

مجری طرح:

دکتر ایرج رضائیان - استادیار گروه مهندسی شیمی دانشکده فنی

باهمکاری:

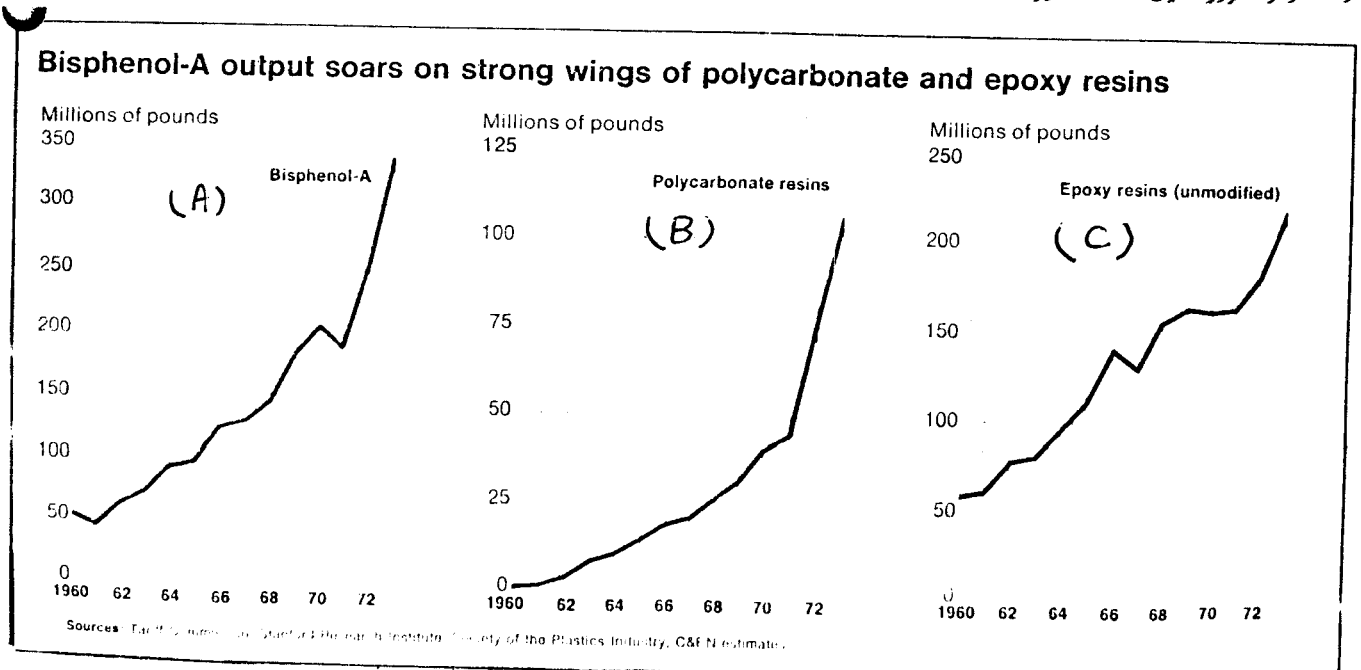
محمد حسن زاهدی نیکی - دانشجو

خلاصه

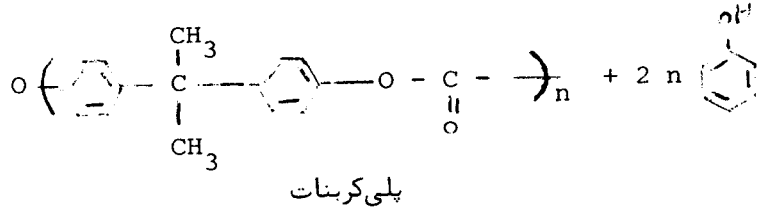
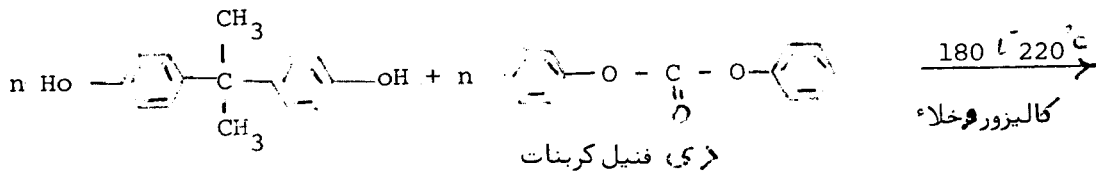
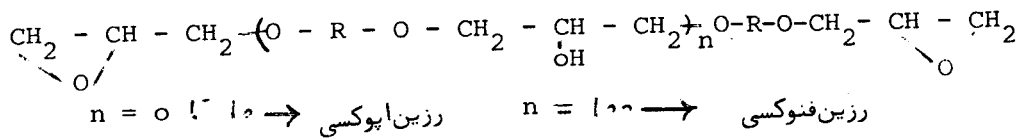
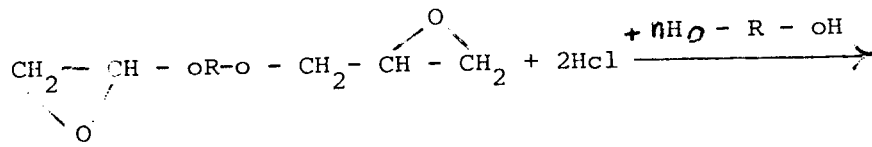
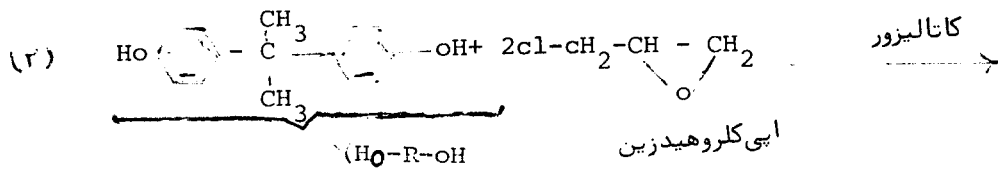
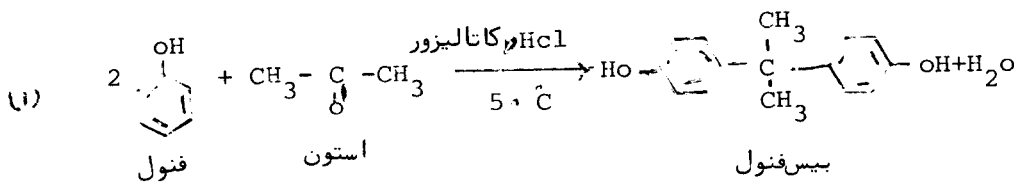
بیس فنول A ماده اصلی برای تولید پلیمرهای مهمی از قبیل رزین های اپوکسی ، پلی کربناتها و پلی سولفونها می باشد . در ۲۰ سال گذشته تولید سالیانه این مواد مرتب در حال افزایش بوده و نمودارهای (A) ، (B) ، (C) تولید بیس فنول و مصرف آنرا نشان می دهد (۱۹۶۰ - ۱۹۷۲) . رزین های اپوکسی برای روکش سطحی پلها و اتوبانها ، تهیه چسب ها ، قطعات الکتریکی و الکترونیکی و پلاستیکهای تقویت شده (فایبرگلاس) مورد استفاده قرار می گیرند . در طول یکسال گذشته اجرای طرح تهیه بیس فنول ، در آزمایشگاه شیمی صنعتی آلی دانشکده فنی ادامه داشته و شهرداری تهران ، بعثت نیاز شدید به رزینهای اپوکسی برای روکش پلهای هوایی ، علاقمند به همکاری در تولید نیمه صنعتی این مواد در ایران شده است .

