کاربردهای نانو فناوری در مهندسی محیط زیست

رضا علیزاده*

دبیر کمیته علمی تخصصی نانو فناوری، مرکز علوم و فناوری های پیشرفته دانشگاه آزاد اسلامی(CAST)

سوده عابدینی**

دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی عمران_ محیط زیست، دانشگاه تهران

چکیده :

نانو فن آوری علم استفاده از مواد ، تجهیزات و دستگاهها در مقیاس نانو می باشد که کاربردهای گسترده ای در تمامی حوزه ها همچون مهندسی محیط زیست دارد ، کاربرد این فن آوری جدید در محیط زیست بمنظور تصفیه و سالم سازی آب به کمک نانو فیلترها ، تصفیه پسابهای صنعتی ، ذخیره سازی و تولید انرژیهای پاک ، نانو لوله های جاذب گازهای سمی و ... روز به روز در حال افزایش است .

در این مقاله تلاش شده است تا بطور اجمالی کاربردهای مختلف این علم در بخشهای مختلفی چون استفاده از پیلهای سوختی به منظور تولید انرژی از منابع پاک و سازگار با محیط زیست ، استفاده از نانوفیلترها به منظور سختی زدایی و تصفیه آب مصرفی برای نیروگاهها و همچنین کاربرد های مختلف نانو لوله های کربنی در صنعت از جمله ذخیره سازی هیدروژن در پیلهای سوختی برای افزایش کارایی آنها ، جذب گازهای سمی و استفاده از این نانولوله ها به عنوان حسگرهای گازی مورد بررسی قرار گیرد .

کلمات کلیدی : نانو فن آوری ، مهندسی محیط زیست، پیل سوختی، نانو فیلتر، نانو لوله کربنی، انرژی

Applications of Nanotechnology in environmental engineering

R.Alizadeh*,S.Abedini**

Abstract:

Nanotechnology is science of employment materials device and systems in nano scale that applications of Nanotechnology is reach in environmental engineering. For example water treatment by nanofilteration wastewater treatment clean energy production and nanotube for toxic gas adsorption. In this paper and research several application of this science for example fuel cell for energy production from clean sources , using from nanofilters for remove of hard water , water treatment for power plants ,several application of carbon nanotube in the industry for example hydrogen storage in fuel cells for increase of yield them , toxic gas adsorption, using them insted of gas sensors. .

keywords: Nanotechnology, environmental engineers, fuel cell, nanofilter, carbon nanotube.

* **Email:Alizadeh_Environment@yahoo.com**

** **Email:soodeh_abedini@yahoo.com**

مقدمه

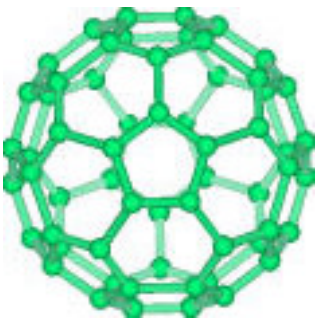
تقسیم بندی نانو تکنولوژی در شاخه ها و رشته های مختلف بیشتر مربوط به کاربرد محصولات ایـن فنـاوری در هـر رشته می باشد بطور کلی استفاده از نانو تکنولوژی برای تولید مواد با بهره بالا عبارت است از ایجاد یک شرایط کـاملا کنترل شده و دقیق و استفاده از این شرایط برای چیدمان منظم اتمها و تولید مواد در مقیـاس نـانو اسـت . بنـابراین نمی توان این تکنولوژی را منحصر به رشته علمی خاصی دانست . نانو تکنولوژی در آینـده بـه طـرق گونـاگونی وارد زندگی بشر خواهد شد . از قبیل نقش نانو تکنولوژی در بکارگیری پیلهای سوختی . این فناوری مانند فناوری هـایی از قبیل فن آوری اطلاعات ، موتورهای احتراق داخلی و الکتریسیته تاثیری گسترده و نامحدود بر روی جامعه بشـری خواهد گذاشت . کاربردهای زیست محیطی بعنوان یکی از هشت زمینه پیشرفت فن آوری نانو از سوی پیشگامی ملی فناوری نانو آمریکا تعیین شده است . نانو فن آوری می تواند بر اثر کارهای زیر به کاهش آلـودگی در محـیط زیسـت کمک نماید :

- کاهش مصرف مواد اولیه
- کاهش ضایعات
- کاهش مواد منتشرشده
- کاهش تولید مواد سمی
- انجام فرایند ساخت در دما و فشار عادی
- ساخت سریع ملکولهای مفید و موردنیاز
- بکارگیری واکنشهای پایه آبی

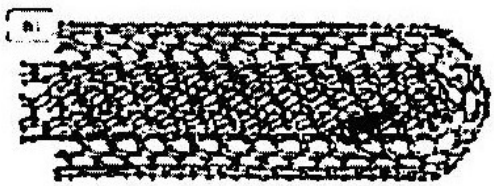
و اینها مواردی هستند که در مقوله های شیمی، انرژی و محیط زیست در صنایع گوناگون کاربردهای فراوانی دارنـد که در ادامه مورد بررسی قرار خواهند گرفت .

