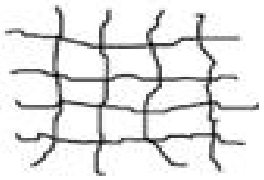
2- البوليمرات المتشابكة Crosslinked Polymers :

البوليمرات المتشابكةCrosslinked polymers أو البوليمرات الشبكية Network Polymers تكون فيها السلاسل البوليمرية متشابكة مع بعضها ومرتبطة مع بعضها بأكثر من موقع واحد .وقد يكون التشابك بثلاثة اتجاهات لتكوين شبكات مترابطة Network . وتفقد البوليمرات المتشابكة حركتها ولاتنصهر او تسيل ولايمكن تشكيلها وإن بعض المواد عادة ما تنتفخ من قبل المذيب، ولكنها لا تذوب.
إن لدرجة التشابك تأثير كبير على صفات البوليمر الفيزيائية والميكانيكية ، فبزيادة درجة التشابك تقل الصفات المطاطية وتزداد القوة والمتانة للمادة وتكون المادة صلبة rigid وتزداد درجة الانصهار وعندما تكون درجة التشابك عالية يصبح البوليمر غير قابل للانصهار وغير موصل للحرارة والكهرباء .
ومن الأمثلة على بوليمرات هذا الصنف : الراتنجات المتصلبة حراريا Thermosetting Resin مثل راتنج الإيبوكسي والبولي أستر و راتنجات اليوريا فورمالديهايد و الفينول فورمالديهايد ، وغيرها .



Crosslinked

ثالثاً: التصنيف المعتمد على الطبيعة الكيميائية للبوليمر

ا- البوليمرات العضوية :-

تشمل المركبات العضوية التي تحتوي على ذرات مثل (الكاربون ،الهيدروجين، الأوكسجين، النتروجين ، الهالوجينات) وقد يكون موقعها في المجاميع الجانبية أو جزء من السلسلة الرئيسية او تكون ناتجة من مصدر عضوي وتعتبر من أكثر البوليمرات أهمية في الصناعة مثل : البولي أثيلين ، بولي كلوريد الفاينيل و بولي كحول الفاينيل.

2- البوليمرات غير العضوية :-

تتكون من مركبات غير عضوية أي لا وجود لذرات الكاربون في السلسلة البوليمرية المكونة لها وتتكون سلاسلها الجزيئية البوليمرية عادة من السيليكون فقط او النتروجين او الفسفور والنتروجين معا او البورون والنتروجين . وتمتاز بمقاومتها العالية للحرارة ولفعل المواد الكيماوية . هنالك عدد كبير من هذه البوليمرات المحضرة من مركبات الكبريت و الفوسفور و السليكون و البورون إلا أن الاستخدامات الصناعية لهذه البوليمرات محدودة في الوقت الحاضر عدا بوليمرات السيليكون التي تستخدم في صناعة الألياف الزجاجية و البولى سيليكات (أسبستوس) و بولى أوكسيد السيليكون (الزجاج) و غيرها.

3- البوليمرات العضوية – الغير العضويه :

تتكون سلاسلها من ذرات عضوية مثل الكاربون والأوكسجين والهيدروجين بالإضافة إلى ذرات العناصر اللاعضوية مثل السيلكون التيتانيوم والحديد وغيرها من العناصر الفلزية اللاعضوية وتكون عددها قليل ودرجة انصهارها عالية لاحتوائها على عناصر لاعضوية وتمتاز هذه البوليمرات بمقاومتها الجيدة للحرارة . مثل البولي سلفون والبولي سيلوكسان .

رابعاً: التـصنيف التكنولوجي للبوليمرات Technological Classification of Polymers

1-البوليمرات المطاوعة للحرارة Thermoplastics Polymers:

تمتاز هذه البوليمرات بانها :

أ) ذات سلاسل جزيئية خطية طويلة أو قليلة التفرع وتذوب في المذيبات العضوية

ب) صلبة القوام hard عند درجات الحرارة العادية وتكون غير لزجه not tacky وسهلة التعامل وتكون عادة بشكل حبيبات .

