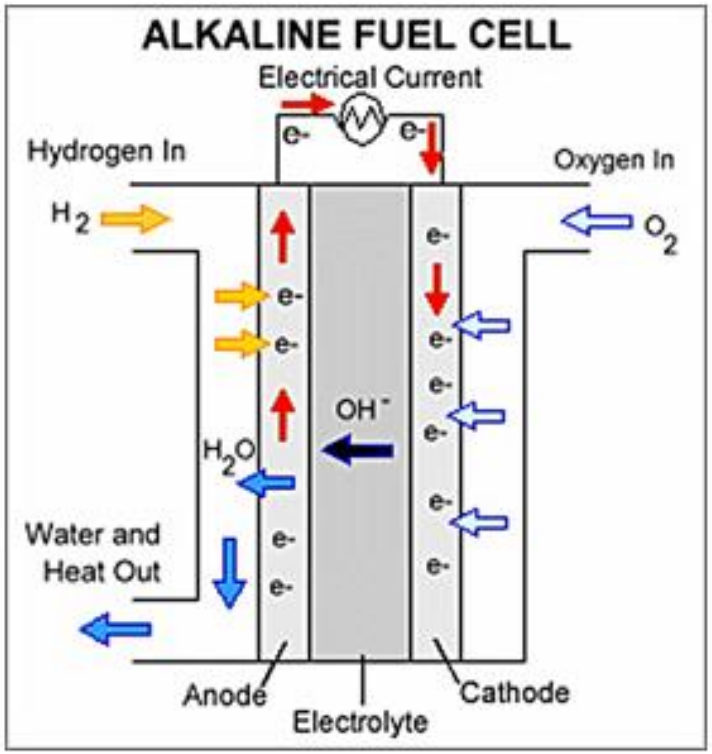
٤-پیل‌سوختی کربنات مذاب

۵-پیل‌سوختی‌اکسیدجامد

نوع پیل سوختی	نوع الکترولیت	یون‌های موجود در الکترولیت	دمای عملکردی (°C)	اندازه‌عملیاتی (kW)	نوع سوخت
قلیایی (AFC)	محلول KOH	OH^-	۶۰-۸۰	۱-۱۰۰	هیدورژن
پلیمری (PEMFC)	پلیمر	H^+	۶۰-۱۰۰	۱-۱۰۰	هیدروژن
فسفریک اسید (PAFC)	فسفریک اسید	H^+	۱۸۰-۲۲۰	۵-۴۰۰	هیدروژن
کربنات مذاب (MCFC)	Li_2CO_3-CO_3/$LiALO_2$	CO_3^{2-}	۶۰۰-۶۶۰	۳۰۰-۳۰۰۰	هیدروژن
اکسید جامد (SOFC)	ZrO-Y_2O_3	O^{2-}	۶۰۰-۱۰۰۰	۱-۱۰۰۰	هیدروژن

Alkaline Fuel Cell

- از اولین پیلهای ساخته شده می باشد که در فضا پیماهای ناسا بکار گرفته شد. الکترولیت آن مایع بوده و محلول هیدروکسید پتاسیم در آب می باشد.
- کاتد و آند این نوع پیل نیازی به کاتالیزور نداشته و طیف وسیعی از فلزات را می تواند برای این کاربرد در نظر گرفت. این پیل تا حدود ۶۰٪ بازده دارد.



واکنش های شیمیایی در پیل سوختی:

Anode Reaction: $2\ H_2 + 4\ OH^- \Rightarrow 4\ H_2O + 4\ e^-$

Cathode Reaction: $O_2 + 2\ H_2O + 4\ e^- \Rightarrow 4\ OH^-$

Overall Net Reaction: $2\ H2 + O2 \Rightarrow 2\ H2O$

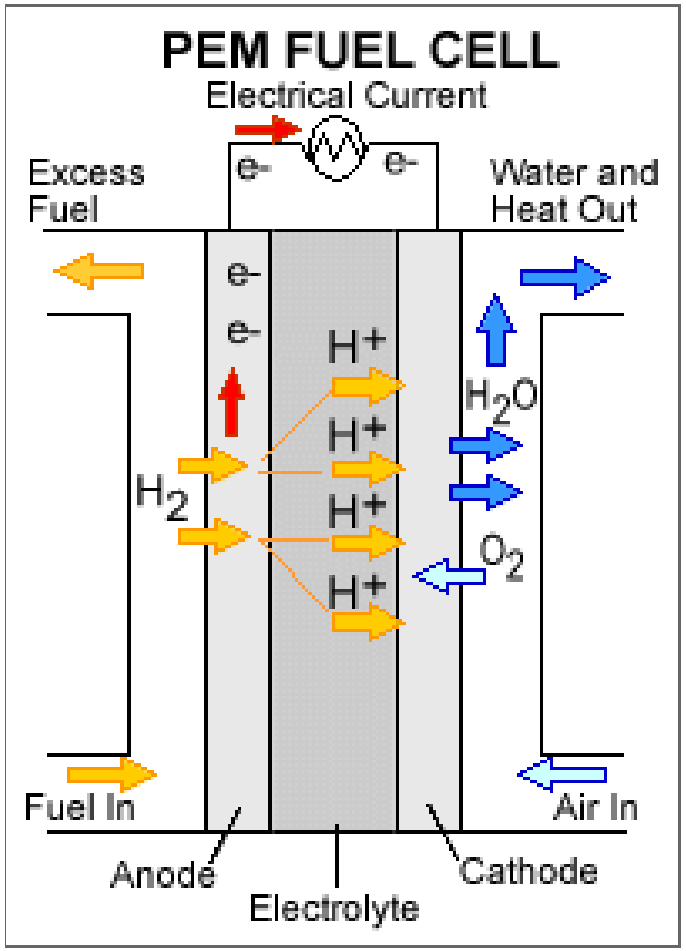
از معایب این پیل عمرکارکرد می باشد که در حدود ۱۰۰۰۰ ساعت است که از لحاظ اقتصادی در حدود ٤٠٠٠٠ ساعت مقرون به صرفه است.

نوع پیل سوختی	بازده	متوسط عمر (h)
قلیایی	۴۰–۶۰	۱۰۰۰۰
پلیمری	۴۵–۶۰	۴۰۰۰۰
فسفریک اسید	۳۶–۴۲	۴۰۰۰۰
اکسید جامد	۵۵–۶۵	۴۰۰۰۰
کربنات مذاب	۶۰–۶۵	۴۰۰۰۰

Polymer Electrolyte Fuel Cell

- این نوع پیل سوختی یکی از پرکاربردترین انواع پیل سوختی می باشد. که نسبت به انواع دیگر دارای حجم و وزن کمتر با دمای کارکرد زیر ۱۰۰ درجه سانتیگراد می باشد و می تواند تا ۱۰۰ کیلوات بر ساعت توان تولید نماید.

- پلیمر جامد به عنوان الکترولیت استفاده شده است که به صورت یکنواخت و خالص می باشد
- . اما الکترود ها به صورت متخلخل می باشندکه با کاتالیزور پلاتین پوشیده شده اند.
- دمای کاری پایین باعث شده است که مرحلهٔ آغاز بکار آن کوتاهتر باشد و سریعتر پیل آمادهٔ تولید گردد و از طرفی نیز باعث افزایش عمر و دوام قطعات می شود


PEM FUEL CELL
Electrical Current
e-
e-
Excess
Fuel
Water and
Heat Out
e-
e-
H+
H+
H+
H+
H2O
H2
O2
Fuel In
Air In
Anode
Electrolyte
Cathode