نانولوله های کربنی

شکلهای جدید کربن ، نانو لوله ها و فولرن هستند . فولرن یک مولکول بسته با اتمهای کربن چند وجهی کروی یا تقریبا کروی است . بهترین مثال شناخته شده C60 می باشد ، که شامل دوازده حلقه پنج وجهی و بیست حلقه شش وجهی است . (شکل ۱) نانولوله های کربنی ، لوله هایی کاملا مستقیم با قطر در حد نانومتر و خواص نزدیک به خواص الیاف ایده آل گرافیت هستند . نانولوله ها می توانند بصورت چند لایه ای یا تک لایه ای باشند . یک تصویر TEM [1] از نانو لوله کربنی چند لایه ای در (شکل ۲) نشان داده شده است ، که نانولوله گرافیت بوسیله لوله مرکزی محدود شده است و ساختمان نانولوله شکل یافته بوسیله دو سیلندر گرافیتی هم مرکز را نشان می دهد.



شکل(۱): فولرین ۶۰



شکل(۲): تصویر TEM از کربن نانو لوله دو لایه ای

---

1) Transmission Electron Microscopy

سنتز نانولوله های چند لایه ای :

نانولولـه های کربنی چند لایه بوسیله برخورد قوس الکتریکی بین الکترودهای گرافیت تهیه می گردد . نانولوله هـای کربنی همچنین می توانند بوسیله الکترولیز نمکهای هالید ذوب شده با الکترودهای کربن تحت اتمسفر آرگـن تولیـد شود . همچنین با تجزیه هیدروکربن ها مانند استیلن تحت شرایط خنثی و دمای ۷۰۰ درجـه سـانتیگراد در حضـور کاتالیست تهیه گردد . حضور ذرات فلزات واسطه برای تشکیل نانولوله بوسیله فرایند پیرولیـز ضـروری اسـت و قطـر نانولوله بوسیله اندازه ذرات فلز تعیین می شود .

سنتر نانولوله های کربنی تک دیواره:[2]

روشهای سنتر نانولوله های کربنی تک دیواره متنوع بوده و از میان آنها می توان به :

الف) تخلیه قوس الکتریکی (arc discharge)

ب) تبخیر لیزری (laser vaporization)

ج) رسوب گذاری شیمیایی ـ حرارتی بخار (Thermal Chemical Vapor Deposition (TCVD)

د) رسوب گذاری شیمیایی ـ پلاسمائی بخار (Plasma CVD)

ه) رسوب گذاری شیمیایی مایکروویو بخار (Microwave CVD)

و) سنتز الکترو شیمیایی

نانولوله ها در موارد زیر در محدوده صنعت انرژی کاربرد دارند .

کاربرد نانولوله ها در جذب گاز:

اتمهای نانولوله های کربنی به نحوی کنار هم چیده شده اند که عملا امکان عبور بدون اصـطکاک مولکولهـای گـاز را فراهم می آورند . از نظر تئوری سطح صاف این مواد باعث می شود که میزان عبور گاز از درون آنها به مراتب بیشـتر از غشاهای ریز حفره که برای جداسازی گاز مورد استفاده قرار می گیرند ، باشد . نانولوله هایی که بـا انـدازه مناسـب تولید می شوند می توانند با صرف انرژی کمتر وبدون نیاز بـه افـزایش فشـار ، گازهـای آلـوده کننـده مثـل CO را بصورت انتخابی از گازهای حاصل از احتراق بزدایند . از طرفی نانولوله ها دارای کانالهـایی در ابعـاد نـانو هسـتند کـه امکان جذب گـازهـا را دارنـد . در واقـع نـانـولـوله هـای تـک لایـه ای مـواد ریـز حـفـره خـوبـی بـا مـسـاحـت سـطح حـدود $۴۰۰m^2/g$ می باشند[۱].

آزمایشهای انجام شده برای جذب N_2 و O_2 نشـان مـی دهـد کـه اصـلاح گرمـایی هـوایی در دمـای ۳۵۰ درجـه سانتیگراد دو انتهای کربن نانولوله را باز کرده و ظرفیت جذب آنها را به دو برابر افزایش مـی دهـد . تحقیقـات نشـان می دهد که جذب در سطح خارجی نانولوله های "ته بسته" صورت می گیرد . با اینحال وقتی که دو انتهای نانولولـه باز باشد مولکولهای گاز فقط پس از اشباع سطح داخلی بر روی سطح خارجی جذب می شوند . مطالعـه دیگـری اثـر تکنیک های (اسید شویی [1])برای تهیه نانولوله های تک لایه خالص را بررسی نموده اند نانولوله های تک لایه اصـلاح شده ظرفیت جذب گاز بیشتری نسبت به موارد اصلاح نشده دارند .

