دانشگاه صنعتی شاهرود

جلسه نهم
مقدمه ای بر پلیمر ها و کاربردهایش

ساختار ماکرومولکولی پلیمرها

- پلیمرها ساختارهای ماکرومولکولی هستند که یا بصورت مصنوعی و یا از طریق فرآیندهای طبیعی تولید می شوند.
- نخ، ابریشم، لاستیک طبیعی، عاج، کهربا و چوب تعدادی از موادی هستند که بطور طبیعی دارای ساختار ماکرومولکولی آلی هستند در حالیکه کوارتز و شیشه دارای ساختار ماکرومولکولی غیرآلی هستند.

پیوندهای مولکولی و برهمکنشهای بین مولکولی

- به خاطر استحکام نسبتاً کم قطعات پلیمری، می توان دریافت که نیرویی که زنجیره های مولکولهای پلیمر را در کنار هم نگه می دارد از نوع کربن-کربن نیست بلکه از نوع واندروالسی است.
- این نیروی ضعیف ($F<10\ kJ/mol$) متناسب با فاصله بین مولکولها است:

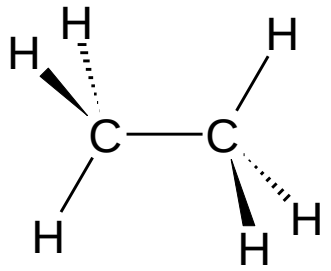
$$F \sim \frac{1}{r^6}$$

Polymer Composition

بیشتر هیدروکربن ها پلیمر هستند که از کربن و هیدروژن ساخته شده اند.hydrocarbons

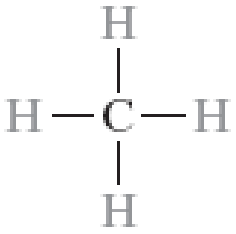
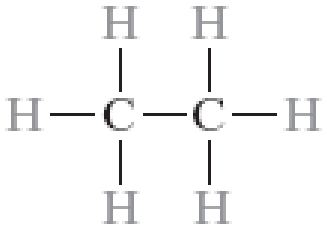
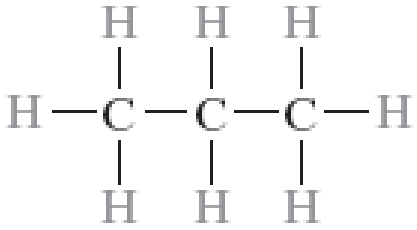
- هیدروکربن های اشباع شده

هر اتم کربن با چهار اتم پیوند برقرار کرده است.



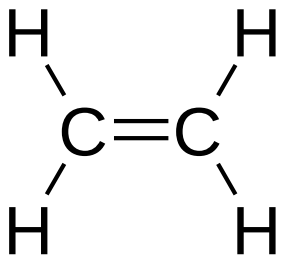
C_nH_{2n+2}

Table 14.1 Compositions and Molecular Structures for Some of the Paraffin Compounds: C_nH_{2n+2}

Name	*Composition*	*Structure*	*Boiling Point (°C)*
Methane	CH_4		−164
Ethane	C_2H_6		−88.6
Propane	C_3H_8		−42.1
Butane	C_4H_{10}		−0.5
Pentane	C_5H_{12}		36.1
Hexane	C_6H_{14}		69.0

هیدروکربن های غیر اشباع

- پیوندهای دوگانه و سه گاته نسبتا واکنش پذیر هستند و می توانند پیوندهای جدید تشکیل دهند.
  - Double bond – اتیلن - C_nH_{2n}



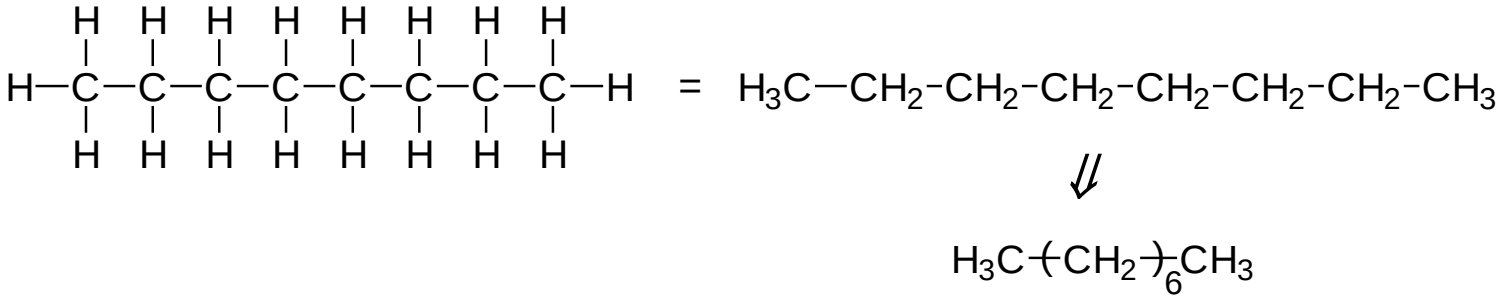
  - Triple bond – استیلن- C_nH_{2n-2}

ایزومریسم

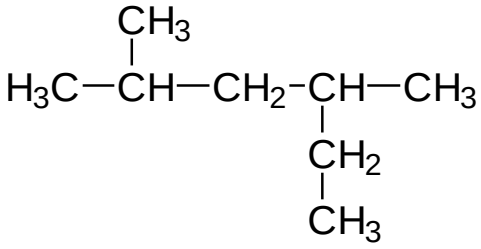
- ایزومریسم
  - دوترکیب با فرمول شیمیایی یکسان می توانند ساختارهای کاملا متفاوتی داشته باشند.

