

## ایزوپرن ماده اولیه کائوچوی مصنوعی

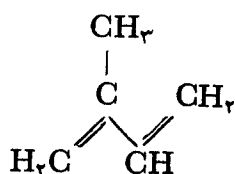
نوشته‌ی

مهدی - سادات منصورى

دانشیار دانشکده فنی

اندیشه ساختن کائوچوی مصنوعی بیست سال پس از کشف و پیدایش کائوچوی طبیعی در سال ۱۸۶۰ میلادی همزمان با آزمایشهای ویلیامس (Greville Williams) بوجود آمد.

ویلیامس در نخستین آزمایش خود از کائوچوی Hevea در درجات حرارت بالا ماده فراری بدست آورد و آنرا ایزوپرن Isoprene نامید. در سال ۱۸۷۹ میلادی دانشمند فرانسوی Bouchardat با تکرار این تجربه موفق شد ایزوپرن حاصل را تبدیل به جسمی شبیه کائوچو نماید، هرچند که این آزمایش را نمی‌توان سنتز حقیقی نامید ولی کارهای این شیمی‌دان در آن زمان اهمیت فراوانی یافت زیرا نشان داد که سازنده اصلی کائوچوی طبیعی ایزوپرن است. فرمول کلاسیک ایزوپرن با دو اتصال دوگانه مزدوج اولین بار توسط (Sir William Tilden) در سال ۱۸۸۴ پیشنهاد شد و صحت آن با توجه به خواص شیمیائی تأیید گردید.



در دسامبر ۱۹۰۹ میلادی Sergei Lebedev در روسیه توانست از بوتادین Butadiene یک ماده الاستومر Elastomere بسازد.

آغاز تحقیق و تجسس در روش ساخت این جسم در آن موقع کاملاً جنبه اقتصادی داشت و هنوز هم در این زمینه تحقیقات و مطالعات ادامه دارد.

در سال ۱۸۵۰ میلادی بهای هر کیلو کائوچوی طبیعی ۱۲۴ سنت بود و در مدت پنجاه سال بعد یعنی تا سال ۱۹۰۰ قیمت این ماده تغییرات زیادی نمود بطوری که در ابتدای این قرن وقتی که ساخت

اتومبیل شروع شد از شش دلار تجاوز کرد ، پس از آن قیمت کائوچو بعلت افزایش سریع گشت آن بتدریج تنزل کرد و در سال ۱۹۳۲ میلادی بهای هر کیلوی آن به کمتر از شش سنت رسید و این کمترین نرخ است که تا بحال در تاریخ این صنعت ثبت گردیده است .

تلاش در راه پیدا نمودن جانشین مناسبی برای کائوچوی طبیعی قبل از جنگ دوم جهانی بعلت نیاز فراوان و روز افزون صنایع و بمنظور ازدیاد نیروی پایداری کشورها در زمان جنگ بتدریج افزایش یافت و تعدادی از کشورهای بزرگ مجبور گردیدند برای رفع و تأمین نیازمندیها در این راه سرمایه گذاری نمایند و آنرا بر طبق روشهای خاصی بدست آورند .

چون فرآورده‌هایی مانند تیوکل Thiokol (۱) و نئوپرن Neoprene (۲) که تا کنون در موارد مخصوصی بکار رفته‌اند نمی‌توانست جای کائوچوی طبیعی را در صنعت به‌بیزان قابل ملاحظه‌ای اشغال کند ، وقتیکه منابع اصلی این ماده در آغاز جنگ توسط ژاپن قطع گردید ، دولت امریکا برای رفع بحران و حل مشکل و ایجاد واحدهای صنعتی کمپته‌ای تشکیل داد و با کمک و کوشش مداوم بخش خصوصی و استفاده از پژوهش‌ها و تجربیات صنایع شیمیائی امریکا موفق شد ، چند کارخانه با قدرت تولیدی یک میلیون تن کائوچو در سال در مدت کوتاهی تأسیس نماید و قبل از اتمام ذخائر کائوچوی طبیعی بهره‌برداری از این کارخانجات آغاز گردید . این فرآورده Government Rubber - Styrene یا GR - S نامیده شد .

بعداز جنگ تأسیسات صنعتی GR - S به بخش خصوصی واگذار گردید و با تلاشی که برای ترقی سطح تولید و مرغوب‌تر کردن جنس فرآورده بکار رفت نتوانست با کائوچوی طبیعی از لحاظ قیمت و خواص در بازار رقابت کند . با وجود اینکه مصرف GR - S و دیگر کائوچوهای مصنوعی از سال ۱۹۵۰ میلادی از نوع طبیعی آن بیشتر شد ، جستجو و تحقیق برای بدست آوردن فرآورده‌ای قابل رقابت و از هر جهت مشابه با کائوچوی طبیعی ادامه یافت ، تا اینکه تهیه موفقیت‌آمیز پلی‌ایزوپرن (Cis 1 - 4 polyisoprene) نصیب این صنعت گردید ، این فرآورده بلحاظ خواص و فرمول ساختمانی با کائوچوی طبیعی کاملاً شباهت دارد .

