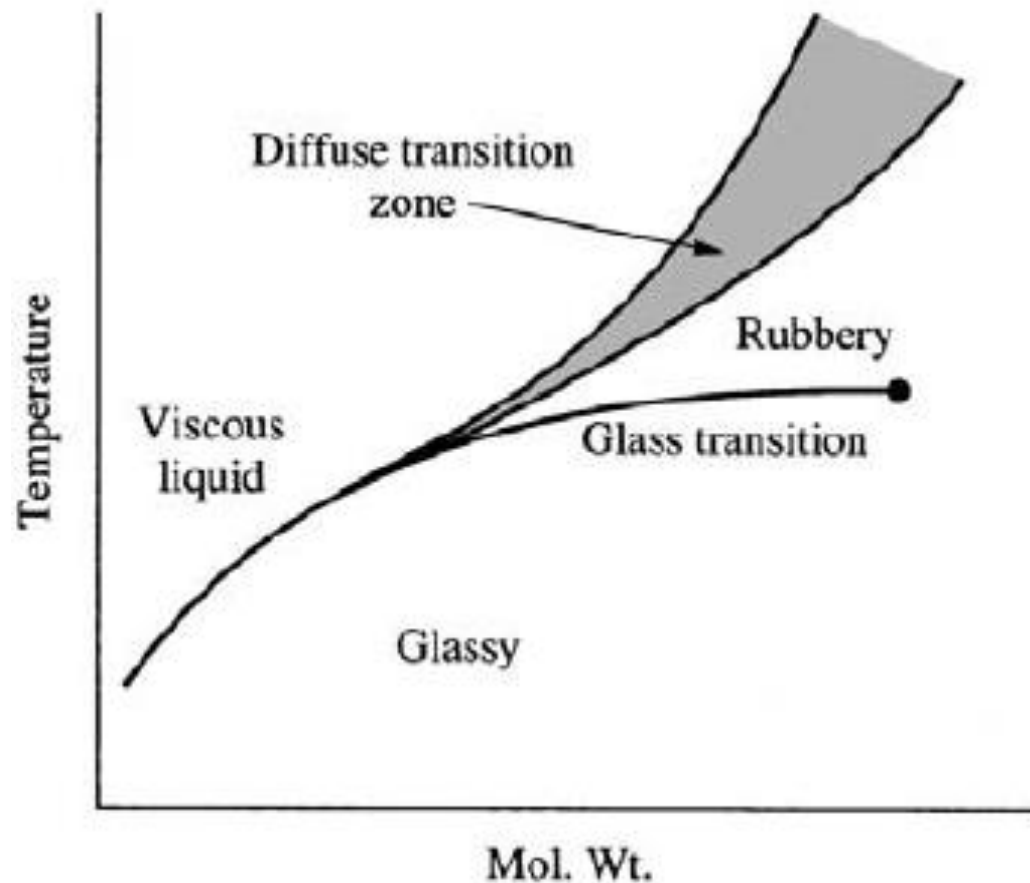


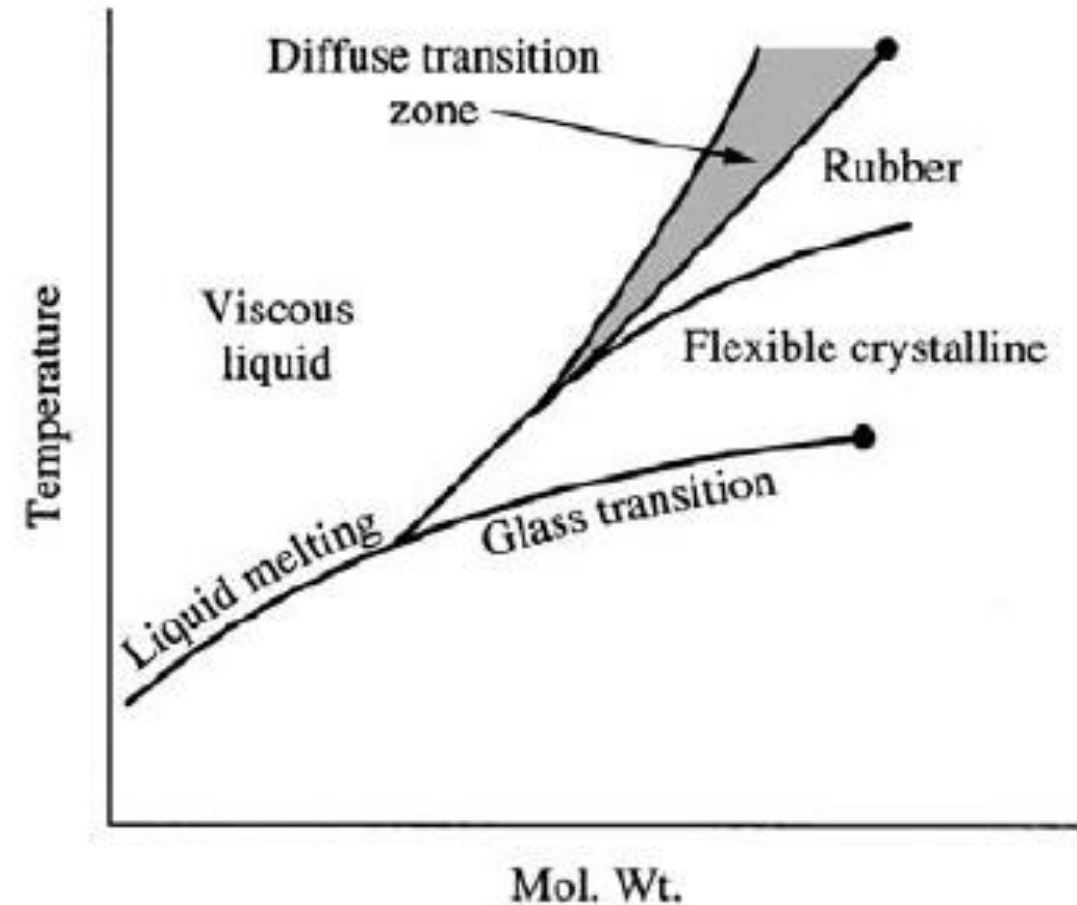
ESTRUCTURA QUÍMICA Y PROPIEDADES EN POLÍMEROS

Efecto de la temperatura

Un polímero nunca es completamente cristalino y esta característica se mide con el porcentaje de cristalinidad.



(a) Amorphous polymer



(b) Crystalline polymer

Una molécula puede tener algunos de los siguientes tipos de movimientos:

1. Movimiento traslacional de la molécula completa.
2. Torsión a lo largo de la cadena (40-50 C-C).
3. Movimiento cooperativo de corto alcance (5-6 C-C).
4. Vibración de átomos de carbono en la molécula polimérica.

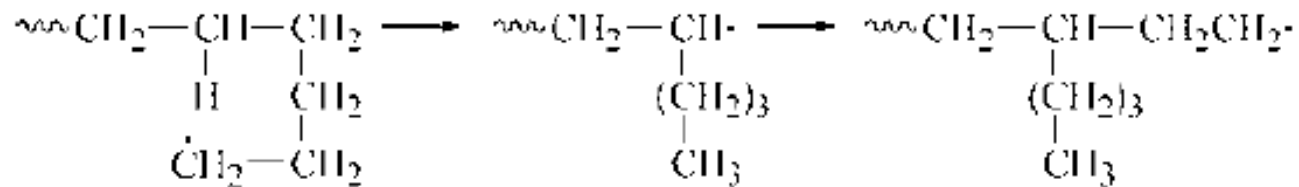
La temperatura de transición vítrea, T_g , es la temperatura por debajo de la cual los movimientos traslacionales, de torsión de corto y largo alcance se congelan. Mientras que en el estado vítreo se detiene solamente el movimiento traslacional.

