

سنتز پلی وینیل کلراید به روش سوسپانسیون با استفاده از آغازگر ازوبیس ایزو بوتیرو نیتریل و سورفاکتانت ژلاتین

۱- فریبرز عزیزی نژاد ۲- نیر دلخواه اکبری ۱- محسن شعبانی

۱- دانشگاه آزاد اسلامی واحد ورامین - پیشوا - گروه شیمی

۲- کارشناس شیمی

تاریخ پذیرش: ۱۳۸۸/۹/۲۰

تاریخ دریافت: ۱۳۸۷/۳/۱۱

چکیده

در این پژوهش، سنتز پلی وینیل کلراید بروش سوسپانسیون مورد بررسی قرار گرفت. آزمایشات با استفاده از وینیل کلراید (۹۹/۵٪ درجه خلوص) (ژلاتین-آغازگر AIBN) در یک راکتور سه دهانه مجهز به دماستج - همزن و مبرد انجام شد. بهترین نسبت منومر به (آب-اتانل در نسبت حجمی ۱:۱)-غلظت بهینه ی آغازگر و دمای پلیمریزاسیون تثبیت شد. بهترین محصول PVC در نسبت اب - اتانل / منومر = ml ۱۰۰ g/۲۰۰ - آغازگر ۰/۲ گرم و دما ۶۰ درجه سانتیگراد بدست آمد. سپس ویسکوزیته درونی بهترین نمونه PVC توسط ویسکوزیمتر ابلهود در حلال سیکلو هگزانون ۰/۹۵ محاسبه گردید. برای تجزیه کمی کلر در PVC از روش شیف استفاده شد و مقدار کلر موجود ۰/۳۷ بدست آمد.

واژگان کلیدی: سوسپانسیون- پلی وینیل کلراید- آزوبیس ایزوبوتیرو نیتریل (AIBN)- ویسکوزیته درونی

مقدمه ای بر روشهای تهیه ی P.V.C

۱-رادیکالی (انبوه) ۲- امولسیون ۳- سوسپانسیون.

مرغوبترین و بیشترین مقدار تولید P.V.C به روش سوسپانسیون انجام می شود چرا که کنترل پلیمریزاسیون به روش سوسپانسیون ساده تر است و افت ناچیزی در شفافیت و خواص عایق الکتریکی محصول به وجود می آید و شکل

سنتز پلی وینیل کلراید به روش سوسپانسیون

و اندازه ی ذرات را می توان با تغییر سیستمهای پخش کننده(مواد سطح فعال) و سرعت همزن کنترل نمود. در این روش، منومر در یک محیط مناسب به فرم سوسپانسه (معلق) در می آید که معمولاً "این محیط مناسب جهت پخش منومرها به فرم معلق، آب می باشد.

آغازگرهای مناسب مانند آزوبیس ایزوبوتیرونیتریل، بنزوئیل پراکسید، پراکسی دی کربناتها، آزوبیس ۴و۲-دی متیل والرونیتریل و . . . در آب پخش شده و قابلیت انحلال در قطرات منومر را دارند.

برای اینکه قطرات منومر در سیستم بطور پایدار باقی بمانند، می بایست محیط پلیمریزاسیون بطور مداوم همزده شود و با برنامه ریزی مناسب سیستم گرمایش، قطرات منومر به دانه های پلیمر کروی شکل تبدیل می شود. با تنظیم عوامل مؤثر، امکان دسترسی به پلیمرهایی با اندازه های ۱۰ mm الی ۱۰ μm میسر است.

پلیمریزاسیون انبوه P.V.C، سیستمی ناهمگن می باشد چرا که پلیمر در منومر نامحلول است و اگر غلظت آغازگر اثر ناچیزی بر وزن مولکولی پلیمر بگذارد، واکنش با حضور پلیمر خود تسریع می شود. بنابر این واکنشهای انتقال منومر بر روی طول زنجیر اثر قابل ملاحظه ای می گذارد و اکسیژن نقش باز دارندگی شدید در روند پلیمریزاسیون دارد و بعلت عدم کنترل دما و گرمازا بودن واکنش و عدم امکان انتقال حرارت، امکان انفجار و تخریب منومر بسیار بالا است، لذا از نقطه نظر صنعتی مقبول و مطلوب نیست.