### روش‌های صنعتی تهیه ایزوپرن

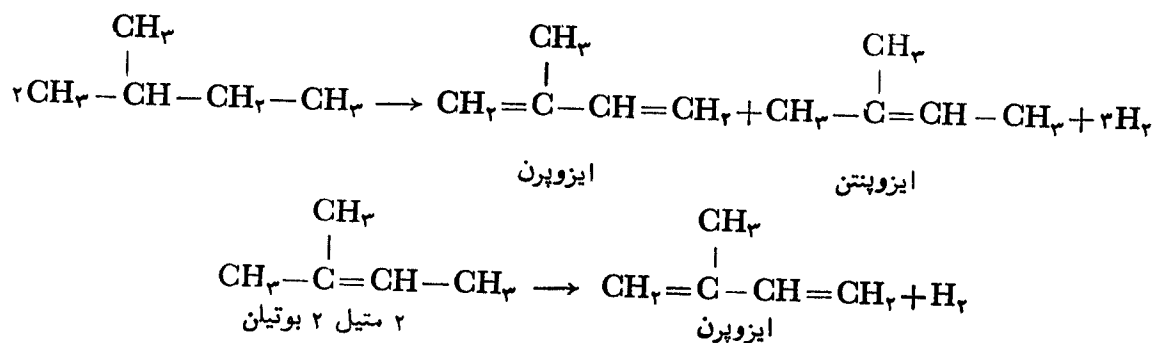
چون تهیه ایزوپرن بقیمت نسبتاً ارزان‌امکان نداشت و بوتادین خوراک صنایع GR - S و پلی‌بوتادین با بهای کمتر در بازار به‌بیزان کافی همیشه موجود بود برای توسعه و گسترش تجارتي این فرآورده جدید (پلی‌ایزوپرن) روشهای مختلف ساخت ایزوپرن مورد مطالعه و آزمایش مؤسسات ذینفع قرار گرفت .

دو کمپانی بزرگ Scientific Design و Goodyear در سال ۱۹۶۰ میلادی مشترکاً در نتیجه بررسی دقیق و همه‌جانبه موفق شدند ، شیوه جدیدی برای تولید این جسم بمرحله اجرا در آورند و تحت شرایط

خاصی آنرا از پروپیلن بسازند. در ابتدای کار بوسیله یک گروه علمی تمامی روشهای گوناگون تهیه ایزوپرن با محاسبات دقیق فنی و اقتصادی بررسی و آزمایش گردید و مهمترین آنها که تا کنون در صنعت بوسیله شرکت های مختلف بمورد اجرا گذارده شده است عبارتند از:

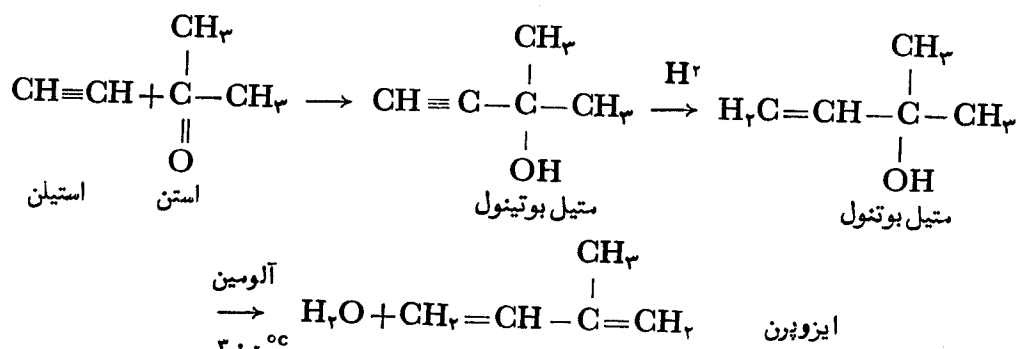
### ۱ - هیدرژن گیری از ایزوآمیلن

از وقتی که مصرف ایزوپرن در ساختن کائوچوی مصنوعی نوع بوتیل (۳) افزایش یافت موفق شدند آنرا از کراکینگ حرارتی برش های نفتا در حرارتهای بالا بدست آورند ولی چون میزان ایزوپرن حاصل از این عمل تکافوی احتیاج را نمی کرد ناچار کمبود آنرا از راه هیدرژن گیری از ایزوآمیلن تأمین نمودند. این روش در پتروشیمی توسط کمپانی Shell مورد بهره برداری قرار گرفته است. بنزین سبک حاصل از واحدهای کراکینگ کاتالیتیک دارای ۳ تا ۴ درصد ایزوآمیلن است که آنرا توسط اسید سولفوریک استخراج می نمایند. این روش در سال ۱۹۴۰ میلادی عملی گردیده است و برای اینکار اغلب از مخلوط ایزوپنتن و ایزوپنتان بعنوان ماده اولیه استفاده می کنند و هیدرژن گیری را در ۶۰۰ درجه سانتی گراد با حضور یک اکسید فلزی مانند  $Cr^{2+}O^{2-}$  و  $Fe^{2+}O^{2-}$  بعنوان کاتالیزر انجام میدهند.



