الباب السادس

البوليمرات الصناعية

obeikandl.com

obeikandl.com

الباب السادس

البوليمرات الصناعية

Industrialy polymers

وجد إن البولي استرات من أهم البوليمرات الصناعية ولها خواص ممتازة وتستعمل فى صناعة الأقمشة بالدرجة الأولي ، كما تستخدم فى صناعة المواد البلاستيكية المختلفة ، وفى صناعة الأفلام Films وتحضر منها أنواعاً من الطلاء الواقي ، والأصباغ مثل أصباغ الكايد Alkyd paints.

1- البولي استرات الخيطية الاليفاتية Linear aliphatic polyesters

تحضر البولي استرات الخيطية عادة من مونوميرين أو أكثر يحتوى كل مونومير على مجموعتين دالتين Functional group مثل : بولي (سكسينات الاثيلين) الذي يحضر من تفاعل جلايكول الاثيلين وحامض السكسينك اللذان لكل منهما دالتين :

$$n\text{HO-CH}_2\text{-CH}_2\text{-OH} + n\text{HOOC-CH}_2\text{-CH}_2\text{-COOH} \xrightarrow{H^+}$$

$$\text{H(O-CH}_2\text{-CH}_2\text{-OC-CH}_2\text{CH}_2\text{-C)}_n\text{OH} + (n-1)\,\text{H}_2\text{O}$$

وإذا كانت السلاسل البوليمرية خالية من التراكيب الاروماتية فيسمي بالبولي استر الاليفاتي . وتمتاز البولي استرات الاليفاتية بمرونتها وليونتها أى أن لها خصائص مطاطية لذلك فهي غير صالحة لصناعة خيوط النسيج ولا

تصلح أيضاً للاستخدامات البلاستيكية لليونتها . ولكن لهذه البولي استرات استعمالات صناعية متعددة أخرى منها :

أولاً : تستعمل كملدنات Plasticizers :

والملدن Plasticizer عبارة عن مادة تضاف إلى العجينة أو الخلطة البلاستيكية لتزيد من مرونتها وليونتها أى لرفع قابليتها مطاوعتها للضغط وكذلك تخفض درجة انصهارها ودرجة انتقالها الزجاجية Glass transition temperature (الدرجة الحرارية التى يتحول فيها البوليمر من صلب صلد إلى مرن) ، وتعد البولي استرات الاليفاتية مادة ملدنة بفضل درجة غليانها العالية وعدم تطايرها ولما تضيف للبوليمر من مرونة ومتانة وسهولة التصنيع.

ثانياً : تستعمل كمواد لاصقة Adhesives

وطلاءات Coating واقية للجدران والمعدات المختلفة .

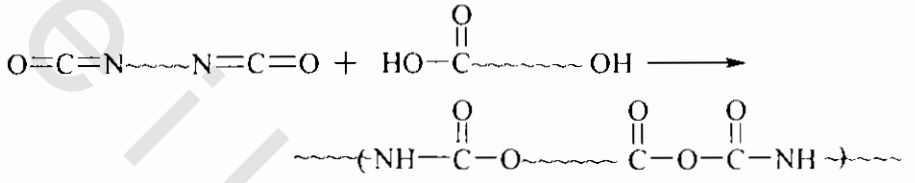
ثالثاً : يمكن تحويل بعض البولي استرات الاليفاتية

وهذه المركبات ذات الأوزان الجزيئية المنخفضة نسبياً إلى مركبات تمتاز بمتانتها وقوتها وذلك بمفاعلتها مع بعض المواد الأخرى القادرة على تكوين ارتباطات تشابكية Crosslinks بين السلاسل البوليمرية كبعض الأحماض اللامائية Anhydrides مثل Maleic anhydride أو حامض الفيوماريك Fumaric acid .

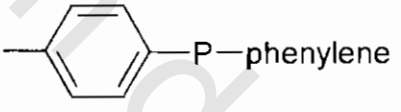
ولقد وجد أنه عند تسخين البولي استرات الاليفاتية ذات الأوزان الجزيئية المنخفضة المحضرة من حامض السباسيك Sebacic acid وجلايكول الاثيلين أو جلايكول البروبلين مع المواد السابقة ينتج بوليمر له صفات مطاطية ويسمي تجارياً بمطاط بارابلكس Paraplex Rubber.

رابعاً : تستعمل كمواد أولية لتحضير بوليمرات أخرى :

لأن السلاسل البوليمرية تنتهي بمجاميع هايدروكسيلية وكاربوكسيلية (HO/COOH) قابلة للتفاعل لذلك فإن هذه الجزيئات تكون قادرة على البلمرة مع جزئيات ذات مجاميع فعالة أخرى وتكوين بوليمرات جديدة ذات خصائص مفيدة مثل البولي يوريثان Poly urethane الذي يمكن تحضيره من تفاعل البولي استرات الاليفاتية ذات الوزن الجزيئي البسيط مع ثنائي ايزوسيانات Di-isocyanates أو مع ثلاثي ايزوسيانات Tri-isocyanate كما يلي :



