



استفاده از فناوری نانوتکنولوژی در ساخت اجزاء مختلف پیل سوختی و ذخیره سازی هیدروژن

مجید رضایی^۱

پژوهشکده زیرسطحی اصفهان
majidiut@yahoo.com

چکیده:

پیل سوختی سیستمی است که انرژی شیمیایی حاصل از واکنش سوخت و اکسید کننده را مستقیماً به انرژی الکتریکی تبدیل می کند و در واقع یکی از مهمترین پیشرفتهای صورت گرفته در تولید انرژی با راندمان بالا و آلودگی کم، ساخت پیل‌های سوختی می باشد. بدیهی است تضمین آینده درخشان این انرژی سبز نیز با فناوریهای جدیدی مثل نانو تکنولوژی در حال افزایش است.

در مقاله حاضر ضمن بیان طرز کار پیل سوختی، انواع آن معرفی و سپس تاریخچه نانو تکنولوژی و مزایای آن تحلیل میگردد و در انتها استفاده از این تکنولوژی در ساخت اجزای مختلف پیل سوختی و نیز ذخیره سازی هیدروژن به صورت کامل تحلیل و مزایای آن مورد بررسی قرار میگردد.

کلمات کلیدی: پیل سوختی - نانوتکنولوژی

۱- مقدمه:

اصول کارکرد پیل‌های سوختی پس از تولید برق از یک سل الکتروشیمیایی توسط هیدروژن و اکسیژن در سال ۱۸۳۹ به اثبات رسید ولی با این وجود تا حدود ۱۲۰ سال بعد به عنوان یک مولد انرژی به صورت جدی مطرح نشد [۱]. اولین کاربرد صنعتی پیل سوختی در دهه ۱۹۶۰، در سفاین فضائی بود. از این پس پیل سوختی در عرصه‌های مختلف تولید انرژی و در شاخه‌های مختلف صنعت، روز به روز مورد توجه قرار گرفت.

۲- طرز کار پیل سوختی

پیل سوختی یک سل الکتروشیمیایی است که در آن انرژی شیمیایی سوخت و اکسید کننده، مستقیماً به انرژی الکتریکی تبدیل می‌شود. ساختار کلی یک پیل سوختی از یک لایه الکترولیت که در دو طرف آن الکترودهای آند و کاتد متخلخل قرار گرفته، تشکیل شده است. در یک پیل سوختی، سوخت به صورت پیوسته در سمت آند (الکتروده منفی) و اکسید کننده در سمت کاتد (الکتروده مثبت) تغذیه می‌شود. در پیل سوختی، سوخت و اکسید کننده گازی بر روی آند و کاتد متخلخل در مجاورت الکترولیت با انجام واکنش اکسیداسیون و احیاء، انرژی الکتریکی تولید می‌کنند. در پیل‌های سوختی معمولاً هیدروژن گازی به عنوان سوخت و اکسیژن یا هوا به عنوان اکسید کننده مصرف می‌شوند. در این صورت تنها محصول



۷ و ۷ آبان ۱۳۸۸
October 28 & 29, 2009

سومین سمینار پیل سوختی ایران



3rd Fuel Cell Seminar of Iran



دانشگاه تربیت مدرس

واکنش پیل سوختی، بخار آب خواهد بود [۲].

پیل سوختی یک مبدل انرژی است که امکان تولید انرژی تا زمانی که سوخت و اکسید کننده آن تأمین شود وجود دارد. مبنای کار پیل سوختی، واکنش‌های الکتروشیمیایی است، لذا راندمان پیل سوختی مانند موتورهای حرارتی به راندمان سیکل کارنو محدود نمی‌باشد. بر اساس نوع و طراحی، بازدهی الکتریکی پیل‌های سوختی حدود ۴۰ تا ۶۰ درصد است که وقتی از گرمای خروجی آن نیز استفاده شود به حدود ۸۵ درصد می‌رسد.