Ex: C_8H_{18}

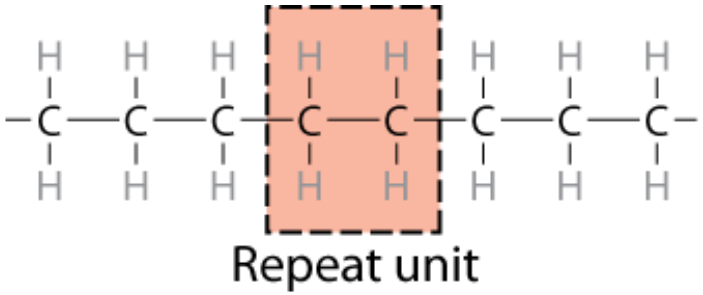
- n-octane



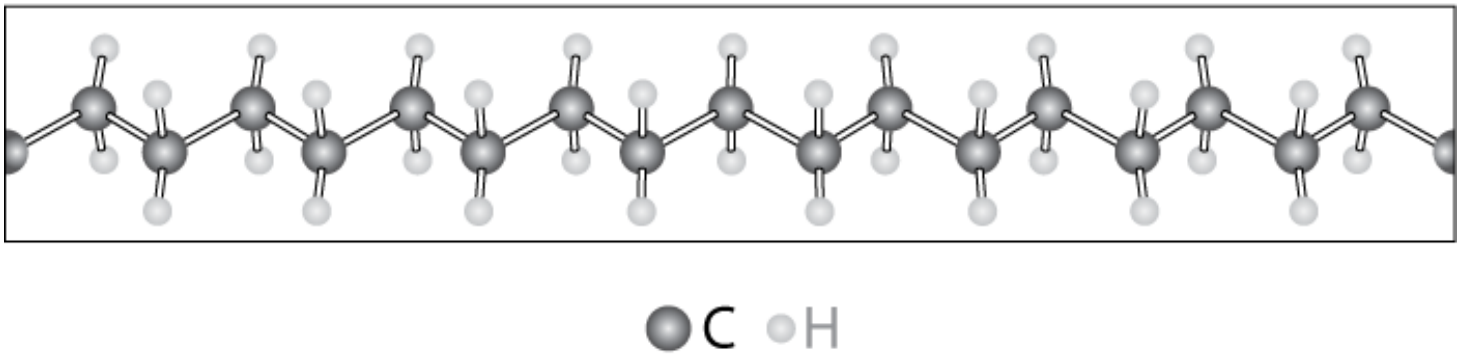
- 2-methyl-4-ethyl pentane (isooctane)



شیمی پلیمرها

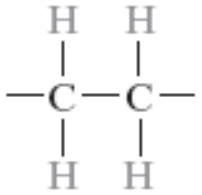
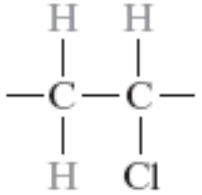
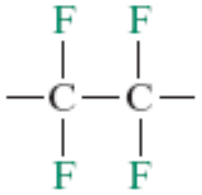
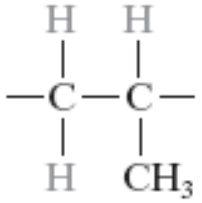


Adapted from Fig. 14.1, Callister 7e.



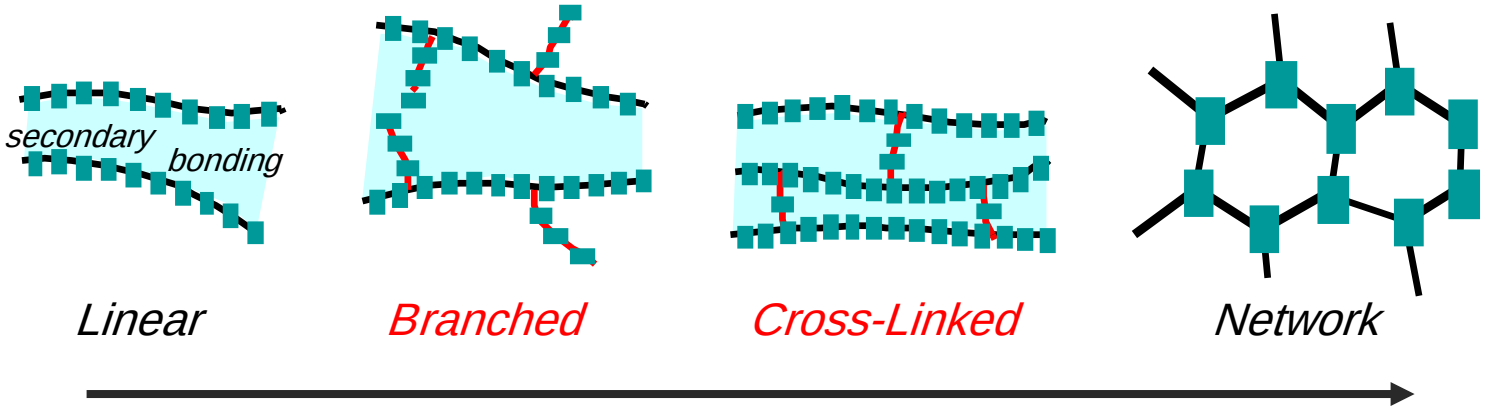
تعدادی از پلیمرهای رایج

Table 14.3 **A Listing of Repeat Units for 10 of the More Common Polymeric Materials**

Polymer	*Repeat Unit*
Polyethylene (PE)	
Poly(vinyl chloride) (PVC)	
Polytetrafluoroethylene (PTFE)	
Polypropylene (PP)	

ساختار مولکولی

- اشکال کووالانسی بین زنجیرها واستحکام:

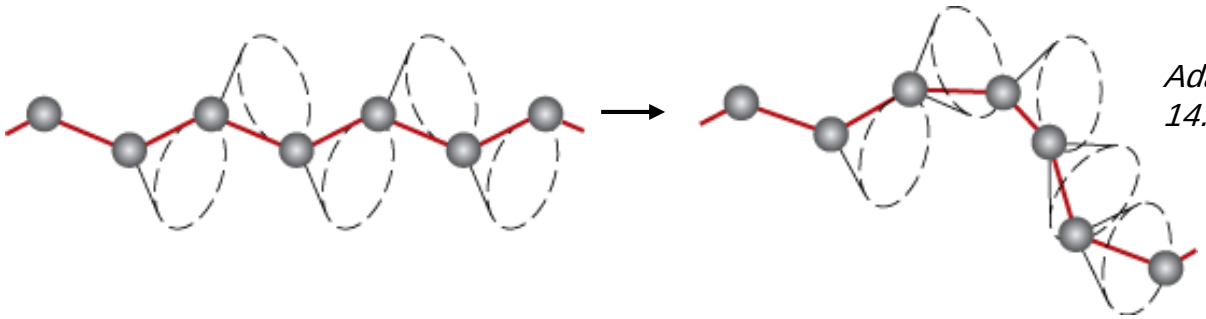


Adapted from Fig. 14.7, Callister 7e.