بیس فنول در نتیجه واکنش بین فنول و استون در درجه حرارت 50°C تا 90°C و حضور گاز HCl خشک ، بعنوان عامل کندانسیون بدست می آید . معمولاً فنول را بیش از مقدار استیوکیومتری گرفته و حداقل سه مول فنول برای یک مول استون لازم است . در چنین شرایطی مدت زمان لازم برای انجام واکنش بیش از ۲۴ ساعت می باشد . برای تهیه صنعتی بیس فنول و تسریع واکنش از کاتالیزورهای مناسب مانند مرکاپتانها بفرمول کلی $(\text{HS})_n\text{-R}-\text{C}(\text{OH})_2$ که ترکیبات گوگرد دار اسیدهای آلی خطی هستند و یا رزین های مبادله کننده کاتیونی (CATION EXCHANGE RESIN) استفاده شده است .

یکی از مشکلات عمده تهیه صنعتی بیس فنول ، خالص کردن محصول واکنش از مواد ترکیب شونده اضافی (فنول ، استون ، اسید معدنی) ، محصولات جنبی واکنش (منو و تری هیدروکسی فنیل پروپان) ، ایزومرهای بیس فنول و مواد رنگی می باشد . بیس فنول خالص را می توان با استفاده از روشهای متداول نظیر تقطیر در خلاء ، شستشو با آب و کریستالیزه کردن در یک حلال مانند تولوئن و یا مونو کلرور بنزن بدست آورد .