همچنین، در سری پیل سوختی هیچگونه قطعه متحرکی وجود ندارد، لذا پیل سوختی هیچگونه صدا یا ارتعاش تولید نمی‌کند. در سیستم پیل سوختی در سیستم خنک‌کن، از پمپ‌های کوچک آب و در صورت استفاده از هوا به عنوان اکسید کننده از یک کمپرسور استفاده می‌شود. در پیل سوختی نصب شده در زیردریایی معمولاً از اکسیژن مایع به عنوان اکسید کننده استفاده می‌شود و نیاز به کمپرسور برطرف می‌گردد. در حال حاضر پیل‌های سوختی متنوعی به تکامل و توسعه‌یافتگی مطلوب دست یافته‌اند. پیل‌های سوختی از نقطه نظرهای مختلف نظیر نوع سوخت و اکسید کننده مصرفی، نحوه تبدیل سوخت (مبدل داخلی یا خارجی)، نوع الکترولیت، دمای عملکرد و ... دسته‌بندی می‌شوند که دسته‌بندی آنها بر حسب نوع الکترولیت به شرح زیر است [۲]:

- ۱- پیل سوختی قلیایی (AFC) ۲- پیل سوختی اسید فسفریک (PAFC) ۳- پیل سوختی کربنات مذاب (MCFC)
- ۴- پیل سوختی اکسید جامد (SOFC) ۵- پیل سوختی پلیمری (PEMFC)

۳- فناوری نانو چیست؟

فناوری نانو واژه‌ای است کلی که به تمام فناوری‌های پیشرفته در عرصه کار با مقیاس نانو اطلاق می‌شود. معمولاً منظور از مقیاس نانوابعادی در حدود ۱ nm تا ۱۰۰ nm می‌باشد. (۱ نانومتر یک میلیاردیم متر است). اولین جرقه فناوری نانو (البته در آن زمان هنوز به این نام شناخته نشده بود) در سال ۱۹۵۹ زده شد. در این سال ریچارد فاینمن طی یک سخنرانی با عنوان «فضای زیادی در سطوح پایین وجود دارد» ایده فناوری نانو را مطرح ساخت. وی این نظریه را ارائه داد که در آینده‌ای نزدیک می‌توانیم مولکول‌ها و اتم‌ها را به صورت مسقیم دستکاری کنیم.

واژه فناوری نانو اولین بار توسط نوریوتاینگوچی استاد دانشگاه علوم توکیو در سال ۱۹۷۴ بر زبانها جاری شد. او این واژه را برای توصیف ساخت مواد (وسایل) دقیقی که تلورانس ابعادی آنها در حد نانومتر می‌باشد، به کار برد. در سال ۱۹۸۶ این واژه توسط کی اریک درکسلر در کتابی تحت عنوان «: موتور آفرینش: آغاز دوران فناوری نانو» بازآفرینی و تعریف مجدد شد. وی این واژه را به شکل عمیق‌تری در رساله دکترای خود مورد بررسی قرار داده و بعدها آنرا در کتابی تحت عنوان «نانوسیستم‌ها ماشین‌های مولکولی چگونه ساخت و محاسبات آنها» توسعه داد.

۳-۱- عناصر پایه در فناوری نانو

تفاوت اصلی فناوری نانو با فناوری‌های دیگر در مقیاس مواد و ساختارهایی است که در این فناوری مورد استفاده قرار می‌گیرند. البته تنها کوچک بودن اندازه مد نظر نیست؛ بلکه زمانی که اندازه مواد در این مقیاس قرار می‌گیرد، خصوصیات ذاتی آنها از جمله رنگ، استحکام، مقاومت خوردگی و ... تغییر می‌یابد. در حقیقت اگر بخواهیم تفاوت این فناوری را با فناوری‌های دیگر به صورت قابل ارزیابی بیان نماییم، می‌توانیم وجود "عناصر پایه" را به عنوان یک معیار ذکر کنیم. عناصر پایه در حقیقت همان عناصر نانومقیاسی هستند که خواص آنها در حالت نانومقیاس با خواصشان در مقیاس بزرگتر فرق می‌کند.

اولین و مهمترین عنصر پایه، نانوذره است. منظور از نانوذره، همانگونه که از نام آن مشخص است، ذراتی با ابعاد نانومتری در هر سه بعد می‌باشد. نانوذرات می‌توانند از مواد مختلفی تشکیل شوند، مانند نانوذرات فلزی، سرامیکی، ... دومین عنصر پایه، نانوکپسول است. همان طوری که از اسم آن مشخص است، کپسول‌های هستند که قطر نانومتری دارند و می‌توان مواد مورد



۷ و ۷ آبان ۱۳۸۸
October 28 & 29, 2009

سومین سمینار پیل سوختی ایران



3rd Fuel Cell Seminar of Iran



نظر را درون آنها قرار داد و کپسوله کرد. سال‌هاست که نانو کپسول‌ها در طبیعت تولید می‌شوند؛ مولکول‌های موسوم به فسفولیپیدها که یک سر آنها آبگریز و سر دیگر آنها آبدوست است، وقتی در محیط آبی قرار می‌گیرند، خود به خود کپسول‌هایی را تشکیل می‌دهند که قسمت‌های آبگریز مولکول در درون آنها واقع می‌شود و از تماس با آب محافظت می‌شود. حالت برعکس نیز قابل تصور است.