1- Leaching

نانولوله ها بعنوان حسگر گاز

خواص انتقال الکترون در نانولوله های کربنی آنها را نسبت به پدیده های سطحی حساس نموده است . بعنوان مثال عیوب موضعی ساختمانی و حضور اجزاء جذب شده بر روی سطح نانولوله های کربنی را بعنوان موادی ایده جهت توسعه سنسورهای گاز معرفی می کند . بر خلاف حسگرهای معمولی مورد استفاده برای گازهای NO_2 و NH_3 که فقط در دماهای بالای ۲۵۰ درجه سانتیگراد عمل می کنند ، سنسورهای پایه نانولوله کربنی می توانند در دمای محیط هم کار کنند .
همچنین آنها مزایایی نظیر برگشت پذیری ، حساسیت بالا و زمان پاسخ کمتر را دارا می باشند . تحقیقات انجام شده نشان می دهد هر دو نوع نانولوله های تک لایه و چند لایه قابلیت استفاده بعنوان یک حسگر قابل اطمینان را دارند .

کاربرد نانولوله ها در ذخیره سازی هیدروژن

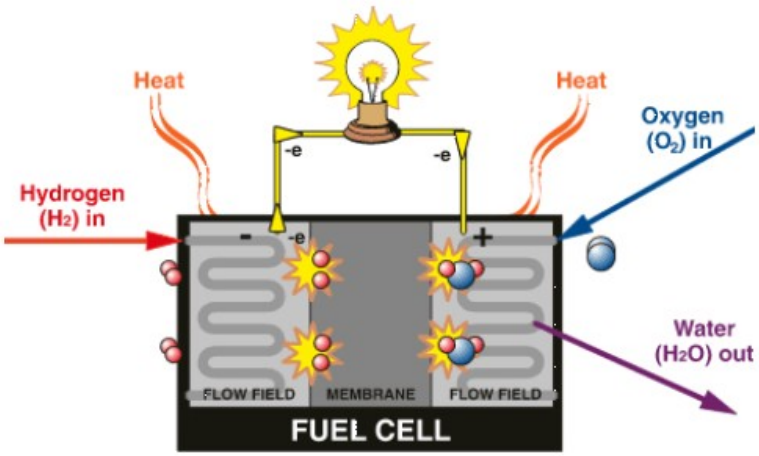
هیدروژن یک سوخت ایده آل و یک حامل انرژی قابل توجهی می باشد که می توان مزایای آن را بصورت زیر برشمرد :

تولید آسان ، سهولت حمل و نقل ، قابلیت تبدیل آسان به صورتهای دیگر انرژی ، کارایی ، 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 پیلهای سوختی بکار رود . با این حال سیستم ذخیره سازی هیدروژن مهمترین مانع فنی در توسعه پیلهای سوختی مستقیم می باشد[1] ، استفاده از نانولوله های کربنی بعنوان یک تکنولوژی جدید برای ذخیره سازی هیدروژن اخیرا 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 در واقع لوله های میکروسکوپی کربنی با قطر حدود ۲ نانومتر هستند که هیدروژن را در حفرات میکروسکوپی موجود در روی لوله ها و در داخل ساختار لوله ذخیره می کنند . این لوله های کربنی انعطاف پذیر بوده و خواصی دارند که به آنها اجازه می دهد 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 نانولوله های چند لایه این پارامتر مستقل از قطر است . بعلاوه این تحقیق نشان می دهد 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 هیدورژن را جذب می کنند[3].

پیل سوختی

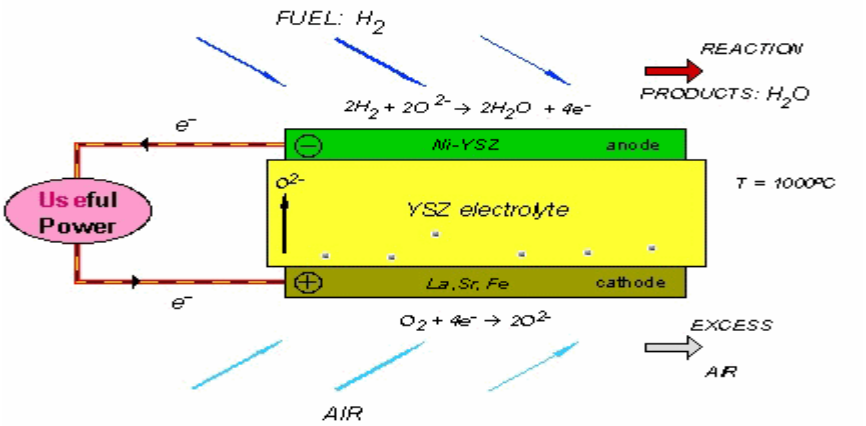
یکی از مهمترین پیشرفتهای صورت گرفته در تولید انرژی با راندمان بالا و آلودگی کم ، ساخت پیلهای سوختی است (شکل ۳).

پیل سوختی سیستمی است که انرژی شیمیایی حاصل از واکنش سوخت و اکسید کننده را مستقیما به انرژی الکتریکی تبدیل می کند . انواع مختلفی از پیل های سوختی ساخته شده اند . مشخصات پیل های سوختی رایج در (جدول۱) آورده شده است [۲] و [۳].