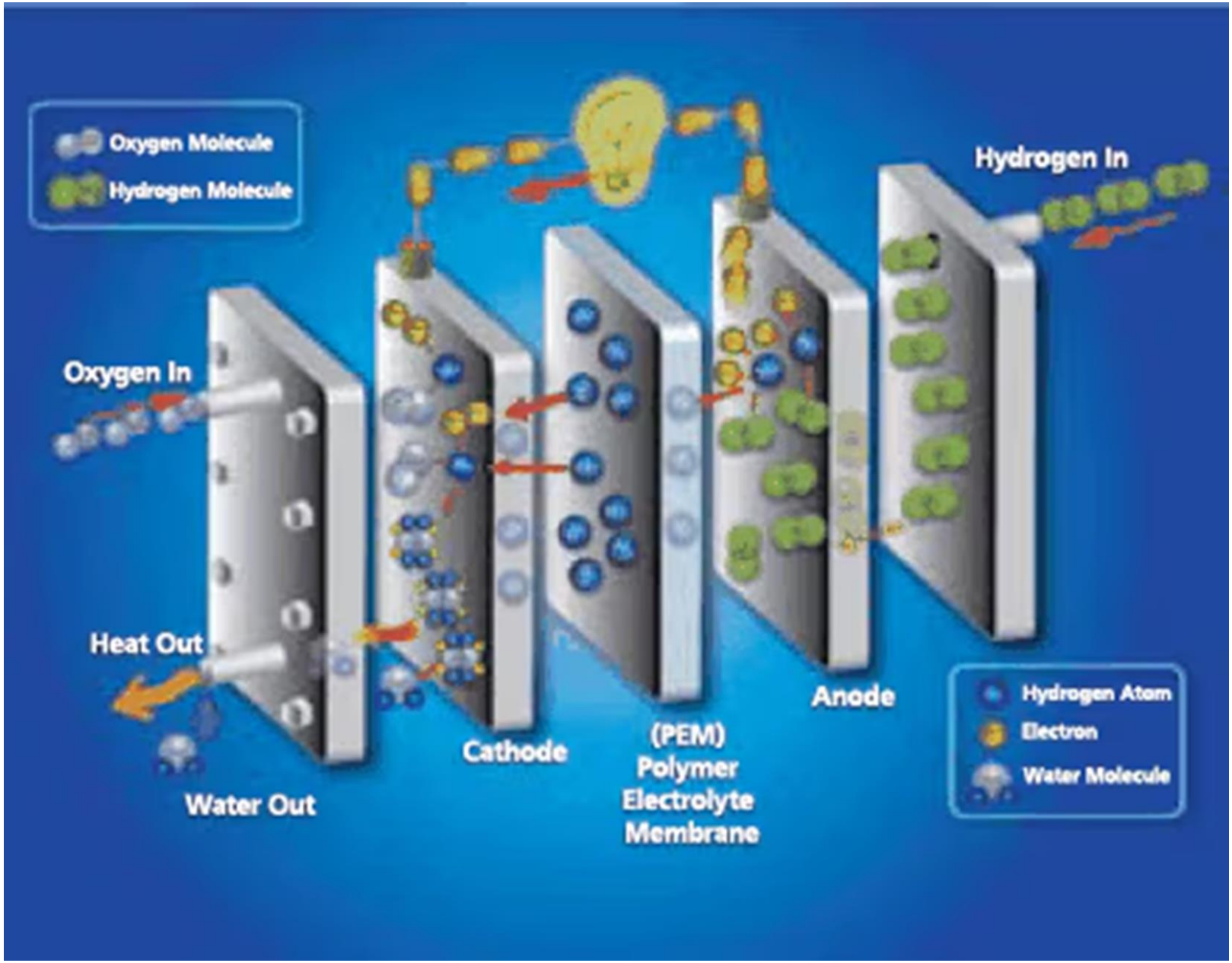
- طبق تصویر ابتدا هیدروژن به آند می رسد و با تماس به کاتالیزور الکترون آزاد می کند و پروتون ها H^+از الکترولیت عبور می کنند.
- و به سمت کاتد حر کت می کنند و الکترون ها از روی آند جمع آوری می شود.
- و بعد از تولید جریان الکتریسته مورد نیاز به سمت کاتد حرکت می کند سپس پروتون ها با اکسیژن هوا از طریق کاتد تماس برقرار کرده و حاصل این فرآیند تولید آب در دو فاز بخار و مایع در سمت کاتد می باشد.