عنصر پایه بعدی نانولوله کربنی است. این عنصر پایه در سال ۱۹۹۱ در شرکت NEC کشف شدند و در حقیقت لوله‌هایی از گرافیت می‌باشند. اگر صفحات گرافیت را پیچیده و به شکل لوله در بیاوریم، به نانولوله‌های کربنی می‌رسیم. این نانولوله‌ها دارای اشکال و اندازه‌های مختلفی هستند و می‌توانند تک دیواره یا چند دیواره باشند. این لوله‌ها خواص بسیار جالبی دارند که منجر به ایجاد کاربردهای جالب توجهی از آنها می‌شود [۳].

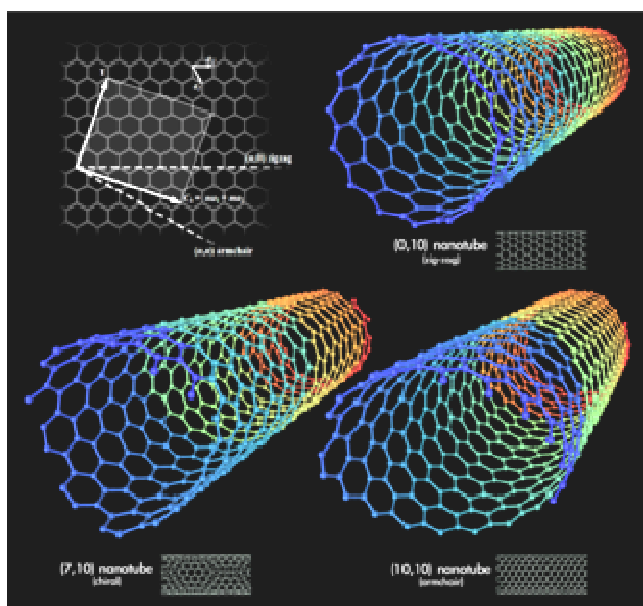
۳-۲- نانو لوله های کربنی (Carbon nanotubes)

نانو لوله های کربنی مولکول های استوانه ای شکل کربن هستند که خواص جدیدی دارند که آنها را قادر می سازد که به طور وسیعی در بسیاری از کاربردهایی از قبیل نانو - الکترونیک (کاربردهای مواد نورانی)، مورد استفاده قرار بگیرند (شکل‌های ۱-۱ و ۲-۱). آنها خواص الکترونیکی فوق العاده قوی و منحصر به فردی را از خود نشان می دهند. و هادی های با کیفیتی برای گرما هستند. لوله های نانویی غیرآلی نیز با هم ترکیب می شوند.

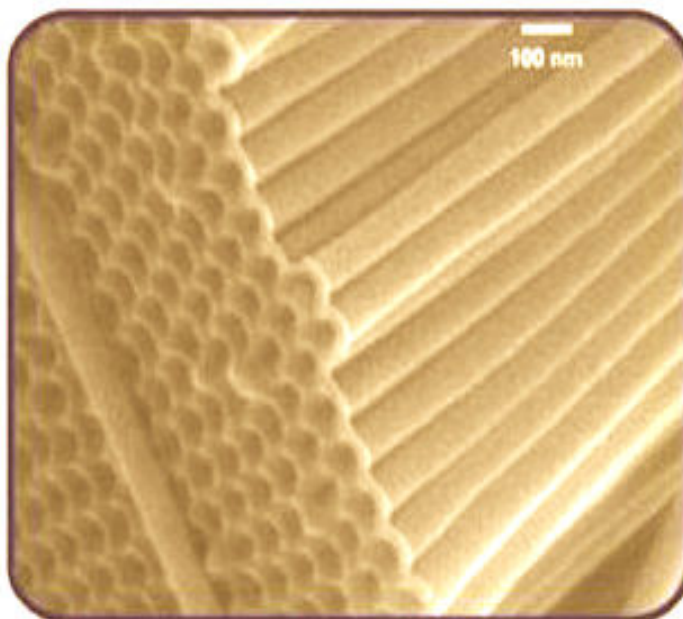
یک نانو لوله (که همچنین به عنوان buckytube نیز شناخته شده است) عضوی از خانواده 1fullerene ساختار هاست، که buckyball ها را نیز شامل می شود. از آنجائیکه buckyball ها شکل کروی دارند ، یک لوله نانویی استوانه ای است ، که حداقل در یک انتهای آن یک نیم کره از buckyball وجود دارد. نام آنها از اندازه آنها گرفته شده است. قطر یک نانو لوله در

