

تبدیل و ذخیره‌سازی انرژی خورشیدی با استفاده از پلیمرها

داریوش حاجی‌حیدری
جهاد دانشگاهی صنعتی اصفهان

چکیده

یکی از روشهای تبدیل شیمیایی انرژی خورشیدی، تجزیه آب از راه نور حساس کردن کاتالیزوری می‌باشد که در این روش هیدروژن بعنوان یک منبع تولید انرژی بدمست می‌آید. استفاده از پلیمرهای عاملدار در این روش این مزیت را دارد که در سیستمهای تبدیل هتروژن که برای تولید هیدروژن بکار می‌رود، از انجام واکنشهای نامطلوب جلوگیری می‌کند و کارایی سیستم را افزایش می‌دهد. در رابطه با ذخیره‌سازی انرژی خورشیدی یکی از روشهای مورد توجه استفاده از واکنشهای فوتوشیمیایی است که از این راه محصولات پایدار سینتیکی با محتوای انرژی زیاد تولید می‌شود و این محصولات می‌توانند بعنوان یک منبع سوخت قابل توجه مطرح باشند. یکی از سیستمهای فوتوایزومری موثر در ذخیره‌سازی انرژی از نور خورشید تبدیل انرژی از راه نور حساس کردن نور بورنادی ان NBD و تبدیل آن به کوادری سایکلن QC غنی از انرژی و برگشت QC به NBD می‌باشد. استفاده از پلیمرها در این روش این مزیت را دارد که در اثر تثبیت حساسگر و کاتالیزور بر روی بسترهای پلیمری کارایی سیستمهای ذخیره‌سازی انرژی خورشیدی بطور قابل ملاحظه‌ای افزایش می‌یابد و در همین رابطه حساسگرها و کاتالیزورهای پلیمری متعددی ساخته شده‌اند. در این مقاله کاربرد و مزیت استفاده از پلیمرها در سیستمهای تبدیل و ذخیره‌سازی انرژی خورشیدی ارائه می‌گردد.

مقدمه

می‌تواند در تولید محصولات پتروشیمی با ارزش بسیار افزوده‌ای بکار برده شود، لذا توسعه منابع جدید انرژی از موضوعات مهم تحقیقاتی در سراسر جهان شده است [۱]. در همین رابطه پلیمرها در برخی از روشهایی که

در سالهای اخیر با افزایش سریع هزینه‌های انرژی و با توجه به اینکه ذخائر در دسترس نفت تا چند قرن آینده به اتمام خواهد رسید و همچنین در نظر گرفتن این مسئله که نفت بجای سوختن

جهت تبدیل و ذخیره‌سازی انرژی خورشیدی بکار می‌رود نقش مهمی ایفا کرده و کارایی این سیستم‌ها را افزایش می‌دهند.

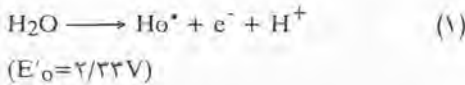
اخیراً استفاده از پلیمرهای عاملدار در تبدیل و ذخیره‌سازی انرژی خورشیدی توجه زیادی را بخود جلب کرده تا با استفاده از این روشها بتوان جانشینی برای سوخت‌های نفتی فراهم آورد. با توجه به اینکه تشعشع خورشید تقریباً تمام نشدنی است لذا با پیشرفت و توسعه روش‌های تبدیل و ذخیره‌سازی انرژی خورشیدی می‌توان به منبع پایان‌ناپذیری از انرژی تمیز و دائمی دست یافت. [۶-۲]

تبدیل انرژی خورشیدی

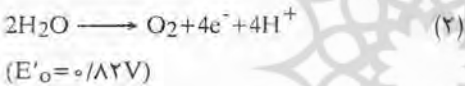
طیف نور خورشید که بر روی زمین می‌تابد از ۲۵۰ تا ۲۴۰۰ nm و ماگنیم آن در ۵۰۰ nm می‌باشد. ناحیه مرئی آن که بین ۴۰۰ تا ۸۰۰ nm قرار دارد تقریباً نیمی از این طیف را شامل می‌شود و بنابراین تبدیل شیمیایی این تشعشع برای تولید مستقیم سوختی که بتوان به آسانی آنرا ذخیره و حمل و نقل کرد، حائز اهمیت می‌باشد.

برای اینکه یک سوخت داشته باشیم به یک منبع انرژی نیاز است. تجزیه آب از راه نور حساس کردن کاتالیزوری از ساده‌ترین سیستم‌های تبدیل شیمیایی انرژی خورشیدی بوده و از نظر اقتصادی نیز مقرون بصرقه است. از آنجا که حالت برانگیخته مولکول، الکترون پذیرنده یا الکترون دهنده بهتری نسبت به حالت پایه مولکول است، جذب نور بصورت غیر خود بخودی می‌تواند باعث انجام واکنش ردوکس

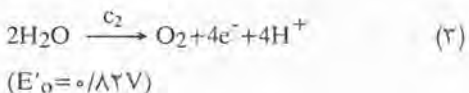
شود. در این روش برای اکسایش آب در مرحله اول پتانسیل ردوکس $E'_{0} = 2/33V$ لازم است تا یک الکترون از مولکول جدا شود. (معادله ۱).