پلیمر- شکل مولکولی

جهات مولکول می تواند به وسیله چرخش در اطراف اتم ها تغییر کند

– توجه :نیاز به شکستن هیچ پیوندی نیست

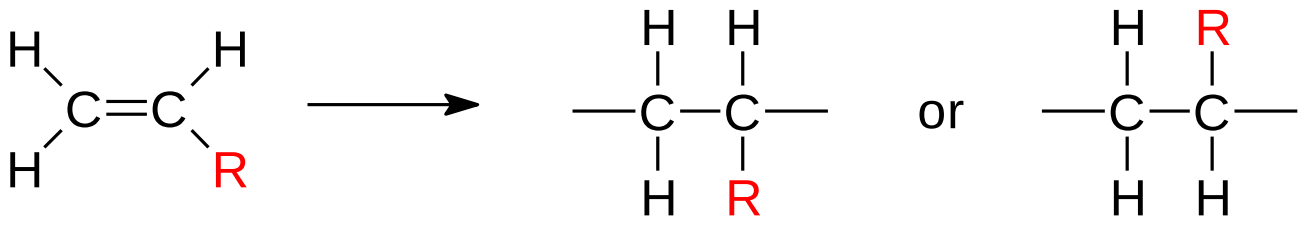


Adapted from Fig. 14.5, Callister 7e.

پلیمر- شکل مولکولی

پیوندها شکسته شود

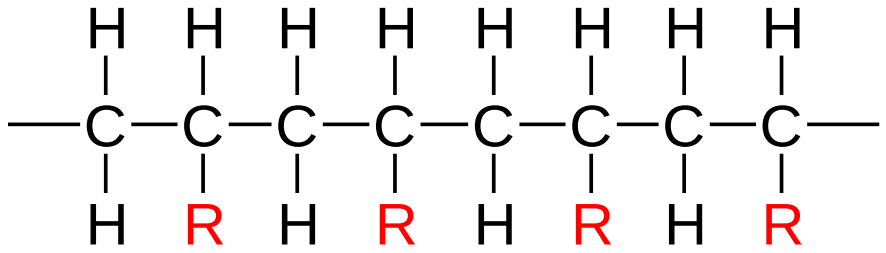
- ایزومر فضایی_



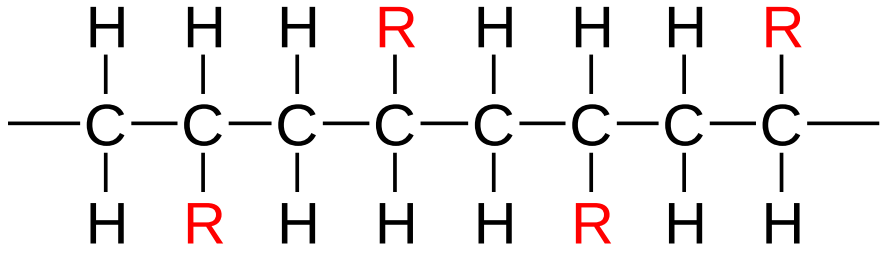
Tacticity

Tacticity – نحوه نظم زنجیرهای پلیمری

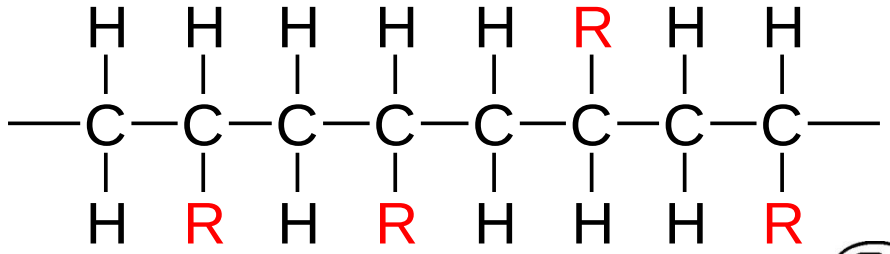
– *isotactic*: همه گروه های *R* دریک طرف قرار دارند



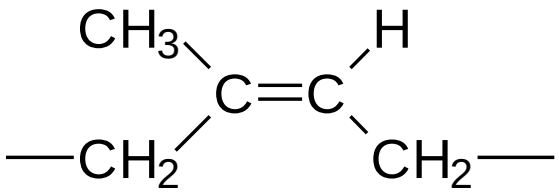
– *syndiotactic*: همه گروه های *R* به صورت یک در میان قرار دارند



– *atactic* همه گروه های *R* به صورت تصادفی قرار دارند



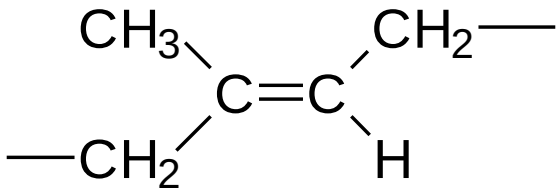
cis/trans ایزومر



cis

cis-isoprene
(حالت الاستیکی دارند)