از معایب این نوع پیل سوختی، تشکیل قطرات در سمت کاتد می باشد که ناشی از بخارات تولیدی می باشد.

واکنش های شیمیایی در پیل سوختی:

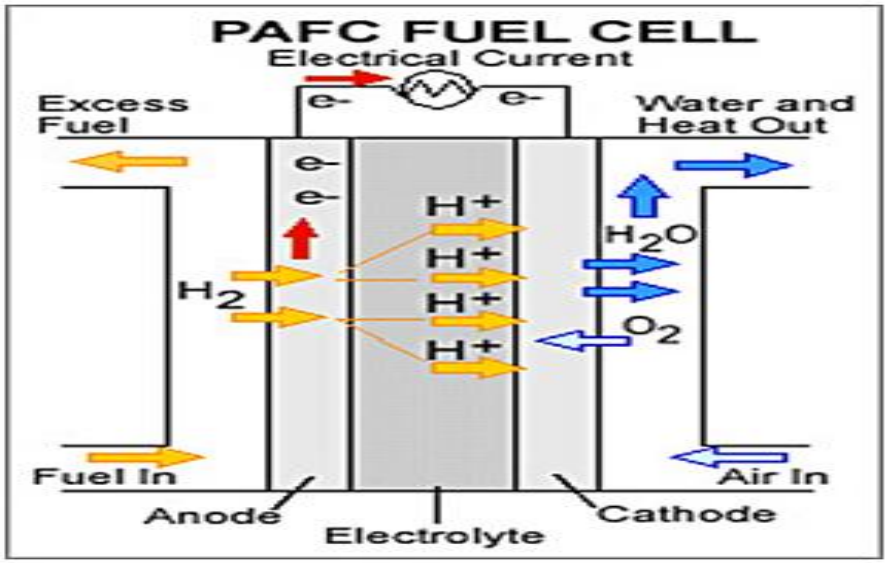
Anode Reactions:	$2H_2 \Rightarrow 4H^+ + 4e^-$
Cathode Reactions:	$O_2 + 4H^+ + 4e^- \Rightarrow 2\,H_2O$
Overall Cell Reactions:	$2H_2 + O_2 \Rightarrow 2\,H_2O$

- نسبت تولید توان به وزن این پیل که در میان پیلها از رقم بالایی برخوردار است
- علت اصلی بکارگیری این پیل برای کاربردهای حمل و نقل می باشد. و کمتر از آن در مقیاس های نیروگاهی استفاده می شود.
- هرچند که مشکلات ناشی از تولید و ذخیره هیدروژن بصورت کلی مانع اصلی توسعه این پیلها در بخش خودرو سازی می باشد.


Oxygen Molecule
Hydrogen Molecule
Hydrogen In
Oxygen In
Heat Out
Water Out
Cathode
(PEM)
Polymer
Electrolyte
Membrane
Anode
Hydrogen Atom
Electron
Water Molecule

Phosphoric acid fuel cell

- الکترولیت این پیل اسید فسفریک مایع می باشد. این اسید دریک تفلون که با ماتریس کاربید سیلیکون پوشیده شده نگهداری می شود.
- الکترودهای متخلخل کربنی با کاتالیزورهای پلاتینیوم پوشیده شده اند.
- قدرت تولید توان آن که در حدود ۵ کیلووات تا حدود ٤۰۰ کیلو وات می باشد که اخیراً در اتوبوس ها و وسایل نقلیه سنگین دیگر استفاده می شود.