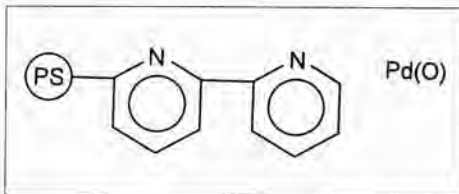
با استفاده از بسترهای پلیمری اگر چنانچه حد واسط ایجاد شده بر روی کاتالیزور پایدار شود چهار الکترون از دو مولکول آب بدون جدا شدن از حد واسط (فرآیند چهار الکترونی) اکسید می‌شوند و در این حالت پتانسیل ردوکس لازم فقط ۰/۸۲۷ خواهد بود. (معادله ۲).



در این فرآیند فوتوسنتز پتانسیل آزاد شدن O_2 که حدود ۰/۸۲۷ می‌باشد نشان دهنده اینست که یک فرآیند چهار الکترونی انجام می‌گیرد. در فوتولیز آب بعنوان یک سیستم مدل برای تبدیل فوتوشیمیایی انرژی خورشیدی، سیستم شامل یک مرکز واکنش نوری، دو نوع الکترون میانجی و کاتالیزورهای احیاءکننده و اکسیدکننده (C_2, C_1) می‌باشد که در آن آب در C_2 اکسید شده و O_2 تولید می‌کند و پروتونها نیز در C_1 احیاء می‌شوند و باعث ایجاد H_2 می‌گردند (معادلات ۳ و ۴).



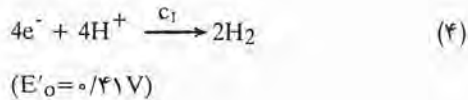
بعنوان کاتالیزور آزاد کننده H_2 [Y] و یک پلیمر که واحدهای ویولوژن آن با $Ru(bpy)_3^{2+}$ (بی‌پیریدین مانند ترکیب ۱) ترکیب شده بعنوان مرکز واکنش نوری، نام برد. [۸]



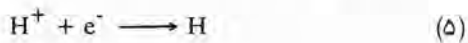
کمپلکس‌تریس (۲ و ۳- بی‌پیریدین) روتینیوم (II)، $Ru(bpy)_3^{2+}$ ، بعنوان یک کاتالیزور نور حساس کننده برای تجزیه آب و تبدیل آن به دی‌هیدروژن و دی‌اکسیژن بخوبی مورد مطالعه قرار گرفته است [۸]. خاموش‌سازی درون مولکولی از راه انتقال بار کمپلکس‌های روتینیوم بوسیله گروه ویولوژن که بطور نزدیک قرار داده شده (۴-۲) انجام می‌گیرد.

در این سیستمها همولوگهای ویولوژن (۴ و ۳- بی‌پیریدینیوم، یون V^{2+}) مختلف غالباً بعنوان پذیرنده الکترون و همچنین از آنها در تولید هیدروژن مولکولی بعنوان میانجی الکترون از کمپلکس روتینیوم نور تحریک شده به یک کلئوئید فلز مورد استفاده قرار می‌گیرد [۹ و ۱۰].

عوامل زیر در بهبود کارایی کاتالیزوری سیستمهای تولید فوتوشیمیایی هیدروژن در یک سیستم آبی شامل $Ru(bpy)_3^{2+}$ و کلئوئید فلز مهم می‌باشند:

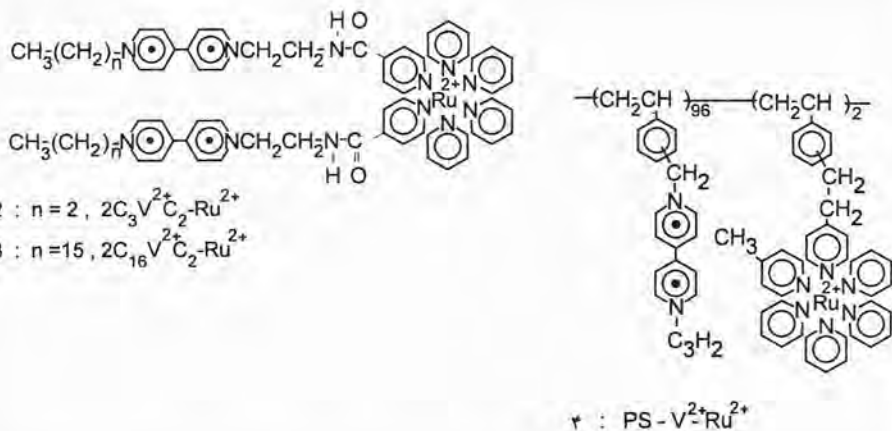


در این سیستم پتانسیل C_1 باید کمتر از $0/41V$ و C_2 بیشتر از $0/82V$ باشد. برای احیاء پروتون، فرآیند دو الکترونی (معادله ۴) از واکنش مرحله‌ای که در آن مرحله اول (معادله ۵) احتیاج به $2/52V$ دارد، بسیار مطلوب‌تر است (معادله ۵).