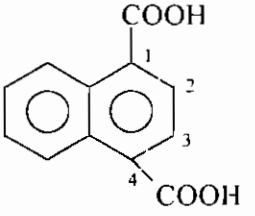
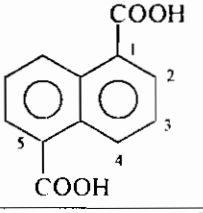
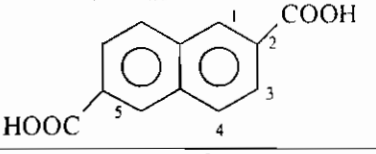
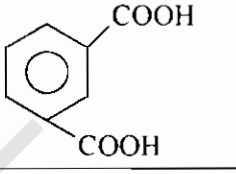
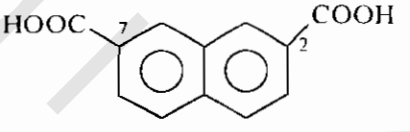
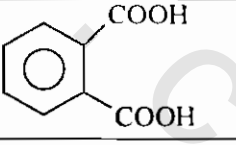
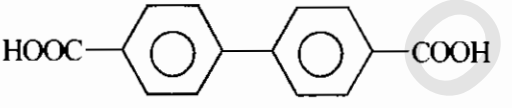
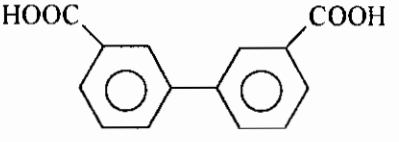
2- بولي استرات الخيطية الأروماتية Aromatic Linear Polyesters

تمتاز البولي استرات الاروماتية باحتوائها على تراكيب اروماتية كالبارافنيلين 

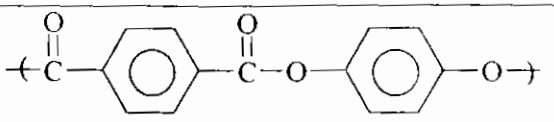
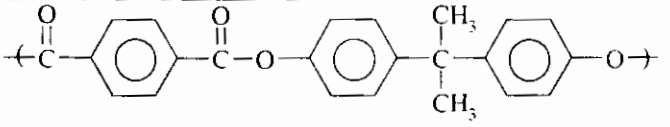
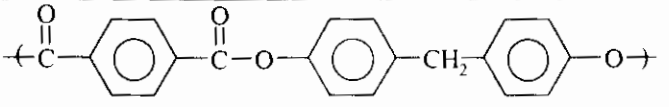
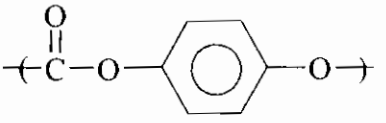
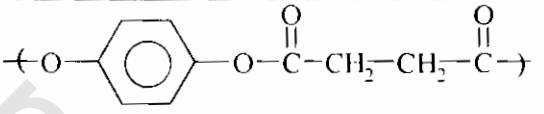
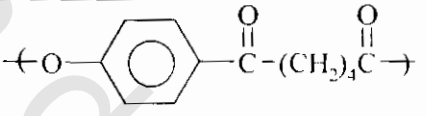
على سبيل المثال فى السلاسل البوليمرية . من خواص مزاياها هذه البوليمرات ارتفاع درجة انصهارها ودرجة انتقالها الزجاجية Glass transition ، ومن أنها تستطيع تكوين الألياف الصناعية خاصة إذا كانت قادرة على التبلور Crystallizable . أما إذا لم تتبلور فلا تصلح لصناعة الألياف الصناعية ، بل يمكن استخدامها فى الصناعات البلاستيكية . تحضر البولي استرات الاروماتية إما من حامض أروماتي أو من دايول Diol أروماتي .

وفيما يلي جدول درجات إنصهار البولي استرات المحضرة وجدول آخر لخواص بعض البولي استرات المشتقة من دايول كما يلي :

جدول درجات انصهار البولي استرات المحضرة من بلمرة بعض الأحمـــاض الأروماتية ثنائية القاعدة مع جلايكول الاثيلين .

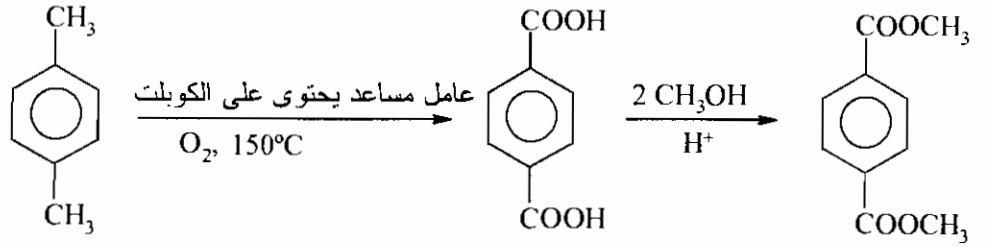
الحامض ثنائي القاعدة	درجة إنصهار (T_m) البوليمر الناتج من الحامض وكلايكول الاثيلين °م	صلاحية البوليمر للألياف
	-	لا يصلح
	230-225	جيد
	260-225	جيد
	110	لا يصلح
	220	جيد
	70	لا يصلح
	330	جيد
	120	لا يصلح