Ejemplos de polímeros elásticos con T_g menor a la T_{amb} : neopreno, poliisobutileno, gomas butílicas.

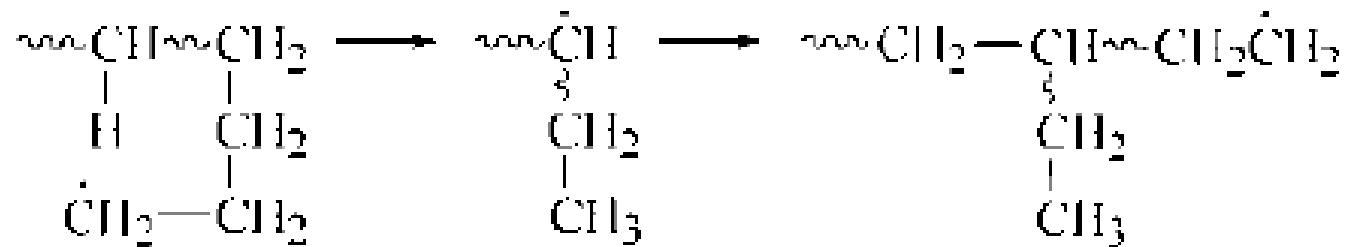
Flexibilidad de cadena

Los enlaces C-C y C-O son flexibles. Los dobles enlaces y anillos fenílicos restringen la flexibilidad.

En la obtención del polietileno, se forman ramificaciones cortas



Así como ramificaciones más largas (T_g -20°C, material resistente a T amb).



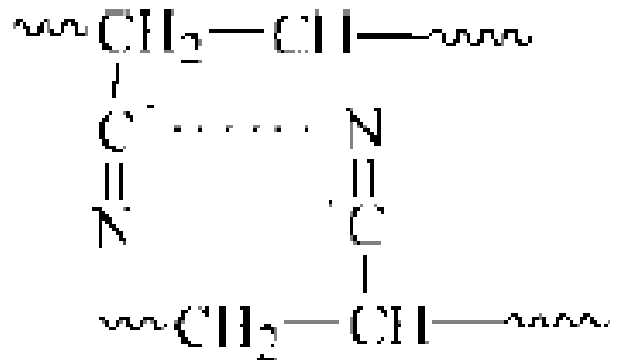
El polietilen tereftalato tiene un grupo fenílico en cada unidad repetitiva, lo que lo hace aún más rígido o con mayor T_g . El mismo efecto se observa en 1,4-polibutadieno.

Interacción entre polímeros

Las moléculas poliméricas interactúan por enlaces secundarios (fuerzas dipolares).

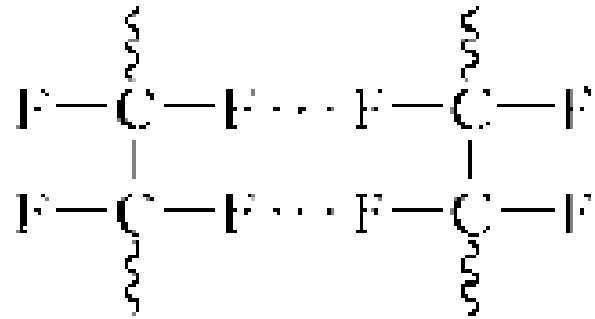
La T_g del PVC es mayor a la del polietileno por la fuerza dipolar inducida gracias al cloro en las unidades repetitivas.

Los radicales cianídricos forman enlaces iónicos también (similar al Cl)



Los puentes de hidrógeno también son un tipo de fuerza dipolar y afecta del mismo modo a la T_g . Ramificaciones o grupos funcionales con hidrógeno aumentan los puentes de hidrógeno.

Fuerzas de van der Waals, ejemplo: politetrafluoroetileno.



Peso molecular

Un bajo peso molecular significa mayores terminaciones de cadena, las cuales están poco restringidas (mayor movilidad). Por tanto, tienen baja T_g . Los polímeros de alto peso molecular tienen mayor T_g gracias a este efecto.

Se puede relacionar la T_g con el peso molecular

$$T_g = T_g^\infty - \frac{K}{\mu_n}$$

T_g^∞ es el valor de la T_g para un polímero con peso molecular infinito; μ_n es la longitud de cadena promedio del material; K es una constante positiva que depende del material.

Naturaleza de los enlaces

Un copolímero puede verse como la unión de dos homopolímeros con T_{g1} y T_{g2} .

$$\frac{1}{T_g} = \frac{w_1}{T_{g1}} + \frac{(1 - w_1)}{T_{g2}}$$

w_1 es la fracción en peso de alguno de los dos monómeros presentes.

En algunas ocasiones los copolímeros presentan 2 valores de T_g correspondientes a los dos bloques. Además la interacción (enredamiento) de las ramificaciones largas afecta a la T_g . La T_g calculada por la ecuación anterior puede ser afectada por esto. El entrecruzamiento es, por tanto, otro factor que afecta T_g .

La presencia de todos estos factores implica que el polímero es de tipo amorfo.

En los polímeros cristalinos existe un estado cristalino flexible, previo al estado elástico. Posteriormente se transforma a un líquido viscoso a la temperatura de fusión T_m .

Los polímeros isotácticos y sindiotácticos pueden tener una cristalinidad que les confiere termoplasticidad y capacidad de resistir mayores temperaturas. Pocos polímeros atácticos pueden cristalizar.