بنابراین در سیستم فوتولیز آب فرآیند چند الکترونی در هر دو سایت کاتالیزور ترجیح داده می‌شود. در مدل تبدیل فتوشیمیایی، مهمترین مشکل انتقال برگشتی الکترون است که با مصرف انرژی همراه می‌باشد و این عمل از راه ترکیب دوباره بارهای جدا شده از هم و همچنین انتقال جانبی الکترون صورت می‌گیرد. جهت رفع این مشکل و ممانعت از جدا شدن بار نور القاء شده، واکنشها را در یک سیستم تبدیل هتروژن با استفاده از پلیمرهای عاملدار انجام می‌دهند و پلیمرهای عاملدار در اینجا نقش مهمی در جلوگیری از اتلاف انرژی و افزایش کارایی سیستم ایفا می‌کنند.

فلزات نجیب قویترین کاتالیزورهای شناخته شده در واکنش کاتالیزوری چند الکترونی برای فوتولیز آب می‌باشند. بعنوان مثالی از سیستمهای فوتوشیمیایی تبدیل انرژی خورشید می‌توان از یک پلیمر عاملدار دارای گروه و ویولوژن آویزان بعنوان میانجی الکترون و پلاتین



ذخیره‌سازی انرژی خورشیدی

از آنجا که تابش نور خورشید بر روی زمین در شبانه‌روز بصورت متناوب و ناپایدار بوده و بر روی همه نقاط بطور دائم نمی‌تابد و همچنین میزان این تابش به زمان، فصل، ناحیه و آب و هوا نیز بستگی دارد، لذا اگر چنانچه بخواهیم در مقیاس زیاد از آن استفاده کنیم، ذخیره‌سازی انرژی تبدیل شده ضروری است. استفاده از واکنش‌های شیمیایی که محصولات پایدار سینتیکی با محتوای انرژی زیاد تولید می‌کنند یک منبع سوخت قابل توجه فراهم می‌آورد. تبدیل انرژی از راه نور حساس کردن نور بورنادی آن NBD به کوادری سایکلن QC که غنی از انرژی می‌باشد و برگشت QC به NBC (معادله ۶) یکی از سیستم‌های فوتوایزومری موثر در ذخیره سازی انرژی از نور خورشید است. هر دو ترکیب QC و NBC مایع‌اند، نوربورنادی آن

۱- خاموش سازی از راه انتقال الکترون
 $Ru(bpy)_3^{2+}$ نور تحریک شده بوسیله مشتقات ویولون باید با کارایی بالایی انجام گیرد.

۲- جفت رودکس نور تولید شده $Ru(bpy)_3^{2+}$ و V^+ قبل از خنثی شدن بوسیله انتقال برگشتی الکترون، باید سریعاً از یکدیگر جدا شوند. خاموش‌سازی موثر از راه انتقال الکترون گونه‌های نور تحریک شده را می‌توان با استفاده از یک نور حساس کننده که یک پذیرنده الکترون بصورت کووالانس به آن متصل است انجام داد.

کمپلکس‌های پورفیرین که به آنها کوئینونها بصورت کووالانس متصل‌اند برای اینکار سنتز شده‌اند [۱۰ و ۱۱].

از این نوع سیستمها که همانند فوتوسنتز در طبیعت عمل می‌کنند می‌توان بعنوان یک سیستم واکنش نوری ساخته بشر نام برد.



در محلول، کمپلکس π CICu-NBD 1:1 وجود دارد و این کمپلکس در واقع گونه نور فعال شده می‌باشد. داده‌های مربوط به بازده کوانتومی که در چند حلال و غلظت‌های اولیه مختلف NBD بدست آمده این مسئله را تأیید می‌کند [۱۲].

مکانیسم ایزومری شدن NBD به QC در حضور نمک‌های Cu(I) در شکل ۱ نشان داده شده است.

در مرحله اول پس از مخلوط کردن ترکیبات، کمپلکس π CICu-NBD سریعاً در محلول تشکیل می‌شود.

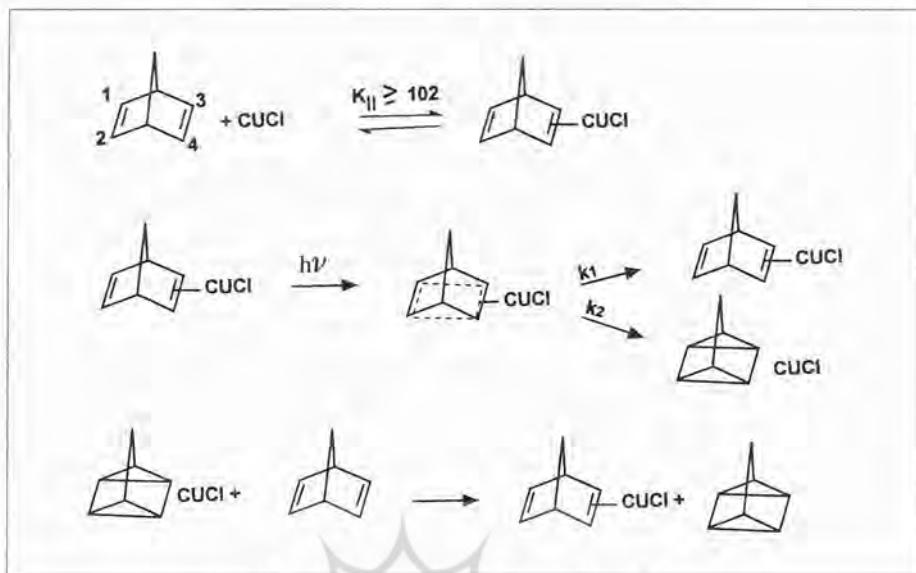
ساختار حالت جامد کمپلکس بصورت واحدهای تترامر 4(CICu - NBD) وجود دارد که در این ساختار هر اتم مس در یک صورت‌بندی اکزو و به یک مولکول CuCL متصل شده است [۱۳]. ولی در محلول‌هایی که دارای مقادیر اضافی NBD است استوکیومتری ۱:۱ وجود دارد. واحدهای کوچکتر (دیمر و تریمر) هم با این فرمول تجربی می‌توانند وجود داشته باشند. بنابراین کمپلکس بصورت عمومی - CICu NBD نشان داده می‌شود.