ج) تتغير صفاتها بتأثير الحرارة فعند التسخين تلين Soften وتتحول إلى ما يشبه بالعجينة بحيث يمكن تغير هيئتها باليد ، وعند رفع درجة الحرارة أكثر فان المادة اللينة تتحول الى منصهرات لزجة . وترتبط بين جزيئاتها قوى فاندرفالز الضعيفة وتكون مادة لينه ومرنة ، و عند خفض درجة حرارة المنصهر(التبريد) تسترجع حالتها الصلبة القوية لهذا السبب تسمى هذه البوليمرات بالبلاستيكات المطاوعة للحرارة Thermoplastics.

د) لهذا فانها تكون مادة بلورية .

هـ) يمكن اعادة تشكيلها او تدويرها

و) لها مدة صلاحية غير محددة

ز) تكون عادة لينه soft ، ضعيفه weak ،اقل هشاشية less brittle من بوليمرات المتصلده حراريا وذات انفعال عالي عند الكسر

ر) تحضر ببلمرة الاضافة

ي) تتراوح درجة انتقالها الزجاجي بين ($Tg<150\ ^oC$ درجه حراره الغرفه) ، اما درجة انصهارها تتراوح بين ^oC (80-300) .

ومن الأمثلة على هذه البوليمرات : البولي أثيلين PE، البولي ستايرين PS، البولي بروبلين PP والنايلون .

2- البوليمرات المتصلدة بالحرارة Thermoset Polymers:

ويطلق عليها الراتنجات resins وتكون اقل استخداماً من البوليمرات المطاوعة للحرارة .وتكون عادة على هيئة سائل لاصق او طلاء.

وهي بوليمرات تمتاز بانها:

أ) ذات جزيئات متشابكة ومعقدة التركيب و لاتذوب في المذيبات العضوية

ب) تكون صلبة القوام Hard وتكون لزجة Tacky .

ج) عند التسخين تتشابك السلاسل البوليمرية و تتحلل او تتعفن decompose وتصبح البوليمرات غير ذائبة (في المذيبات الشائعة) وغير قابلة للانصهار(مقاومة عالية تجاه الحرارة) لان السلاسل الجزيئية ترتبط بأواصر تساهمية قوية ويؤدي التشابك إلى إعاقة تبلورالجزيئات وزيادة الطاقة المطلوبة لتحريك مقاطع سلاسل البوليمر، لهذا السبب فان هذه د) البوليمرات تكون عادة غير بلورية

هـ) لايمكن اعادة تشكيلها او تدويرها

و) لها مدة صلاحية محددة

ز) تكون عادة صلبةhard ، قوية strong ،اكثر هشاشية more brittle من البوليمرات المطاوعه للحرارة و ذات انفعال واطيء عند الكسر

ر) تحضر ببلمرة االتكثيف

ي) ذات درجات انتقال زجاجي عالي ($Tg>300\ ^oC$) ،

وهي بوليمرات رديئة التوصيل للحرارة والكهرباء وتدخل في كثير من الصناعات الكهربائية والمنزلية

ومن أمثلتها : راتنجات الإيبوكسي EP و بعض راتنجات البولي استر المتشابكة وراتنجات الفينول فورمالديهايد وغيرها

3- البوليمرات المرنة المطاطية Elastomers :

تمتاز بانها :

أ) بوليمرات ذات سلاسل جزيئية خطية طويلة مع وجود تشابك قليل في السلاسل .

ب) تبدي معدلات انفعال كبيرة عندما تتعرض للإجهاد وبإمكانها استرجاع أبعادها الأصلية عند إزالة الإجهاد

ج) تتميز بالاستطالة (Elongation) وقابلية على التمدد والتقلص (Resilience) .

وان قابليتها لإظهار صفات المرونة تعتمد على طبيعة جزيئات ذات السلاسل الطويلة المرنة الموجودة في وضعيات ملتفة على بعضها بصورة عشوائية بحيث إن معدل المسافة بين نهايتي جزيئة بوليمر اقل بكثير من مسافة عندما تكون الجزيئة في وضعية ممتدة .

د) تكون غالباً غير متبلوره .