محاسن و معایب پلیمریزاسیون به روش انبوه، بطور خلاصه به شرح زیر است :

محاسن : روش ساده و ارزان می باشد، از نقطه نظر اقتصادی مقرون به صرفه است و محصولی خالص می توان بدست آورد .

معایب : در سیستمهای رادیکالی بعلت افزایش سریع گرانروی و گرمازا بودن واکنش و افزایش سریع دما امکان تخریب منومر و انفجار و تخریب پلیمر وجود دارد و از طرف دیگر نمی توان جرم مولکولی پلیمر را کنترل نمود . در پلیمریزاسیون یونی و کمپلکس کئوردیناسیون با توجه به اینکه انرژی اکتیواسیون پایین است، پلیمریزاسیون به دما وابسته نیست، اما بعلت سریع بودن روند پلیمریزاسیون، کنترل دما مشکل می باشد .

در پلیمریزاسیون تراکمی، گرانروی سریعاً افزایش نمی یابد و علی رغم اینکه واکنش گرمازاست، بعلت گرمازایی پایین واکنش، می توان براحتی گرمای حاصل از واکنش را دور نمود .

بنابراین از مطالب ذکر شده در بالا می توان چنین استنتاج نمود که پلیمریزاسیون انبوه روشی مناسب در پلیمریزاسیون تراکمی می باشد .

در پلیمریزاسیون امولسیون P.V.C، بعلت انحلال پذیری پایین وینیل کلراید در آب، در دماهای پایین و در مجاورت امولسیفایرها و آغازگرهای اکسیداسیون - احیا پلیمریزاسیون در محیط عاری از اکسیژن انجام می شود. اما

بعلت استفاده از مواد امولسیفایر، از شفافیت محصول کاسته شده و خاصیت الکتریکی محصول پایین می آید. حسن این روش عدم تخریب منومر و پلیمر بعلت حضور آب می باشد و دانه های پلیمری در اندازه های $5 - 0.5 \mu\text{m}$ می توان تهیه نمود. از طرف دیگر بعلت حضور مواد افزودنی، محصول بدست آمده ناخالص بوده و در صورتی که محصول جامدی مورد نیاز باشد، باید از فرآیندهای خالص سازی و خشک کردن استفاده نمود که فرآیندهایی گران قیمت بوده و از نقطه نظر صنعتی مقرون به صرفه نیستند و جزو معایب این روش به شمار می رود.

در پلیمریزاسیون وینیل کلراید به روش سوسپانسیون، هر قطره منومر به مقدار کافی آغازگر نیاز دارد و هنگامی که محیط گرم شد، به عنوان یک سیستم پلیمریزاسیون انبوه عمل می کند و از قاعده ی سینتیک پلیمریزاسیون انبوه تبعیت می کند با این تفاوت که در سیستم سوسپانسیون، سرعت پلیمریزاسیون نسبت به حالت انبوه سریعتر است و به علت کندتر بودن واکنشهای انتقالی و پایانی، می توان به اجرام مولکولی بالا دست یافت و نسبت به فرآیند انبوه، گرانروی محیط پایین تر است و به علت هم زدن مداوم سیستم، کنترل دمایی به راحتی صورت می پذیرد و تثبیت آن مشکلی ببار نیاورده و استفاده از محیط آبی معضلات سیستم انبوه، مثل انفجار را پیش نمی آورد. محاسن این روش نسبت به سیستم امولسیون به شرح زیر است:

۱ - اندازه ی دانه ها به راحتی تنظیم می شود و محصولی با اندازه ی دلخواه بدست می آید.