جدول خواص بعض البولي استرات المشتقة من دايول Diol أروماتي

تركيب البولي استر	درجة انصهار البوليمر (T_m) °م	المواصفات
	500	لا يمكن تصنيعها بسهولة
	180	مواصفاته الميكانيكية
	360	صعب التصنيع
	330	صعب التصنيع
	300	صعب التصنيع
	224	ذات مواصفات جيدة وسهل التصنيع

3- بولي تيرفثالات الاثيلين Poly(ethylene terphthalate)

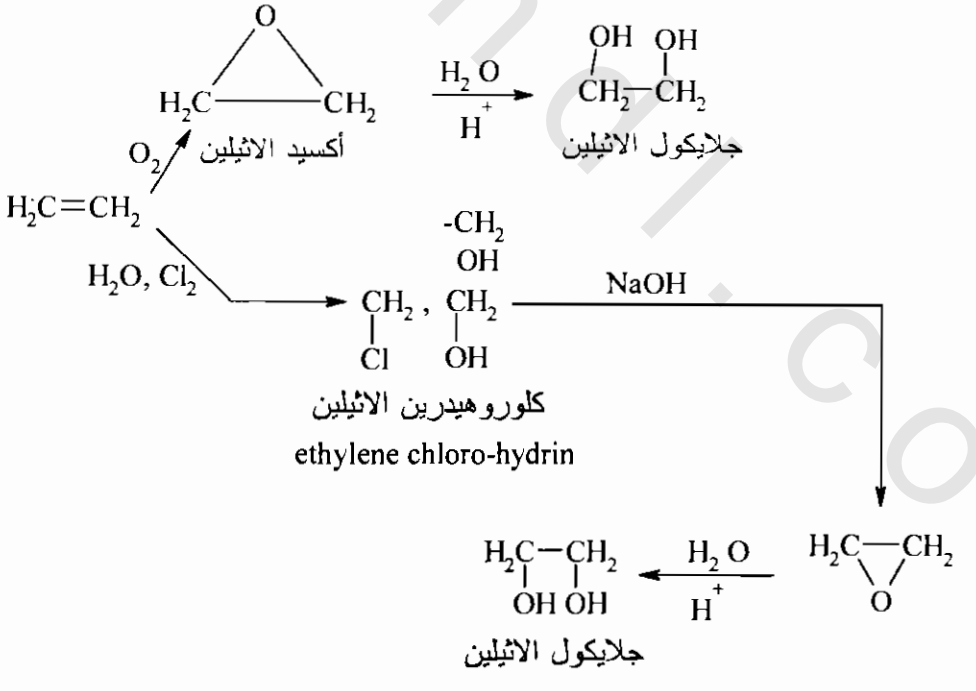
يحضر بولي (تيرفثالات الاثيلين) صناعياً من تيرفثالات الداي مثيل وجلايكول الاثيلين وليست فى تفاعل تيرفثالات ثنائي مثيل بدلاً من حامض التيرفثالات فى تحضير هذا البوليمر يعود إلى صعوبة تنقية المركب الأخير إلى النقاوة المطلوبة للبلمرة بواسطة التبلور Crystallization وذلك لعدم ذوبانه فى معظم المذيبات المعروفة .



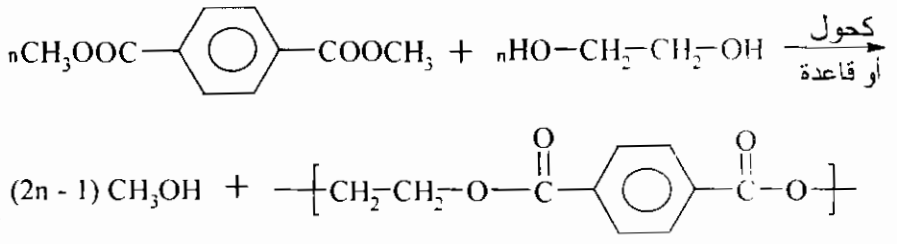
بارا – زايلين　　حمض التيرفثاليك　　تيرفثالات الداي مثيل

ويمكن تحضير تيرفثالات الداي مثيل Dimethyl terphthalate من أكسدة البارازايلين p-Xylene إلى حامض التيرفثاليك Terphthalic acid ومن ثم أسترة الحامض إلى تيرفثالات الداي مثيل كما مبين أدناه :

أما جلايكول الاثيلين فمصدره الرئيسي هو الاثيلين الذي يحول إلى الجلايكول بإحدى الطرق الآتية :



وتتم عملية البلمرة وفقاً للمعادلات الآتية :



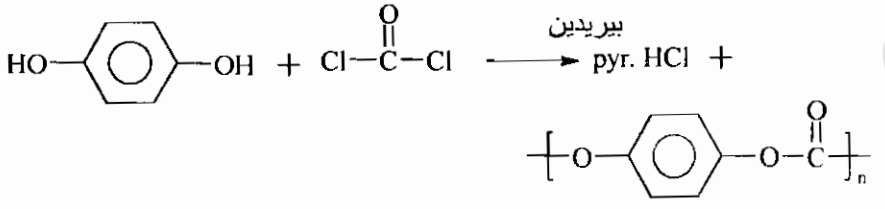
بولي (تيرفثالات الاثيلين)