bulky groups on same side of chain



trans

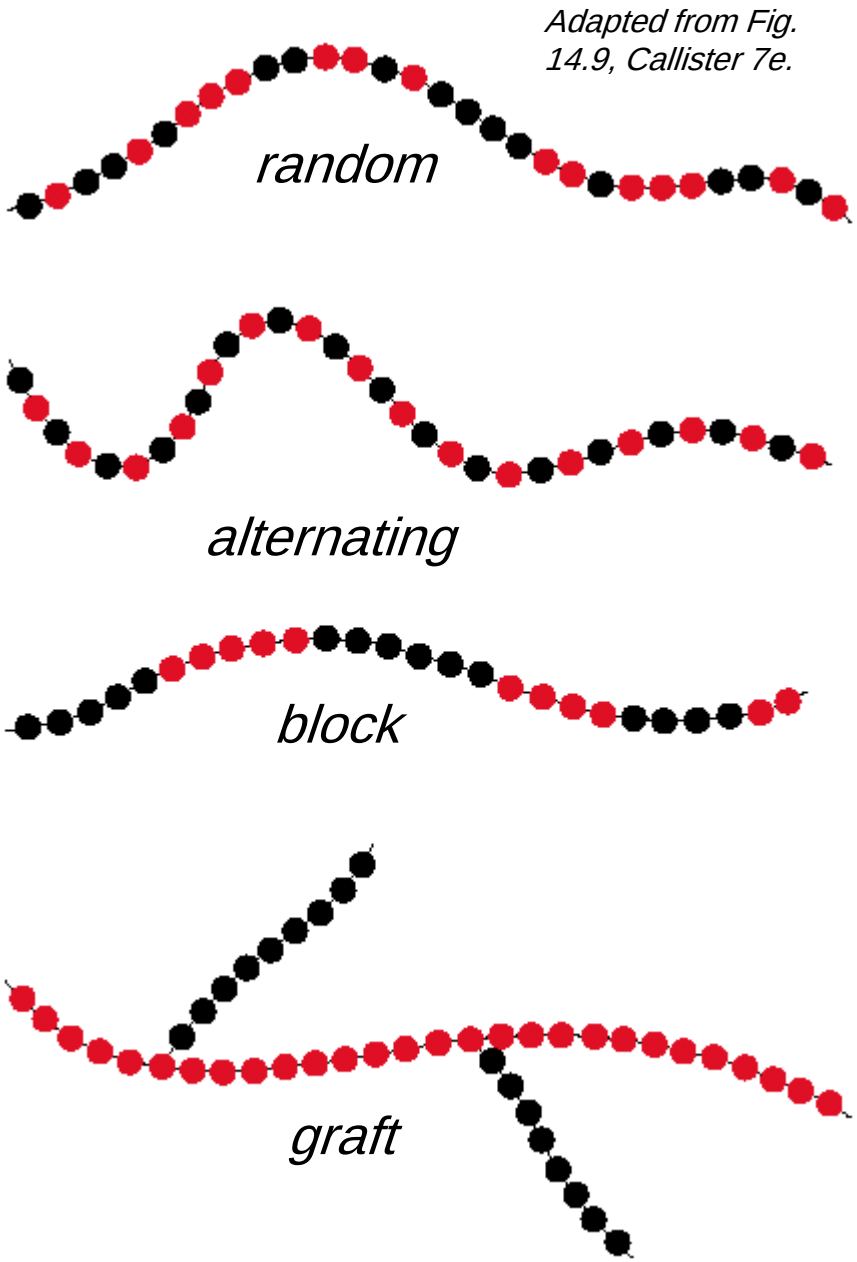
trans-isoprene
(حالت سفت و چقرمه هستند)

bulky groups on opposite sides of chain

کوپلیمرها

دو یا مونومرهای بیشتر که باهم پلمیریزه می شوند

- تصادفی A , B – به صورت تصادفی در زنجیر هستند
- متناوب A– B به صورت متناوب در زنجیر هستند
- بلوک A– B به صورت بلوک های بزرگ و متناوب در زنجیر هستند.
- پیوند B به صورت پیوند به A که مانند ستون فقرات هست، وصل هست.