A_T



$n = 50 \text{ تا } 100$

$T_g = 145^\circ\text{C}$

$T_m = 230^\circ\text{C}$

مقدمه:

فنولیک است در نتیجه واکنش بین فنولها و کیتونها در مجاورت یک عامل کنداسیون مانند اسید کلریدریک یا اسید سولفوریک غلیظ بدست آید. اگر مواد ترکیب شوند در درجه حرارت واکنش جامد باشند می توان واکنش را در یک حلال مانند بنزن، اسید استیک و یا هپتان انجام داد ولی به علت مشکلات بازیابی حلال و زیاد شدن هزینه تولید از این روش استفاده نمی شود. چنانچه واکنش فقط در حضور عامل کنداسیون (H₂SO₄ یا HCl) انجام شود پایان واکنش احتیاج

در ابتدای شروع این طرح، تهیه رزینهای اپوکسی مورد نظر بود ولی با توجه به اهمیت فوق العاده بیس فنول ادامه کار بدو قسمت اصلی زیر تقسیم گردید:

الف - بررسی و تحقیق در مورد روشهای مختلف و سپس تولید نیمه صنعتی بیس فنول یعنی طرح پیلوت.

ب - تولید رزین اپوکسی و پلی کربناتها و استفاده از این مواد در مصارف مورد نیاز.

بیس فنول که دارای یک اتم کربن متصل بدو گروه

از کاتالیزورهای مبادله‌کننده کاتیونی استفاده می‌شود. این مواد در مخلوط واکنش نامحلول هستند و در نتیجه مسئله جدا کردن کاتالیزور از محصول نهائی وجود ندارد. در عمل مواد ترکیب شونده را از روی بستر ثابتی از کاتالیزور جامد عبور می‌دهند و معمولاً ۳۰۰ کیلوگرم بیس فنول برای هر کیلوگرم رزین مبادله‌کننده کاتیونی حاصل می‌شود. در صورت عدم وجود یونهای فلزی و بازی، عمر کاتالیزور بینهایت است.

عملیات آزمایشگاهی

با استفاده از روشها، کاتالیزورها و شرایط واکنش مختلف، آزمایشات متعددی انجام گرفته تا بتوان بهترین روش تهیه بیس فنول خالص را بدست آورد. مثالهای زیر خلاصه‌ای از عملیات انجام شده را نشان می‌دهد. آزمایش (۱):

یک مول فنول (۹۴ گرم) را در داخل یک بالن ریخته و آن را در حمام آب گرم قرار داده تا بصورت مایع درآید، سپس نیم مول استون (۲۹ گرم) و نیم مول اسید کلریدریک ۳۷ درصد (۱۸/۷۵ گرم) را به بالن اضافه نموده درب آنرا می‌بندیم تا مخلوط بوسیله یک همزن مغناطیسی بهم زده شود. واکنش در درجه حرارت آزمایشگاه (۲۰°C) و فشار اتمسفر انجام می‌گیرد. پس از ۲۴ ساعت، در نتیجه تشکیل بیس فنول، رنگ نارنجی فنولی تغییر یافته و پررنگتر می‌شود. پس از ۷۲ ساعت مخلوط واکنش غلیظ شده و بهم زدن آن مشکل می‌گردد و کریستالهای بیس فنول به وضوح در داخل مخلوط دیده می‌شوند. آزمایش (۲):

دو مول فنول را در داخل یک بالن رختیم و آن را در حمام آب گرم قرار دادیم تا بصورت مایع درآید سپس یک مول استون، ۱/۷۵ گرم اسید کلریدریک ۳۷ درصد و ۰/۲ گرم اسید تیوگلیکولیک ($\text{HS-CH}_2\text{-COOH}$) به بالن اضافه کردیم. واکنش در درجه حرارت ۴۰°C، فشار اتمسفر و هم زدن مکانیکی برای مدت ۵ ساعت ادامه یافت. کریستالهای بیس فنول ۴۵ دقیقه بعد از آغاز واکنش شروع به تشکیل شدن کردند، و پس از پایان مدت زمان واکنش محتویات داخل بالن در فشار ۲۰ تا ۳۰ میلی متر جیوه تا ۱۵۰°C تقطیر شدند. بدین ترتیب فنول، استون، اسید، آب و سایر محصولات فرعی را از بیس فنول جدا کردیم و سپس محتویات باقیمانده بالن را بداخل بشری که دارای آب مقطر ۴۰°C بود بشدت بهم می‌خورد ریختیم و بدین ترتیب بیس فنول جدا شد. کریستالهای بیس فنول را پس از صاف کردن و شستشوی دوباره با آب خشک و نقطه ذوب آن را تعیین کردیم (۱۴۸ تا ۱۵۰°C).