Poly(ethylene terphthalate)

4- البولي كاربونات Poly carbnonatc

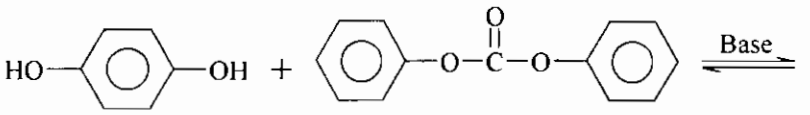
هى بولي استرات مشتقة من حامض الكاربونيك والفينولات الثنائية Bisphenols ونظراً لأن حامض الكاربونيك مادة غير مستقرة فيتم التفاعل بمشتقاته الثابتة كالفوسجين $Cl-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-Cl$ أو اليوريا $H_2N-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-NH_2$ أو داي الكيل كاربونات $RO-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-OR$.

ومن أشهر البولي كاربونات الشائعة تلك المشتقة من المركبات الأروماتية المرتبطة بمجموعتين فينوليتين . حيث استخدم تفاعل شاتون – باومان على الهايدروكينون أو الريزورسينول مع الفوسجين فى البريدين .

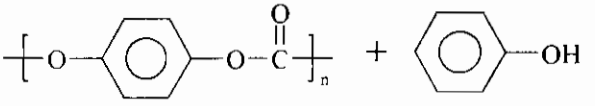


بولي (كربونات الـ(1و4 فنيلين)

ويحضر البولي كاربونات نفسه وذلك بعملية تبادل الاستر كما يلي :

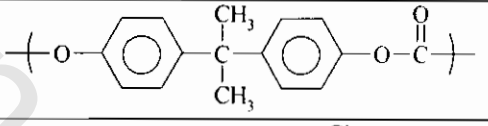
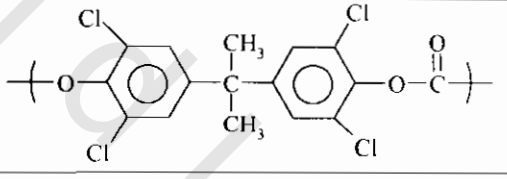
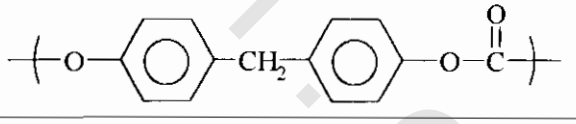
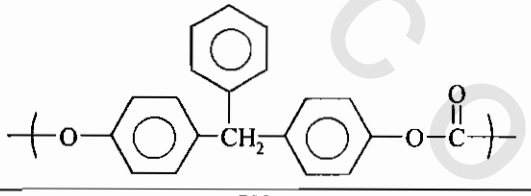
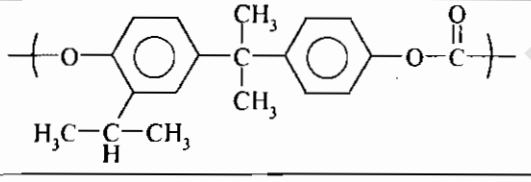


كربونات الداي فينيل

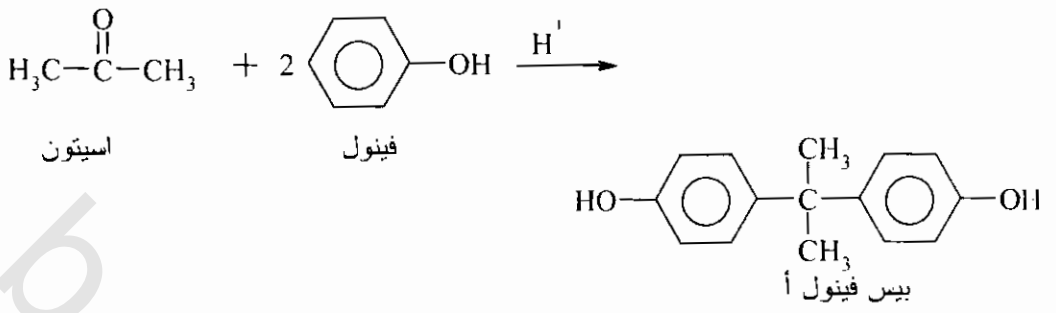


بولى (كربونات الـ 1و4-فنيلين)

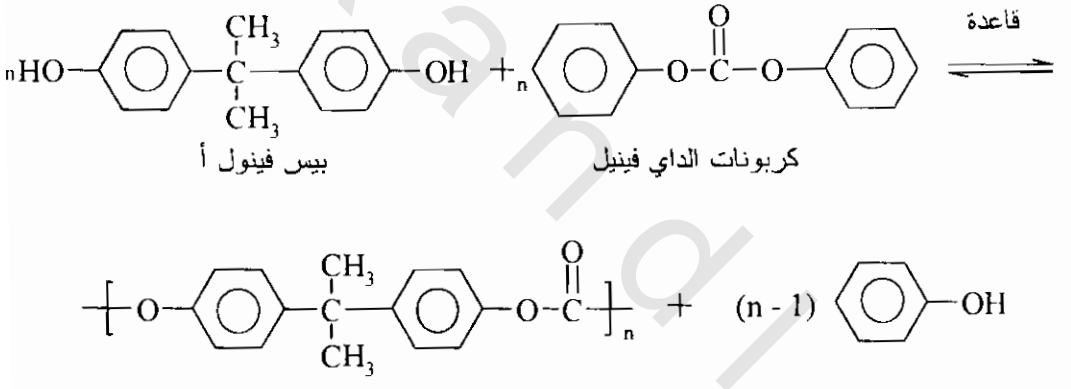
وهناك العديد من البولي كاربونات المحضرة ، إلا أن أهمها فى الوقت الحاضر هى بولي كاربونات البيس فينول -أ (Polycarbonate Bisphrenol-A) كما فى الجدول :