حوزه نانومتر است ($50.000 \frac{1}{\text{متر}}$ قطر موی انسان) در حالی که طول آنها می تواند تا چند سانتی متر نیز برسد. دو نوع نانو لوله وجود دارد: نانو لوله تک دیواره (SWNT) و نانو لوله چند دیواره (MWNT). [۴]

۲ فولرین یا باکی بال نخستین مولکول کروی با کربن های مرتب شده در قالب توپی به شکل توپ فوتبال می باشد در این ساختار، شصت اتم کربن وجود دارد و تعدادی از حلقه های پنج عضوی که توسط حلقه های شش عضوی از هم جدا شده اند.



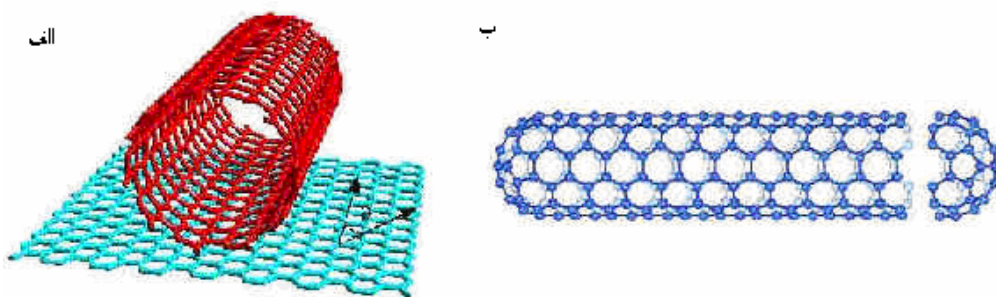
شکل ۱-۱: مدل سه بعدی سه نوع از نانولوله های کربنی



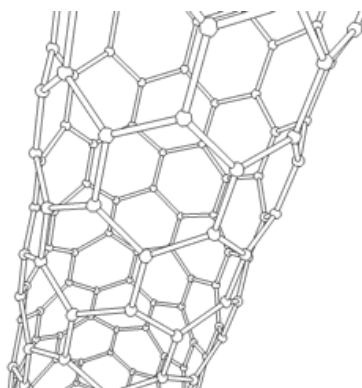
شکل ۱-۲: آرایه ای از نانو لوله های کربنی [۳]

در شکل ۱-۳-الف: یک لوله نانو کربنی تک دیواره (SWNT) را می توانیم تصور کنیم که توسط تک صفحه گرافیت ساخته شده است. بصورت آزمایشی یک لوله نانویی تک دیواره نوعی دارای انتهای بسته ای می باشد. همان طور که در شکل ۱-۳-ب نشان داده شده است این لوله دارای قطر 1-2 nm و طول حدوداً $10\mu m$ می باشد. در تحقیقات، اخیراً نشان داده شده است که لوله های نانو کربنی دارای خواص امید بخش برای کاربردهای تکنولوژی است. برای مثال لوله های نانوکربنی دارای بیشترین قابلیت ارتجاعی و نیروی مکانیکی هسته که این نیرو تقریباً ۲۰۰ برابر قوی تر از فلز است، می باشد.

نانو لوله ها به طور کامل از زنجیر SP^2 تشکیل شده اند ، شبیه گرافیت. این ساختار زنجیری قوی تر از زنجیر SP^3 در الماس ها مولکولها را به صورت منحصر به فردی قوی می کند. لوله های نانویی به صورت طبیعی خودشان را به صورت طناب، با نیروی واندروالسی هم خط می کنند. تحت فشار زیاد لوله های نانویی می توانند در یکدیگر ادغام شوند. در حالی که زنجیرهای SP^2 را با SP^3 مبادله می کنند، امکان بیشتری برای تولید نیرو می دهند، سیم های نامحدود طولانی تحت فشار زیاد به هم متصل می شوند.