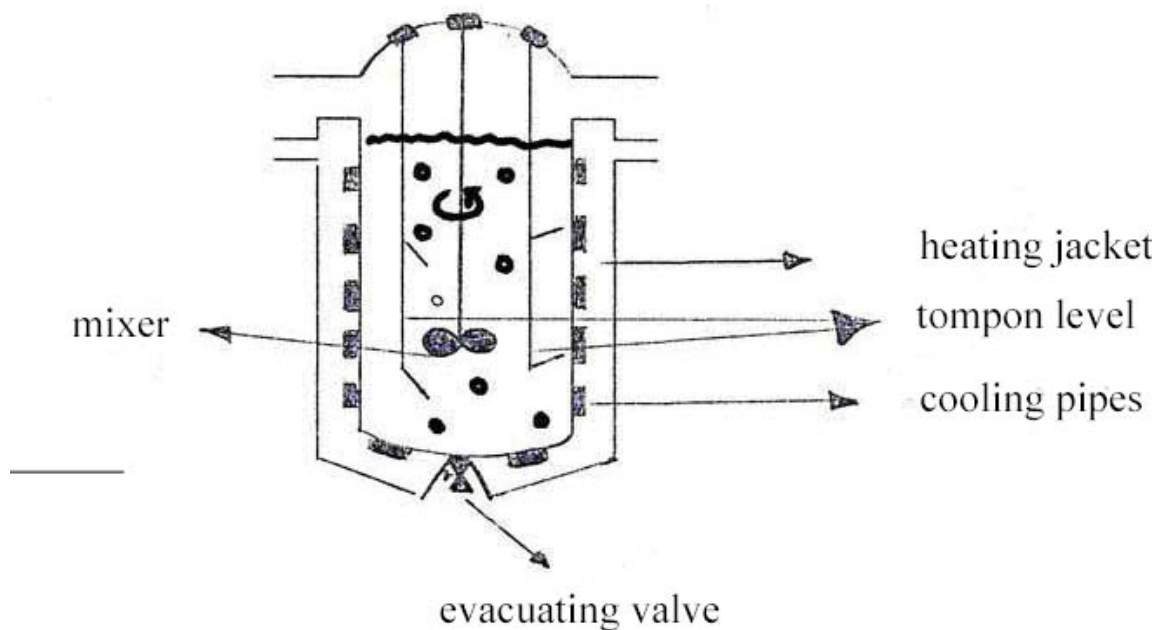
۲ - میزان ناخالصی آن کمتر است و خالص سازی آن با صرف هزینه ی کمتری امکان پذیر است.

مواردی که می بایست در پلیمریزاسیون وینیل کلراید بروش سوسپانسیون مشخص شوند عبارتند از:

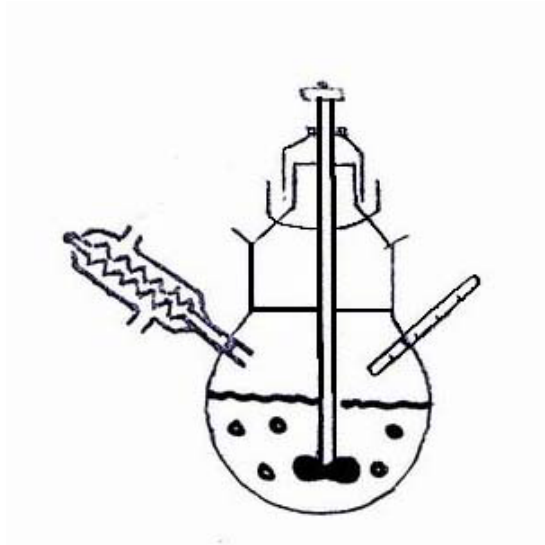
تعیین مقادیر بهینه ی پایدار کننده، منومر، آب، کنترل دما و گرانروی و روشهای از بین بردن مشکلات احتمالی مربوط به پلیمریزاسیون می باشند.

بررسی های انجام شده نشان داده است که راکتور مناسب جهت پلیمریزاسیون وینیل کلراید به روش سوسپانسیون در مقیاس صنعتی از نوع بسته (Batch) می باشد و جنس آن از نوع فولاد ضد زنگ است. حال آنکه در مقیاس آزمایشگاهی از بالن های سه دهانه مجهز به دماسنج، بهم زن و مبرد استفاده می شود.

سنتز پلی وینیل کلراید به روش سوسپانسیون



شکل ۱: راکتور پلیمریزاسیون وینیل کلراید بروش سوسپانسیون



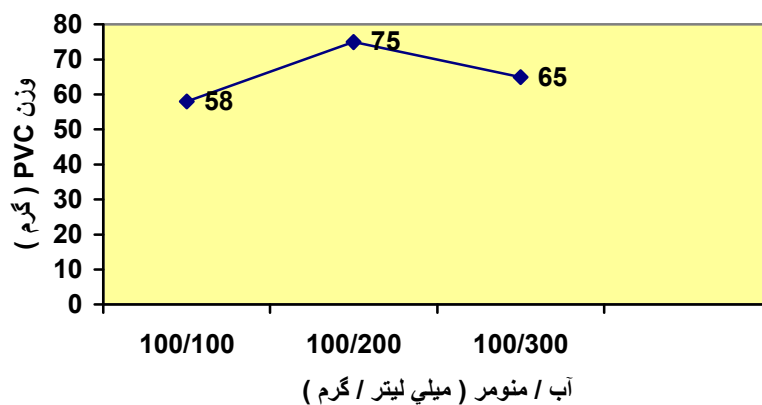
شکل ۲: بالن سه دهانه مجهز به دماسنج ، بهم زن و مبرد