به مدت زمان طولانی حدود ۷۲ ساعت دارد. بنابراین برای تهیه صنعتی بیس فنول چون مدت زمان واکنش باید حداقل باشد از کاتالیزورهائی مانند مرکاپتانها و یا رزینهای مبادله‌کننده کاتیونی استفاده می‌شود.

شرایط واکنش

۱ - نسبت مواد ترکیب شونده:

از لحاظ نظری برای تشکیل یک مول بیس فنول باید دو مول فنول و یک مول استون باهم ترکیب شوند ولی در عمل برای افزایش درصد تبدیل، مقدار فنول بیشتر از دو مول گرفته می‌شود. البته نسبت مولی فنول به استون بستگی به شرایط واکنش دارد. معمولاً ۳ تا ۲۰ مول فنول برای یک مول استون انتخاب می‌شود.

۲ - تاثیر درجه حرارت:

چون واکنش گرمازا است، افزایش درجه حرارت تاثیر زیادی بر روی سرعت آن ندارد. نتایج بدست آمده نشان می‌دهد که بهترین درجه حرارت واکنش ۵۰°C تا ۹۰°C است. درجات حرارت بالاتر از این حدود باعث تشکیل مواد پلیمری و رنگی با جرم مولکولی زیاد می‌شود.

۳ - عامل کندانسیون:

مقدار اسید معدنی که به عنوان عامل کندانسیون بکار می‌رود در انجام واکنش تاثیر چندانی ندارد، و معمولاً ۰/۱ تا ۰/۵ مول اسید برای یک مول استون استفاده می‌شود. چون در واکنش بین فنول و استون یک مولکول آب ایجاد می‌شود بنابراین گاز HCl خشک مناسب تر است.

۴ - تاثیر فشار:

این واکنش را می‌توان در فشار اتمسفر انجام داد و فشارهای بیشتر تا حدود 20 Kg/Cm^2 باعث افزایش سرعت واکنش می‌شود ولی فشار بیش از این حدود سرعت واکنش را خیلی کندتر می‌نماید.

۵ - کاتالیزور:

بهترین کاتالیزورها برای این واکنش، اسیدهای آلی خطی گوگردار با ۱ تا ۱۵ اتم کربن مانند اسید مرکاپتوپروپیونیک است و ۰/۱ تا ۰/۵ مول کاتالیزور برای یک مول استون کافی است. این نوع کاتالیزورهای مایع به مخلوط واکنش اضافه می‌شوند و مدت زمان لازم برای انجام واکنش حدود ۵ ساعت است. این کاتالیزورها را نمی‌توان در مراحل خالص کردن کاملاً از بیس فنول جدا کرد در نتیجه رنگ و بوی نامطلوبی به محصول نهایی می‌دهند. در تهیه صنعتی بیس فنول، امروزه بیشتر از

آزمایش (۳):

۸ مول فنول، ۲ مول استون، ۳۰۰ گرم اسید کلریدریک ۳۷ درصد و ۵ گرم اسید تیوگلیکولیک در داخل یک بالن بایکدیگر مخلوط و به وسیله یک همزن مکانیکی بهم زده می شود. در این ترکیب مقدار اسید کلریدریک بیش از اندازه لازم گرفته می شود تا بهم زدن آن آسانتر باشد، در صورتیکه مقدار اسید لازم ۱۴/۵ گرم یعنی ۰/۲ مول برای یک مول استون می باشد. حدود ۱۵ دقیقه بعد از شروع واکنش مخلوط رنگ فنولی خود را از دست داده پررنگ تر می شود. این تغییر رنگ نشان دهنده شروع تشکیل بیس فنول است. پس از نیم ساعت وقتی هم زن متوقف گردید، مخلوط داخل فلاسک بصورت دو لایه آلی و آبی از یکدیگر جدا گردیده و هر چه مدت زمان واکنش بیشتر می شود مقدار لایه آبی افزایش می یابد این مطلب پیشرفت واکنش و در نتیجه تشکیل آب بیشتر را نشان می دهد. چون واکنش گرم است، درجه حرارت ابتدای ۵۰ و پس از یک ساعت ۳۸ تا ۴۸ می شود. پس از ۱۹ ساعت از آغاز واکنش محتویات داخل بالن بصورت نیمه جامد و رنگ زرد تیره، مایل به قهوه ای در می آید. در این مرحله واکنش را خاتمه داده و مخلوط بالن را به داخل یک بشر محتوی آب مقطر ۴۰ ریخته و به وسیله یک همزن مکانیکی بهم زده می شود. بدین ترتیب قسمتی از فنول اضافی، استون، اسید کلریدریک در آب حل شده و کریستالهای بیس فنول رسوب می کنند.