براحتی در دسترس می‌باشد و نسبتاً ارزان قیمت است. تبدیل کمی کوادری سایکلن به نوربورنادی ان $1/15 \times 10^6$ J/L انرژی تولید می‌کند، کوادری سایکلن در شرایط محیطی، بسیار پایدار است ولی براحتی در حضور کاتالیزورهای مناسب به نوربورنادی ان تبدیل می‌شود. QC از نظر ترمودینامیکی از NBD ناپایدارتر است و این تبدیل بینابینی که بعنوان یک سیستم مدل برای ذخیره‌سازی انرژی خورشیدی مطرح است، از طریق دو مرحله زیر انجام می‌گیرد:

الف) ذخیره‌سازی انرژی از راه فوتولیز NBD به QC که این عمل فوتولیزیک واکنش گرماگیر بوده و با استفاده از یک حساسگر در نور مرئی انجام می‌گیرد.

ب) آزادسازی انرژی از راه برگشت کاتالیزوری QC به NBD در یک واکنش گرمازا (مول/کیلوکالری $\Delta H = 21$).

این تبدیل بطور موثری در حضور مقادیر کاتالیزوری CuCL انجام می‌گیرد. در این مورد، داده‌های طیف سنجی نشان می‌دهد که



شکل ۱: مکانیسم ایزومری شدن NBD به QC

توجه به نقش کاتالیزوری فلز، در این فرآیند دوبار کمپلکس CLCu-NBD تولید می‌شود.

سیستم‌های کاتالیزوری متعددی برای تبدیل کوادری سایکلن به نوربورنادی‌ان معرفی شده‌اند. برای مثال واکنش پلی استیرن شبکه‌ای دی فنیل فسفینات دار شده با $(CH_3CN)_2PdCl_2$ باعث ایجاد کلرید پالادیوم (II) متصل شده به بستر پلیمری می‌شود که کاتالیزور فعالی برای تبدیل کوادری سایکلن به نوربورنادی‌ان است. [۱۴]

غالباً تثبیت این ترکیبات بر روی پلیمر نامحلول براحتی انجام نمی‌گیرد. یکی از روش‌های تثبیت برای ترکیبات فلزات واسطه اتصال آنها به لیگاندهای فسفین پلیمری است [۱۵] که البته بعضی از کمپلکس‌های فلزی فعالیت کاتالیزوری خود را در حضور فسفین‌ها

در مرحله دوم کمپلکس π -CLCu-NBD که بوسیله نوار شدید انتقال بار فلز - اولفین شناسایی می‌شود جذب سیستم را بطور موثری تا حدوداً 250 nm افزایش می‌دهد (شکل ۱). تابش این نوار با نور 312 nm می‌تواند با توجه به جهت جریان الکترون باعث شود که اربیتال مولکولی π نور بورنادی‌ان یا پائین‌ترین اربیتال اشغال نشده‌اش پرجمعیت شود (انتقال بار به اولفین) و یا بالاترین اربیتال اشغال شده‌اش بی‌جمعیت گردد (انتقال بار به فلز). در هر صورت نتیجه کلی این توزیع مجدد الکترون، ضعیف شدن پیوند بین $C_1 - C_2$ و $C_3 - C_4$ و همزمان تقویت $C_1 - C_3$ و $C_2 - C_4$ می‌باشد.

در مرحله سوم مولکول جدید QC تشکیل شده که تمایل کمی به CuCl دارد. آزاد شده و توسط NBD جایگزین می‌شود و بنابراین با

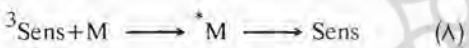
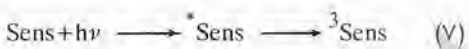
از دست می‌دهند. در یک روش برای تثبیت کاتالیزور بجای فسفین از پورفیرین‌های فلزی [۱۶] استفاده می‌شود. پورفیرین‌های کبالت (II) متصل به پلی استیرن کاتالیزورهای فعالی می‌باشند [۱۷] که البته یکی از مشکلات در این مورد اکسید شدن کبالت (II) به کبالت (III) و غیر فعال شدن کاتالیزور می‌باشد. همچنین در کمپلکس‌های بی‌پیریدین پالادیوم (۰) که به پلی استیرن متصل‌اند و از جمله کاتالیزورها می‌باشند [۱۸]، اکسید شدن پالادیوم (۰) به پالادیوم (II) باعث غیر فعال شدن این کاتالیزور می‌گردد.