مواد مصرفی

منومر وینیل کلراید با درجه خلوص ۹۹/۵ درصد (حاوی ۰/۰۲٪ - متوکسی فنل به عنوان باز دارنده) از کارخانه BDH تهیه گردید و به عنوان عامل پخش کننده از ژلاتین استفاده شد. آغازگر مورد استفاده آزوبیس

ایزوبوتیرونیتریل (AIBN) (کارخانه Merck) مورد استفاده قرار گرفت .

برای تخلیص AIBN، ۱۰ گرم آزوبیس ایزوبوتیرونیتریل در حمام آبی، در دمای ۵۰ - ۴۰ درجه سانتی گراد گرم شد و در ۵۰ میلی لیتر الکل اتیلیک حل گردید و محلول در حالت گرم، صاف شد و بعد از صاف کردن در آب یخ سرد شد. سپس رسوب AIBN صاف شده و در دمای اتاق و در اتو خلاء خشک شد و در کلیه ی آزمایشات، AIBN



تخلیص شده مورد استفاده قرار گرفت.

روش آزمایش

در داخل یک بالن سه دهانه ۲ لیتری، مجهز به دماسنج، بهم زن و مبرد، (۱۰۰ گرم وینیل کلراید مایع)، مخلوط آب- اتانل با نسبت ۱:۱، آغازگر و ژلاتین به مقدار کافی ریخته شد و بالن داخل حمام آبی در دمای ثابت قرار داده شد، پس از ۱۲ ساعت و بعد از خنک شدن بالن، مخلوط بداخل بشر ۲۰۰ میلی لیتری که حاوی آب سرد بود منتقل گردید، ذرات پلی وینیل کلراید (P.V.C) را روی صافی جمع کرده و با متانول شستشو و در دمای ۵۰ ° C در خلاء خشک و توزین شد. و توسط ویسکومتر ابلهود، ویسکوزیته ی درونی بهترین محصول PVC اندازه گیری شد.

۱- تعیین بهترین نسبت آب- اتانل / منومر در تهیه P.V.C:

۱۰۰ گرم منومر وینیل کلراید و به ترتیب ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ میلی لیتر (آب مقطر- اتانل با نسبت ۱:۱) و ۰/۲ گرم آغازگر AIBN، ۰/۲ گرم ژلاتین در دمای ثابت ۶۰ درجه سانتی گراد در حمام آبی به مدت ۱۲ ساعت قرار داده شد. سپس PVC بدست آمده صاف و در ۵۰ درجه سانتی گراد و در اتو خلاء خشک و سپس توزین گردید. نتایج حاصل (نمودار شکل ۳) نشان می دهد هنگامی که نسبت آب- اتانل / منومر برابر ۱۰۰g / ۲۰۰ ml باشد بیشترین مقدار PVC بدست می آید.

سنتز پلی وینیل کلراید به روش سوسپانسیون

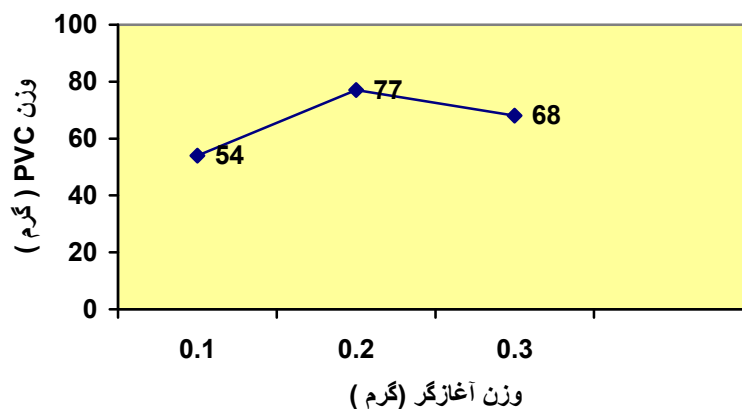
وزن PVC (گرم)	دما (°C)	ژلاتین (گرم)	آغازگر (گرم)	آب-اتانل / منومر (g/ml)
۵۸	۶۰	۰/۰۲	۰/۲	۱۰۰/۱۰۰
۷۵	۶۰	۰/۰۲	۰/۲	۱۰۰/۲۰۰
۶۵	۶۰	۰/۰۲	۰/۲	۱۰۰/۳۰۰