هـ) تمتاز بانخفاض درجة Tg وتكون عادة تحت درجة استخدام البوليمر (Tg< درجه حراره الغرفة).

من أمثلتها:المطاط الطبيعي ، مطاط الأثيلين بروبلين ، مطاط النتريل- بيوتادايين (NBR) ومطاط ستايرين – بيوتادايين (SBR).

4- الألياف Fibers :

وتشمل هذه البوليمرات الصالحة لصناعة الخيوط المستخدمة في صناعة الأقمشة والفرش ، ويتميز هذا الصنف من البوليمرات بمواصفات خاصة :

أ) القوة والمتانة

ب) قابليتها على التبلور حيث تكون عادة من النوع المتبلور Crystalline Polymer .

ج) مرونة الألياف اقل بكثير مما في البلاستيكات والمواد المرنة .

د) تكون سلاسلها عادة خطية وليست متفرعة ، ويجب أن تكون السلاسل البوليمرية قادرة على الترتيب باتجاه محور الليف لكي تكسبه القوة والمتانة .

هـ) ويجب أن تكون درجة انتقالها الزجاجية مرتفعة نسبيا ($160\ ^oC < Tg < 260\ ^oC$) لكي تقاوم ظروف الاستخدام كالغسل و الكوي وغيرها .

و) ويجب أن تكون القوى الجزيئية فيها عالية. لذلك يستوجب أن تحتوي سلاسل البوليمر على مجاميع مستقطبة قادرة على ربط سلاسل البوليمر مع بعضها .

ز) تكون هذه البوليمرات ثابتة تجاه الحرارة والضوء والأكسدة والتحلل المائي تحت ظروف الغسل والاستخدام.

ر) يجب أن تكون قادرة على تقبل الأصباغ (لها قابلية جيدة للصباغة) .

ي) ذات قابلية لامتصاص الرطوبة الناتجة عن العرق لتبديد الشحنات المستقرة الناتجة عن احتكاك الملابس مع الجسم.

ومن أهم بوليمرات هذا الصنف هي النايلون (البولي أميدات) والبولي أسترات الخطية وبولي أكريلونتريل (الألياف الأكريلية) والبولي بروبيلين وغيرها .

5- اللواصق والمواد الطلائية Adhesive and Coating

تستخدم نسبة كبيرة من البوليمرات كمواد لاصقة وكمواد طلائية . إن نوعية السطوح اللاصقة هي التي تحدد طبيعة البوليمر المناسب لالتصاقها فإذا كانت السطوح نفاذة مثل الخشب والورق فيمكن استخدام معظم أنواع البوليمرات المعروفة لان الالتصاق في هذه الحالة يكون بسبب التداخل الفيزيائي لسلاسل البوليمر اللاصق بين السطحين .

أما إذا كانت السطوح غير نفاذة كالمعادن والزجاج وغيرها ففي هذه الحالة يجب أن يكون البوليمر حاويا على مجاميع مستقطبة لكي تكون عملية اللصق جيدة بفضل القوى التي تحصل بين المجاميع المستقطبة والسطوح المستقطبة غير النفاذة . ومن الأمثلة على البوليمرات المستخدمة كلواصق هي : البوليمرات الطبيعية مثل الصمغ العربي والصمغ الحيواني والمطاط والألبومين والدكسترين والنشأ والبولي أميدات وبولي فاينيلات وبولي سيليكونات وبولي أسترات والمطاط الصناعي (مطاط النتريل ومطاط النيوبرين) وغيرها .

خامساً : التصنيف المعتمد على تجانس البوليمرات

أ- البوليمرات المتجانسة Homopolymers :

تتكون من نوع واحد من الوحدات المتكررة مثل البولي اثيلين وبولي تيرفثالات الاثيلين

ب- البوليمرات المشتركة (الكوبوليمرات) Copolymers :

تتكون من اكثر من نوع واحد من الوحدات المتكررة مثل مطاط الستايرين بيوتاداين (SBR)

ج- البوليمرات المتراكبة Composite Polymers :

تتكون من نوعين من المكونات او اكثر وتتكون من طورين او أكثر أي انها غير متجانسة وهي تتكون من اضافة بعض المواد الي البوليمرات المتجانسة بغية تتغير بعض خواصها وإدخال صفات جديدة على البوليمر