A –

B –

پلیمرنیمه بلوری

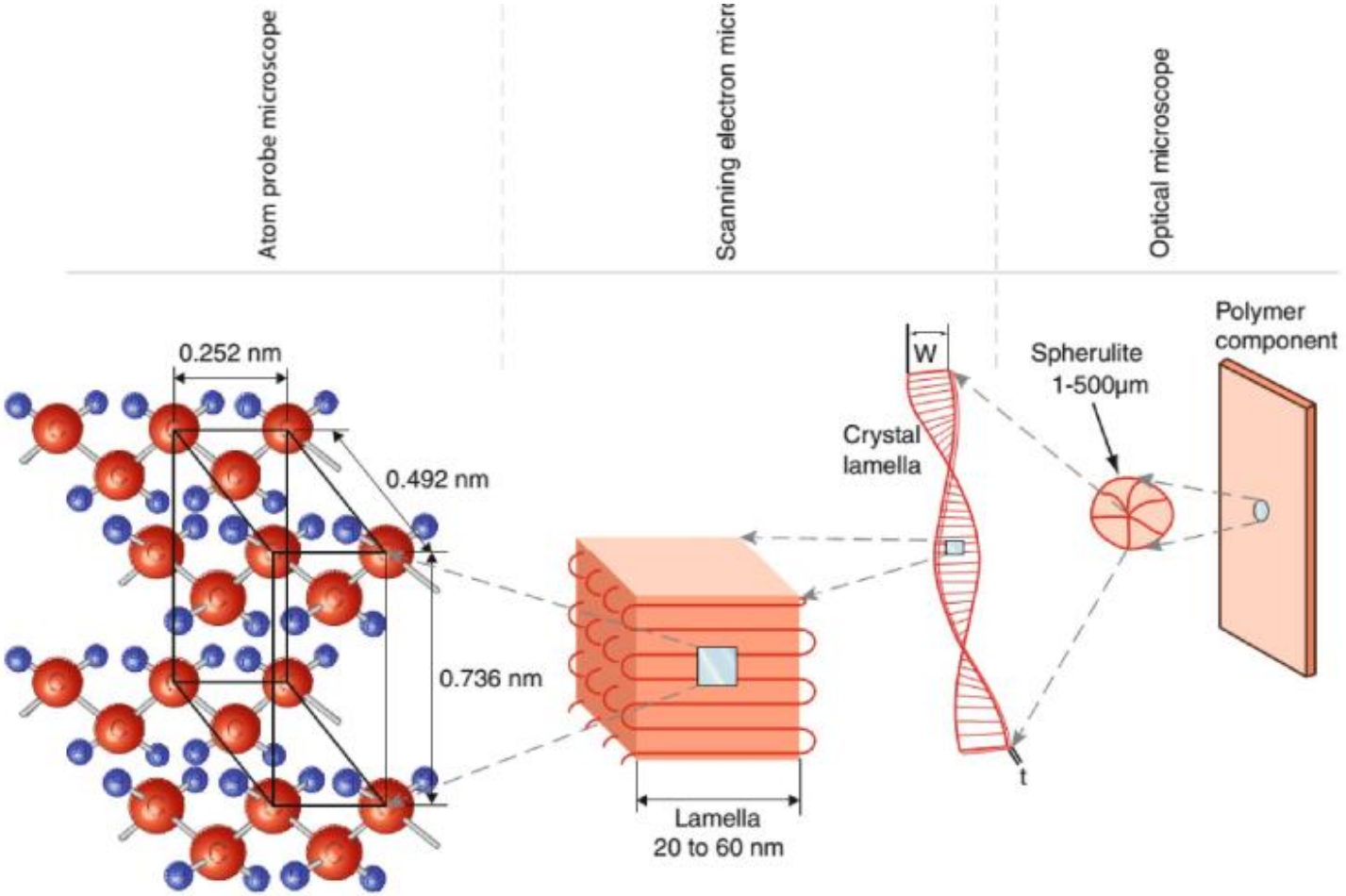


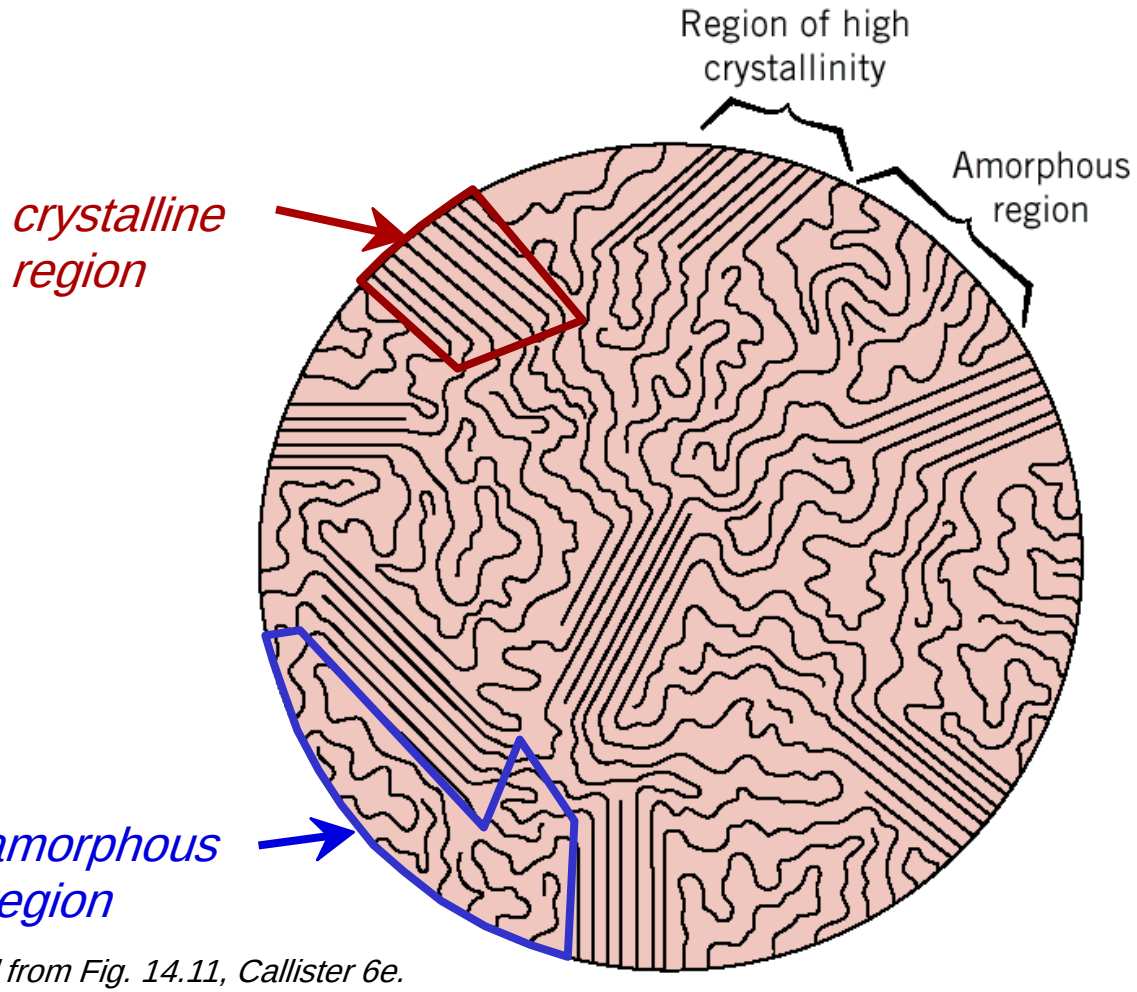
Figure 3.18 Schematic representation of the general molecular structure and arrangement of typical semi-crystalline materials

- اسفرولیتها دارای اندازه ای بین ۵۰ تا ۵۰۰ میکرومتر هستند. اندازه اسفرولیتها بزرگتر از طول موج نور مرئی است، از اینرو مواد نیمه کریستالی شفاف نیستند.
- مواد نیمه بلوری هم دارای مناطق بلوری هستند و هم مناطق بی شکل.
- چگالی و استحکام گرمانرم های نیمه بلوری با افزایش درجه کریستالی افزایش می یابد.

Table 3.3 Influence of Crystallinity on Properties for Low and High Density Polyethylene

Property	Low density	High density
Density (g/cm^3)	0.91 – 0.925	0.941 – 0.965
% crystallinity	42 – 53	64 – 80
Melting temperature (°C)	110 – 120	130 – 136
Tensile modulus (MPa)	17 – 26	41 – 124
Tensile strength (MPa)	4.1 – 16	21 – 38

اسفرولیت



Adapted from Fig. 14.11, Callister 6e.
(Fig. 14.11 is from H.W. Hayden, W.G. Moffatt, and J. Wulff, The Structure and Properties of Materials, Vol. III, Mechanical Behavior, John Wiley and Sons, Inc., 1965.)

دسته بندی پلیمرها

پلیمرها به طور کلی به سه گروه اصلی دسته بندی می‌شوند :

- گرمانرم ها یا ترموپلاستیک ها
- گرما سخت ها یا ترموست ها
- الاستومرها

- ترموپلاستیک ها با افزایش دما نرم شده و با خنک شدن شکل جدید شان حفظ میکنند ، به عنوان مثال، نایلون،