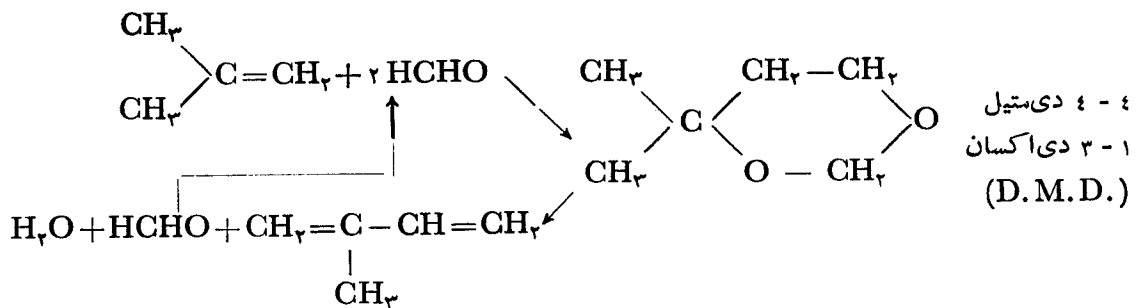
### ۲ - روش (Societa Nazionale Metanodotti) S. N. A. M.

برای اولین بار شرکت (S. N. A. M.) در ایتالیا این روش را بصورت یک واحد نیمه صنعتی نزدیک شهر میلان بکار برده و نتایج خوبی نیز بدست آورده است، خوراک عمل را مخلوطی از استیلن و استن تشکیل میدهد و طی سه واکنش بترتیب زیر ایزوپرن بدست میآید.



### ۳ - روش I. F. P. ( Institut Français du Petrole )

سنتز ایزوپرن نیز با بکاربردن فرمالدئید و ایزوبوتیلن در طی دو مرحله بترتیب زیر انجام مییابد ، ابتدا فرمل جذب ایزوبوتیلن میشود ، نوع فرآورده برحسب شرایط کار تغییر می کند معمولاً در ۷۰ درجه سانتی گراد یک ملکول ایزوبوتیلن را در محیط اسید با دو ملکول فرمل ترکیب می کنند تا یک مشتق دی متیل ۴ - ۴ متادی اکسان ( 4 - 4 Diméthyl méta dioxane ) بوجود آید آنگاه این جسم در نتیجه کراکینگ کاتالیتیک با از دست دادن یک ملکول آب و یک ملکول فرمالدئید در مرحله دوم به ایزوپرن مبدل میگردد . این روش در انستیتوی نفت فرانسه ( I. F. P. ) طرح شده است و با موفقیت در یک واحد صنعتی در منطقه Lacq فرانسه عملی گردیده است .



### ۴ - روش Goodgear - SD ( دیمروپیلان )

بهره برداری از این روش به ابتکار دوشرکت معروف Scientific و Goodyear Rubber and Tire Design طرح شده است ، نخستین واحد صنعتی را شرکت گوگیر بمنظور تولید پلی ایزوپرن در Beaumont واقع در ایالت تگزاس با ظرفیت بیست هزار تن پلی ایزوپرن در سال معادل محصول سی هزار هکتار کشتزار کائوچوی طبیعی برپا نمود .

هریک از این روشها از نظر بهره تولید ، سهولت اجرا و قیمت تمام شده با دقت آزمایش گردیده و محاسبات نشان داده است که فقط روش دیمروپیلان جوابگوی هدف دوشرکت نامبرده است ، و یگانه راهی است که از لحاظ تجارتي در صنعت پتروشیمی ارزش و توسعه زیادی پیدا کرده است زیرا تنها از این طریق است که موفق شده اند پلی ایزوپرن را ارزانتر از کائوچوی طبیعی تهیه نمایند ، بدیگر سخن تبدیل پروپیلان به ایزوپرن ارزانترین و با صرفه ترین روش برای تولید کائوچو می باشد .

#### منبع اصلی گاز پروپیلان

گازهای حاصله از واحدهای کراکینگ بیشتر از هیدروکربورهای سیر نشده که از لحاظ شیمیائی مواد مؤثر و مفیدی میباشند تشکیل مییابد و بهمین مناسبت دارای موارد کاربرد شیمیائی متعددی است بخصوص بعنوان خوراک اصلی صنایع پتروشیمی که در سالهای اخیر توسعه پیدا کرده است بمقدار زیاد بکار میرود .

میزان الفین ها در گازهای کراکینگ برحسب آنکه عمل در فاز مایع و یا در فاز بخار انجام گیرد تفاوت میکند و فراوانی نسبی آنها در مخلوط گازهای حاصل از کراکینگ در فاز بخار در جدول زیر نمایان

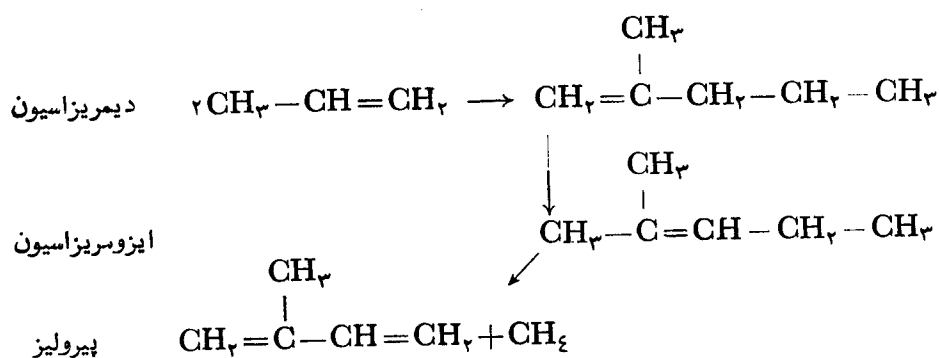
نام الفین	فرمول	%
اتیلن	$C_2H_4$	۵۴
پروپیلن	$C_3H_6$	۲۸
بوتیلن	$C_4H_8$	۹
آمین	$C_5H_{10}$	۱۷
بوتادین	$C_4H_6$	۶۱
هیدروکربورهای سیرنشده بالاتر		۱۲