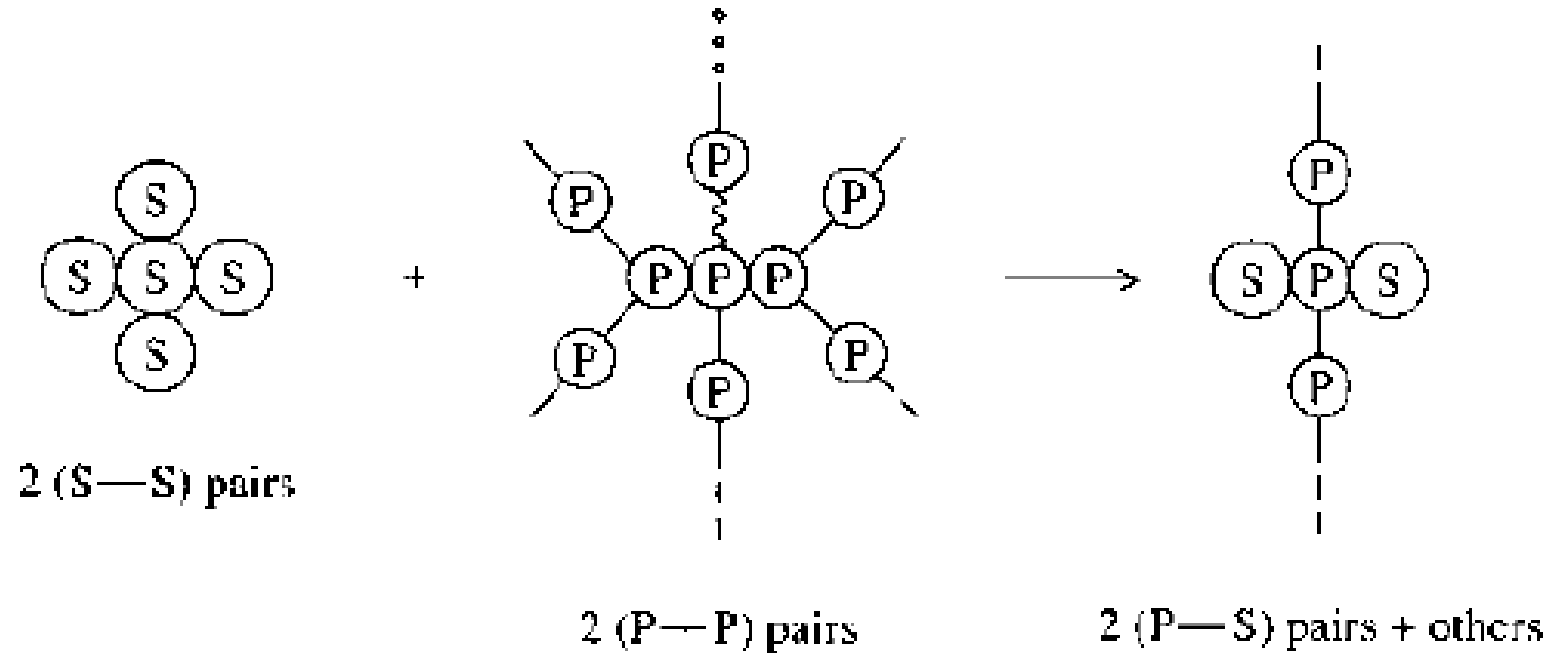
Aditivos

Los aditivos confieren propiedades especiales a los polímeros.

Box 2.1 Various Additives to Polyvinyl Chloride

| | |
|-------------------------|---|
| Commercial polymer | Largely amorphous, slightly branched with monomers joined in head-to-tail sequence. |
| Lubricant | Prevents sticking of compounds to processing equipment. Calcium or lead stearate forms a thin liquid film between the polymer and equipment. In addition, internal lubricants are used, which lower the melt viscosity to improve the flow of material. These are montan wax, glyceryl monostearate, cetyl palmitate, or aluminum stearate. |
| Filler | Reduces cost, increases hardness, reduces tackiness, and improves electrical insulation and hot deformation resistance. Materials used are china clay for electrical insulation and, for other works, calcium carbonate, talc, magnesium carbonate, barium sulfate, silicas and silicates, and asbestos. |
| Miscellaneous additives | Semicompatible rubbery material as impact modifier; antimony oxide for fire retardancy; dioctyl phthalate as plasticizer; quaternary ammonium compounds as antistatic agents; polyethylene glycol as viscosity depressant in PVC paste application; lead sulfate for high heat stability, long-term aging stability, and good insulation characteristics. |

Los plastificantes son líquidos (o sólidos) de alto punto de ebullición que producen un polímero más suave y más flexible.



Los parámetros de solubilidad de los polímeros pueden determinarse experimentalmente

Los rellenos usualmente son sólidos que modifican las propiedades físicas del polímero. El tamaño de partícula es uno de los factores más importantes. Otro factor importante es la naturaleza química de la superficie.

Un agente de acoplamiento proporciona a menudo grupos funcionales polares, los cuales mejoran las propiedades de mojado, por medio de la modificación de la superficie.

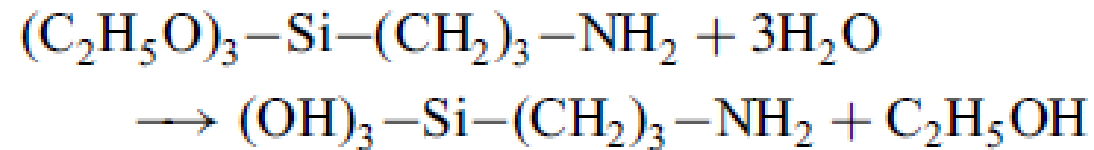
Los agentes de acoplamiento son químicos que modifican la superficie de los rellenos: una parte que se quimisorbe en la superficie y otra parte que interacciona con el polímero.

Carbonato de calcio con ácido esteárico. El ácido esteárico es el agente de acoplamiento.

Negro carbón con peróxido de benzoílo en alcohol a 45°C (carbón activado).

Otro importante tipo de agente de acoplamiento son los silanos, con una reacción en dos etapas:

1. La mitad del éster silánico se hidroliza



2. El producto reacciona con grupos OH de la superficie

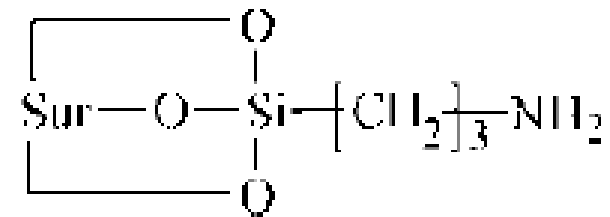
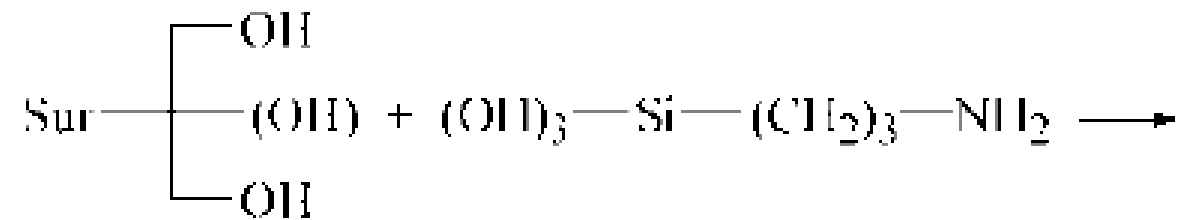

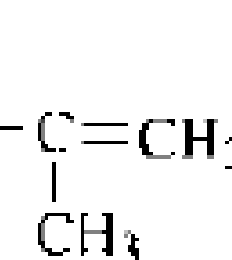
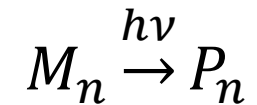


TABLE 2.1 Silane Coupling Agents

| Name | Formula |
|--|--|
| γ -Aminopropyl triethoxy silane | $(\text{C}_2\text{H}_5\text{O})_3\text{—Si—}(\text{CH}_2)_3\text{—NH}_2$ |
| γ -Chloropropyl triethoxy silane | $(\text{C}_2\text{H}_5\text{O})_3\text{—Si—}(\text{CH}_2)_3\text{—Cl}$ |
| γ -Cyanopropyl trimethoxy silane | $(\text{CH}_3\text{O})_3\text{—Si—}(\text{CH}_2)_3\text{—CN}$ |
| γ -Glycidoxypropyl trimethoxy silane | $(\text{CH}_3\text{O})_3\text{—Si—}(\text{CH}_2)_3\text{—CH}_2\text{—CHCH}_2$  |
| γ -Mercaptopropyl trimethoxy silane | $(\text{CH}_3\text{—O})_3\text{—Si—}(\text{CH}_2)_3\text{—SH}$ |
| γ -Methacryloxypropyl trimethoxy silane | $(\text{CH}_3\text{—O})_3\text{—Si—}(\text{CH}_2)_3\text{—OC(=O)—C(CH}_3\text{)=CH}_2$  |

Estructura química

Se añaden a los polímeros antioxidantes y estabilizantes en bajas concentraciones (<1%). Sin estos compuestos, el polímero forma radicales poliméricos por medio de la interacción con la luz.