شکل ۳-۱



شکل ۴-۱: ساختار سه بعدی نانو لوله ها

از آنجایی که زمان زیادی می گذرد که می دانیم فیبرهای کربنی می توانند توسط قوس های کربنی ایجاد شوند، حق ثبت این فرآیند تا سال ۱۹۹۱ صادر نشد. در سال ۱۹۹۱ Sanieo Iijma یک محقق ژاپنی با همکاری آزمایشگاه NEC، مشاهده کرد که این فیبرها خالی هستند. این مشخصه برای فیزیک دانان خیلی جالب بود زیرا آزمایشات یک بعدی فیزیک کوانتمی را ممکن می ساخت.

۳-۳ خصوصیات نانو لوله ها {۶و۵}

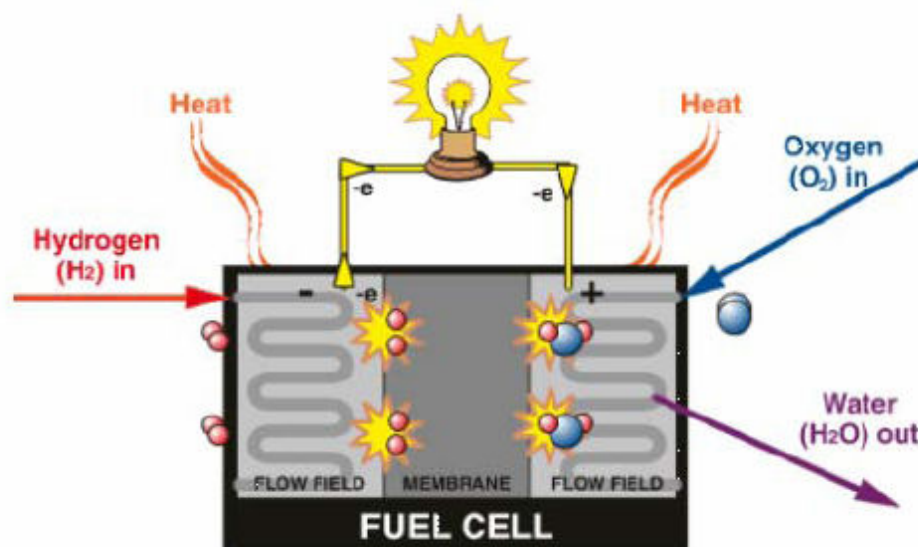
- استحکام و مقاومت کششی بالا
- ظرفیت ذخیره سازی شیمیایی بالا
- حالت رسانا و نیمه رسانایی آن ها بر حسب شکل هندسی شان



- سطح جداره صاف یا قدرت تفکیک بالا
- حساس به تغییرات کوچک نیروهای اعمال شده
- ضریب تحرک الکتروسیسته بسیار بالا
- خاصیت مغناطیسی، ممان مغناطیسی بسیار بزرگ
- داشتن خاصیت ابررسانایی
- تولید ولتاژ

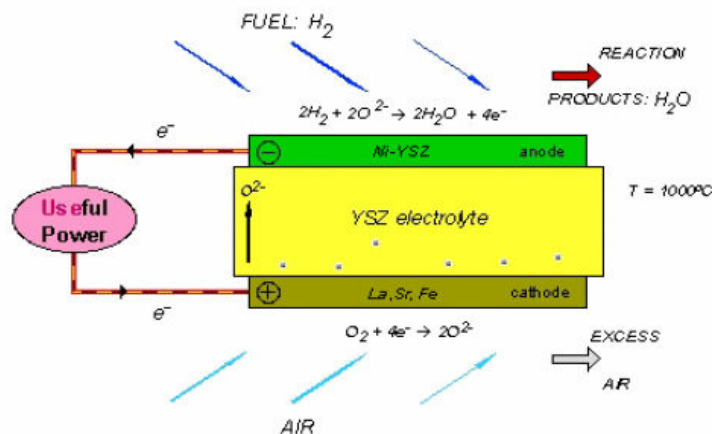
۴-نانو در پیل سوختی

یکی از مهمترین پیشرفتهای صورت گرفته در تولید انرژی با راندمان بالا و آلودگی کم، ساخت پیل‌های سوختی می باشد. پیل سوختی سیستمی است که انرژی شیمیایی حاصل از واکنش سوخت و اکسید کننده را مستیماً به انرژی الکتریکی تبدیل می کند انواع مختلفی از پیل های سوختی ساخته شده اند (شکل ۴-۱). مشخصات پیل های سوختی رایج در جدول ۴-۱ آورده شده است.