است. در حقیقت گازهای کراکینگ منبع بسیار خوبی برای تولید پروپیلن ماده اولیه این صنعت بشمار میرود و در کشورهای که عملیات مربوط به کراکینگ متداول است، پروپیلن نسبت به سایر هیدروکربورهای اتیلنیک بهتر و بیشتر در دسترس قرار دارد. تقریباً ۹ درصد از پروپیلن تولیدی آمریکا بشکل فرآورده فرعی از واحدهای کراکینگ سواد نفتی جهت تهیه سوخت های سبک بدست می آید. از اعداد و ارقام مربوط به نتایج تجزیه گازهای کراکینگ معلوم شده است که میتوان با انجام آن در حرارت های بالاتر و در حضور کاتالیزر نسبت پروپیلن به پروپان را بهتر نمود و شرایط عمل کراکینگ اثر محسوسی روی میزان نسبی پروپیلن ندارد. در جدول زیر فراوانی پروپیلن و سایر هیدروکربورهای حاصله از کراکینگ کاتالیتیک برش نفتا نموده شده است.

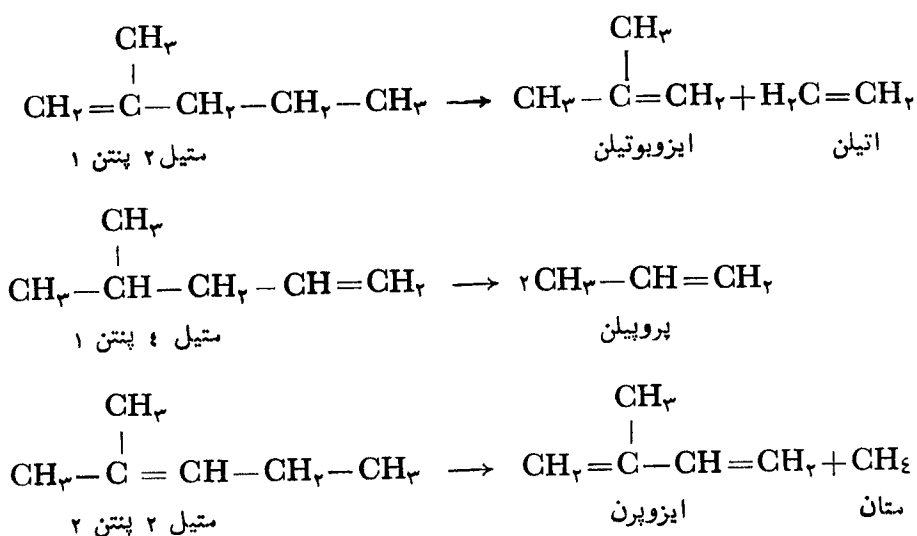
درصد وزنی		هیدروکربور	
کراکینگ ملایم	کراکینگ شدید	فرمول	نام
۰.۲۵	۰.۲۵	$C_2H_4 + C_2H_6$	اتان و اتیلن
۰.۵۵	۲.۵۰	$CH_3 - C \equiv CH$	متیل استیلن
۰.۵۰	۱.۸۰	$CH_2 = C = CH_2$	پروپادین
۹۳.۶۰	۹۲.۶۰	$CH_3 - CH = CH_2$	پروپیلن
۴.۸۰	۲.۵۰	$CH_3 - CH_2 - CH_3$	پروپان
۰.۳۰	۰.۳۰	$C_4H_8 + C_4H_{10}$	بوتان ها و بوتیلن ها

## مراحل اصلی روش دیمروپیلین

نخستین مرحله در فاز بخار و در مجاورت کاتالیزر صورت میگیرد و ایزوهگزن از بهم پیوستن دو سلکول پروپیلین بدست می آید (دیمریزه شدن) ، در مرحله دوم متیل ۲ پنتن ۱ را به هم فرموش میتل ۲ پنتن ۲ مبدل میسازند ( ایزومریزاسیون ) ، پیرولیز جسم اخیر سومین مرحله این روش است که در حضور بخار آب و یک کاتالیزر انجام میشود .