شکل(۳) : نمایی از یک پیل سوختی

پیلهای دما پائین معمولا در اتومبیل ها و پیل های دمای بالا در تولید برق مورد استفاده قرار می گیرد . اجزای پیل SOFC در (شکل ۴)نشان داده شده است . کاتد معمولا از مگنتیت لانتانم تقویت شده با عناصر قلیایی خاکی و آند از مواد سرمت مانند Ni/YSZ ساخته می شود . در الکترولیت از مواد اکسیدی با ساختمان فلوئوریت مثل زیر کونیای پایدار شده یا ایتریا سریای تقویت شده با عناصر نادر خاکی و اکسید بیسموت تقویت شده با عناصر نادر خاکی استفاده می شود .



شکل(۴) : نمایش شماتیک اجزای مختلف پیل سوختی SOFC

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

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 الکترود ـ 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 [4] .

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 تاثیر زیادی بر روی هدایت یونی و انرژی اکتیواسیون دارد [۴] . از جمله مواد دیگری که به عنوان الکترولیت پیشنهاد شده است اکسید گادولینیم سریم است. 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 تاثیر 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 [3].

جدول (۱) مشخصات پیلهای سوختی رایج

***پیل قلیائی ستون اول در شاتل فضایی و پیل قلیائی ستون دوم در آپولو بکار رفته است .**

	AFC*	AFC[6]	SPFC[4] (PEMFC)[5]	PAFC[3]	MCFC[2]	SOFC[1]
آند	۲۰ %Pd ۸۰٪ Pt	Ni	Pt/C یا Pt black	Pt/C	Ni-10%Cr	Ni/YSZ (Cermet)
کاتد	۱۰٪ Pt ۹۰ %Au	Li doped- NiO	Pt black PT/C یا	Pt/C	Nio-Li doped	La_3Mno_3- Sr doped
الکترولیت	۳۵-%۴۵ KOH	۸۵ %KOH	Nafion	H 3PO4	%62Li2CO3 %۳۸ K2CO3	YSZ
سوخت	H2 بسیارخالص	H2 بسیارخالص	H2 خالص	H2,CO	H2,CH4,CO	CO,CH4,H2
یون حامل بار	OH^-	OH^-	H^+	H^+	$CO3^{2-}$	$O2^-$
دمای کار	۸۰-۹۰ °C	۲۶۰°C	۸۰-۲۶۰°C	۳۰۰°C	۶۰ °C	۸۰۰ -۱۰۰۰ °C
راندمان تولید الکتریسیته	٪۴۰	٪۴۰	٪۴۰	٪۴۰	٪۶۰	٪۶۰

1-Solid Oxide Fuel Cell
2-Molten Carbonate Fuel Cell
3-Posporic acid Fuel Cell
4-Solid Polymer Fule Cell
5-Proton Exchange Membrane Fuel Cell
6-Alkalinity Fuel Cell

کاربرد نانو لوله ها در پیلهای سوختی برای افزایش کارایی آنها :

مهمترین اجزای پیلهای سوختی الکترولیت ، سوخت و الکترود مـی باشـد . و الکترودهـا بایسـتی دارای ویژگیهـایی از قبیـل تخلخل زیاد ، قابلیت نفوذ دهندگی بالا ، میزان سینتر شدن کم و طول عمر زیاد می باشند .

پیلهای سوختی مستقیم متانول (DMFC)[1] بواسطه پتانسیل آنها بعنوان منابع تمیز و سیار تولید انرژی اخیرا مورد توجه قرار گرفته اند با این حال یک مشکل جدی برای پیلهای سوختی با الکترولیت پلیمری ، نرخ آهسته واکنش احیای اکسیژن (ORR)[2] است. یک راه حل استفاده از مواد جدید نانو کربنی بعنوان حامی بـرای کاتالیسـتهای پلاتـین جهـت فعـال تـر نمودن ORR می باشد .قبلا با قراردادن کاتالیستهای مورد استفاده در کاتد بـر روی مـواد کربنـی جدیـد مثـل نانوفیبرهـای گرافیتی ، بعنوان حامی نگهدارنده نتایج بهتری از اکسیداسیون الکتروشیمیائی متانول بدست آمده بود . اخیرا نتایج مثبتی در مورد قراردادن نانو ذرات کاتالیستی کاملا پخش شده پلاتین بر روی نانولوله های کربنی بعنوان حامی برای اسـتفاده در کاتـد کاتالیستی DMFC بدست آمده است که فعالیت بـالاتر واکـنش احیـای اکسـیژن و کـارکرد بهتـر DMFCدر مقایسـه بـا کاتالیستهای قرار گرفته بر روی کربنهای عادی را نشان می دهد. واکنش احیای اکسیژن در پلاتین قرار گرفته بر روی نانولوله های کربنی می تواند ناشی از عوامل گوناگونی باشد از قبیل: ساختمان بی مانند و خواص الکتریکی نانولوله هـای کربنـی کـه می تواند هدایت الکتریکی نانولوله های کربنی را افزایش دهد و آنرا کاملا با انواع معمولی کربن قابل مقایسه سازد . همچنـین نانولوله های کربنی دارای مقدار ناچیزی ناخالصی هستند در حالیکه کربنی مثل XC-72 حاوی مقادیر قابل توجهی ناخالصی است که می تواند کارایی آن را در حین واکنش احیای اکسیژن کم کن[3] .