شکل ۴-۱: نمایی از یک پیل سوختی

پیل‌های دما پائین معمولاً در اتومبیل‌ها و پیل‌های دمای بالا در تولید برق مورد استفاده قرار می گیرند، اجزای پیل SOFC در شکل ۴-۲ نشان داده شده است. کاتد معمولاً از مگنتیت لانتانم تقویت شده با عناصر قلیایی خاکی و آن‌د از مواد سرامت ماند Ni/YSZ ساخته می شود. در الکترولیت از مواد اکسیدی با ساختمان فلونئوریت مثل زیرکونیای پایدار شده یا ایتریا، سریای تقویت شده با عناصر نادر خاکی و اکسید بیسموت تقویت شده با عناصر نادر خاکی استفاده می شود [۷].



شکل ۴-۲: نمایش شماتیک اجزای مختلف پیل سوختی

۴-۱- استفاده از فناوری نانو در ساخت اجزاء مختلف پیل سوختی

فناوری نانو در ساخت اجزاء مختلف پیل سوختی مورد استفاده قرار می گیرد این اجزاء عبارتند از:

۴-۱-۱- الکترودها

با توجه به نسبت بالای سطح به حجم ذرات نانو و توانایی بسیار زیاد در ایجاد تخلخل های بسیار بالا به کمک فناوری نانو، تحقیقات در زمینه ساخت الکترودها بر روی مواد نانو متمرکز شده است. در این رابطه آندها و کاتدهای سرمتی با ابعاد دانه ای در حد نانو ساخته شده است. در این حالت مقاومت در سطح مشترک الکترودها، الکترولیت نسبت به الکترودهای معمول کمتر می باشد. همچنین با استفاده از الکترودهای نانو ساختار، میزان رسوب گذاری کربن بر روی الکترودها در حین کار کاهش می یابد [۷].

۴-۱-۲- الکترولیت

کاهش دمای کاری و ابعاد پیل ها از جمله اهداف تحقیقات مربوط به الکترولیت ها می باشد. با توجه به کافی نبودن هدایت YSZ در دمای پائین، CeO_2 تقویت شده با عناصر و ترکیبات مختلف از قبیل ساماریم، گادولینیم، ایتریم و ایتریا مورد توجه قرار گرفته است. تحقیقات انجام شده نشان می دهد که کنترل ابعاد مرزهای حاصل از حضور ذرات تقویت کننده در ابعاد نانومتر، تأثیر زیادی بر روی هدایت یونی و انرژی اکتیواسیون دارد از جمله مواد دیگری که به عنوان الکترولیت پیشنهاد شده است اکسید گادولینیم سریم می باشد. مشکل عمده این الکترولیت احیاء شدن در دماهای بالا و فشار اکسیژن کم و آلوده شدن و همچنین سینتر شدن می باشد. نتایج تحقیقات نشان می دهد استفاده از ساختارهای نانو تأثیر بسزایی در بهبود خواص و کم کردن دمای سینترینگ دارد. تحقیقات انجام شده نشان می دهد که استفاده از الکترولیت های نانو ساختار کامپوزیتی باعث افزایش توان، کاهش دمای کاری و افزایش راندمان پیل های SOFC می گردد [۷].

- پیل قلبیایی ستون اول در شاتل فضایی و پیل قلبیایی ستون دوم در آپولو به کار رفته است.

جدول ۴-۱ مشخصات پیل‌های سوختی رایج

	AFC*	AFC ⁶	SPFC ⁴ (PEMFC) ⁵	PAFC PAFC ³	MCFC ²	SOFC ¹
آند	80%pt- 20%pd	Ni	Pt black یا pt/c	Pt/c	Ni-10%Cr	Ni/YSZ(CEMET)
کاتد	90%Au- 10%Pt	Lidoped -NiO	Pt black یا pt/c	Pt/c	NiO-Lid doped	La3MnOsr doped
سوخت	H ₂ بسیار خالص	H ₂ بسیار خالص	H ₂ بسیار خالص	H ₂ , CO	63Ti ₂ CO ₃ 38%K ₂ CO ₃	YSZ
یون حامل بار	OH ⁻	OH ⁻	H ⁺	H ⁺	CO ₃ ²⁻	O ²⁻
دمای کار	80-90 ⁰ C	260 ⁰ C	80-260 ⁰ C	300 ⁰ C	60 ⁰ C	800-1000 ⁰ C
راندمان تولید الکتروسیسته	40%	4%	40%	40%	60%	60%