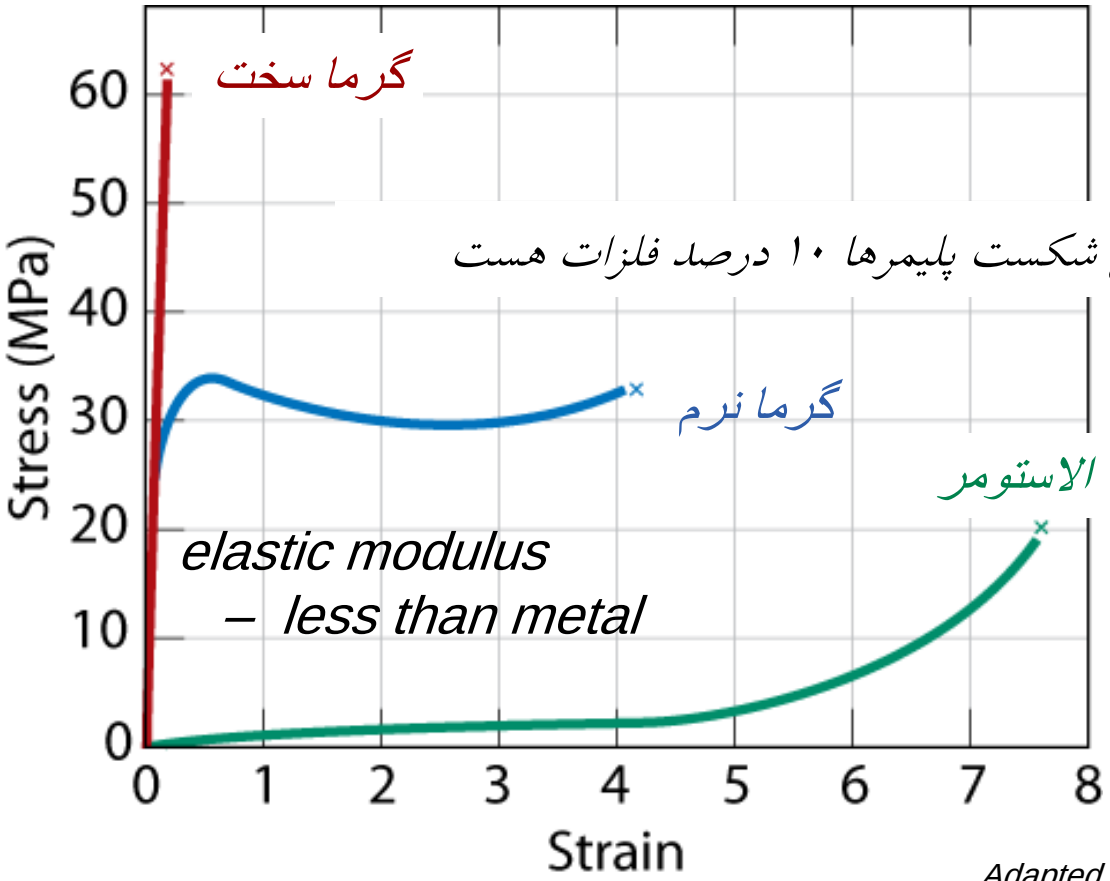
- پلاستیک های گرما سخت (ترموست ها) وقتی گرم می شوند، سخت شده و هنگام سرد شدن به سختی اولیه برمی گردند. این مواد با گرم شدن تحت فشار به یک شکل دائمی تبدیل می شوند.به عنوان مثال پریزهای برق

- الاستومرها نظیر رابرها، می توانند بدون پاره شدن و گسستن در برابر تغییر شکل مقاومت کنند. مثل لاستیک

.

خواص مکانیکی پلیمرها

- منحنی تنش – کرنش پلیمرها



تنش شکست پلیمرها ۱۰ درصد فلزات هست

Adapted from Fig. 15.1, Callister 7e.

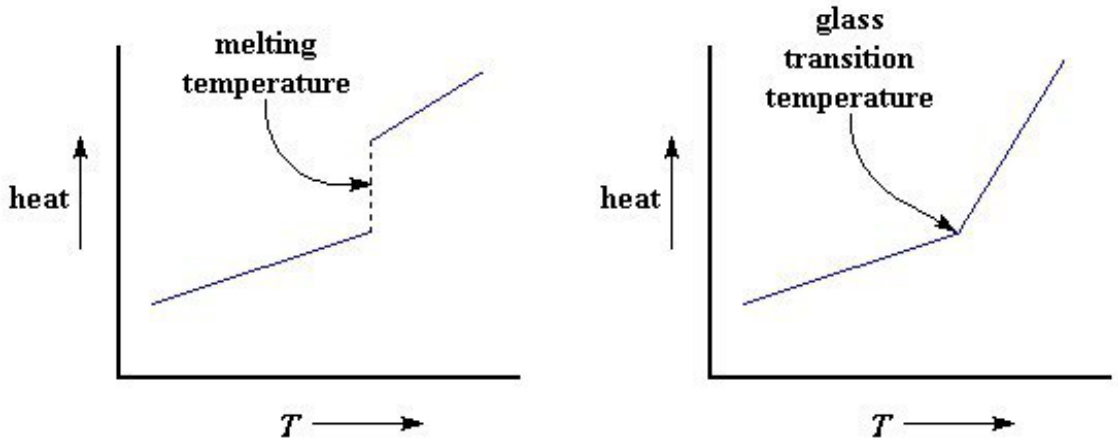
کرنش مواد پلیمری تا ۱۰۰۰ درصد هم ممکن هست در صورتی که برای فلزات ماکزیمم کرنش ۱۰ درصد هست

دمای انتقال شیشه ای

- دمای انتقال شیشه ای، دمایی است که در آن ماده از حالت جامد صلب به حالت لاستیکی تبدیل می شود.
- دمای ذوب تغییر حالت ماده از جامد به مایع است.
- معمولاً دمای انتقال شیشه ای برای پلیمرهای آمورف (بی نظم) و نیمه بلوری تعریف می شود

اهمیت دمای انتقال شیشه ای

- دمای انتقال شیشه ای Tg، دمایی است که در آن دما یک تغییر آنی مشاهده می شود و افت شدید (حدود ۱۰۰۰ مرتبه ای) مدول رخ می دهد.
- دمای انتقال شیشه ای برای پلیمر های آمورف و نیمه بلورین اتفاق می افتد.
- برای پلیمرهای کاملا بلورین دمای انتقال شیشه ای وجود ندارد بلکه نقطه ذوب داریم
- پلیمر ترموپلاستیک چون نیمه بلورین هست پس هم دمای انتقال شیشه ای داریم وهم نقطه ذوب.
- پلیمر ترموست درصد کمی از پلیمر آمورف دراد بنابراین اهمیت نقطه ذوب در این پلیمرها از نقطه انتقال شیشه ای بیشتر هست
- پلیمر الاستومر چون بیشتر آمورف هستند اهمیت نقطه شیشه ای بیشتر از نقطه ذوب هست.



A heat vs. temperature plot for an crystalline polymer, on the left; and a amorphous polymer on the right.