نمودار ۳- وزن P.V.C بدست آمده بر حسب تغییرات نسبت (آب-اتانل / منومر)

۲- تعیین غلظت بهینه ی آغازگر :

برای تعیین بهترین آغازگر AIBN، نسبت آب-اتانل / منومر = ۱۰۰ g / ۲۰۰ ml، وزن ژلاتین ۰/۰۲ گرم و دما در ۶۰° C ثابت نگه داشته شد و غلظت آغازگر از ۰/۱ تا ۰/۳ گرم تغییر یافت نتایج بدست آمده (نمودار شکل ۴) نشان می دهد، در صورت استفاده از ۰/۲ گرم آغازگر بیشترین محصول P.V.C بدست می آید.

وزن PVC (گرم)	دما (°C)	ژلاتین (گرم)	آغازگر (گرم)	آب-اتانل / منومر (g/ml)
۵۴	۶۰	۰/۰۲	۰/۱	۱۰۰/۲۰۰
۷۷	۶۰	۰/۰۲	۰/۲	۱۰۰/۲۰۰
۶۸	۶۰	۰/۰۲	۰/۳	۱۰۰/۲۰۰



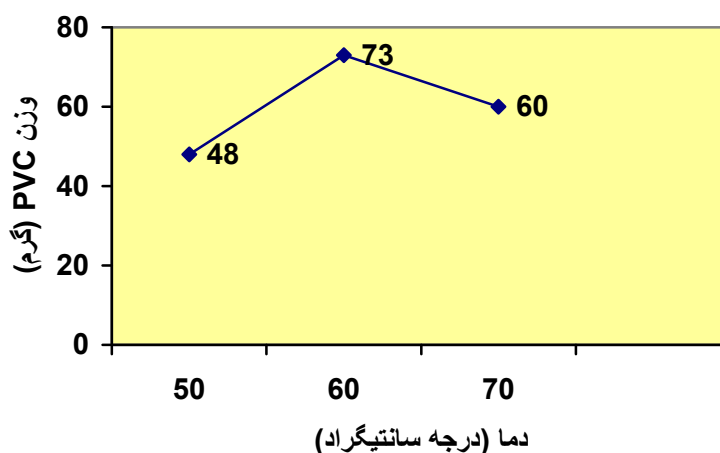
شکل ۴: وزن P.V.C بدست آمده بر حسب تغییرات غلظت آغازگر

۳- تعیین دمای بهینه ی پلیمریزاسیون :

آزمایشها با ثابت نگه داشتن نسبت آب- اتانل / منومر = ۲۰۰ ml / ۱۰۰ g ، آغاز گر ۰/۲ گرم ، ژلاتین ۰/۰۲ گرم و در دماهای مختلف ۵۰ ، ۶۰ و ۷۰ درجه سانتی گراد انجام شد نتایج حاصل (شکل ۵) نشان داد که در دمای ۶۰ درجه سانتی گراد بیشترین محصول P.V.C بدست آمد.

جدول ۱: وزن PVC بدست آمده در چند دما

وزن PVC (گرم)	دما (°C)	ژلاتین (گرم)	آغازگر (گرم)	آب اتانل / منومر (g/ml)
۴۸	۵۰	۰/۰۲	۰/۲	۱۰۰/۲۰۰
۷۳	۶۰	۰/۰۲	۰/۲	۱۰۰/۲۰۰
۶۰	۷۰	۰/۰۲	۰/۲	۱۰۰/۲۰۰



شکل ۵: وزن P.V.C به دست آمده بر حسب تغییرات دما

۴- تعیین ویسکوزیته ی درونی بهترین محصول P.V.C :