پس از صاف و خشک کردن بیس فنول محصول بدست آمده دارای نقطه ذوب ۹۰ تا ۹۵ خواهد بود. علت اصلی پائین بودن این نقطه ذوب نسبت به بیس فنول خالص، تشکیل کریستالهای سفید رنگ فنول و بیس فنول در ترکیبی بد نسبت ۱:۱ می باشد. برای خالص کردن بیس فنول، از روشهای تقطیر در خلاء، شستشو با آب و سپس کریستالیزه کردن در حلال استفاده می شود و نمونه خالص دارای نقطه ذوب ۱۵۰ است.

روشهای خالص کردن بیس فنول

بیس فنول حاصل از ترکیب فنول و استون در مخلوط واکنش حل نمی شود و بصورت کریستال جدا می گردد. با پیشرفت واکنش، کریستالهای بیس فنول بیشتری تشکیل شده، بتدریج مخلوط واکنش به صورت نیمه جامد در می آید و هم زدن آن مشکل می شود. یکی از مشکلات مهم تهیه بیس فنول صنعتی، خالص کردن و جدا نمودن آن از محصولات فرعی و مواد ترکیب شونده اضافی می باشد. از نظر کمی این ناخالصیها به ترتیب عبارتند از فنول ایزومرهای بیس فنول منو و تری هیدورکسی فنیل پروپان،

مواد پلیمری و رنگی با وزن مولکولی زیاد. بیس فنولی که در تهیه رزینهای اپوکسی و پلی کربناتها بکار می رود باید دارای رنگ روشن باشد. مقادیر جزئی ناخالصی در بیس فنول تاثیر زیادی در کیفیت پلیمرهای ساخته شده از آن را دارند. در تهیه رزین اپوکسی، درجه خلوص بیس فنول باید حداقل ۹۲ درصد و برای پلی کربناتها حدود ۹۶ درصد باشد.

از روشهای زیر برای خالص کردن بیس فنول استفاده شد:

الف - تقطیر در خلاء

مقدار زیادی از فنول اضافی را که قسمت عمده ناخالصی می باشد می توان بوسیله تقطیر در خلاء (۱۵۰°C تا ۲۰۰°C و ۵/۰ تا ۱۰ میلی متر جیوه خلاء) جدا کرد. مشکل اساسی جدا کردن ایزومرهای بیس فنول، موادی هستند که دارای سه حلقه فنول با دو رادیکال استون، مواد پلیمری و رنگی با وزن مولکولی زیاد می باشند. جدا کردن ایزومرهای بیس فنول که دارای نقطه جوشی مشابه بیس فنول هستند، با استفاده از تقطیر کار ساده ای نیست. از طرف دیگر برای جدا کردن ناخالصیهای پلیمری با وزن مولکولی زیاد، احتیاج به درجه حرارت بالاتری می باشد ولی حرارت زیاد موجب تشکیل مواد رنگی و پلیمری بیشتری می گردد که رنگ و بوی نامطلوبی به بیس فنول می دهند. حتی بیس فنول حاصل از دقیق ترین روش تقطیر دارای ناخالصیهای است که باعث پائین آوردن نقطه ذوب آن می شود. بنابراین پس از تقطیر و شستشو با آب، بیس فنول را باید در حلال مناسب کریستالیزه نمود.

ب - شستشو با آب:

کریستالهای بیس فنول خام را می توان به وسیله صاف کردن از مخلوط واکنش جدا نمود و قبل از عملیات تقطیر آن را چندین بار با آب ۴۰ تا ۵۰ شستشود. بدین ترتیب می توان تمام یونهای Cl^- حاصل از HCl را جدا نمود. عدم حضور یون کلر در بیس فنول ناخالص بوسیله تیتراژ کردن با محلول نیترات نقره مشخص می شود. در نتیجه این شستشو اسید کلریدریک استون و مقداری فنول ترکیب نشده جدا می شوند.

به هر حال مقدار زیادی فنول همراه بیس فنول باقی می ماند و نقطه ذوب آن را ۹۰ تا ۱۰۰ پائین می آورد. فنول اضافی را باید با روش تقطیر در خلاء جدا کرد.