نانوفیلتراسیون و اسمز معکوس

نانوفیلترها[3] غشاهای نازک پلیمری هستند که حفراتی در اندازه نانو داشته و قادر به جداسازی اجزاء حـل شـده در محلـول از یکدیگر و یا از حلال به نسبتهای مختلف با اعمال نیروی محرکه فشـاری مـی باشـد . پایـه هـای عمـده هـر دو فرآینـد نـانو فیلتراسیون واسمز معکوس[4] یکی است . بنابراین معمولا هر دو بعنوان یک فرآیند شناخته می شوند . غشاهای نانوفیلتراسیون شبیه غشاهای اسمز معکوس هستند فقط شبکه ساختمانی آنها کمی بازتر است . نانو فیلتراسـیون فرآینـد نـوینی اسـت کـه امروزه بعلت عمل نمودن در اختلاف فشار نسبتا پایین ، بازیابی خوب ، میزان دفع مناسب و هزینه هـای عملیـاتی و سـرمایه گذاری مطلوب جایگاه ویژه ای در زمینه جداسازی پیدانموده است .

یکـی از کـاربردهـای مـهم نـانوفیلتراسیون سختی گیری و تصفیه آب مصرفی برای نیروگاهها و از جملـه دیگهـای بخـارمی باشد، که ممکن است غشاهای نانوفیلتر همراه با فرآیندهای تکمیلی دیگر برای جداسازی یونهای Ca^{2+} و Mg^{2+} و یا سایر اجزاء مزاحم که ممکن است به دیگهای بخار و پره های توربین صدمه برساند بکار رود در مواردی که غشاهای نانوفیلتراسیون و اسمز معکوس هر دو قادر به جداسازی یک جزء با نسبت جداسازی تقریبا برابر در یـک محلـول باشـند بعلـت هزینـه هـای عملیاتی کمتر استفاده از تکنولوژی نانوفیلتراسیون ارجح است [۵].نانوفیلتراسیون واسمز معکوس وقتی مورد استفاده قرار می گیرند که اجزاء حل شده با وزن مولکولی پایین مثل نمکهای معدنی یا مولکولهای آلی کوچک مثـل گلـوکز و سـاکارز بایـد از محلول جدا شوند . در واقع غشاهای NF و RO را می تـوان بـین غشـاهای بـاز (اولترافیلتراسـیون و میکروفیلتراسـیون) و غشاهای فشرده غیر متخلخل در نظر گرفت . محدوده فشار اعمالی مورد استفاده در اسمز معکوس بین ۲۰ تـا ۱۰۰ بـار و در NF بین ۱۰ تا ۲۰ بار می باشد که بسیار بزرگتر از فشار بکار گرفته شده در فرآیند اولترافیلتراسیون می باشد[5].

1-Direct Methanol Fuel Cell
2-Oxygen Reduction Reaction
3-Nano Filter
4-Reverse Osmosis

غشاهای مورد استفاده در RO و NF:

وقتی یک ماده مشخص بعنوان غشاء انتخاب می شود فلاکس عبوری از این ماده می تواند با کاهش ضخامت افزایش یابد . فلاکس بطور تقریبی با ضخامت نسبت عکس دارد و به همین دلیل بیشتر غشاهای RO ساختمانی غیر متقارن با یک لایه نازک فشرده در بالا (ضخامت کمتر از ۱ میکرون) و یک لایه متخلخل زیرین بعنوان نگهدارنده[1] برای تامین مقاومت مکانیکی غشاء دارند . مقاومت اصلی برای انتقال مربوط به لایه فشرده و نازک می باشد . دو نوع مختلف از غشاهای با ساختار نامتقارن وجود دارند : ۱ـ غشاهای نامتقارن [2] ۲ـ غشاهای مرکب (کامپوزیت)در غشاهای نامتقارن یکپارچه هر دو لایه بالایی و پایینی از مواد یکسانی تشکیل شده اند . این غشاها با روش وارونگی فازی [3] بدست می آیند . مواد پلیمری که غشاها از آنها ساخته می شوند در یک حلال و یا مخلوطی از حلالهای قابل حل هستند[5].

روشهای مختلف تشکیل غشاء عبارتند از : الف) رسوب دادن بوسیله تبخیر ، ب) رسوب دادن بوسیله فاز بخار ، ج) رسوب دادن بوسیله حرارت ، د) رسوب دادن بوسیله غوطه وری[6] .

دسته مهمی از غشاهای RO نامتقارن که با استفاده از روش وارونگی فازی تهیه می شوند استرهای سلولزی هستند . این مواد برای نمک زدایی بسیار مناسب هستند . ولی پایداری آنها در مقابل مواد شیمیایی ، باکتری و دما کم است . مواد دیگری که می توانند در وسعت زیادی برای غشاهای RO مورد استفاده قرار گیرند پلی آمیدهای آروماتیک هستند . اشکال عمده آنها آسیب پذیری در مقابل کلر آزاد Cl_2 می باشد که می تواند موجب تغییر ماهیت گروه آمیدی شود .