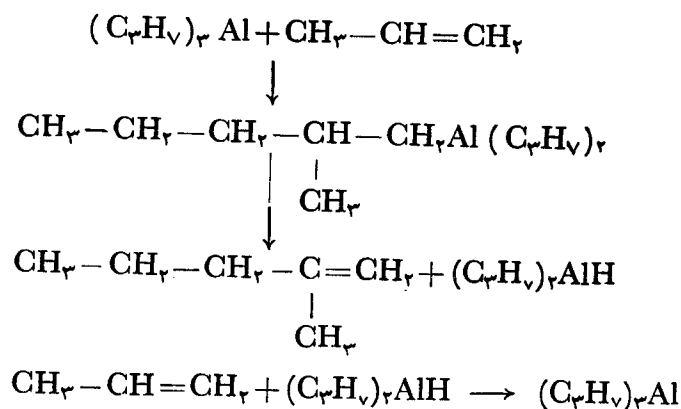
از نتیجه مطالعات سودمندی که روی پیرولیز هگزن ها انجام گرفته نیز معلوم شده است موضوعی که باید در این روش بیشتر مورد توجه قرار گیرد ، ایجاد همفرمول خاصی از دی پروپیلین برای ازدیاد بهره تولید ایزوپرن میباشد و رعایت این نکته که ضامن رشد و توسعه تجارتنی این صنعت است کمال لزوم را دارد . واکنش های زیر بخوبی این مطلب را روشن میسازد که برای رسیدن باین مقصود و بدست آوردن بهره ماکزیمم فقط میتل ۲ پنتن ۲ مورد نیاز است ، یعنی برای اینکه شکستگی زنجیر هیدروکربور در موقعیت خاص بتا (B) صورت گیرد و هیدروکربورهای متان و ایزوپرن بدست آید بایستی اتصال دوتائی میان کربن های دوم و سوم قرار داشته باشد .



### شیوه نوین دیمریزه شدن

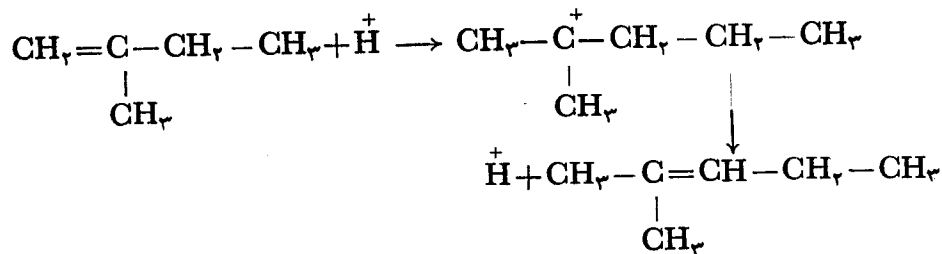
دیمریزه شدن هیدروکربورهای سیر نشده در شیمی آلی بسیار با ارزش است چون اساس مراحل صنعتی مهمی مانند سنتز کائوچو و انواع رزین های مصنوعی را تشکیل میدهد. مطالعه بهم پیوستن دو مولکول هیدروکربور اتیلنیک اولین بار توسط A. Butlerov روی ایزوبوتیلن انجام گرفت وی نشان داد هر گاه ایزو-بوتیلن تحت اثر اسید سولفوریک قرار گیرد، دی ایزوبوتیلن تشکیل میشود.

راههای گوناگونی در شیمی برای انجام واکنش دیمریزاسیون پروپیلن وجود دارد و بیشترین روشها پیوسته با کاربرد کاتالیزر مناسب صورت میگیرد. یکی از بهترین و مناسبترین کاتالیزرها برای تبدیل پروپیلن به دیمر مورد نظر با بهره تقریبی ۹۰ درصد تری پروپیل آلومینیوم  $Al(C_3H_7)_3$  میباشد. چگونگی واکنشهای شیمیائی این مرحله که تحت فشار ۲۰۰-۲۵۰ درجه سانتی گراد اجرا میگردد، بقرار زیر است:



بعلت ترکیبی زیاد ترکیبات قطبی و اکسیژن با تری آلکیل آلومینیوم باید دقت و مراقبت شود تا اثری از این گونه ناخالصیها در پروپیلن قبل از ورود به راکتور نباشد چه در غیر این صورت مصرف کاتالیزر بمیزان زیاد بالا میرود، بعلاوه کاتالیزر را در یک مدار مسدود بکار میبرند، برای اینکار جریان خروجی از راکتور را وارد برجهای انبساط می کنند، در این برجها کاتالیزر از مخلوط پروپیلن باقیمانده و دیمر تشکیل شده باسانی جدا میگردد و همراه ماده اولیه دوباره باطاق عمل فرستاده میشود.

بنابراین شرایط اصلی که در این روش باید بدان توجه شود اینست که باید پروپیلن را تا سرحد امکان خالص نمود و چون واکنش گرماساز است حرارت عمل بایستی تعدیل و تنظیم گردد. تغییر مکان اتصال دوتائی در اثر حرارت و همچنین در اثر مجاورت با کاتالیزرهای مناسب (اسیدی یا بازی) انجام پذیر است و مکانیسم واکنش توسط یون کربونیم و در مورد متیل پنتن ۱ بشکل زیر صورت میگیرد.



کاتالیزرهای بیشماری در این مورد بکار رفته ولی امروزه در صنعت کاتالیزر نوع اسید ( اسید فسفریک ) که بر روی پایه‌ای ثابت گردیده است بیش از همه متداول است. واکنش بیشتر در حرارت ۱۰۰ تا ۳۰۰ درجه سانتی گراد انجام مییابد و سرعت عبور طوری تنظیم خواهد شد که ضریب تبدیل آن در حدود ۹۷ درصد باشد.

تجزیه و تفکیک حرارتی متیل ۲ پنتن ۲ در کوره پیرولیز و در حرارت ۶۰۰ تا ۸۰۰ درجه سانتی گراد با سرعت تماسی برابر ۰.۵٪ تا ۳٪. ثانیه انجام می‌گردد، برای اینکه در این قسمت حتی الامکان از واکنش‌های نامساعد جلوگیری بعمل آید و در ضمن واکنش اصلی با سرعت قابل ملاحظه‌ای پیش برود، استعمال برمور هیدروژن بعنوان کاتالیزر در حضور بخار آب لازم و ضروری است. با وجود این نمیتوان از ایجاد مواد فرعی بطور کامل جلوگیری نمود.