التركيب الكيميائي للبوليمر	درجة الانتقال الزجاجي (T_g)	درجة الانصهار (T_m) م°
	150	260-240
	180	260-250
	147	225-223
	120	215-200
	112	220-200

وبيس فينول (أ) هو الاسم التجاري للمركب 2.2-بيس (4-هايدروكسي فنيل) بروبان والذي يحضر تجارياً كما يلي :



وأهم طريقة شائعة لتحضير البولي كاربونات من البيس فينول "A" هي طريقة تبادل الاسترات كما يلي :

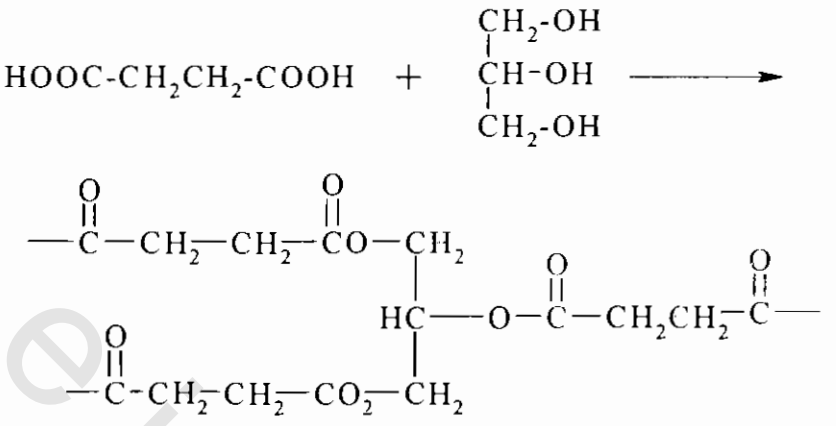


5- البولي استرات المتفرعة والمتشابكة

Branched and crosslinked polyesters

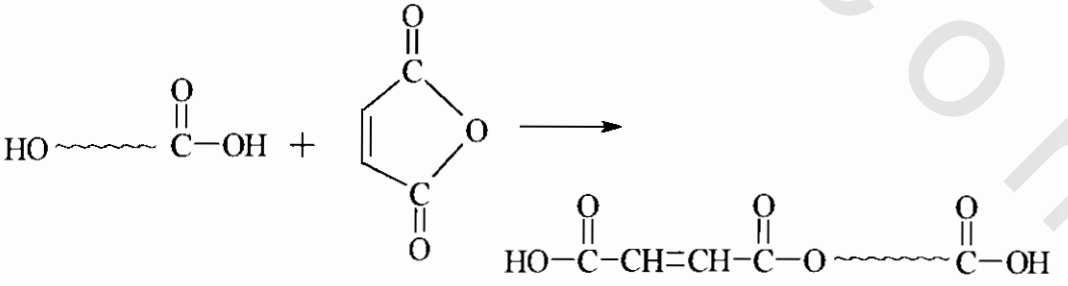
تتكون البولي استرات المتفرعة والمتشابكة عند استخدام مونومرات تحتوى على أكثر من مجموعتين فعالتين ، فيتكون فى البداية بوليمر متفرع ثم يتحول تدريجياً إلى بوليمر متشابك Network polymer ومن الأمثلة على

ذلك هذه البوليمرات الناتجة من تفاعل حامض السكسنيك مع الجلسرين كما يلي :

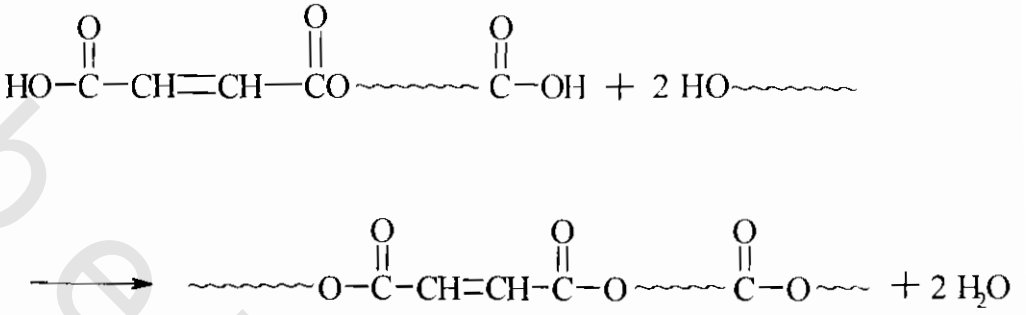


ويمكن تحويل البولي استرات الخيطية ذات الأوزان الجزيئية البسيط إلى بولي استرات متفرعة أو متشابكة ذات خصائص مرغوبة كدرجة انصهارها (T_m) ودرجة انتقالها الزجاجي (T_g) العاليتن .