ج - روش شستشو با حلال

(SOLVENT EXTRACTION)

برای جدا کردن ایزومرهای بیس فنول و مواد رنگی (زرد یا قهوه ای) از حلالهای مناسب استفاده می شود. بهترین حلالها بنزن، تولوئن، کلروراتیلن و هپتان هستند. این حلالها

بحث و نتیجه‌گیری

در اجرای این طرح، ضمن مطالعه روشهای مختلف تولید بیس فنول صنعتی و عملیات آزمایشگاهی، پیوسته مشکلات تولید در نظر بوده‌اند. بررسی مقالات متعدد مربوط به روشهای تولید صنعتی بیس فنول در کشورهای مختلف دنیا نشان می‌دهد که در نتیجه امکانات علمی صنعتی در این کشورها از سیستم‌های پیچیده و مجهزی استفاده شده است. با در نظر گرفتن امکانات موجود در ایران باید سعی در انتخاب مناسب‌ترین روش باشد

مقدار زیادی از ناخالصی‌ها را در خود حل می‌کنند و بیس فنول را رسوب می‌دهند و بدین ترتیب ناخالصی‌ها جدا می‌شوند. جدول زیر نتایج آزمایشات مربوط به حلالیت بیس فنول در حلالهای مختلف را نشان می‌دهد. برای تعیین حلالیت یک نمونه بیس فنول در هر یک از این حلالها، ابتدا محلول اشباع شده بیس فنول در ۱۰۰ گرم حلال و ۲۰°C تهیه شده و سپس بیس فنول اضافی جامد را جدا نموده و پس از تیخیر حلال وزن بیس فنول حل شده در ۱۰۰ گرم حلال را تعیین کرده‌اند.

درصد بازیابی	نقطه ذوب بیس فنول خالص شده °C	گرم بیس فنول حل شده در ۱۰۰ گرم حلال (gr)	نقطه حوش حلال °C	حلالها
۰/۰۹۴	۱۵۲/۲	۰/۰۱۶۶	۳۶	نرمال پنتال
۸۶	۱۵۶/۸	۰/۰۸۵۹	۴۰	کلرور متیل
—	—	۰/۰۱۰۸/۶	۵۶	استون
۹۴/۵	۱۵۲	۰/۰۱۰۸	۶۹	نرمال هگزان
۹۲/۴	۱۵۲/۳	۰/۰۳۶۹	۷۶	تتراکلرورکربن
۸۷/۱	۱۵۶/۸	۰/۰۶۱	۸۰	بنزن
۸۶/۲	۱۵۶/۳	۰/۹۳۳	۸۳	دی‌کلرور اتیلن
۸۸	۱۵۵/۵	۰/۰۷۷	۸۷	تری‌کلرور اتیلن
۹۱/۹	۱۵۴/۱/۱	۰/۰۰۹۵	۹۸	نرمال هپتان
۸۸	۱۵۶/۵	۰/۳۳۶	۱۱۰	تولوئن
۸۸/۷	۱۵۶/۴	۰/۱۱۹	۱۳۲	کلرور بنزن
—	—	۰/۱۵۰/۵	۷۸	اتانول
—	۱۴۷/۱	—	—	بیس فنول ناخالص

و برای این منظور مطالب زیر قابل ذکرند.

۱ - از نظر علمی و صنعتی تهیه بیس فنول خالص باقیمت مناسب در درجه اول اهمیت قرار دارد. برای تهیه آزمایشگاهی می‌توان با انتخاب بهترین روش مناسب این مشکل را حل نمود لیکن برای تولید در مقیاس صنعتی هزینه عملیات خالص کردن و بازیابی مواد ترکیب شونده مستلزم مخارج زیاد و دستگاههای مجهز می‌باشد. مهم‌ترین فرق بین روشهای مختلف تولید، روش خالص کردن است. در تولید مداوم بیس فنول، مسئله بازیابی فنول و استون اضافی و برگشت دادن این مواد به راکتور، فقط به وسیله تقطیر امکان پذیر است.

در مراحل بعدی، برای بدست آوردن بیس فنول خالص باید از شستشو با آب و کریستالیزه نمودن در حلال مناسب استفاده کرد.

بطور خلاصه از بررسی اطلاعات موجود در این جدول نتایج زیر بدست آمده است:

۱ - حلالهای اکسیژن دار مانند اتانول، استون و اسید استیک زیاد مناسب نیستند چون حلالیت آنها برای بیس فنول زیاد است.

۲ - حلالهای پارافینی و هیدروکربورهای پارافینی حلقوی و مشتقات آنها نیز مناسب نیستند، چون حلالیت آنها برای ناخالصیهای بیس فنول کم است.

۳ - هیدروکربورهای کلردار که حلالیت کمی برای بیس فنول و حلالیت خوبی برای ناخالصیها دارند، برای خالص کردن بیس فنول خوب هستند.

۴ - بطور کلی برای خالص کردن و از بین بردن رنگ نامطلوب بیس فنول، مناسب‌ترین حلالها برای شستشو بنزن و تولوئن هستند.