Posteriormente estos radicales reaccionan con el oxígeno para formar radicales alquil peróxidos ($P_{n1}-O_2$), los cuales pueden sustraer hidrógeno de las moléculas vecinas.

Antiformadores de peróxido: materiales que forman productos estables con los radicales formados durante la auto oxidación.

Desactivadores de metales: compuestos que forman complejos con los iones metálicos. Son agentes quelantes.

Absorbedores de ultravioleta: compuestos que reaccionan con los radicales producidos durante la exposición a la luz. Sin éstos, hay decoloración, endurecimiento de la superficie, cracking y modificación de propiedades eléctricas.

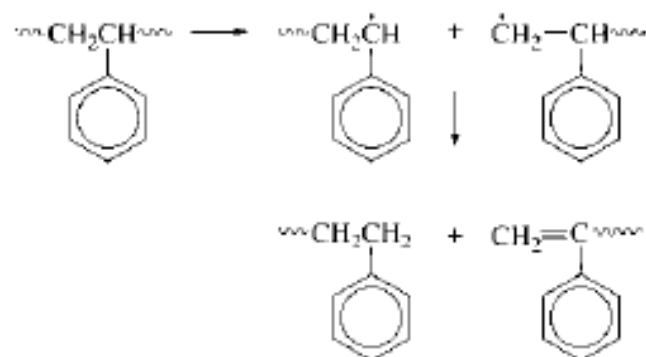
TABLE 2.2 Mechanism of Auto-oxidation and Role of Antioxidants

| | |
|-----------------------------|---|
| Initiation | $M_n \xrightarrow{h\nu} P_n$ $P_n + O_2 \longrightarrow P_n-O_2$ $P_n + O_2 + M_nH \longrightarrow M_nO_2H \dots M_n$ |
| Propagation | $M_nO_2H \dots M_n \begin{cases} \longrightarrow P_nO + P_m-O_2 + H_2O \\ \longrightarrow P_n-O \cdot + P_m \cdot + OH \\ \longrightarrow P_n-O_2 + P_m-O + H_2O \end{cases}$ |
| Termination | $P_{nr}O_2 + P_2O_2 \longrightarrow \text{inert}$ $P_{nr}O_2 + P_n \longrightarrow M_{nr}-O_2-M_n$ $P_{nr} + P_n \longrightarrow M_{nr} + M_n$ <p>P_{nr} = a polymer radical $\left[CH_2 - \underset{\substack{ \\ R}}{CH} \right]_n - CH_2 - \underset{\substack{ \\ R}}{\dot{C}H}$</p> |
| Peroxide decomposers | Mercaptans, sulfonic acids, zinc alkyl thiophosphate, zinc dimethyldithiocarbamate, dilauryl thiodipropionate |
| Metal deactivators | Various chelating agents that combine with ions of manganese, copper, iron, cobalt, and nickel; e.g., <i>N,N',N,N</i> -tetrasalicylidene tetra (aminomethyl) methane, 1,8-bis(salicylidene amino)-3,6-dithiaoctane |
| Ultraviolet light adsorbers | Phenyl salicylate, resorcinol monobenzoate, 2-hydroxyl-4-methoxybenzophenone, 2-(2-hydroxyphenyl)-benzotriazole, etc. |

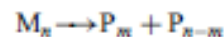
Thermal Degradation of Some Commercial Polymers

Polymethyl methacrylate (PMMA). The degradation occurs around 290–300°C. After homolysis of polymer chains, the macroradicals depropagate, giving a monomer with 100% yield.

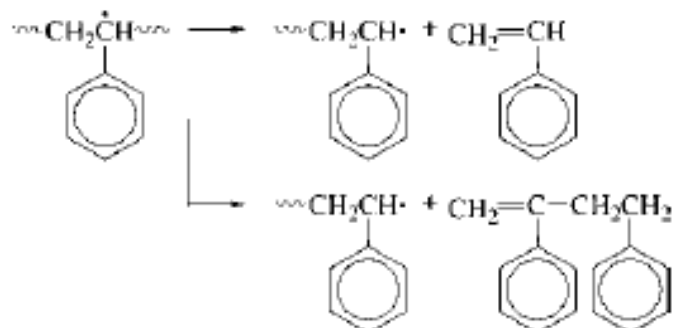
Polystyrene. Between 200°C and 300°C, the molecular weight of the polymer falls, with no evolution of volatile products. This suggests that polymers first undergo homolysis, giving macroradicals, which later undergo disproportionation.



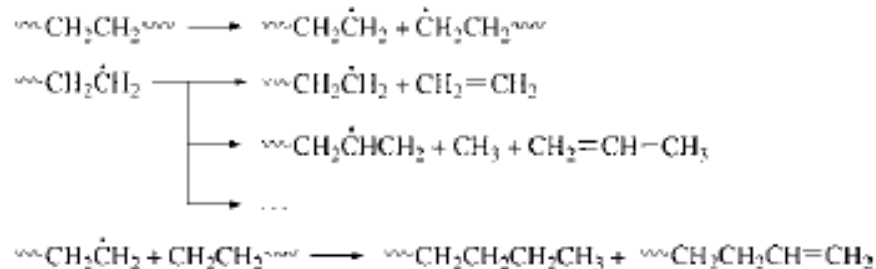
Above 300°C, polystyrene gives a monomer (40–60%), toluene (2%), and higher homologs. Polymer chains first undergo random homolytic decomposition.



The macroradicals then form monomers, dimers, and so forth, by intramolecular transfer.

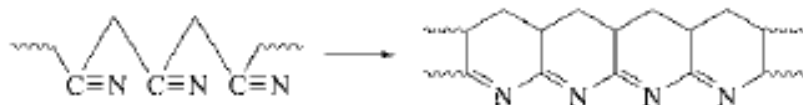


Polyethylene. Beyond 370°C, polyethylene degrades, forming low-molecular-weight (through intermolecular transfer) and volatile (through intramolecular transfer) products.

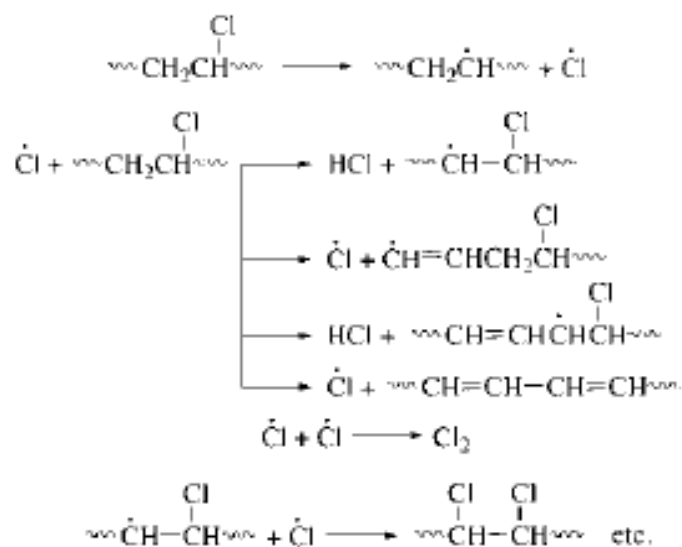


Hindered phenols such as 2,6-di-*t*-butyl-4-methylphenol (BHT) are effective melt stabilizers.