جریان خروجی از این کوره‌ها وارد دستگاه تقطیر دیگری میشود، ابتدا متان و سپس هیدروکربورهای سبک و بالاخره در برج نهائی تقطیر هیدروکربورهای سنگین گرفته میشوند. ایزوپرنی که از بالای این برج بدست می‌آید دارای درجه خلوص ۹۹ درصد است که خوراک واحد صنعتی سنتز کائوچو را تشکیل میدهد. برای تولید یک تن ایزوپرن ۱/۵۲ تن پروپیلن، ۲۷ تن بخار آب، ۱۰۰۰ متر مکعب آب ( برای سرد کردن ) و ۳۰۰ کیلووات ساعت الکتریسته لازم خواهد بود. مقدار مواد فرعی برابر با ۱۰٪. تن متان، اتان، اتیلن و پروپان در مرحله دیمریزاسیون و ۲۴٪. تن متان و ۱۳٪. تن هیدروکربورهای دیگر در مرحله کراکینگ است.

### سنتز کائوچو - پلی ایزوپرن

ملکولهای سیرنشده دارای این خاصیت‌اند که در شرایط خاصی بدنبال و رویهم قرار گرفته و بدون اینکه چیزی از آنها کسر شود ملکول بزرگی تشکیل میدهند. این عمل را که پلیمرشدن نام نهاده‌اند یکی از مهمترین واکنش‌های الفین‌ها، دی‌الفین‌ها و بطور کلی هر ترکیبی است که اتصال دوتائی دارد. در مراحل اول از برخورد و تماس بین دو ملکول مونومر عمل دیمریزاسیون صورت می‌گیرد و دimer حاصل شده بنوبه خود با یک ملکول دیگر وارد واکنش شیمیائی می‌گردد و به یک تریمر تبدیل مییابد سپس با ادامه عمل ملکولهای سنگین وزنی ( پلیمر ) از تجمع چندین مونومر تولید میشود.



ترکیب این گونه اجسام آلی مناسب (مونومر) با یکدیگر اهمیت فوق العاده زیادی دارد و روز بروز صنایع بزرگی براساس آن تأسیس میگردد.

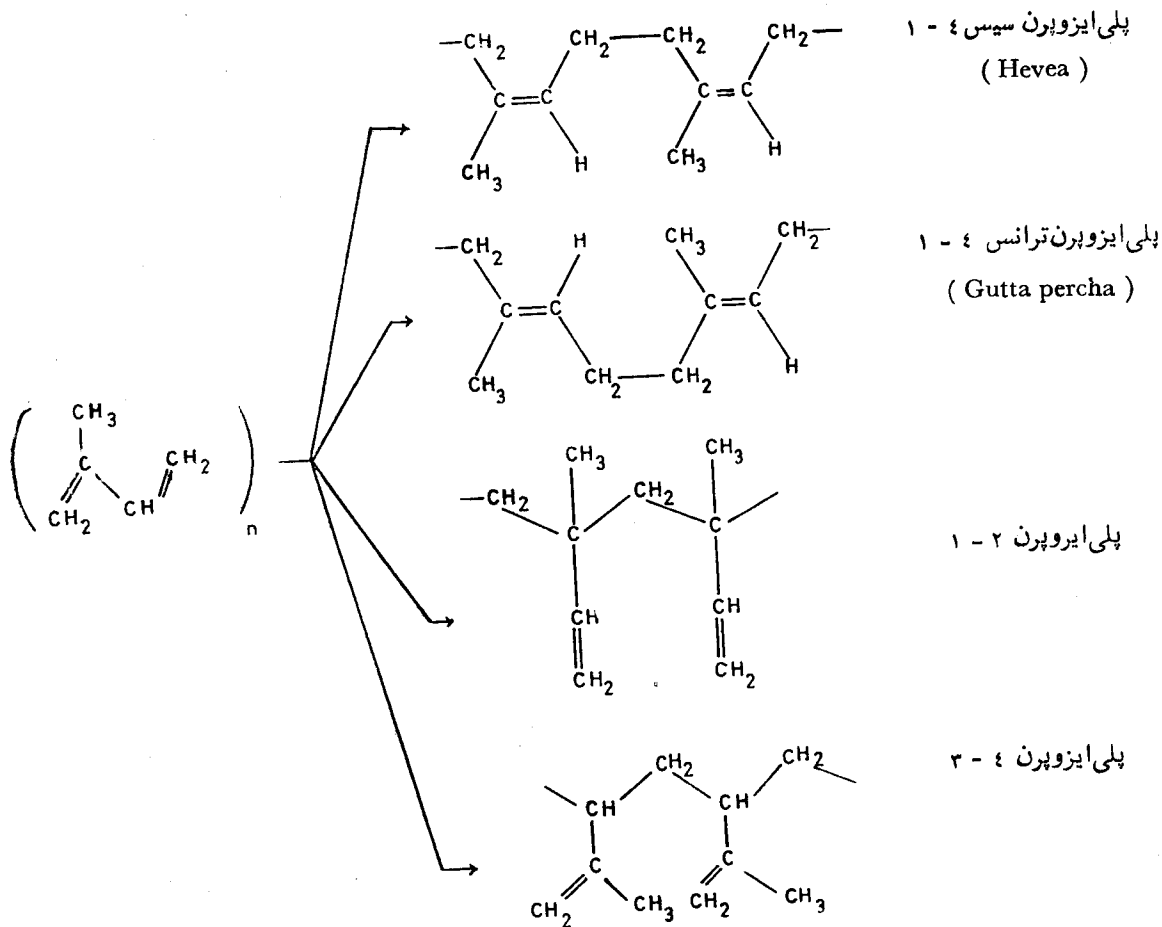
اهمیت ایزوپرن تنها از نظر پلیمر شدن نیست بلکه از نظر شناخت ساختمان سلکولی بسیاری از فرآورده های طبیعی (Isoprénoides) نیز جالب است چون اسکلت سلکولی این اجسام از چند واحد ایزوپرن تشکیل یافته است. (Régle Isoprénique de Ruzicka) برتری و اهمیت دی الفین ها که دارای بند دوتائی یک در میان و در وضع ۳ و ۱ هستند از لحاظ صنعتی در اینست که یکی از بندهای دو گانه در سلکول مونومر باقی میماند و از این نظر همانند کائوچوی طبیعی میباشد. بعلاوه به تجربه ثابت شده است که در مورد دی الفین ها اگر دو اتصال دوتائی در سلکول بوضع خاص یک در میان قرار گیرند پلیمر شدن تسریع خواهد شد. ویکی از مهمترین مصارف آنها را باید در تولید کائوچوی مصنوعی جستجو کرد، چنانچه ایزوپرن، بوتادین، کلروپرن، بمقدار زیاد در ساخت انواع کائوچو مصرف میشود.