۳- برای خالص کردن بیس فنول به روش تقطیر، باید نکات زیر مورد توجه قرار گیرند.

الف - عدم حضور مواد اسیدی، بازی و سایر نمکهای که می توانند در درجه حرارت تقطیر (۱۵۰°C تا ۲۰۰°C) در تجزیه بیس فنول مؤثر باشند. مخصوصاً "قبل از تقطیر، اسیدکلریدریک اضافی را باید به وسیله شستشو با آب از بیس فنول جدا کرد.

ب - تقطیر باید در خلأ حدود ۵/۵ میلی متر جیوه و ۱۵۰°C انجام گیرد.

ج - تقطیر هر چه سریعتر انجام گیرد بهتر است، چون احتمال تشکیل مواد پلیمری و رنگی کمتر خواهد بود.

د - در خاتمه باید متذکر شد که گرچه نمی توان آزمایشات و بررسیهای انجام شده برای تهیه بیس فنول خالص را از نظر کمی و کیفی کافی دانست ولی نتایج بدست آمده بصورتی است که می توان در ادامه کار از آن برای پیاده کردن طرح پیلوت استفاده کرد. در نتیجه بررسی و مطالعه دقیق طرحهای پیلوتی که تاکنون برای تولید صنعتی بیس فنول استفاده شده است می توان روش هوکر را بعنوان نمونه نام برد. در این روش از تقطیرهای متوالی برای جدا کردن ناخالصیهای بیس فنول و برگشت مواد اضافی به راکتور استفاده شده است.

برای جدا کردن مواد رنگی و سایر ناخالصیها روش شستشو با حلال (SOLVENT EXTRACTION) بکار رفته است.

۲ - انتخاب نوع کاتالیزور از نظر سرعت، راندمان واکنش و درجه خلوص بیس فنول اهمیت فوق العاده ای دارد. وقتی از الکیل مرکاتپانها و مرکاپتواسیدها بعنوان کاتالیزور استفاده می شود، گرچه درصد تبدیل بالا می رود و مدت زمان لازم برای انجام واکنش کم می شود، ولی چون بصورت مایع در مخلوط واکنش حل می شوند در نتیجه، جدا کردن این نوع کاتالیزورها بطور کامل از محصول نهائی مشکل است و معمولاً بقایای کاتالیزور باعث ایجاد ناخالصیهایی از قبیل بو و رنگ نامطلوب بیس فنول می شود.

امروزه در تهیه صنعتی بیس فنول بیشتر از رزینهای مبادله کننده کاتیونی استفاده می شود. این نوع کاتالیزورها معمولاً "کوپلیمرهای سولفون شده استایرن و دی و نیل بنزن به اسامی تجارتي AMBERLITE-IR 120 DOWEX-50-x4 می باشد. تولید کننده های این نوع کاتالیزورها آنها را بصورت املاح سدیم در اختیار می گذارند که باید قبل از استفاده با اسیدهای مناسب مانند H_2SO_4 شستشو داده شود. برای کارآیی بیشتر کاتالیزور بهتر است ۳ تا ۲۰ درصد گروههای مبادله کننده کاتیونی رزین را بوسیله مرکاپتوالکل استری نمود. تعداد گروههای مبادله کننده کاتیونی را که به ساختمان پلیمری متصل هستند قدرت تبادل تئوری می نامند.

علاوه بر این تعداد گروههایی که با ترکیب شونده ها در تماس هستند در بهره دهی کاتالیتیکی مؤثر می باشد، در نتیجه اگر کاتالیزور بشکل گروی متخلخل باشد سطح تماس بیشتر شده و در نتیجه بهره دهی تبدیل بالاتر خواهد بود.

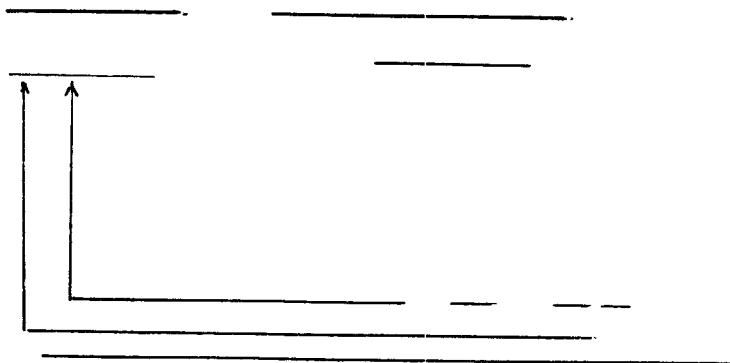
از نظر مقایسه انواع کاتالیزورهایی که در تهیه صنعتی بیس فنول بکار رفته اند، بررسی اطلاعات موجود در جدولهای (۱) و (۲) مفید است.