در یکی از روشها از راه واکنش دادن پلی استیرن دی فنیل فسفینات دار شده با $(CH_3CN)_2PdCl_2$ ، کلرید پالادیوم (II) متصل به بستر پلیمری ایجاد شده که کاتالیزور فعالی برای تبدیل کوادری سایکلن به نور بورنادی‌ان است و از ویژگیهای این کاتالیزور مقاومت آن نسبت به اکسایش می‌باشد [۱۹].

یکی از روشهای ساخت کاتالیزور مورد استفاده جهت تبدیل QC به NBD اتصال کبالت تتراآریل پورفیرینها به پلی استیرن از طریق اتصالات کربوکسامید می‌باشد (شکل ۲). در این روش کاتالیزورهای بدست آمده که شامل پلی استیرن متصل به کبالت (II) تتراآریل پورفیرینها هستند دارای ۰/۳ تا ۰/۵ درصد کبالت می‌باشند [۲۰].

انواع دیگری از حساسگرها وجود دارند که قادرند تشعشع نور خورشید را جذب کرده و انرژی را به مولکول دیگری انتقال دهند و در مرحله اول برانگیختن مولکولها تأثیر

گذارند. بطور کلی یک حساسگر باید در ناحیه انرژی در دسترس نور خورشید شدیداً جذب داشته باشد و از نظر حرارتی و فوتوشیمیایی نیز پایدار بوده و بطور موثری در حساس سازی مورد نظر تأثیر گذارد. یک حساس کننده که بوسیله نور خورشید ($h\nu$) برانگیخته می‌شود و به حالت یکتایی رفته و سپس به یک حالت سه تایی با طول عمر بیشتر می‌رود می‌تواند یک مولکول (M) را فعال کرده و خودش بحالت پایه برگردد (معادلات ۷ و ۸).



یک کاتالیزور ایده‌آل که در مرحله دوم یعنی واکنش گرمای معکوس بکار برده می‌شود باید شرایط زیر را داشته باشد:

الف) نباید باعث انجام واکنشهای جانبی غیر مطلوب شود.

ب) باید به اندازه کافی فعال باشد تا بتواند در یک تبدیل سریع حرارت را بطور کمی آزاد کند.

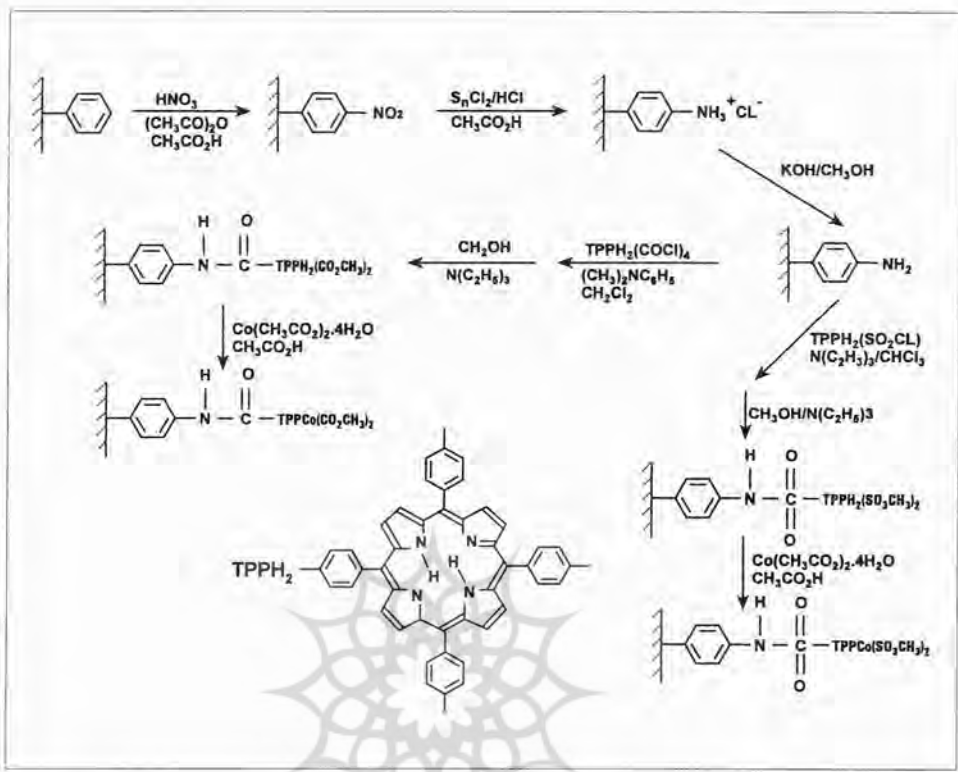
ج) پایداری درازمدتی داشته باشد.

د) گونه‌های فعال نباید توسط مخلوط

واکنش، استخراج شده و بیرون کشیده شوند.

ه) به اندازه‌ای فعال باشد تا در اثر

تماس با کوادری سایکلن سریعاً گرما آزاد کند.



شکل ۲: روش عمومی سنتز کاتالیزورهایی که شامل پلی استیرن متصل به کبالت (II) تتراآریل پورفیرینها می باشند.