بهترین نمونه P.V.C تهیه شده (نسبت آب- اتانل / منومر = ۲۰۰ ml / ۱۰۰ g ، دما ۶۰ °C ، ژلاتین ۰/۰۲ گرم ، آغازگر AIBN ۰/۲ گرم) را انتخاب کرده و توسط ویسکومتر ابلهود در حلال سیکلو هگزانون اندازه گیری شد. برای این منظور ویسکومتر در دمای ۲۰ °C در حمام آبی قرار داده شد و با اندازه گیری زمانهای ریزش حلال خالص و محلولی که حاوی ۰/۴ گرم پلیمر در ۱۰۰ میلی لیتر سیکلو هگزانون بود ویسکوزیته ی نسبی بدست آمد و بر طبق

سنتز پلی وینیل کلراید به روش سوسپانسیون

رابطه ی کرامر ویسکوزیته ی درونی محاسبه گردید. مقدار بدست آمده بعد از ۴ بار اندازه گیری حدوداً "۰/۹۵ محاسبه گردید.

۵- تجزیه ی کمی کلر در P.V.C :

این کار توسط روش شیف (Schiff) انجام شد. برای این منظور داخل یک کروزه درب دار نیکلی ، ۴ گرم اکسید کلسیم و ۱ گرم کرینات کلسیم مخلوط شد. بر روی آن ۰/۱ گرم نمونه پلیمر ریخته شد و مجدداً " (۴ گرم اکسید کلسیم + ۱ گرم کرینات سدیم) اضافه شد. سپس درب کروزه را بسته، ابتدا مخلوط با شعله ی ضعیف و سپس با شعله ی قوی گرم شد. عمل گرم کردن، تا تشکیل جرم یکنواخت پلیمر (ذوب و شکسته شدن ساختمان آن) ادامه یافت. بعد از سرد شدن کروزه داخل یک بشر گذاشته شد و بر روی آن آب خالص ریخته شد. اینکار تا انحلال کامل مخلوط در آب ادامه یافت. برای خنثی نمودن هیدروکسید کلسیم مازاد، تا زمانی که محلول شفاف نشده، اسید نیتریک رقیق اضافه شد. برای این که از فراریت اسید کلریدریک جلوگیری شود، بشر با یخ سرد شد. محلول حاصل با کاغذ صافی صاف شد و بر روی آن، محلول ۰/۱٪ نیترات نقره اضافه شد. بدین ترتیب نمک غیر قابل حل در آب، رسوب کرد. نمک راسب صاف شده، سپس خشک و توزین گردید و طبق رابطه ی زیر درصد کلر موجود در نمونه محاسبه شد:

$$\%X = \frac{M_x * M_c * 100}{M_p(107.9 + M_x)}$$

M_c = وزن فاز رسوبی (۰/۱۵ گرم)

M_x = جرم اتمی کلر (۳۵/۵ گرم)

M_p = وزن نمونه PVC مورد آزمایش (۰/۱ گرم)

$$\frac{35.5 * 0.15 * 100}{0.1(107.9 + 35.5)} = \%37 \% X =$$

مقدار کلر موجود در P.V.C تهیه شده

بحث و نتیجه گیری

تحقیقات انجام شده نشان داد، یکی از مشکلات عمده در پلیمریزاسیون به روش سوسپانسیون مشکل چسبناک شدن محصول بعد از ۵۰٪ درجه تبدیل به پلیمر می باشد، بنابر این عمل هم زدن سیستم مشکلتر شده و عملاً ویسکوزیته بالا می رود، به همین منظور می بایست از مواد پایدار کننده (مواد سطح فعال) که موجب کاهش سطح

میانی منومر و آب می شوند استفاده شود. برای این منظور از پایدار کننده های معدنی و آلی مثل تالک، ژلاتین، پلی وینیل الکل و... می توان استفاده نمود.