جدول (۱) مقایسه انواع مختلف کاتالیزورهای مرکاپتان

مثال	نوع کاتالیست مصرفی	مقدار کاتالیست مصرفی gr/mol	مدت زمان واکنش (ساعت)	بهره دهی
۱	بتا - مرکاپتوپروپیونیک اسید	۲	۳	۱۷%
۲	سدیم بتا - مرکاپتوپروپیونات	۱/۳	۲/۵	۹۵%
۳	اتیل بتا - مرکاپتوپروپیونات	۱/۳	۳	۱/۱%
۴	بدون مصرف کاتالیست	—	۳/۵	۴۲%

جدول (۲) - تاثیر استخلاف گروه مرکاپتان بر روی بهره‌دهی کاتالیتیکی رزین مبادله‌کننده کاتیونی

درصد تبدیل به بیس فنول (برحسب استو ^u)			رزین مبادله‌کننده کاتیونی (کاتالیست)			مثال
۶ ساعت	۳ ساعت	یک ساعت	نسبت -SH:-SO ₃ H	-SH m.eq/gr	-SO ₃ H m.eq/gr	
—	% ۲۵	۰/۱۱	—	۰	۵/۳	۱
% ۹۰	% ۷۷	۰/۴۶۱	۰/۲۴:۱	۰/۹	۴/۲	۲
% ۹۴	% ۹۴	۰/۰۷۲	۰/۲۹:۱	۱/۰	۳/۵	۳
% ۸۶	% ۷۶	۰/۰۲۷	۰/۵۲:۱	۱/۶	۳/۰	۴
% ۸۶	% ۷۷	۰/۰۴۲	۰/۹۲:۱	۲/۲	۲/۴	۵

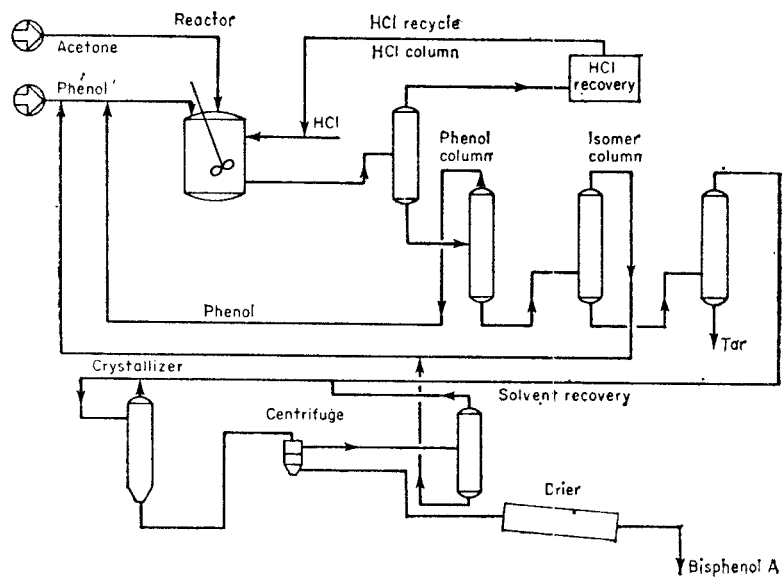


شکل (۱) تولید بیس فنول A بروش هوکر (HOOKER)

فهرست منابع

- 1) EARL V. ANDERSON, JULY 16, 1973 C&EN.
- 2) PLASTICS ENGINEERING HANDBOOK, FOURTH EDITION EDITED BY JOEL FRADOS.
- 3) JACOB EDEN JANSEN ETAL U,S, PAT. 2, 468, 982 MAY 3. 1949.
- 4) NAAMOLLOZE VENNOOTSCHAP DE BATAAFSCHE PETROLEUM MAATSCHAPPI BRIT.PAT. 735, 215 AUG 17, 1955; AND BRIT PAT 735, 216.
- 5) HOOKER CHEMICAL CORPORATION ERIT. PAT. 891, 800 MAR, 21, 1962.
- 6) BALDWIN - MONTROSE CHEMICAL CO. Fr. PAT. L, 452, 818 3 Aug, 1965.
- 7) UNION CARBIDE CORPORATION, Fr.PAT. 1, 244, 533, 160ct, 1959.
- 8) ROMEO B. WAGNER ET AL U.S. PAT 3, 172, 916, 9Mar, 1955.

توجه: اصل شکل شماره ۱ در بوط به صفحه ۷۴ مقاله تحت عنوان تهیه صنعتی بیس فنول



شکل (۱) تولید بیس فنول A بروش هوکر (HOOKER)