کاتالیزورها به آنها متصل شده اند را پلیمرهای عامل دار می نامند. با توجه به مزایایی که استفاده از پلیمرهای عامل دار در مقایسه با گونه های مرسوم با وزن مولکولی کم دارد [۲۲]، امروزه بسیار از واکنشگرها و گونه های فعال از جمله کاتالیزورها و حساس کننده ها را بر روی بستر پلیمری متصل می کنند [۲۱]. این بسترهای پلیمری می توانند آلیفاتیک و یا آروماتیک باشند. تعداد زیادی از پلیمرهای طبیعی نیز عامل دار شده و بعنوان مواد واکنش پذیر مورد استفاده قرار می گیرند. پلیمرهای معدنی نیز پس از عامل

روش تثبیت کاتالیزور بر روی پلیمر کاتالیزورهای پلیمری گونه های کاتالیزوری هستند که روی پیکر ماکرو مولکول متصل می شوند و در واکنشها به مقدار کاتالیزوری مورد استفاده قرار می گیرند [۲۱ و ۲۲]. اغلب کاتالیزورهای پلیمری را می توان بدون اینکه فعالیتشان را از دست بدهند چندین بار مصرف کرد. همچنین در بعضی موارد اتصال کاتالیزور به پایه پلیمری می تواند پایداری و گزینش پذیری آنرا افزایش دهد. درشت مولکولها یا پلیمرهایی که گروه های عاملی شیمیایی از جمله

دار شدن با گروه‌های واکنش‌پذیر در فرآیندهایی که نیاز به شرایط سخت دارند مورد استفاده قرار می‌گیرند. گروه‌های واکنش‌پذیر می‌توانند قسمتی از پیکره پلیمر باشند یا بعنوان گروه آویزان بطور مستقیم یا از طریق گروه فاصله‌گذار (Spacer group) به زنجیر جانبی پلیمر متصل شوند. با روش‌های زیر می‌توان گروه عاملی واکنش‌پذیر را در زنجیر پلیمر وارد کرد.

الف) روش پلیمر شدن که آن گروه عاملی می‌تواند از طریق پلیمر یا کوپلیمر شدن مونومرهایی که شامل گروه‌های عاملی مورد نظرند در ضمن سنتز وارد آن شود.

ب) عامل‌دار کردن شیمیایی پلیمرهای سنتز شده.

ج) تلفیق دو روش الف و ب.

برای تثبیت حساسگر و کاتالیزورهایی که در سیستم ذخیره‌سازی انرژی خورشیدی بکار می‌روند غالباً از پلیمر پلی‌استیرین استفاده می‌شود. استفاده از پلیمرهای دیگر بدلیل کم بودن واکنش‌پذیری، تخریب مولکولی زنجیر پلیمر یا خواص فیزیکی نامطلوب کمتر مورد توجه می‌باشد. اصولاً پلی‌استیرین بعنوان یک نگهدارنده پلیمری مزایای زیادی نسبت به بقیه پلیمرها دارد که عبارتند از:

۱- استخلاف‌پذیری: گروه‌های عاملی می‌توانند از طریق واکنش استخلافی الکتروندوست روی حلقه بنزنی استخلاف شوند.

۲- سازگاری: پلیمرهای استیرینی با بیشتر حلالهای آلی سازگاری دارند و بنابراین،

گروه‌های عاملی به سهولت در دسترس واکنشگرها و حلالها قرار می‌گیرند.

۳- پایداری شیمیایی: پیکره کربنی آلیفاتیک در برابر حمله بسیاری از واکنشگرها مقاوم است، از این رو زنجیر پلیمر در شرایط معمولی در مقابل تخریب مولکولی و پارگی زنجیر به وسیله اکثر واکنشگرهای شیمیایی مقاومت نشان می‌دهد.

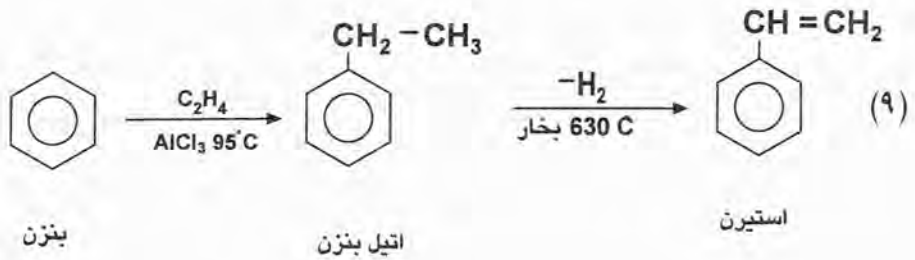
۴- پایداری مکانیکی: پلیمرهای استیرینی از نظر مکانیکی پایداری کافی را برای حمل و نقل لازم در سنتزهای متوالی دارند.

۵- پیوند عرضی: از آنجا که تعداد پیوندهای عرضی در پلیمر بر میزان تورم و ابعاد منافذ آن اثر می‌گذارد، به آسانی با تنظیم غلظت دی‌وینیل بنزن در ضمن ساخت می‌توان نوع و تعداد پیوندهای عرضی را تنظیم کرد.

۶- در دسترس بودن: پلی‌استیرین بصورت تجاری در دسترس است.