نوع دوم غشاهای مورد استفاده در RO غشاهای مرکب هستند . اغلب غشاهای مورد استفاده در نانوفیلتراسیون نیز غشاهای مرکب هستند . در چنین غشاهایی لایه بالایی و لایه پایینی از مواد مختلف ساخته شده اند و هر لایه بطور جداگانه بهینه سازی می شود . ضابطه مهم برای لایه زیرین تخلخل سطحی و توزیع سایر حفرات می باشد و غشاهای نامتقارن UF اغلب برای این منظور مورد استفاده قرار می گیرند . روشهای مختلف که برای نشاندن لایه فشرده بالایی بر روی این لایه های متخلخل مورد استفاده قرار می گیرند عبارتند از : ۱ـ پوشش دهی غوطه ور[4] ۲ـ پلیمریزاسیون In-Situ[5] ۳ـ پلیمریزاسیون در سطح مشترک[6].

بیشتر غشاهای مرکب RO و NF با روش پلیمریزاسیون در سطح مشترک تهیه می شوند که در آن به دو مونومر فعال دو منظوره (مثل یک دی اسید کلرید و یک دی آمین) و یا مونومرهای سه منظوره (مثل تری مزول کلرید) اجازه داده می شود تا در سطح مشترک فازهای آبی و آلی با هم واکنش داده و یک شبکه ساختمانی خاص را ایجاد کنند . در مورد غشاهای RO لایه بالایی یک غشاء فوق نازک که عمدتا از پلی آمید یا پلی اتر اوره ساخته میشود و بر روی یک نگهدارنده متخلخل که معمولا پلی سولفون است قرار می گیرد . پایداری شیمیایی چنین غشاهایی بسیار خوب بوده ، ولی تحمل آنها در برابر کلر کم است . همچنین یک روش تهیه غشاهای NF پلیمریزاسیون بین سطحی بین یک پیپرازین[7] یا یک پیپریدین [8] یا سیکلوهگزان و یک اسیل هالید[9] چند منظوره [10] می باشد که در ۴۸۵۹۳۸۴ و ۴۷۶۹۱۴۸ U.S.Patent تشریح شده است . روش دیگر برای بدست آوردن غشاهای NF اصلاح غشاهای RO است.

1-Support
2-Integrated Asymmetne Membrane
3-Phase Inversion
4-Dip Coating
5-In-Situ
6-Interfacial Polymerisation
7-Piperazine
8-Piperidine
9-Asyl Halide
10-Polyfunctional

این فرآیند شامل تماس یک لایه پلی آمید کراس لینک شده[1] با یک اسید معدنی قوی در دمای $100-150^{\circ}C$ و بعد از آن شستشو با یک عامل افزایش دهنده دفع[2] مثل اسید تانیک یا پلیمرهای محلول در آب برای بستن منافذ و عیوب میکروسکوپی می باشد . روش دیگری برای بازکردن غشاهای پلی امید RO شامل تماس دادن این غشاها با بعضی یونها جهت تشکیل کمپلکس غشاء ـ یون و شستشوی آنها با محلول قلیایی پرمنگنات برای تشکیل کریستالهای دی اکسید منگنز در یک غشاء و در نهایت حل کردن کریستالها می باشد . در یک روش دیگر یک غشاء RO باتری اتانول آمین شستشو داده می شود تا حفرات باز شوند.غشاهای استات سلولز RO می توانند با هیدرولیز در مقادیر pH بسیار بالا و بسیار پایین باز شوند.

غشاهای باردار نانوفیلتراسیون نوع دیگری از غشاهای NF هستند که جداسازی انتخابی اجزاء حل شده با بارهای مختلف در فشارهای پایین را امکان پذیر می سازند . غشاهای باردار عموما سه نوع هستند : ۱ـ غشاهای باردار منفی ۲ـ غشاهای باردار مثبت ۳ـ غشاهای دو قطبی ، غشاهای باردار مثبت بعلت اینکه براحتی بوسیله ذرات کلوئیدی باردار منفی موجود در آب مسدود می شوند کمتر مورد استفاده قرار می گیرند . غشاهای باردار منفی قادر به جداسازی انتخابی آنیون های چند ظرفیتی می باشند . بنابراین اجزاء حل شونده شامل Ca^{2+} و Mg^{2+} به همراه کاتیون های چند ظرفیتی می توانند با این غشاها جدا شوند . برای جداسازی انتخابی آنیون ها و کاتیون های چند ظرفیتی در یک مرحله ، استفاده از غشاهای دو قطبی ضروری است . غشاهای باردار منفی عمدتا از مواد پلیمری حاوی گروههای اسید سولفونیک مثل پلی اتر سولفون[3] سولفونه نشانده شده بر روی لایه نگهدارنده پلی سولفون ساخته می شوند.غشاهای باردار مثبت از مواد پلیمری حاوی گروههای آمینی ساخته می شوند.غشاهای دوقطبی معمولا با جذب مواد پلیمری حاوی گروههای آمینی بر روی غشاهای باردار منفی ساخته می شوند.آنها همچنین می توانند بوسیله جذب مواد پلیمری حاوی گروههای اسید سولفونیک بر روی غشاهای باردار مثبت بدست آیند [7].