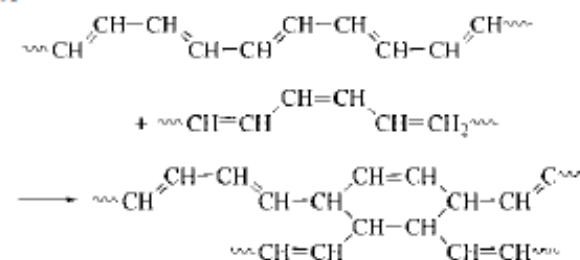
Polyacrylonitrile (PAN). On heating PAN at 180–190°C for a long time (65 h) in the absence of air, the color changes to tan. If it is heated under controlled conditions at 1000°C, it forms carbon fibers. The special properties of the latter are attributed to the formation of cyclic rings through the combination of nitrile groups as follows:



Polyvinyl chloride (PVC). At 150°C, the polymer discolors and liberates chlorine. The reaction is autocatalytic and occurs as follows:



The polymer thus formed has several double bonds on the backbone during HCl loss. It can undergo intermolecular cross-linking through a Diels-Alder type reaction as follows:



Some of the melt stabilizers for PVC are lead carbonate and dialkyl carboxylate.

Una aplicación importante es la resistencia al fuego.

Los retardantes son químicos que se mezclan con los polímeros para mejorar esta propiedad. Lo consiguen por diferentes medios:

1. Interfieren químicamente con la propagación del fuego.
2. Producen un alto volumen de gases inertes que diluyen el oxígeno.
3. Se descomponen o reaccionan endotérmicamente.
4. Forman un recubrimiento impermeable al fuego que impide el contacto con el oxígeno.

Polifosfato de amonio, n-alkanos clorinados, fosfato de triotilo.

Describa un método de oxidación de las superficies (etching) de polietileno y polipropileno. Sugiera la modificación de teryleno con agentes nucleofílicos, p. e. bases.

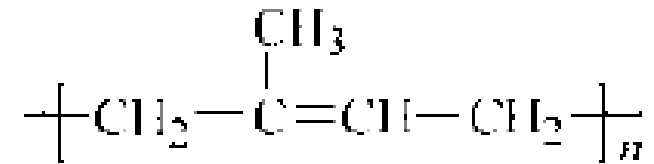
Example 2.2: Fiberglass-reinforced composites (FRCOs) are materials having an epoxy resin polymer matrix which embeds glass fabric within it. In order to compatibilize glass fabric, a thin layer of polymer could be chemically bound to it in order to improve fracture toughness. Suggest a suitable method of grafting polymer on glass fabric.

Cauchos

Los cauchos naturales y sintéticos tienen una T_g menor a la temperatura de aplicación. Pueden estirarse hasta un 700% y su módulo aumenta con la temperatura.

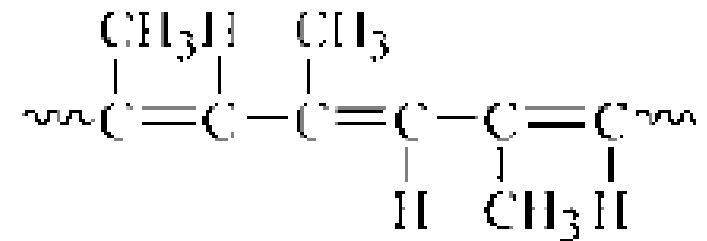
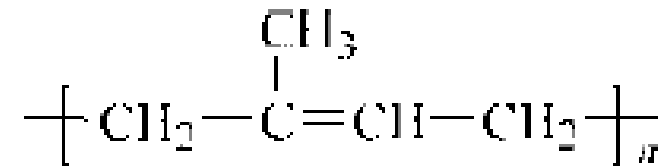
Caucho natural

Se obtiene de la *Hevea Brasiliensis*, es un poliisopreno de cadena larga con un contenido del 33% de caucho seco.

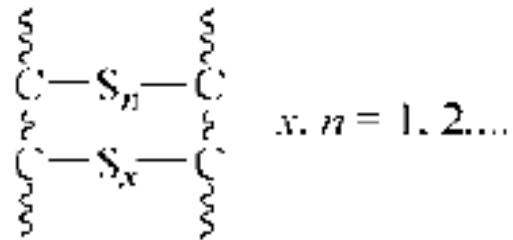


Se coagula el látex de la planta con ácido acético y se usa en adhesivos, guantes, contraceptivos, espumas y tubos médicos.

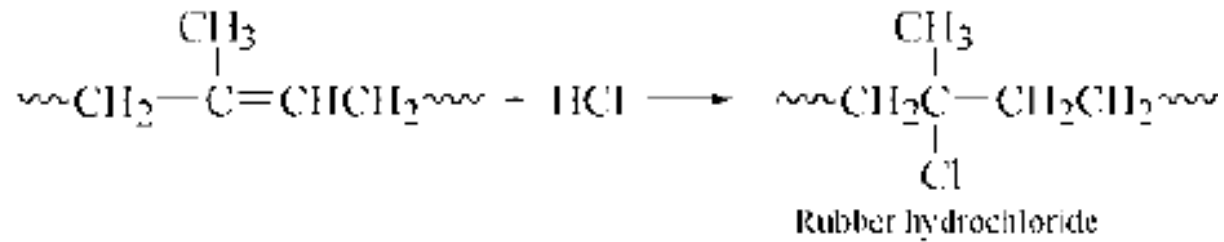
La adherencia se consigue gracias a que los extremos de la molécula penetran la superficie y cristalizan.



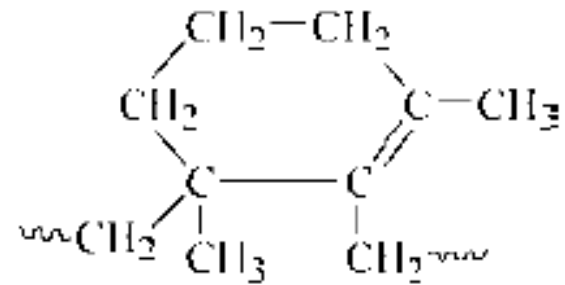
Reacciona fácilmente con sulfuros para formar una red polimérica con puentes de azufre.