۴-۱-۳ کاربرد نانولوله‌ها در پیل‌های سوختی برای افزایش کارایی آنها

مهمترین اجزای پیل‌های سوختی الکترولیت، سوخت و الکتروود می‌باشد و الکتروودها بایستی دارای ویژگی‌هایی از قبیل از تخلخل زیاد، قابلیت نفوذ دهندگی بالا، میزان سینتر شدن کم و طول عمر زیاد می‌باشند.

پیل‌های سوختی مستقیم متانول (DMFC)، بواسطه پتانسیل آنها بعنوان منابع تمیز و سیار تولید انرژی اخیراً مورد توجه قرار گرفته‌اند با این حال یک مشکل جدی برای پیل‌های سوختی با الکترولیت پلیمری، نرخ آهسته واکنش احیای اکسیژن (ORR) می‌باشد. یک راه حل استفاده از مواد جدید نانوکربنی بعنوان حامی برای کاتالیست‌های پلاتین جهت فعال تر نمودن ORR می‌باشد. قبلاً با قرار دادن کاتالیست‌های مورد استفاده در کاتد بر روی مواد کربنی جدید مثل نانوفیبرهای گرافیتی، بعنوان حامی نگهدارنده نتایج بهتری از اکسیداسیون الکترو شیمیایی متانول بدست آمده بود. اخیراً نتایج مثبتی در مورد قرار دادن نانوذرات کاتالیستی کاملاً پخش شده پلاتین بر روی نانولوله‌های کربنی بعنوان حامی برای استفاده در کاتد کاتالیستی DMFC بدست آمده است که فعالیت بالاتر واکنش احیای اکسیژن و کارکرد بهتر DMFC در مقایسه با کاتالیست‌های قرار گرفته بر روی کربن‌های عادی را نشان میدهد واکنش احیای اکسیژن در پلاتین قرار گرفته بر روی نانولوله‌های کربنی می‌تواند ناشی از عوامل گوناگونی باشد از قبیل: ساختمان بی‌مانند و خواص الکترونیکی نانولوله‌های کربنی که می‌تواند هدایت الکترونیکی نانولوله‌های کربنی را افزایش دهد و آنرا کاملاً با انواع معمول کربن قابل مقایسه سازد. همچنین نانولوله‌های کربنی دارای مقدار ناچیزی ناخالصی هستند در حالی که کربنی مانند XC-72 حاوی مقادیر قابل توجهی ناخالصی است که می‌تواند کارایی آن را در حین واکنش احیای اکسیژن کم کند [۷].

1 Solid oxide Fuel Cell
2 Molten Carbonate Fuel Cell
3 Phosphoric Acid Fuel Cell
4 Solid Polymer Fuel Cell
5 Proton Exchange Membrane Fuel Cell
6 Alkaline Fuel Cell



۷ و ۸ آبان ۱۳۸۸
October 28 & 29, 2009

سومین سمینار پیل سوختی ایران



3rd Fuel Cell Seminar of Iran



۴-۱-۴- کاربرد نانولوله ها در ذخیره سازی هیدروژن

هیدروژن یک سوخت ایده آل و یک حامل انرژی قابل توجهی می باشد که می توان مزایای آن را به صورت زیر شمرد: تولید آسان، سهولت حمل و نقل، قابلیت تبدیل آسان به صورتهای دیگر انرژی، کارآیی، عدم ایجاد آلودگی زیست محیطی هیدروژن بعنوان یک سوخت تمیز که تنها محصول احتراق آن آب است می تواند برای تولید انرژی با بهره بالا در پیل های سوختی بکار رود. با این حال سیستم ذخیره سازی هیدروژن مهمترین مانع فنی در توسعه پیل های سوختی مستقیم می باشد.