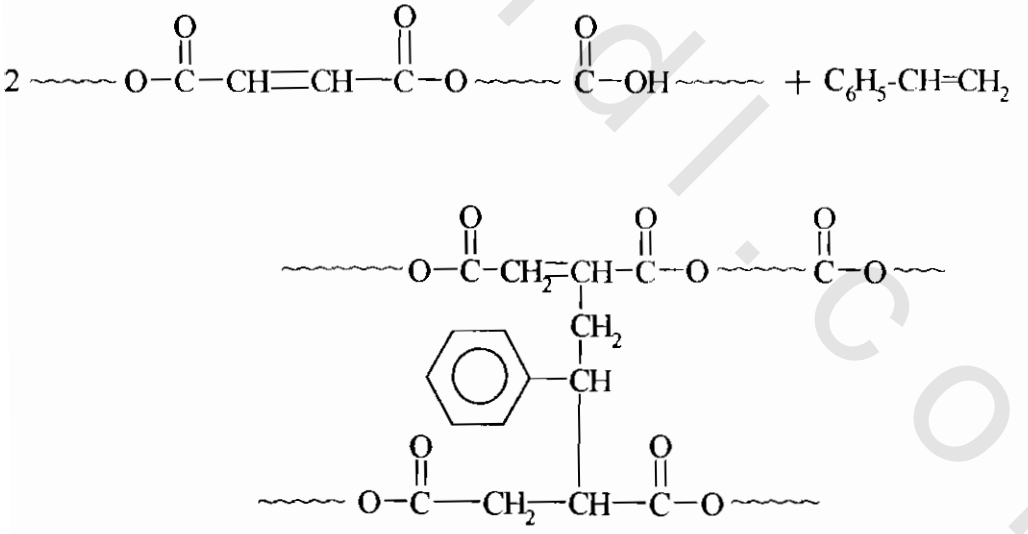
ولقد وجد أنه فمثلاً عند تسخين البولي استرات الخيطية مع حامض الماليئيك اللامائي Maleic acid anhydride تتكون سلاسل بوليمرية جديدة ذات وزن جزيئي عالي وتحتوى على رابطة مزدوجة فى السلسلة البوليمرية ومن هذه الرابطة يمكن تشابك السلاسل البوليمرية مع بعضها وذلك باستخدام مادة شابكة مناسبة كالستايرين . وتسخين البولي استر الخيطي غير المشبع والستايرين تتكون الارتباطات التشابكية كما يلي :



وتتكثف مجاميع الكاربوكسيل مع مجاميع الهيدروكسيل الموجودة فـــى سلاسل بوليمرية أخرى مكونة جزيئات بوليمرية عالية فى الوزن كما يلي :



وتضاف كمية محدودة من الستايرين ليحول السلاسل البوليمرية إلـــى الهيئـــة الشبكية كما يلي :



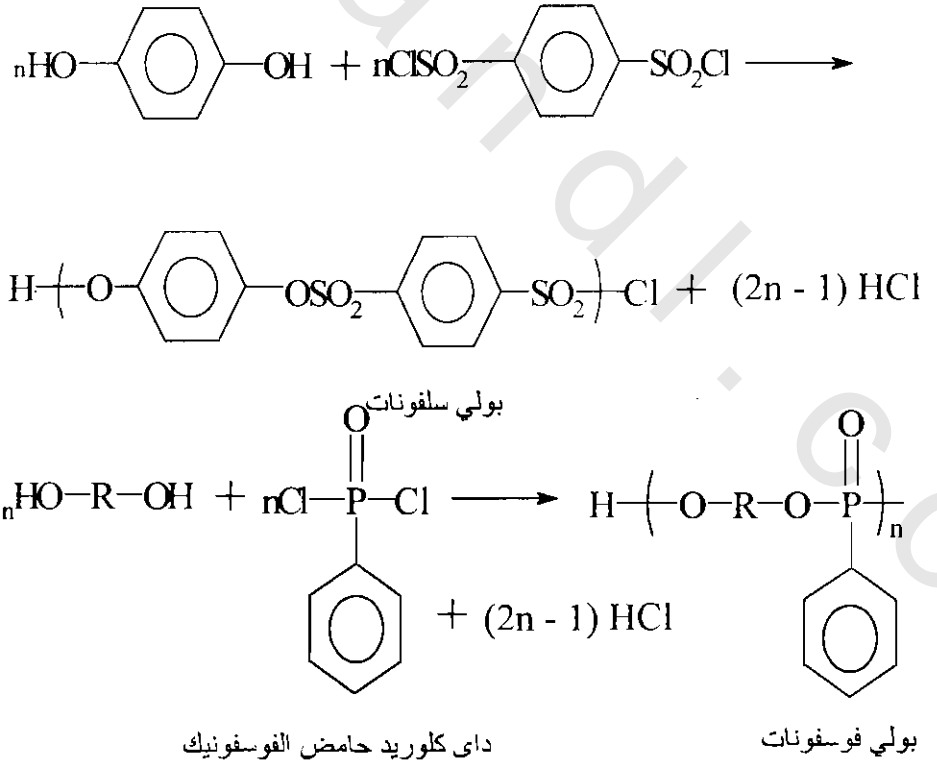
بوليمر متشابك

يمتاز البوليمر المتشابك بصفات ميكانيكية وكيميائيـــة جيـــدة تجعلهـــا صالحة للاستعمال كمادة بلاستيكية وكمواد طلائية . تسمي البولي اســـترات المتشابكة بهذه الصورة براتنجات الالكايد Alkyde resin .