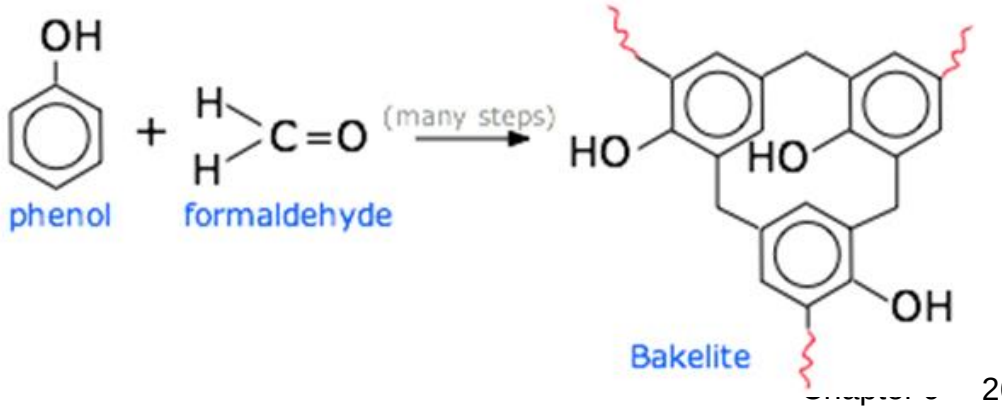
کاربرد ترمو پلاستیک (گرما نرم)

این گروه از پلاســتیک‌ها در اثر اعمال حرارت تغییر شکل می‌دهند، با اعمال نیرو تغییر شــکل مورد نظر را می‌گیرند و با ســرد شــدن شکل جدید خود را حفظ می‌کنند. ۹۰٪ پلاســتیک‌ها در حال حاضر از این گروه مواد هســتند. این گروه از پلاســتیک‌ها به راحتی قابلیت بازیافت دارند و استفاده مجدد از آن‌ها بدون آن‌که خواص آن‌ها تغییر کند، امکان‌پذیر است. از مهمترین پلاستیک‌های این گروه می‌توان به پلی‌اتیلن (PE) اشــاره کرد. تولید این ماده به دلیل فرایند تولید نه‌چندان پیچیده در اغلب مصارف مورد توجه اســت. تولید لوله از این ماده هم اکنون رایج شــده اســت

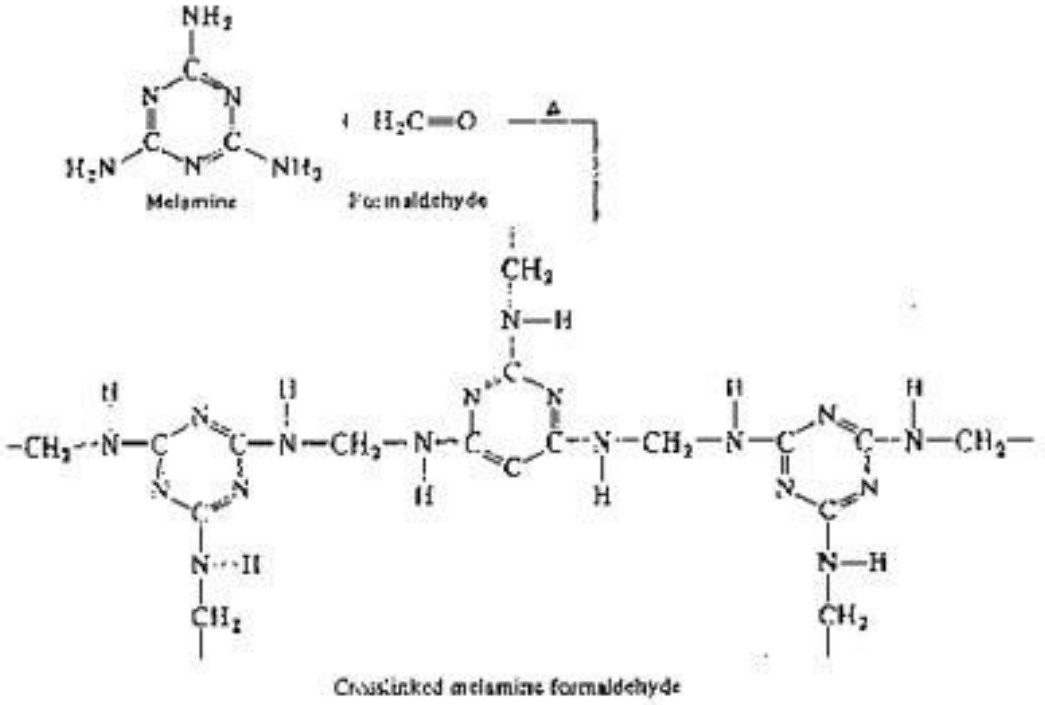
پلی‌پروپیلـــن PP که شـــباهت زیادی به پلی اتیلـــن دارد، دارای وزن مخصوص کم است و مقاومت به خوردگی زیادی از خود نشان می‌دهد. این پلیمر نسبت به محیط‌های اکســـنده و نور ماوراء بنفش بسیار حساس بوده و تجزیه می‌شود ولی در برابر اسیدها و بازها مقاومت زیادی دارد. رنگ این ماده، سفید شیری و رنگ خود را به‌خوبی حفظ می‌کند. برای تولید لوازم و تجهیزات مواد شیمیایی و آزمایشگاهی اغلب از این ماده استفاده می‌کنند.

کاربرد ترموست (گرما سخت)

در حین فرایند قالب‌گیری ترمو ســـت‌ها، مواد تشـــکیل دهنده دچار واکنش شیمیایی شده و نیروهای قوی بین مولکول مواد آن تشکیل می‌شود. این نیروها که از جنس نیروهای پیوندی کووالانسی است، از نیروهای واندروالس در مولکول‌های ترموپلاستیک‌ها بسیار قوی‌تر است. این پیوند باعث می‌شود جسم تشکیل شده از این مواد دارای یک ساختار جامد بسیار قوی شود و بسیار پایدار باشد. از مهمترین ترموست‌ها می‌توان فنل فرمالدئید که با نام تجاری باکالایت شناخته می‌شود نام برد. این پلیمر بسیار سخت و شکننده ولی مقاوم به حرارت و جریان الکتریکی اســـت و در صنایع برق و الکترونیک کاربرد وســـیعی دارد. این ماده در ساخت و تولید کلیدها و پریزهای برق مصرف زیاد دارد.