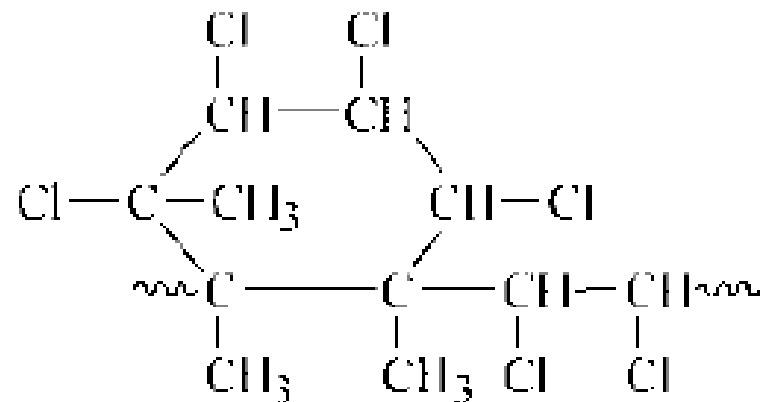
El doble enlace puede ser atacado con HCl para producir hidrocloruro de caucho:



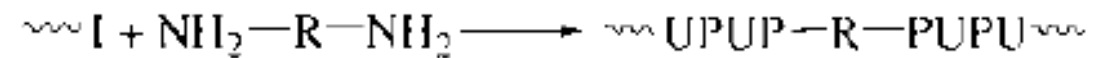
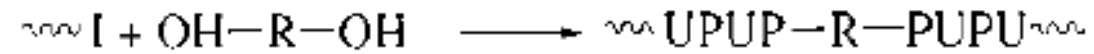
Cuando se ataca con donantes de protones (H₂SO₄) se obtiene caucho ciclado



Al tratarlo con cloro se obtiene caucho clorado, que se usa en la industria como recubrimiento anti corrosivo



Caucho de poliuretano



P = poliéster

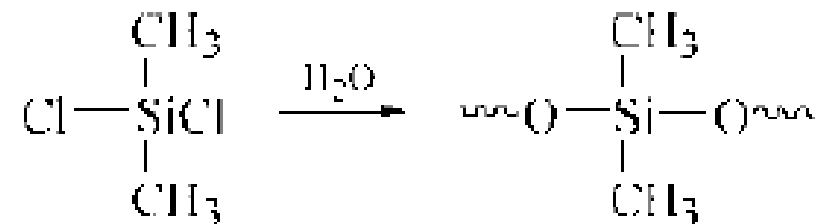
I = isocianato -NCO

U = uretano -CONH

La naturaleza elástica se debe a los segmentos “suaves” del polioli. Se ha observado que al aumentar el tamaño de R disminuye la naturaleza elástica del caucho. Tiene una elevada resistencia elástica, así como resistencia a la abrasión y ruptura comparado con otros cauchos naturales.

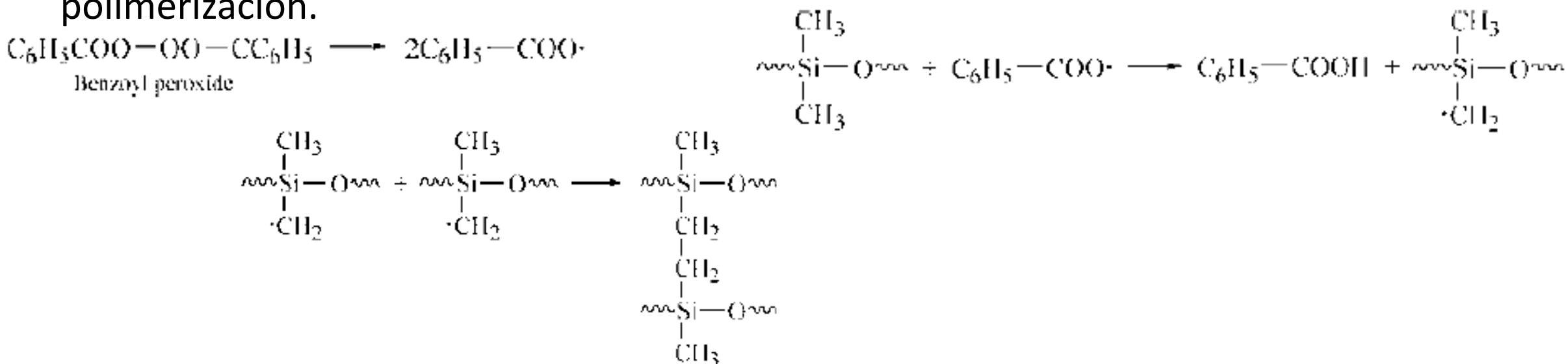
Cauchos de silicones

Se preparan por medio de clorosilanos y son de cadena lineal.



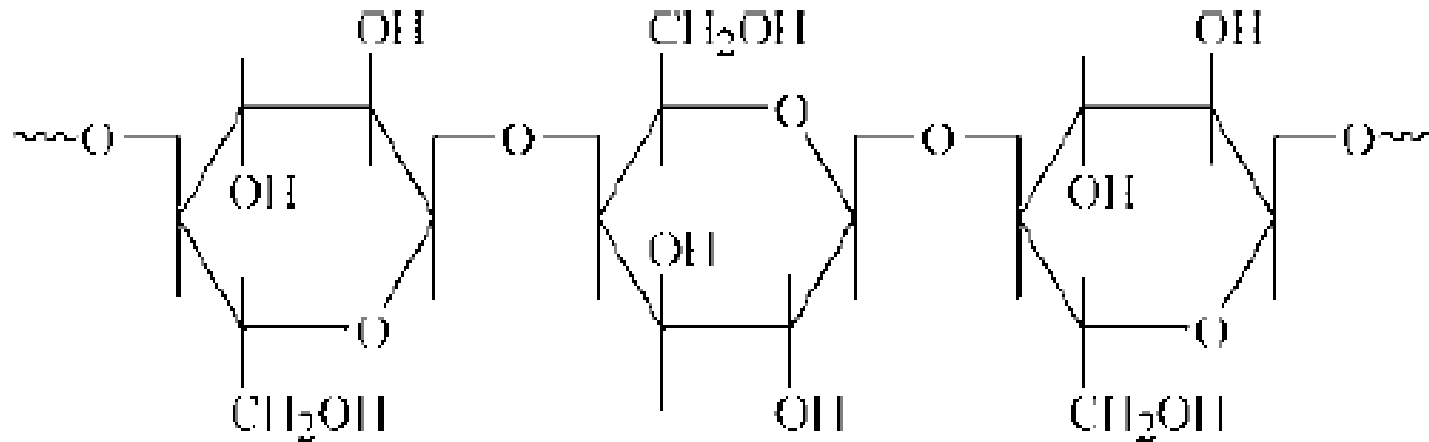
Se obtiene antes un polímero de alto peso molecular, el cual se entrecruza. Es necesario que no se tengan trazas de tri y tetraclorosilano.

Se le agrega un relleno para mejorar su resistencia y se le cura con un peróxido. A continuación se trata a 70°C para producir radicales, los cuales ocasionan la polimerización.



Plásticos de celulosa

La celulosa es el polímero que forma las células de las plantas. El algodón consiste de polisacáridos y lignina, además de un 90% de celulosa. Se remueven las impurezas con una digestión a presión y 130-180°C en una solución de 10% NaOH. La α -celulosa es



Nitración con ácido nítrico (industria de las lacas, celuloideos)

Acetilación con anhídrido acético (mayor resistencia, absorción de agua, industria de películas protectoras)

Éteres de celulosa con cloruro de etilo a presión (cambia la solubilidad, industria de recubrimientos anticorrosivos)

Copolímeros y mezclas

Las mezclas o fórmulas poliméricas son mezclas de dos o más polímeros preparadas de manera comercial por mezclado mecánico (mezcladores de tornillo o extrusores).

La incompatibilidad de los polímeros hace que se separen en zonas, por lo que se introducen funcionalidades interactivas en el par.

Los puentes de hidrógeno aumentan la solubilidad. Recientemente se han usado interacciones ácido-base e *ion-dipolo* para mejorar las mezclas.

Comúnmente se introducen grupos carboxílicos o sulfonatos.

Para la síntesis de éstos se pueden seguir dos rutas:

1. Copolimerización de monómeros de bajo nivel de funcionalización con el monómero común.
2. Funcionalización directa de un polímero ya formado.