استفاده از نانولوله ها بعنوان یک فناوری جدید برای ذخیره سازی هیدروژن اخیراً مورد نظر قرار گرفته است. در نانولوله های کربنی اتمهای کربن با نیروی واندروالس به یکدیگر متصل شده اند. این نیروها مولکولهای هیدروژن را در ساختمان مولکولی کربن جذب نموده و قابلیت ذخیره سازی هیدروژن را بیش از روشهای متداول به این مواد می دهند. نانولوله های کربنی می توانند هیدروژن را در حفرات میکروسکوپی موجود روی خود و در داخل ساختار لوله ذخیره می کنند. این لوله های کربنی انعطاف پذیر بوده و خواصی دارند که به آنها اجازه میدهند که مانند یک اسفنج هیدروژن را در پیرامون خود ذخیره نمایند. نانولوله های تک لایه نسبت به چند لایه ظرفیت ذخیره هیدروژن بیشتری دارند. علت این موضوع افزایش خطی ظرفیت ذخیره هیدروژن در مقابل افزایش قطر در نانولوله های تک لایه می باشد. در حالیکه برای نانوله های چند لایه این پارامتر مستقل از قطر است. بعلاوه این تحقیق نشان میدهد که H_2 بر روی نواحی جذب واقع در سطوح داخلی و خارجی نانولوله های تک لایه قرار می گیرد؛ در حالیکه فقط سطوح خارجی دیواره های نانولوله های چند لایه هیدروژن را جذب می کند [۷].

۵- تولید پیل های سوختی قدرتمند

محققان دانشگاه Andrews St ماده جدیدی کشف کرده اند که با استفاده از آن می توان به تولید پیل های سوختی قدرتمندتری نسبت به انواع موجود دست یافت. دانشمندان دانشکده شیمی این دانشگاه، ماده الکترودی جدیدی یافته اند که امکان استفاده مستقیم و کارآمدتری از گاز طبیعی یا بیوگاز حاصل از فاضلاب را در پیل های سوختی فراهم می کند، به گونه ای که ولتاژ حاصل از آن تا 40% بیش از ولتاژی است که تاکنون در روش های مشابه به دست آمده بود. چنین افزایش ولتاژی می تواند افزایش مشابهی در انرژی الکتریکی قابل استحصال از حجم معینی از گاز طبیعی به همراه داشته باشد. این الکترود جدید ضمن افزایش ولتاژ، عملکرد قابل رقابتی هم نسبت به الکترودهای فعلی موجود در بازار دارد. به نظر دانشمندان، نسل های آینده پیل های سوختی در تمامی ابزارهای الکترونیکی از ابزارهای دستی گرفته تا خودروها و ساختمان ها استفاده خواهند شد و بازار جهانی پیل های سوختی و فناوری هیدروژن تا سال ۲۰۱۱ چیزی به ارزش ۲۰ میلیارد دلار برآورد می شود. به نظر این محققان، این یافته ها گام مهمی در توسعه پیل های سوختی به شمار می آید و باعث کاهش CO_2 تولید شده طی استفاده از منابع تجدیدپذیری مانند بیوگاز می شود. روش تهیه این مواد جدید شامل ساخت و کنترل لایه های نانومتری ضخیم و سپس هدایت این ترکیب با حفظ عملکرد به نقطه ای که این لایه ها تخریب می شوند، می باشد. این روش بسیار موفقیت آمیز بوده و ضمن اندازه گیری مقاومت تحت شرایط نامعتدل، مشخص شد که تخریب لایه های دارای نقص رسانش الکتریکی را تا ۱۰۰,۰۰۰ بار افزایش می دهد [۴].

۶- نتیجه گیری و پیشنهادات

پیل سوختی در واقع یکی از مهمترین پیشرفتهای صورت گرفته در تولید انرژی با راندمان بالا و آلودگی کم می باشد و بدیهی است تضمین آینده درخشان این انرژی سبز نیز با فناوریهای جدیدی مثل نانو تکنولوژی در حال افزایش است.



از این تکنولوژی در حال حاضر در ساخت اجزای مختلف پیل سوختی و نیز ذخیره سازی هیدروژن استفاده شده است.

مراجع

- [1] S. Thomas, M. Zalowitz "Fuel Cells Green Power", Los Alamos National Lab.
- [2] "Fuel Cell Handbook", EG & G Services, Fifth Edition, Parson Inc, October, 2000.
- [3]<http://www.nanoclub.ir>
- [4]<http://www.en.wikipedia.org>
- [5]<http://www.nanopioftheday.org>
- [6]<http://www.nano.ir>
- [7]<http://www.physorg.com>