علت استفاده از ژلاتین به عنوان یک پایدار کننده ی آلی این بود که پایدار کننده های معدنی عمدتاً جذب محصول پلیمر شده و می بایست حتماً از محصول پاک سازی شوند، حال آنکه پایدار کننده های آلی مشکلی از نظر پاک کردن و تخلیص بوجود نمی آورند و در آب محلول و در منومر نامحلول می باشند. غلظت پایدار کننده از اهمیت خاصی برخوردار است چرا که تغییر غلظت پایدارکننده در یک حد بحرانی که غلظت بحرانی میسل (CMC) نامیده میشود موجب تشکیل میسل ها شده و در داخل این میسل ها عمل پلیمریزاسیون صورت می پذیرد و سیستمی مشابه با پلیمریزاسیون امولسیون انجام می شود و در اندازه ی ذرات و آلودگی آنها تغییر فاحشی ایجاد می شود. برای کنترل دمای بهینه پلیمریزاسیون، آزمایشات در حمام آبی و در دمای ثابت انجام شد. بیشترین محصول در دمای $60^{\circ}C$ بدست آمد. در دمای پایین به علت تفکیک ناقص آغاز گر AIBN، رادیکالهای کمتری ایجاد می شود بنابراین مقدار محصول، کمتر خواهد شد و با افزایش دما، سرعت پلیمریزاسیون به علت کاهش انرژی اکتیواسیون آغازگر و تفکیک بیشتر به رادیکالها، افزایش یافته و از طرف دیگر به علت برقراری پیوندهای جانبی درجه پلیمریزاسیون متوسط عددی (DP_n) کاهش می یابد و طبیعتاً محصول کمتری تهیه می شود.

با تغییر در نسبتهای منومر و آب مشخص گردید، ایده آل ترین شرایط، حالتی است که فاز آلی تزریق شده حداکثر ۵۰٪ حجمی باشد و در صورت افزایش این نسبت حالت چسبندگی بیشتر شده و از پایداری دانه های پلیمریزه شده کاسته می شود و موجب کاهش ضریب اطمینان کنترل دما و ویسکوزیته در واکنشگاه می گردد.

برای تعیین مقدار بهینه ی آغازگر، آزمایشات اولیه نشان داد آغازگر AIBN در مقایسه با Bz_2O_2 نتایج بهتری را در کیفیت و سرعت تشکیل محصول به همراه دارد چرا که در صورت استفاده از آغازگر Bz_2O_2 ، به علت انجام واکنشهای انتقال به زنجیر، تأخیر در مراحل آغازین واکنش به چشم می خورد. ایده آل ترین غلظت به هنگام استفاده از ۰/۲ گرم آغازگر مشاهده گردید.

آنچه مسلم است هدف نهایی از انجام این طرح ارتباط با صنعت پتروشیمی می باشد بنابراین مطالعات نشان می دهد پروسه تولید P.V.C در صنعت در مقایسه با تولید آزمایشگاهی از معضلات فراوانی برخوردار است و راه کارهای پیشنهادی جهت رفع این معضلات باختصار به شرح زیر است:

۱- در راکتور (Batch) که جنس آن از فولاد ضد زنگ بسیار صاف و شفاف می باشد مشکلاتی نظیر جمع شدگی (فلوکولاسیون) دانه های پلیمری رخ نمی دهد چرا که پستی و بلندی ها در اندازه های میکرونی نیز سبب جمع شدگی دانه های پلیمری می شود.

سنتر پلی وینیل کلراید به روش سوسپانسیون

۲- قبل از شروع پلیمریزاسیون در راکتور، باید راکتور با سرعت مشخصی گرم شود و با شروع پلیمریزاسیون گرمای حاصله از محیط دور شود برای اینکه مراحل گرمایش و سرماش راکتور، خللی در پلیمریزاسیون ایجاد نکند، اینکار در ژاکت راکتور صورت می گیرد و برای گرم کردن راکتور از بخار یا روغن و برای سرد کردن آن از آب سرد استفاده می شود. علت استفاده از ژاکت محافظ، این است که فولاد ضد زنگ در مقابل خوردگی مقاوم بوده و به علت متراکم بودن، لایه های غیر قابل نفوذی از اکسیدهای آهن، کروم و نیکل روی سطح آن تشکیل می شوند ولی این لایه ها در حضور محلولهای آبی گرم با pH بالا جدا شده و خوردگی فلز را سبب می شوند و هر سه فلز، داخل راکتور شده و محصول را آلوده می کند بنابراین لازم است با توجه به اینکه با افزایش دما سرعت پلیمریزاسیون افزایش می یابد، از افزایش دمای بیش از 60°C در داخل راکتور اجتناب نمود.

۳- با افزودن مقدار کمی نمک مثل NaCl می توان انحلال منومر را کاهش داد و دانه های پلیمری با ابعاد کوچکتر بدست آورد (باید توجه داشت که استفاده ی بیش از حد نمک موجب تخریب سیستم سوسپانسیون می شود).