Los ionómeros se usan como compatibilizantes de mezclas, en membranas permoselectivas, elastómeros termoplásticos, películas de empaque, viscosificadores, etc.

Los grupos carboxílicos se introducen usando ácido acrílico o metacrílico. Los sulfonatos por modificación del polímero.

Los ionómeros telequéricos son aquéllos que tienen los grupos funcionales en los extremos de la cadena.

La incompatibilidad en las mezclas ocasiona la existencia de microfases. Como se sabe, la distribución de estas microfases tiene una elevada influencia en las propiedades mecánicas del material.

Por tanto, es importante mejorar la adhesión entre las distintas microfases.

Some Commercial Copolymers

Ethylene–vinyl acetate copolymer (EVA). Vinyl acetate is about 10–15 surface gloss, and melt adhesive properties of EVA.

Ethylene–acrylic acid copolymer. Acrylic acid content varies between 1 and 10 polymer. When treated with sodium methoxide or magnesium acetate, the acid groups form ionic cross-linking bonds at ambient condition, whereas at high temperature these break reversibly. As a result, they behave as thermosetting resins at low temperatures and thermoplastics at high temperatures.

Styrene–butadiene rubber (SBR). It has higher abrasion resistance and better aging behaviour and is commonly reinforced with carbon black. It is widely used as tire rubber.

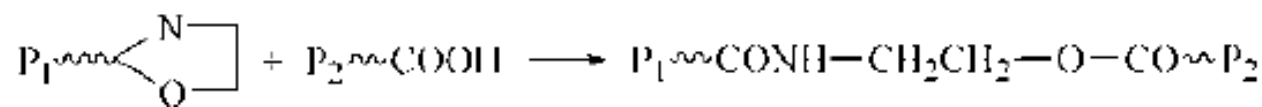
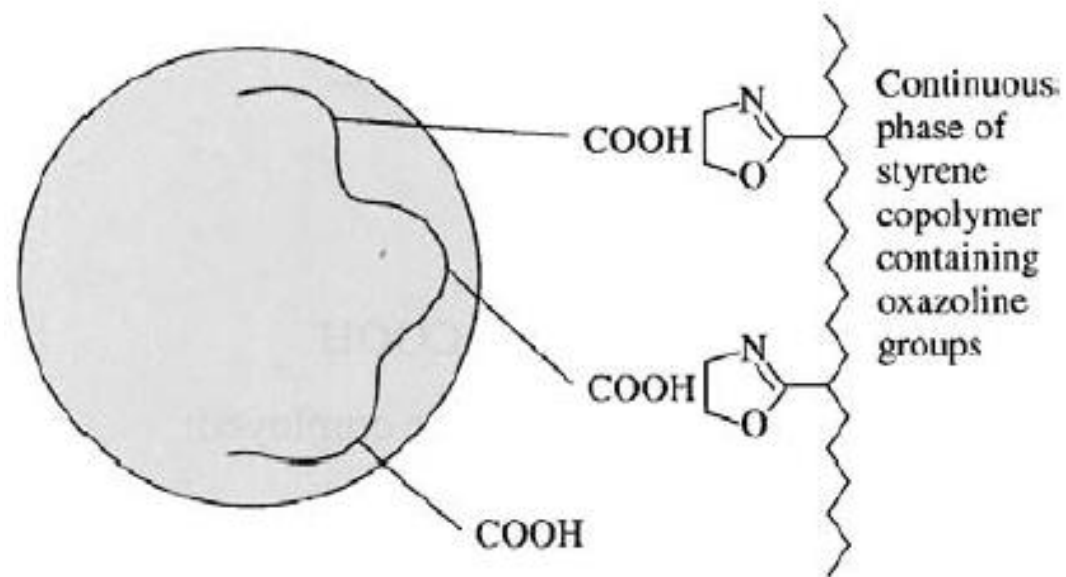
Nitrile rubber (NBR). In butadiene acrylonitrile rubber, the content of the acrylonitrile lies in the 25–50 range for its resistance to hydrocarbon oil and gasoline. It is commonly used as a blend with other polymers (e.g., PVC). Low-molecular weight polymers are used as adhesives.

Styrene–acrylonitrile (SAN) copolymer. Acrylonitrile content is about 20–30 grease, stress racking, and crazing. It has high impact strength and is transparent.

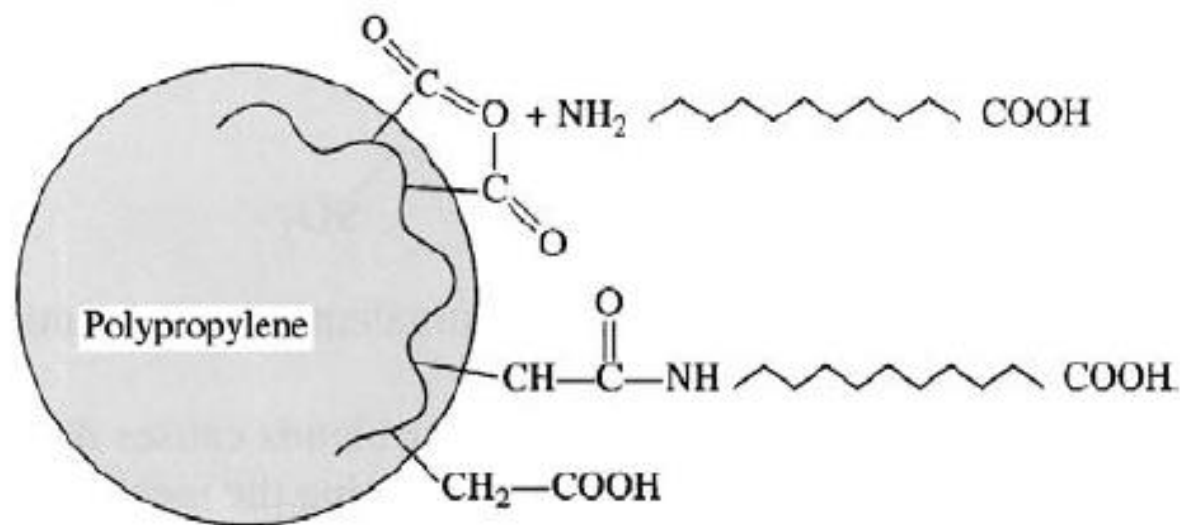
Acrylonitrile–butadiene–styrene (ABS) terpolymer. Acrylonitrile and styrene are grafted on polybutadiene. It is preferred over homopolymers because of impact resistance, dimensional stability, and good heat-distortion resistance. It is an extremely important commercial copolymer and, in several applications, it is blended with other polymers (e.g., PVC or polycarbonates) in order to increase their heat-distortion temperatures. When methyl methacrylate and styrene are grafted on polybutadiene, a methyl methacrylate–butadiene–styrene MBS copolymer is formed.

Vinylidene chloride–vinyl chloride copolymer. Because of its toughness, flexibility, and durability, the copolymer is used for the manufacture of filaments for deck chair fabrics, car upholstery, and doll's hair. Biaxially stretched copolymer films are used for packaging.

Polyethylene with acrylic acid



Nylon 6



Reacciones de entrecruzamiento

Las reacciones de entrecruzamiento se conocen también como *curado*, y producen polímeros insolubles. Requieren de una funcionalidad mayor a 2. Adhesivos, pinturas, compósitos reforzados con fibras, resinas de intercambio iónico, reactivos poliméricos.