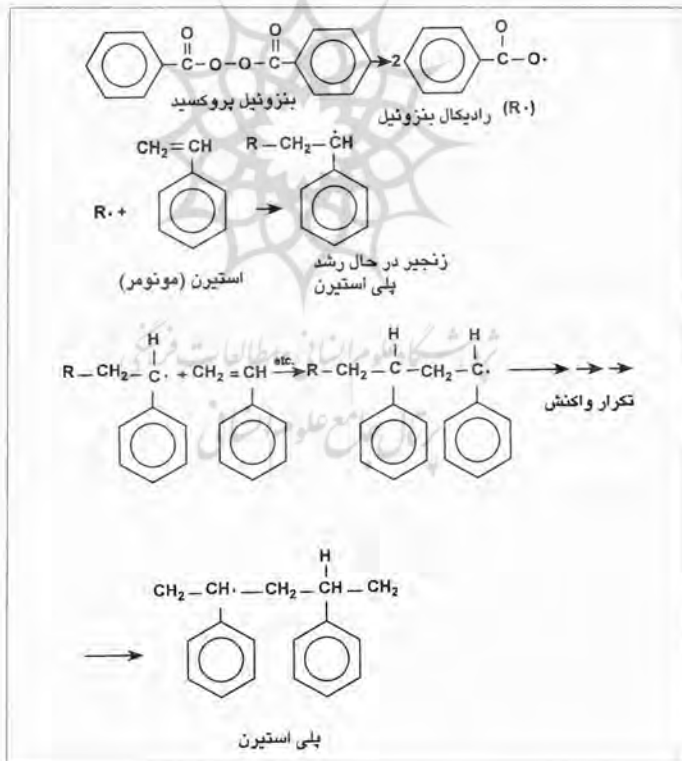
پلی‌استیرین را می‌توان از مونومر استیرین با استفاده از حرارت، نور و یا کاتالیزور سنتز کرد [۲۳]. مونومر استیرین نیز به راه‌های مختلفی تهیه می‌شود که از جمله می‌توان واکنش بنزن با اتیلن در حضور کاتالیزور $AlCl_3$ را نام برد (معادله ۹).

برای خالص‌سازی مونومر بدست آمده با توجه به اینکه این مونومر در درجه حرارت‌های متوسط نیز قابلیت پلیمر شدن دارد، از ستونهای مخصوصی استفاده می‌شود و معمولاً گوگرد را نیز بعنوان بازدارنده به آن اضافه می‌کنند و عمل تقطیر را در فشار کم انجام می‌دهند [۲۳].



پلی استیرن در شکل ۳ نشان داده شده است. تثبیت حساسگر و کاتالیزور بر روی حاملهای پلیمری روش مؤثری برای بالا بردن کارایی یک سیستم ذخیره سازی انرژی خورشیدی است زیرا آنها را از هم جدا نگه

درجه پلیمر شدن پلی استیرن به شرایط واکنش بستگی دارد و پلی استیرن تک آرایش را می توان با استفاده از کاتالیزورهای زیگلر بدست آورد که در این شرایط ساختار پلیمر بدست آمده به میزان زیادی بلورین می باشد. واکنش تهیه

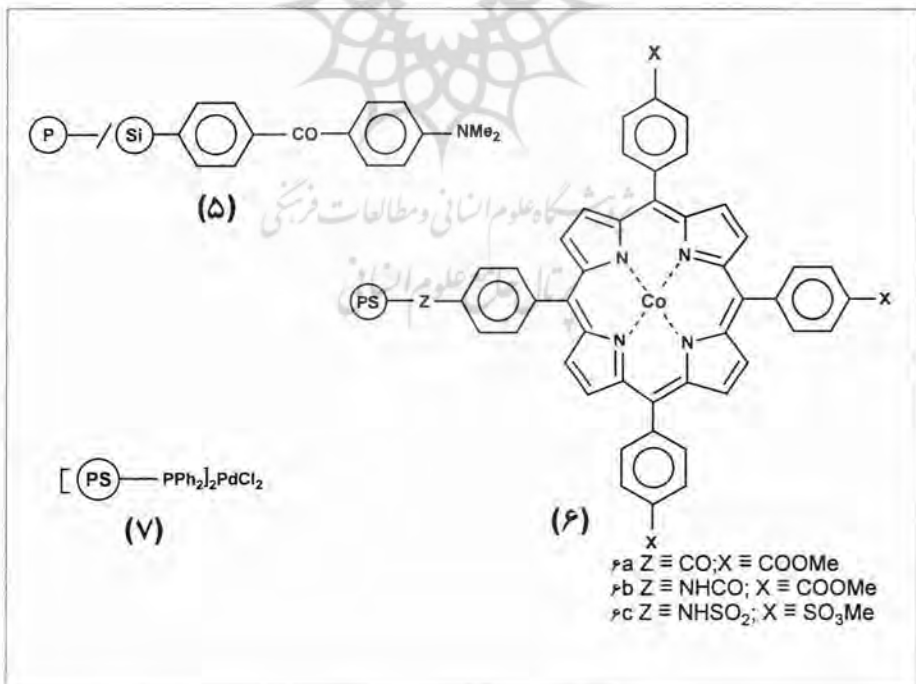


شکل ۳: واکنشهای تهیه پلی استیرن

کاتالیزورهای متعددی که بر روی پلیمر تثبیت شده‌اند برای استفاده در سیستمهای ذخیره سازی انرژی خورشیدی ساخته شده‌اند [۲۸]. در همین رابطه حساسگرها (۴) [۲۹] و کاتالیزورهای پلیمری (۵) [۲۸]، (۶) [۳۰]، متعددی ساخته شده‌اند که در سیستمهای NBD-QC ذخیره سازی انرژی خورشیدی استفاده می‌شوند. بطور کلی می‌توان گفت که استفاده از پلیمرها در روشهای تبدیل و ذخیره سازی انرژی خورشیدی بطور مؤثری کارایی این سیستمها را افزایش می‌دهد و ساخت و بکارگیری این کاتالیزورها و حساسگرهای تثبیت شده بر روی بستر پلیمری امروزه بطور گسترده‌ای مورد توجه قرار گرفته است.