ملامیـــن فرمالدئیـــد MF هم که از دیگـــر پلیمرهای این گروه اســـت، مقاومت حرارت زیادی داشـــته و به‌دلیل مقاومـــت در برابر آب در تولید ظروف خانگی کاربرد دارد



کاربرد الاستومرها

- دو نوع الاستومر داریم

۱- لاستیک طبیعی

۲- لاستیک مصنوعی

لاستیک طبیعی

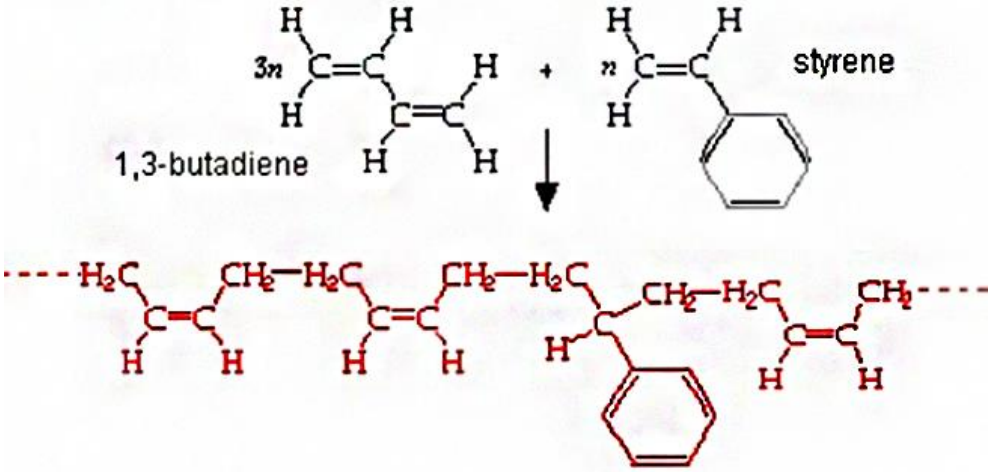
- لاستیک طبیعی از لاستیک خام به دست می‌آید که بیشتر از شیره‌ی گیاه هویا برازیلینسیس کشیده می‌شود.
- یک بریدگی در پوست درخت ایجاد می‌شود و لاستیک خام در یک فنجان یا قابلمه جمع آوری می‌شود،
- سپس فیلتر شده، شسته می‌شود و می‌گذارند که با یک اسید واکنش دهد تا ذرات لاستیک منجمد شوند و جرم تشکیل دهند.
- سپس لاستیک در قالب‌هایی فشرده می‌شود و خشک می‌شود. پس از آن به مراحل بعدی تولید در صنعت می‌رود تا اصلاح شود.

لاستیک مصنوعی

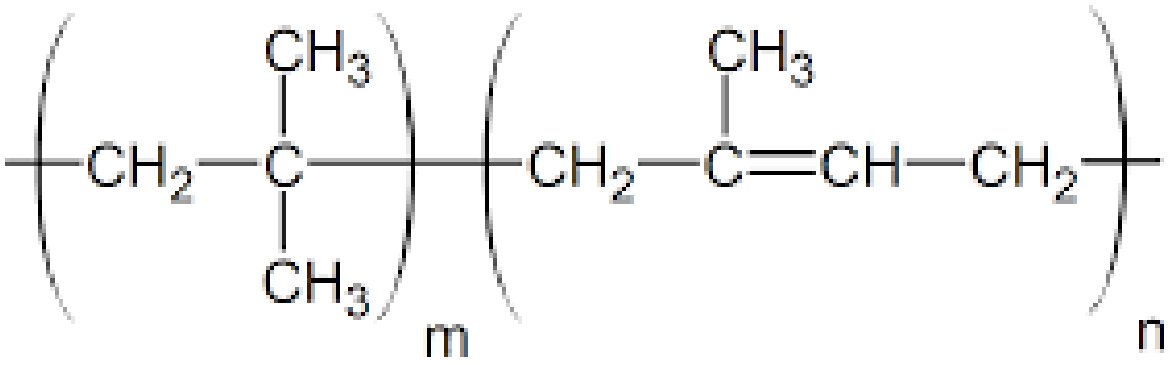
لاستیک‌های مصنوعی با پلیمریزاسیون مواد پترو شیمیایی مختلف که به نام مونومر شناخته می‌شوند، به دست می‌آیند. برخی نمونه‌ها عبارتند از:

- لاستیک استرین بوتادین SBR که از هم – پلیمریزاسیون استرین و بوتادین به دست می‌آید.
- لاستیک بوتیل IIR که یک لاستیک مصنوعی است که از هم – پلیمریزاسیون ایزوبوتیلن با ایزوپرن به دست می‌آید،
- لاستیک نیتریل NBR که یک لاستیک مصنوعی مقاوم به نفت است که از هم – پلیمریزاسیون آرکیلونیتریل و بوتادین به دست می‌آید

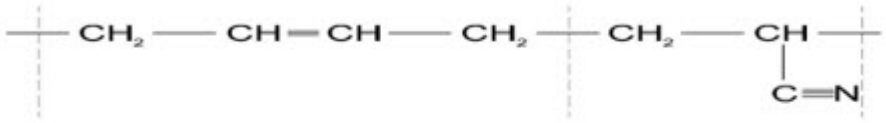
Styrene-Butadiene Rubber



Isobutylene Rubber (IIR)



Isobutylene Isoprene



بوتادين

نيتريل

کاربرد لاستیک

- لاستیک طبیعی کاربردهای مختلفی دارد و برای ساخت بسیاری از قطعات و محصولات لاستیکی از آن استفاده میشود.از لاستیک طبیعی در صنعت پزشکی برای تهیه محصولات لاتکس و در صنعت خودروسازی برای ساخت انواع تایر ، اجزای موتور و تیوپ خودرو و.... استفاده میشود.
- از لاستیک مصنوعیSBR نیز برای کابل های سیم کشی، تسمه و نقاله، موکت و کفپوش و.....
- از لاستیک مصنوعیNBR نیز برای دستکش غیر لاتکس ، درزگیرهای روغنی، تولید پوشش‌های محافظت کننده از کابل در برابر مواد شیمیایی و....
- . از لاستیک مصنوعی IIRنیز برای نوار لاستیکی برای درزهای شیشه های اتومبیل، ضربه گیرها، عایق های الکتریکی ، تیوپ توپ های فوتبال و بسکتبال و .. .