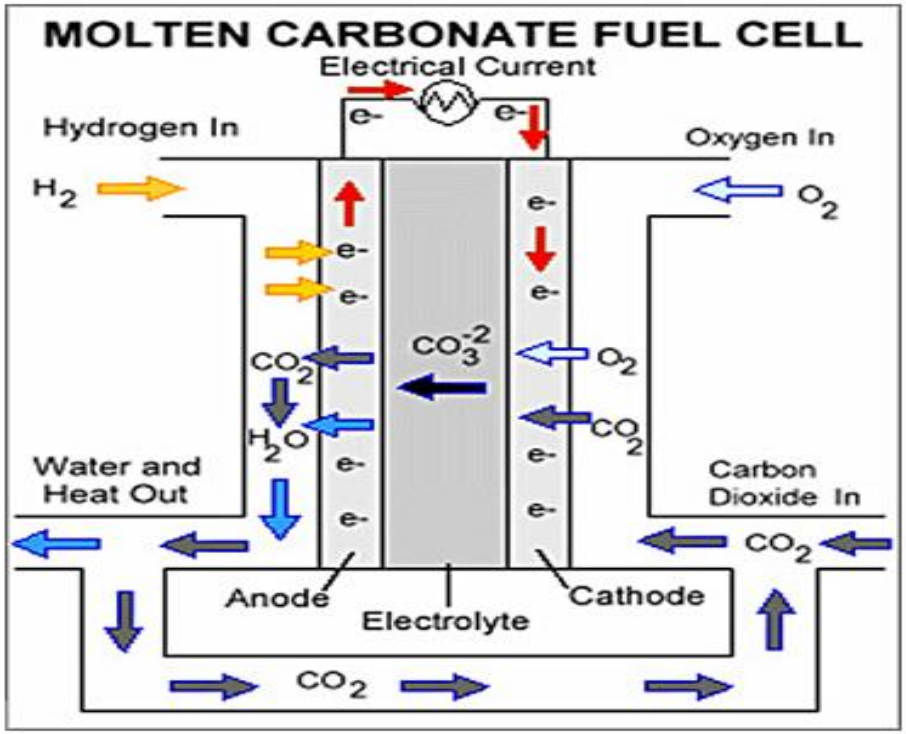
واکنش های شیمیایی در پیل سوختی:

Anode Reaction:	$2\,H_2 \Rightarrow 4\,H^+ + 4\,e^-$
Cathode Reaction:	$O_2(g) + 4\,H^+ + 4\,e^- \Rightarrow 2\,H_2O$
Overall Cell Reaction:	$2\,H_2 + O_2 \Rightarrow 2\,H_2O$

نسبت توان تولیدی به حجم و وزن این نوع پیل کمتر از دیگر انواع پیلهاست از این رو در کاربردهای حمل و نقل سبک حضور چندانی ندارد.

Molten carbonate fuel cell

- این نوع پیل قدرت تولید توانهای بالا درحدود ۳۰۰ تا ۳۰۰۰ کیلو وات می باشد و از این رو مصارف نظامی، صنعتی و نیروگاهی دارد.
- الکترولیت آن ترکیبی از نمک کربنات مذاب آمیخته با کربن متخلخل که در ماتریس سرامیکی معلق می باشد.
- جنس این سرامیک از اکسید آلومینیوم لیتیوم LiAlO2 می باشد.
- دمای کاری آن بیش از ۶۵۰ درجه سانتیگراد است. بازده الکتریکی بالایی در حدود ۶۰٪ درصد دارد



واکنش های شیمیایی در پیل سوختی:

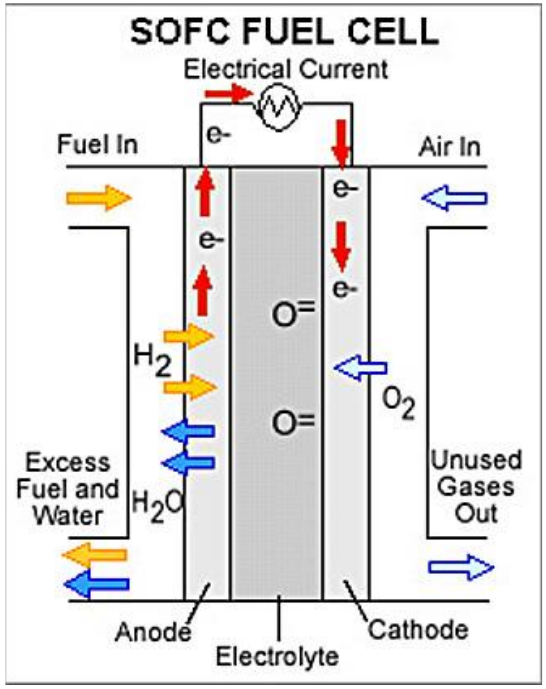
Anode Reaction:	$CO_3^{2-} + H_2 \Rightarrow H_2O + CO_2 + 2e^-$
Cathode Reaction:	$CO_2 + 1/2O_2 + 2e^- \Rightarrow CO_3^{2-}$
Overall Cell Reaction:	$H_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g) + CO_2\ (cathode) \Rightarrow H_2O(g) + CO_2\ (anode)$

این پیل سوختی نیازی به کاتالیست ندارد از این رو مجموعهٔ پیل با قیمت کمتری راه اندازی می شود.

در اثر دمای بالا و حضور ماده خورنده الکترولیت فرآیند خوردگی تسریع شده و کاهش عمر پیل را به همراه دارد .

Solid oxide fuel cell

- الکترولیت این پیل از جنس اکسید زیرکونیم پایدار شده با اکسید ایتریوم $Y2O3+\%80ZrO2$می باشد.
- این مادۀ ترد بسیار سخت می باشد و عایق حرارتی و الکتریسته است اما در دمای بالای ۶۰۰ درجه سانتیگراد یون O^{-2}را از خود عبور می دهد.
- دمای بالای کارکرد آن نیاز به کاتالیزور را حذف کرده است. و از این رو ارزان قیمت تر است.



واکنش های شیمیایی در پیل سوختی:

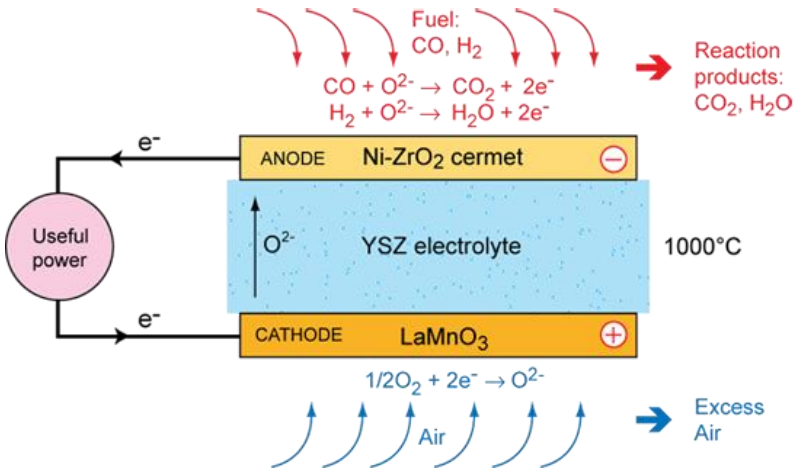
Anode Reaction: $2\ H_2 + 2\ O^{2-} \Rightarrow 2\ H_2O + 4\ e^-$

Cathode Reaction: $O_2 + 4\ e^- \Rightarrow 2\ O^{2-}$

Overall Cell Reaction: $2\ H_2 + O_2 \Rightarrow 2\ H_2O$

آند SOFC

- نیکل با YSZبرای ساخت آند استفاده می شود. نکتهٔ قابل توجه برای آند، رسانایی آن و پایداریش در گسترهٔ دمایی مورد استفاده است.
-
- امروزه تلاش می شود آند را از جنس Ni-YSZمتخلخل با سوراخهای بزرگ و استحکام مناسب تولید نمایند و بدلیل حضور نیکل رسانایی الکتریکی آند نیز افزایش می یابد.
- این ماده در مقابل گازهای سولفور حساس نبوده و خورده نمی شود. گازهای سولفور بصورت قابل توجه در سوختهای فسیلی وجود دارند و این پیل به دلیل عدم حساسیت به CO این امکان دارد از دیگر گازها به جز هیدروژن برای تولید برق استفاده شود.
- نکته ای که باید برای جنس آند علاوه بر نکات فوق در نظر گرفت تطابق مناسب ضریب انبساط حرارتی آن با الکترولیت می باشد