می‌دارد و از آلوده شدن مواد با حساسگر و کاتالیزورهایی که بطور قابل ملاحظه‌ای کارایی سیستم ذخیره سازی انرژی خورشیدی را کاهش می‌دهند جلوگیری می‌کند. در این سیستم‌ها جدا نگه داشتن کاتالیزور مسئله بسیار مهمی است زیرا کاتالیزور فعال را از رآکتور فوتوشیمیایی یعنی جائیکه واکنش تبدیل NBD به QC انجام می‌شود دور نگه می‌دارد و از پخش شدن کاتالیزور در میان سیستم نیز جلوگیری می‌کند.

استفاده از پلیمرهای عاملدار در ذخیره سازی انرژی خورشیدی باعث ساخت و توسعه حساسگرهای پلیمری جدیدی برای فرآیندهای فوتوشیمیایی شده است [۲۷-۲۴]. همچنین



REFERENCES :

1. Advances in Solar Energy: An Annual review of research and development, Vol.9. Boer, Karl. W.; Editor(An Solar energy Soc., Inc: Boulder, Colorado)(1994).
 2. Dai, S.; Sigman, Michael, E.; Burch, Eric, I.(Chemical Analytical - Sciences U.S.A). Chem.mater. , 7(11), 2054 - 7(1995).
 3. Resch, Ute., Fox, Marye. Anne, Electrochem. Colloids Dispersions [Symp. Electrochem. Microheterog, fluids], 417-29, VCH,NewYork, N.Y(1992).
 4. Sakaki, et.al., Inorg. Chem. Acta.225(1-2), 201-7(1994)
 5. Gebelien, C.G, Polymers in solar energy Utilization, Am. Chem. Soc. Symp.ser.220, washington, DC.(1983)
 6. Kaneko, M: yamada, A., Adv. ploy. Sci., 55, 1, (1984).
 7. Nishijima, T., Nagamura, T; Matsuo. T; J.Polym. Sci., Polym. Lett Ed. , 19,65(1981)
 8. Matsuo, T.,et.al.; J.Phys.Chem., 85, 1277, (1981).
 9. Kiwi, J; Gratzel. M; J.AM. Chem. Soc., 101, 7214(1979).
 10. Tabushi. I., Koga. N; Yanagita. M; Tetrahedron lett., 257(1979).
 11. Dalton, J; Milgrom. L.R.; J.Chem. Soc., Chem Commu., 609 (1979).
 12. Schwendiman, D.P; Kutal. C; j.Am.Chem. Soc.,99,5677(1977).
 13. Baenziger,C.N; Doyle.J.R., Inorg. Chem., 3, 1535(1964)
 14. King, R.B.; Hanes, R.M., J.org. chem., 44, 1092(1979).
 15. Grubbs. R.H; CHEMTECH, 512(1978).
 16. Wilson. H.D; Rinker. R.G; J.Catal.,42,268(1976).
 17. King, R.B; Sweet.E.M: J. org.chem., 44, 385(1979).
 18. Card. R.J ; neckers. D.S.J.org. chem. 43, 2958(1978).
 19. King, R.B; Hanes, R.M; J. org .Chem. 44, 1092(1979).
 20. King, R.B; Sweet.E.M; J.org. Chem. 44, 385(1979).
- ۲۱- حاجی حیدری، ناریوش، سنتز پلیمرهای عاملدار، علوم و تکنولوژی پلیمر، سال ششم، شماره چهارم، بهمن ۱۳۷۲.
- ۲۲- حاجی حیدری، ناریوش، کاربرد پلیمرهای عاملدار در شیمی و سنتز ترکیبات آلی، علوم و تکنولوژی پلیمر، سال هفتم، شماره اول، اردیبهشت ۱۳۷۳.
- ۲۳- کاو.م.آ.(ناریوش حاجی حیدری)، شیمی پلیمر، چاپ اول، انتشارات پرسش، ۱۳۶۷.
24. Nishijima, T., Nagamura. T.; Matsuo, T., J:Polym. Sci., Polym. Lett.Ed., 19,65(1981)
 25. Matsu. T., et.al., J.Phys. Chem. 85, 1277(1981).
 26. Wohrle,D., Adv. Polym. Sci., 50, 1(1983).
 27. Hautala, R.H., littel, J.; sweet, E., Sol. Energy, 19, 513(1977).
 28. King, R.B.; Sweet, E.M., J.org. Chem., 44, 385,(1979).
 29. Hautala. R.R.; Little, J., In Interfacial Photoprocesses: Application to Energy Conversion and Synthesis (ed.M.S. Wrighton), Advances in Chemistry series, 184, P.1(1980).
 30. Card,R.J.; Neckers, D.C., J.org. Chem. 43, 2958(1978).