6- البولي استرات المشتقة من أحماض غير كاربوكسيلية

Polyesters derived from non carboxylic acids

توجد أنواع من البولي استرات التى تحضر من تفاعل أحماض غيـــر كاربوكسيل مع الجلايكولات كالبولي ســـلفونات Polysulphnoate والبـــولي فوسفات Polyphosphate وتحضير هذه الأنواع من البولي استرات كما يلي:



7- البولي اميدات Polyamides

تعرف البولي اميدات تجارياً باسم النـايلون Nylon . ولقـد أصـبح النايلون بديلاً عن الصوف والحرير الطبيعي فى صناعة الألياف الصناعية .

إن الصوف والحرير والشعر والوبر هى بوليمرات طبيعية Natural polymers بروتينية تكونت فى الخلايا الحيوانية بعمليـات بلمـرة حياتيـة للأحماض الأمينية . تشترك جميع هذه النواتج الطبيعية مع النايلون بكونهـا تتكون من وحدات كثيرة مرتبطة بعضها بالبعض الآخر ارتباطـات اميديـة Amide Linkages $R-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-\overset{\overset{H}{|}}{N}-R$ ، كما يلي :

$$H_2N-R-COOH \longrightarrow -\left(-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-R-NH-\right)_n-$$

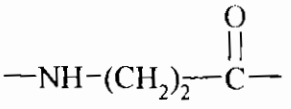
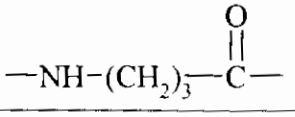
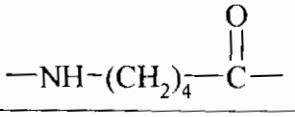
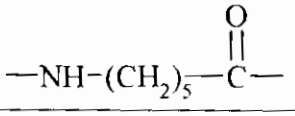
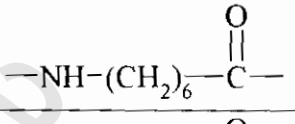
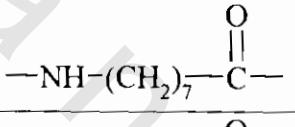
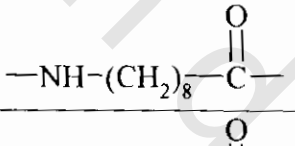
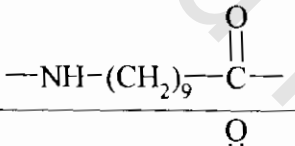
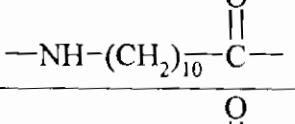
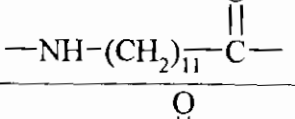
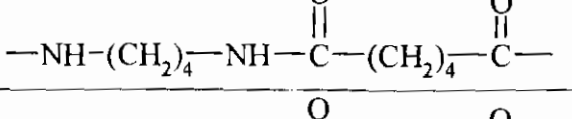
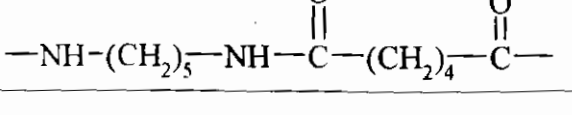
ومن المعروف إن خيوط النايلون تدخل فـى صـناعات متنوعـة ، كصناعة الأنسجة والحبال وفى صناعة الإطارات المطاطية وتدخل أيضاً فى الكثير من الصناعات وفى صناعة الأفلام Films ، وفى صـناعة الأنابيـب وغيرها من المواد الأخرى .

ولو نظرنا الى درجات انصهار هذه البـوليمرات مجـد أنهـا تبـدأ بـ308° للنايلون 64 ثم تنخفض فى الذي يليه (النـايلون) 65 (لـه درجـة انصهار 223°) . وتنخفض درجات الانصهار كلما زاد عدد ذرات الكربـون بين الارتباطات الاميدية ومن الجدير بالذكر أن البولي اميدات التى يزيد عدد ذرات الكربون فيها عن النايلون-66 لا تصلح كألياف صـناعية لإنخفـاض درجة انصهارها كما بالجدول . يلاحظ وجود علاقة بين عدد ذرات الكربون الفاصلة بين المجاميع الأميدات وبين درجات انصهارها. فالبولى إميدات التى تكون وحداتها المتكررة حاوية على عدد زوجى من ذرات الكربون واقعة بين