واکنش های مربوط باین قسمت در طی بیست سال اخیر مورد بررسی جدی واقع شده و پیشرفت محسوسی در این زمینه نصیب گردیده است. تهیه پلیمرها و ماکرومولکولها در صنایع شیمیائی با روشهای مختلفی انجام میشود و بیشتر روشهای مربوط به پلیمریزاسیون چه از جهت نظری و چه از لحاظ عمل پیوسته با مصرف کاتالیزرهای مؤثر صورت میگیرد و بیشتر مطالعاتی که در این زمینه انجام یافته مربوط به پلیمر شدن کاتالیتیک است.

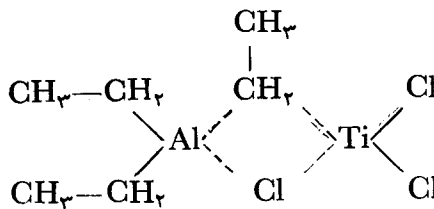
کاتالیزرهای مناسب این کار بر دو نوع است یکی نوع ریشه ای (Radical) و دیگر نوع ایونیک (Ionic) که هر یک برای ساخت پلیمر معین و خاصی مناسب میباشد عبارت دیگر با تغییر شرایط کار و نوع کاتالیزر انتخابی تهیه همفرمولهائی از پلیمرها با ساختمان فضائی متفاوت امکان پذیر است.

زیگلر (Ziegler) نشان داده است که این عمل حتی در حرارت و تحت فشار معمولی بآسانی قابل اجرا است بشرط آنکه کاتالیزر مناسب و مؤثری برای آن انتخاب گردد با کشف کاتالیزرهای زیگلر دگرگونی بزرگی در انجام واکنش پلیمریزاسیون رخ داد و این تحول زائیده تلاش و کوشش Karle Ziegler از انستیتوی مارکس پلانک آلمان و Giulio Natta از مدرسه پلی تکنیک میلان است این دو شیمی دان این واکنش را مورد مطالعه و بررسی دقیق قرار دادند و با شناخت مکانیسم آن کاتالیزرهای جدیدی عرضه نمودند. در هر حال پلیمر شدن در حضور کاتالیزر و درجات حرارت مختلف به تشکیل همفرمولهائی متعددی از پلی ایزوپرن منجر میشود.

جالب توجه اینست که با مصرف کاتالیزرهای از نوع زیگلر محصولی همانند کائوچوی طبیعی Hevea بدست می آید و سنتز آن یعنی تهیه پلی ایزوپرن بشکل سیس ۴ - ۱ در سال ۱۹۵۴ میلادی توسط Goodrich Gulf اعلام گردیده است.



**کاتالیست زیگلر ونانا** - این کاتالیزر از اثر یک مشتق آلی فلزدار مانند تری اتیل آلومینیوم ( فلزات Li و Zn نیز بکار رفته است ) بر روی ترکیبی از یک فلز واسطه از گروههای چهارم و ششم جدول تناوبی عناصر ( Zr - Cr - Ti ) مانند تترا کلرور تیتان تهیه میگردد . قبول کرده اند که فلز واسطه ابتدا توسط  $(C_2H_5)_2Al$  احیا میشود و سپس با آلومینیوم آلکیل که دارای کمبود الکترونی است ترکیب شده و کمپلکسی بوجود می آید که مسئول انجام واکنش پلیمر شدن است .