کاملا مشخص است که کاربرد ۲ فرآیند RO و NF متفاوت است . وقتی میزان ماندن بالایی برای NaCl مورد نظر است و خوراک غلظت بالایی داشته باشد ، استفاده از RO ترجیح داده می شود از طرف دیگر در مقادیر غلظت کم ، یونهای دو ظرفیتی و اجزاء حل شونده میکرون با وزن مولکولی در حدود ۵۰۰ تا چند هزار ، NF پیشنهاد بهتری است . از آنجائیکه گذردهی آب در NF بیشتر است هزینه های سرمایه گذاری برای یک کاربرد خاص کمتر خواهد بود.

1-Cross Link
2-Rejection
3-Sulfonated Plyether Sulfone

جدول (۲) مقایسه شاخصهای ماندن بین NF و RO

جزء حل شونده	RO	NF
$K، Cl، NO\ 3$ و NO ـ یونهای تک ظرفیتی	>۹۸٪	<۵۰٪
$Mg، SO\ 4 ، CO\ 3$ و Ca یونهای دو ظرفیتی	>۹۹٪	>۵۰ ٪
باکتریها و ویروسها	>۹۹٪	<۹۹ ٪
اجزاء حل شونده میکرو با وزن مولکولی بزرگتر از ۱۰۰ گرم بر مول	>۹۰٪	>۵۰ ٪
اجزاء حل شونده میکرو با وزن مولکولی کوچکتر از ۱۰۰ گرم بر مول	۰-۹۹٪	۰-۵۰٪

جدول (۳) خلاصه مشخصات فرآیند نانو فیلتراسیون

غشاها	**مرکب (کامپوزیت)**
ضخامت	**لایه زیرین ۱۵۰۰ میکرون ، لایه بالایی ۱ میکرون**
اندازه حفرات	**۲ نانومتر >**
نیروی محرکه	**فشار (۱۰ تا ۲۵ بار)**
اساس جداسازی	**حلالیت ــ نفوذ**
مواد غشاء	**پلی آمید (پلیمریزاسیون بین سطحی)**
کاربردهای عمده	**نمک زدایی آب شور ، جداسازی میکرو آلودگیها ، سختی گیری آب ، تصفیه پساب و دفع رنگهای نساجی**

جدول (۴) خلاصه مشخصات فرآیند اسمز معکوس

غشاها	**غیر متقارن با مرکب**
ضخامت	**لایه زیرین ۱۵۰ میکرون ، لایه بالایی : ۱ میکرون**
اندازه حفرات	**۲ نانومتر >**
نیروی محرکه	**فشار ، آب شور ۲۵ ــ ۱۵ بار و آب دریا ۸۰ ــ ۴۰ بار**
اساس جداسازی	**حلالیت ــ نفوذ**
مواد غشاء	**تری استات سلولز ، پلی آمیدآروماتیک ، پلی آمید و پلی اتر اوره (پلیمریزاسیون بین سطحی)**
کاربردهای عمده	**نمک زدایی آب شور و آب دریا ، تولید آب فوق خالص (صنایع الکترونیک) تغلیظ آب میوه و شکر (صنایع غذایی) ، تغلیظ شیر (صنایع لبنی)**

جمع بندی و نتیجه گیری:

نانو تکنولوژی علم مرتب کردن اتمها برای تشکیل ساختارهای مولکولی جدید و ایجاد مواد نو می باشد و از آنجایی که فرآورده های مادی از قرار گرفتن اتمها با نظم خاصی در کنار یکدیگر بوجود می آیند نانو تکنولوژی امکان تولید کلیه فرآورده های مورد نیاز بشر را فراهم می کند . تقسیم بندی نانو تکنولوژی در شاخه ها و رشته های مختلف بیشتر مربوط به کاربرد محصولات این فناوری در هر رشته می باشد . نانو تکنولوژی در محدوده شیمی و فرآیندهای شیمیایی می تواند نقش مهمی را در صنعت برق و انرژی ایفا نماید .

نانولوله های کربنی امکان جذب انتخابی گاز را در یک جریان حاوی مخلوطی از گازها دارا می باشند . این قابلیت نانولوله ها برای حذف گازهای خطرناک و همچنین آلوده کننده محیط زیست و نیز دیگر اهداف صنعتی می تواند مورد استفاده قرار گیرد کانالهای در ابعاد نانو یا ریز حفرات موجود در سطح بدنه نانولوله ها منجر به جذب انتخابی گازها می شوند . نانولوله های کربنی می توانند برای توسعه و بهبود عملکرد حسگرهای مولکولی گازها مورد استفاده قرار گیرند . امکان استفاده از حسگرهای نانولوله ای برای گازهای متعددی مثل NH_3 ، CO ، NO_2 و غیره تا امروز ثابت شده است . نانولوله های کربنی می توانند بعنوان یک وسیله کارآمد جهت ذخیره سازی هیدروژن معرفی شوند . این لوله ها در واقع لوله های میکروسکوپی کربنی با قطر در حد نانو هستند که هیدروژن را در حفرات میکروسکوپی موجود در روی لوله ها و در داخل ساختار لوله ذخیره می کنند . علاوه بر خاصیت ذخیره سازی هیدروژن نانولوله ها امکان استفاده در ساختمان داخلی پیلهای سوختی برای افزایش بهره عملکرد آنها را دارد .