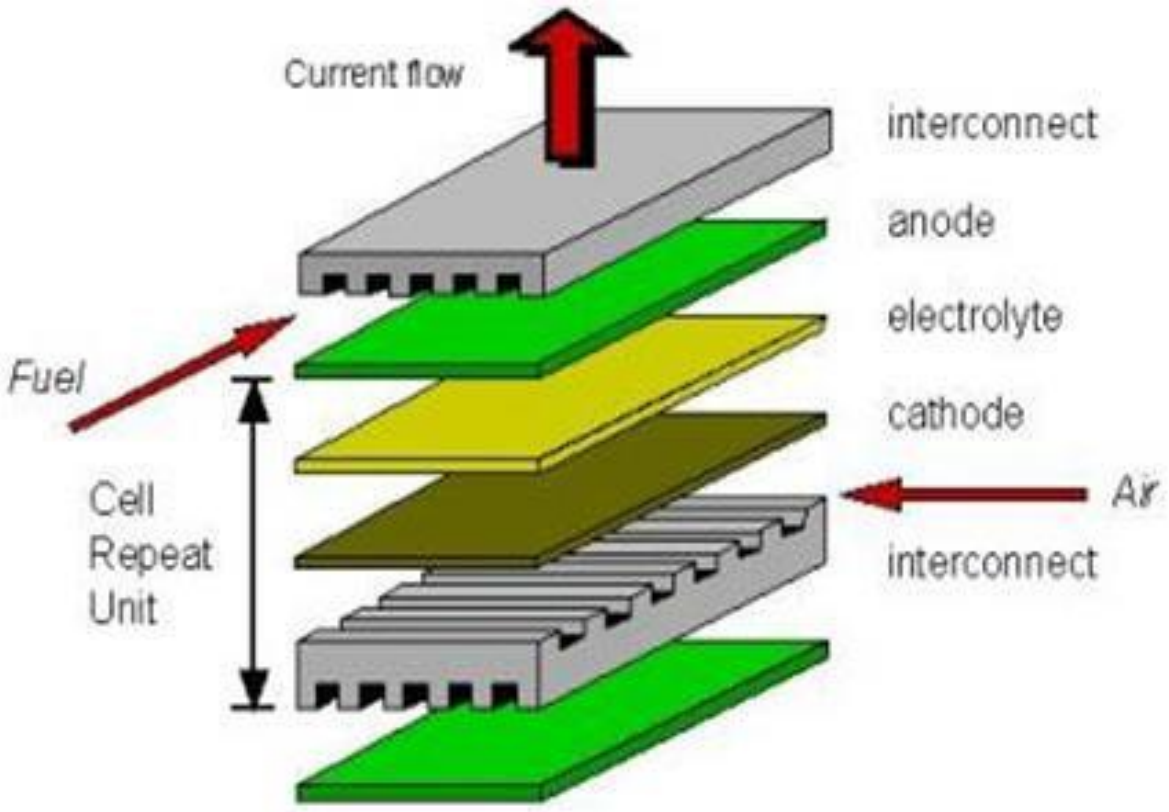


مزایاSOFC

- راندمان بالا .
- الکترولیت جامد و غیرخورنده
- طول عمر زیاد .
- انعطاف‌پذیری در کاربرد آن
- محدوده وسیع توان تولیدی
- طراحی ساده .
- سادگی تولید .
- استفاده از هیدروژن و یا سوخت‌های تبدیل شده .
- تولید آب قابل مصرف

معایب SOFC

- هزینه بالای تولید



- **https://youtube.com/shorts/bP-fKPoaJ5Q?si=guOZvyCve25Udp02**