۴- برای رسیدن به درجه تبدیل دلخواه در صنعت به توسط یکی از روشهای ذیل می توان به این مهم دست یافت.
الف (تغییرات ویسکوزیته در محیط سوسپانسیون، با ویسکومتر اندازه گیری شده و روند پلیمریزاسیون تعقیب شود.
ب) با مشخص نمودن میزان تغییرات کاهش آب مورد نیاز جهت سرد کردن راکتور پلیمریزاسیون تعقیب شود.
ج) زمان لازم جهت پایان واکنش، تثبیت و مشخص می شود و در پروسه های بعدی مورد استفاده قرار می گیرد.
د) تعقیب روند پلیمریزاسیون با ثبت تغییرات فشار فاز بخار: با پیشرفت واکنش فشار جزئی منومر کاهش یافته و طبیعتاً فشار کل سیستم نیز کاهش می یابد.

دقیق ترین روش در صنعت، روش تعقیب « فشار فاز بخار » می باشد.

۵- برای تنظیم pH سیستم از نمک بافر «دی سدیم هیدروژن فسفات» استفاده می شود، چرا که تغییرات pH، از عوامل مؤثر بر خوردگی راکتور و فلوکوله شدن دانه های پلیمری محسوب می شود.

۶- استفاده از معرفهای کف زدا، به منظور کاهش کف حاصل به هنگام تخلیه راکتور در پایان واکنش پلیمریزاسیون ضروری است. برای این منظور از روغنهای سیلیکونی استفاده شود.

۷- هنگامی که دمای راکتور در 60°C تثبیت شد، کنترل فشار فاز بخار نشان می دهد بعد از گذشت زمان فشار از 0.7 MPa به 0.12 MPa کاهش می یابد. همانگونه که قبلاً در مورد کنترل دما ذکر شد با افزایش دما (در دماهای بالاتر از 60°C)، سرعت تشکیل رادیکالها افزایش یافته و به تبع آن سرعت پلیمریزاسیون افزایش می یابد، اما به علت تشکیل پیوندهای جانبی، درجه پلیمریزاسیون متوسط عددی (\overline{DPn}) کاهش یافته و ژل شدگی دانه ها مشاهده

شده و جرم مولکولی دانه های پلیمری تغییر می کند. بنابراین علی رغم تسریع دیفوزیون به داخل ذرات بر طبق رابطه زیر پایداری سیستم سوسپانسیون کاهش می یابد.

$$D = \frac{RT}{6\pi\eta r N_A}$$

۸- برای ایجاد بستر مناسب، نسبت آب / منومر باید کنترل شود و در شرایطی که این نسبت از ۱ تجاوز نکند، دما و ویسکوزیته ی محیط و سرعت هم زن در راکتور تغییر نخواهد یافت و در صورت افزایش این نسبت سرعت و جهت هم زن تغییر یافته و به علت افزایش ویسکوزیته، نمی توان به درجه تبدیل دلخواه رسید.

نکته ی مهمی که در وزن مولکولی محصولات P.V.C باید مد نظر قرار گیرد این است که محصولات P.V.C به علت اختلاف در تاکتیسیته (هم آرایش)، پراکندگی جرم مولکولی و درجه ی شاخه ای شدن، با یکدیگر متفاوتند و در عمل بجای استفاده از وزن مولکولی از عدد فیکنشتتر (K) استفاده می شود و به مقدار وزن مولکولی واقعی اشاره ای نمی شود. (K معیاری از وزن مولکولی است و هر چه کمتر باشد وزن مولکولی پلیمر کمتر خواهد بود).

مراجع:

- 1- Tager, A, Physical Chemistry of Polymers, Mir Publishers, Moscow 1978.
- 2- Rodrigez, F, Principles of Polymer Systems, 2 nd, Ed, Mc Graw Hill 1983.
- 3- Norris Shreve, R, Chemical Engineering Series, Chemical Process Industries Mc Graw Hill 1956.
- 4- Experimental Methods in Polymer Chemistry John Wiley and Sons 1980.
- 5- Schmidt, P. Beschichten mit Kunststoffen. Munchen, Carl Hanser Verlag, 1967.
- 6- Starnes jr, W. H, Amer. Chem. Soc. Div. Polym. Polym. Prepr. 18 (1977) 493.
- 7- Mayer, Z, J. Macromol. Sci, Rev. Macromol. Chem. 10 (1974) 2.