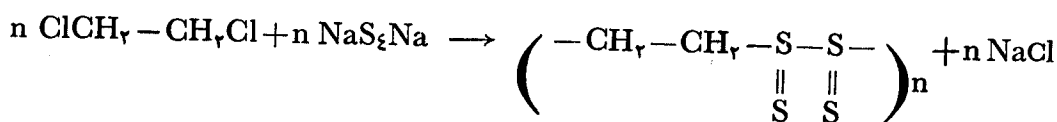


نوع کاتالیزر و حتی میزان نسبی کلرور تیتان و تری اتیل آلومینیوم در میزان تبدیل ایزوپرن به کائوچو و ساختمان ملکولی فرآورده نقش مهم و مؤثری را ایفاء می کند مثلاً وقتی که کلرور تیتان و تری اتیل به نسبت ۱/۱ بکار رود فراوانی نسبی فرم سیس ۴ - ۱ ، ۲ ، ۳ درصد و بهره تولید ۵ درصد میباشد در حالیکه اگر

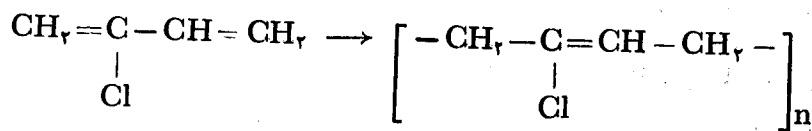
این نسبت به ۶ افزایش یابد با بهره صد درصد فرآورده محتوی ۶-۹ درصد فرمسیس ۴-۱ خواهد بود و بالاخره ترقی تدریجی این نسبت تا ۹ باعث کاهش بازده عمل تا کمتر از ده درصد میگردد ولی تأثیر قابل ملاحظه‌ای در شکل ساختمانی پلیمر ندارد. برای توضیح این موضوع چنین پذیرفته اند که آلکیل آلومینیوم فقط در پیش برد و آغاز نمودن واکنش مؤثر میباشد در صورتیکه فلز واسطه بیشتر در کنترل و ادامه رشد و توسعه زنجیر و بالاخره تنظیم فرم ساختمانی ملکول دخالت دارد.

جایزه نوبل ۱۹۶۳ بین **G. Natta** و **K. Ziegler** برای کارهای پرارزش ایشان در زمینه پلیمریزاسیون هیدروکربورهای اتیلنیک تقسیم گردیده است.

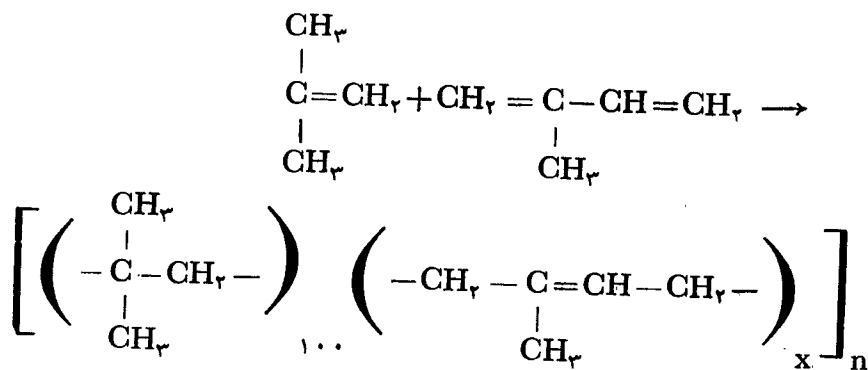
(۱) تیوکل الاستوسری است که بوسیله شیمی دان امریکائی **J. Patrick** سنتز شده است، پاتریک در ضمن آزمایش مشاهده کرد که وقتی محلول آبکی تترا سولفور سدیم با دی کلرور اتیلان حرارت داده میشود جسم الاستیکی زرد رنگی بدست میآید. مطالعات بیشتر این شیمیست منجر شد که در سال ۱۹۳۲ میلادی بعنوان لاستیک صنعتی بی بازار عرضه شود.



(۲) نئوپرن یا پلی کلروپرن اولین بار در امریکا تهیه شد و در سال ۱۹۳۲ به بازار عرضه گردیده است مونومر آن کلرو-۲ بوتادین است.



(۳) بوتیل کائوچو که امروزه بمقدار زیاد تهیه و مصرف میشود دارای خواص مکانیکی فوق العاده خوبی است و از بهم پیوستن ایزوپرن بمقدار کم (۶٪ تا ۳ مول درصد) و ایزوبوتیلن بوجود میآید.



تغییرات x از ۶٪ تا ۳٪ مول درصد و n از ۳۰ تا ۱۰۰۰ است.

در تهیه این مقاله از آثار و انتشارات زیر استفاده شده است .

- 1 - Hydrocarbon processing . No 1 - No 7 ( 1967 ) No 11 ( 1963 )
- 2 - Modern organic chemistry. J. D. Roberts - M. C. Caserio ( 1968 )
- 3 - Polymeric Materials. Winding - Hiatt (1967 )
- 4 - Encyclopedia of Chemical Technology. (1968)
- 5 - The petroleum Chemicals industry R. F. Goldstein (1958)
- 6 - Fundamentals of Petroleum Chemicals Technology - P. Belov (1970)
- 7 - Organic Chemistry B. Pavlov - A. Térentiev (1969)
- 8 - Chemistry of Petrochemicals Melvin - J. Astle (1956)