نانو فیلتراسیون یک فرآیند غشایی است که بعلت قابلیت کارکرد در فشارهای پایین نسبت به فرآیند RO اقتصادی تر می باشد . تولید و استفاده از غشاهای NF و RO را می توان در محدوده نانو تکنولوژی در نظر گرفت . چون ابعاد موثر که همان سایز حفرات هستند در هر دو فرآیند در حد نانو است و علاوه بر آن مکانیزم جداسازی در هر دو فرآیند یکی می باشد . با این تفاوت که حفرات غشاهای RO کمی فشرده تر هستند . هر دو فرآیند RO و NF قابلیت دفع یونهای دو ظرفیتی را از یک جریان آبی تقریبا به یک اندازه و در حد بالایی دارا می باشند . ولی برخی خواص جداسازی مثل دفع یونهای تک ظرفیتی را فقط غشاهای RO دارند . غشاهای RO و NF هر دو قابلیت استفاده در یک سیستم سختی گیر آبهای صنعتی ورودی به بویلرهای نیروگاهی را دارند . همچنین می توان از این دو روش(RO و NF) به منظور بهبود بهره عملکرد بطور همزمان استفاده نمود. ساختار این غشاها غیر متقارن بوده و در صنعت بیشتر از حالت مرکب این غشاها (یک غشاء نگهدارنده در زیر و یک لایه موثر در بالا) استفاده می شود . غشاهای NF بیشتر از جنس پلی آمید بوده و به روش پلیمریزاسیون بین سطحی بدست می آیند . غشاهای RO نیز می توانند از مواد مختلفی مثل تری استات سلولز و پلی آمید آروماتیک ساخته شوند . استفاده از غشاهای باردار نیز برای افزایش بهره عملکرد در فرآیند NF اخیرا مورد توجه قرار گرفته است .

مراجع :

۱- استفاده از نانولوله های کربنی در کاهش انتشار دی اکسید کربن " خبرنامه تحولات نانو تکنولوژی جهان ، شماره.۲۵

۲-رشیدی ،علیمراد ـ اکبر نژاد ، محمد مهدی " کربن نانوتیوپ " : سنتز ، ساختمان ، مکانیزم ، خواص و کاربرد "، مجموعه مقاله هـای همایش علمی ـ کاربردی نانو تکنولوژی انقلاب صنعتی آینده ، ۱۳۸۰ ، تهران .

۳ـ الیاسی علی ، ایکانی محمد حسن ، منصوری غلامعلی ، " نانولوله های کربنی تک دیواره مروری اجمالی بر مهمترین روشهای تولیـد " ، مجموعه مقاله های همایش علمی ـ کاربردی نانو تکنولوژی انقلاب صنعتی آینده ،۱۳۸۰، تهران ،

۴ـ تشخیص مولکولهای گازی با حسگرهای لوله ای " خبر نامه تحولات نانو تکنولوژی جهان " ، شماره ۳۴.

۵ـ موسوی ، محمود " نانوفیلتراسیون و کاربردهای آن " مجموعه مقالات همایش علمی ـ کاربردی نانو تکنولوژی انقلاب صنعتی آینـده ، جلد دوم . ۱۳۸۰ , تهران.

References:

[1] Massoud Rostan – Abadi, Sandeep Angihotri, Mark, J.Rood, "Energy and Enironmental Applications of Carbon Nanotubes " , Proceeding of the First Conference on Nanotechnology The Next Industrial Revolution, Volume 1,2002,Tehran .Iran .

[2] J.Chen, S.L.Li,Z.L.Tao," Novel Hydrogen Storage Properties of MoS2 Nanotubes " , Journal of Alloys and Compounds , 356-357(2003) 413- 417

[3]Wenzhen Li , Changhai Liang , Jieshan Qiu, " Carbon Nanotubes as Support for Cathode Catalyst of a Direct Methanol Fuel Cell, " Letters to the Editor / Carbon 40 (2002) 787-803.

[4]Nano technology Economic Benefits for the Environment , Mark Eads , sept 2003

[5]Getting Nano development Right the first Time , Richard A.Denison Environmental Defence

[6]Ethical , social and Environmental considerations in Realizing The promise of Nanoscale science and Technology . DOE Nanosummit . June 2004

[7] Participation in nanotechnology : Methods and challenges , B , Bruns . may 19-22 , 2003

This document was created with Win2PDF available at http://www.daneprairie.com.
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.