وهناك أنواع مختلفة من المضافات

1- المالئات : تكون عادة مواد صلدة تعمل على زيادة صلادة البوليمر مثل الزجاج ،الرمل ، الكربون الاسود
2- الملدنات :عبارة عن سوائل ذات درجات غليان عالية تعمل عند اضافة الملدنات للبوليمرتقل صلادتها وتزداد مرونتها وتنخفض درجة انتقالها الزجاجية ودرجة انصهارها
3- تكون بعض المضافات على هيئة اسلاك معدنية

د- الخلائط البوليمرية Polymer blends :

يتكون هذا الصنف من البوليمرات من مزج نوعين او اكثر من البوليمرات مزجا فيزيائيا ،مثل مزيج من القطن و البولي استر او الصوف والاكريلك او النايلون والقطن . ومن الامثلة على ذلك البولي ستايرين القابل للتمدد وهو مزيج من البولي ستيرين والبولي بيوتاداين.

العـوامل المحـددة لـصفـات البـوليـمر :

هناك ثلاثة عوامل مهمة تتوقف عليها صفات البوليمرات وهي:

1- الوزن الجزيئي للبوليمر Molecular Weight of Polymer

يعتبر من الخصائص المهمة جداً للبوليمرات وتعتمد عليه معظم خواص البوليمر الفيزيائية والخواص الميكانيكية ، إضافة إلى الاستخدامات التكنولوجية للبوليمر.

وان قوة البوليمرات ومتانتها ومرونتها تعود إلى تداخل وتشابك السلاسل البوليمرية الطويلة مع بعضها ، عليه يلاحظ إن البوليمرات التي تكون أوزانها الجزيئية اقل من 10.000 لا تتسم بخصائص القوة أو المتانة ، لذلك فان البوليمرات المهمة صناعيًا يجب أن تكون لها أوزان جزيئية أعلى من هذا الحد وتتراوح عادة بين(25.000 و 80.000) ويعتمد ذلك على نوع البوليمر واستخداماته. فنجد مثلا إن البوليمرات المطاطية يجب أن تكون أوزانها الجزيئية عالية جداً ، بينما تحتاج استخدامات اللواصق (Adhesive) إلى بوليمرات ذات أوزان جزيئية أوطأ نسبياً لذلك تعتبر عمليات السيطرة على الوزن الجزيئي للبوليمرات أثناء إنتاجها مهمة جداً. والبوليمرات المتشابكة بصورة عامة لها أوزان جزيئية عالية نتيجة لزيادة تركيز المونومرات في السلسة الرئيسية.

إن الوزن الجزيئي العالي للبوليمر يجعله غير قابلاً للذوبان في المذيبات وذات قوة ومواصفات عالية والعكس صحيح حيث إن الأوزان الجزيئية الواطئة تكون سهلة الكسر وهشة ولها القابلية للذوبان في المذيبات ويمكن أن تكون سائلة. يكون الوزن الجزيئي للبوليمرات عادة غير متجانس ، وإن السلاسل البوليمرية تختلف في أطوالها وعدد الوحدات التركيبية فيها ،وبالتالي لاتمتلك نفس الوزن الجزيئي وان طول هذه السلاسل يعتمد على اعتبارات إحصائية فنجد في نفس البوليمر سلاسل طويلة جدا عالية الوزن الجزيئي وسلاسل أخرى قصيرة واطئة الوزن الجزيئي . وتتدرج بين هذين الحدين السلاسل الأخرى .لهذا السبب يعبر عن الوزن الجزيئي للبوليمرات بأخذ معدل للأوزان الجزيئية Average molecular weight لجميع السلاسل . وهناك ثلاثة أنواع من الأوزان الجزيئية للبوليمرات وهي : المعدل العددي للوزن الجزيئي Number Average molecular weight ($\overline{M}_n$) و المعدل الوزني للوزن الجزيئي Weight Average molecular weight ($\overline{M}_m$) و المعدل اللزوجي للوزن الجزيئي Viscosity Average molecular weight ($\overline{M}_v$) .