En los adhesivos, el cambio de fase puede darse por evaporación o por curado. Consisten de un solvente de secado rápido, constituido de un polímero, el agente de adhesividad y un antioxidante.

Algunos polímeros que tienen adhesividad permanente son: caucho natural, polivinil etilo, éteres isobutílicos, cauchos de silicón.

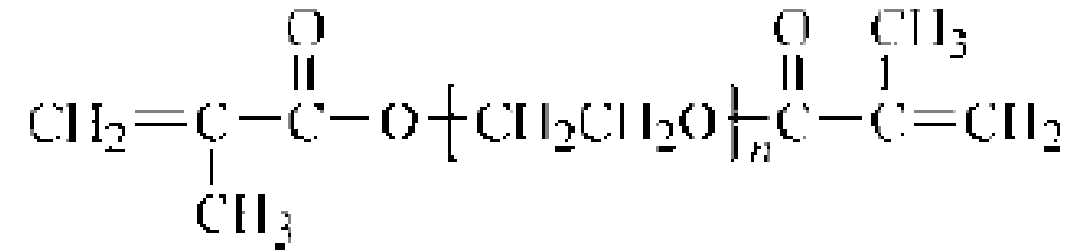
| Type | Structure | Remarks |
|--------------------------------------|--|---|
| Nonreactive Adhesives | | |
| Hot SBR | Styrene-butadiene copolymer | Its solution in hexane or toluene is used as tile cement and wallpaper adhesive. Its ability to stick on a surface is considerably improved if SBR is a terpolymer with a monomer having carboxylic acid (say, acrylic acid). |
| Nitrile rubber | Copolymer of butadiene and acrylonitrile (20–40%) | Used with any nonpolar solvent; provides good adhesion with surfaces. |
| Polyvinyl acetate and its copolymers | Copolymerized with acrylates and malceates to improve T_g , tack, and compatibility | Common household glue (white glues). It resists grease, oil, and hydrocarbon solvents; has poor resistance to weather and water. Copolymerization is done to improve this. |
| Polyvinyl acetals | $\left(\begin{array}{c} \text{CH}_2 \quad \text{CH}_2 \\ \quad \\ -\text{CH} \quad -\text{CH}- \\ \quad \\ \text{OH} \quad \text{OH} \end{array} \right) \xrightarrow{\text{RCH}_2\text{O}} \left[\begin{array}{c} \text{CH}_2 \quad \text{CH}_2 \\ \quad \\ \text{O} \quad \text{O} \\ \quad \\ \text{R} \end{array} \right]_n$ | Polyvinyl formal (R=H) is used as a structural adhesive in the aircraft industry. Polyvinyl butyral (R=C ₃ H ₇) is used as the interlayer in safety glasses in the automobile industry. |

Pressure-Sensitive Adhesives

| | | |
|------------------|--|---|
| Polyacrylates | Water emulsions of copolymer of 2-ethyl acrylate (352 parts), vinyl acetate (84 parts), and acrylic acid (4 parts) | Pressure-sensitive adhesive used for labels. They have permanent tack, and labels with this glue can be refused. |
| Silicone rubbers | $\text{OH}-(\text{Si}-\text{O}-\text{Si}-\text{O})_n-\text{H}$ <p style="text-align: center;"> $\begin{array}{c} \text{R} \quad \quad \text{R} \\ \quad \quad \\ \text{Si} \quad \text{O} \quad \text{Si} \quad \text{O} \\ \quad \quad \\ \text{R} \quad \quad \text{R} \end{array}$ </p> <p>R: methyl or phenyl $M = 500-600$</p> | The tack is considerably improved by the phenyl group. It can produce adhesion with any surface, including Teflon. Polymer-coated polyester films are used in plating operations and insulations. |

| Type | Structure | Remarks |
|--------------------------------------|---|---|
| Polyvinyl ether | $\sim\sim\sim(\text{CH}_2-\underset{\text{OR}}{\text{CH}})\sim\sim\sim$ <p>R: methyl, ethyl, or isobutyl</p> | These polymers are frequently used in pressure-sensitive adhesive applications, as in cellophane tapes and skin bandages. |
| Reactive adhesives | | |
| Two-component polyurethane adhesives | Prepolymer $\text{NCO}\sim\sim\sim\text{NCO}$ with polyol $\text{OH}\sim\sim\sim\text{OH}$ hardener | Used as structural adhesive. Usually the curing is slow and the joint has low modules. |
| Epoxy adhesives | Diglycidyl ether of bisphenol-A, $\begin{array}{c} \text{CH}_2-\text{CH}\sim\sim\text{CH}-\text{CH}_2 \\ \diagdown \quad \diagup \quad \diagdown \quad \diagup \\ \quad \quad \text{O} \quad \quad \quad \text{O} \end{array}$ with triamines $\text{R}-(\text{NH}_2)_3$ | Two parts epoxy resins are mixed before use. It exhibits excellent adhesion to metals, plastics, woods, glass, ceramics, etc. It is unaffected by water, and its major use is in aerospace, automotive, electrical, and electronics industries. |
| Anaerobic acrylic | Polyethylene glycol Bismethacrylates with a hydroperoxide catalyst | It cures at room temperature through a free-radical mechanism in contact with metal without air. Originally used as sealant but now also used as structural adhesive. Curing is sensitive to substrate. |
| | $\text{CH}_2=\underset{\text{Me}}{\text{C}}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-(\text{CH}_2\text{CH}_2\text{O})_n-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\underset{\text{Me}}{\text{C}}=\text{CH}_2$ | |
| Cyanoacrylates | Methyl or ethyl cyanoacrylates $\text{CH}_2=\underset{\text{CN}}{\text{C}}-\overset{\text{COOMe}}{\text{C}}$ | It polymerizes on a surface with a slight amount of moisture. It joins any surface except polyethylene, polypropylene, and Teflon. |

Los adhesivos anaeróbicos constan de un solo componente multifuncional (acrilatos o metacrilatos).



Este compuesto puede polimerizarse por mecanismo de radicales, usando metales. Se usa en partes metálicas.

Los metacrilatos se polimerizan por un mecanismo aniónico.

Pinturas

| Common names | Description | Remarks |
|--------------|---|---|
| Lacquer | Consists of a polymer solution with a suitable pigment. The solvent used is organic in nature, having a high vapor pressure. | The chosen polymer should form a tough film on drying and should adhere to the surface. Acrylic polymers are preferred because of their chemical stability. |
| Oil paints | A suspension in drying oils (e.g., linseed oil). Cross-linking of oil occurs by a reaction involving oxygen. | Sometimes, a catalyst such as cobalt naphthenate is used to accelerate curing. |
| Varnish | A solution of polymer—either natural or synthetic—in-drying oil. When cured, it gives a tough polymer film. | Ordinary spirit varnish is actually a lacquer in which shellac is dissolved in alcohol. |
| Enamel | A pigmented oil varnish. | It is similar to nature to oil paint. Sometimes, some soluble polymer is added to give a higher gloss to the dried film. |
| Latex paint | Obtained by emulsion polymerizing. A suitable monomer in water. The final material is a stable emulsion of polymer particles coalesce, giving a strong film with a gloss. | To give abrasion resistance to the film, sometimes inorganic fillers such as CaCO_3 are added. Because of their chemical stability, acrylic emulsions are preferred. |