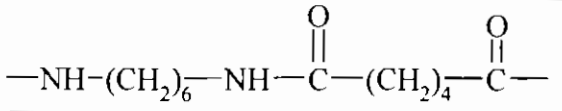
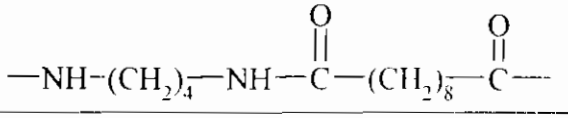
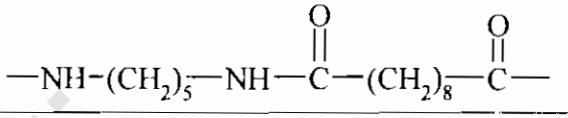
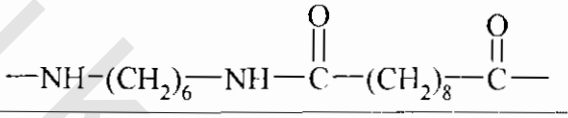
مجموعتى الأميد تكون عادة ذات درجات إنصهار أعلى من البولى إميـــدات التى لها عدد فردى من ذرات الكربون بين مجموعتى الأميد بشرط أن تكون الأوزان الجزيئية للنوعين من البوليمرات متقاربة .

obeikandl.com

جدول بعض أنواع البولي أميدات ودرجات انصهارها التقريبية

الاسم التجاري	القانون الكيميائي للوحدة المتكررة	درجة الانصهار م°
نايلون 3		330 – 320
نايلون 4		265
نايلون 5		270– 250
نايلون 6		215
نايلون 7		233
نايلون 8		200 – 195
نايلون 9		200
نايلون 10		188
نايلون 11		190– 185
نايلون 12		180
نايلون 64		308
نايلون 65		223

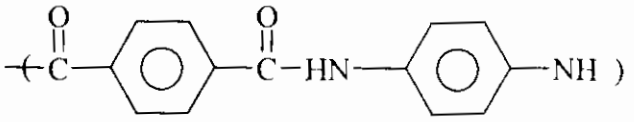
تابع **جدول بعض أنواع البولي أميدات ودرجات انصهارها التقريبية**

الاسم التجاري	القانون الكيميائي للوحدة المتكررة	درجة الانصهار م°
نايلون 66		265
نايلون 104		236
نايلون 105		186
نايلون 106		228

كما نرى من الجدول أن درجات انصهار البولي اميدات تنخفض بزيادة عدد ذرات الكربون المحصورة بين الكربونيل ومجموعة NH في الوحدات المتكررة مثلاً درجة إنصهار النايلون 10 هو أقل بكثير من درجة انصهار النايلون 4 أو نايلون 5 .

كما يلاحظ أن درجات انصهار البولي اميدات عالية نسبياً مقارنة بدرجات انصهار البولي استرات ، فدرجة انصهار بولي (هكسامثيلين) اديب أميد) والمعروف بنايلون 66 تبلغ 265م بينما درجة انصهار بولي (هكسامثيلين اديبات) هى 260م فقط .

تمتاز البولي اميدات الاروماتية عادة لانها متضمنة بدرجات انصهارها العالية وثباتها الحراري الجيد لأنها متضمنة سلسلة من اميدات التيرفثال ، فإذا كان البولي أميد مشتقاً من تركيب الوحدة المتكررة لأحدى هذه الأنواع هى :

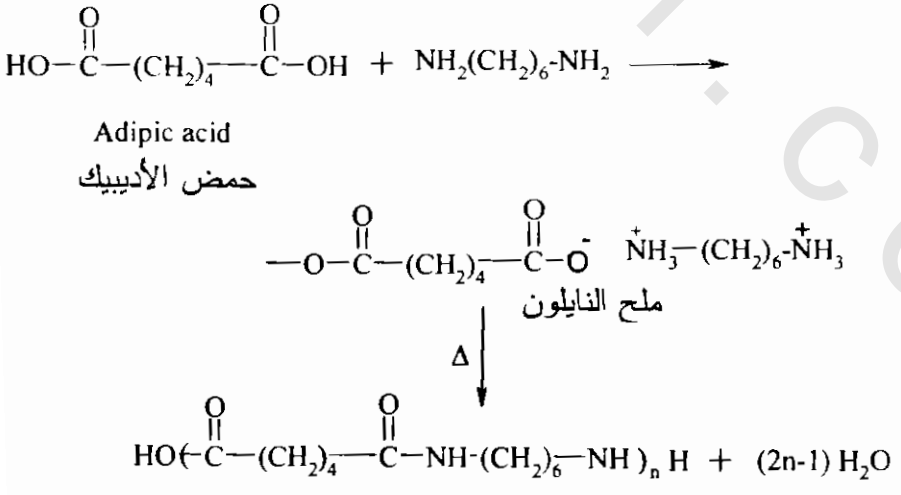


والجدول كما يلي :

درجات انصهار بعض التيرفثا لاميدات المشتقة من ثنائي امينات مختلفة حاوية على عدد مختلف من ذرات الكربون .

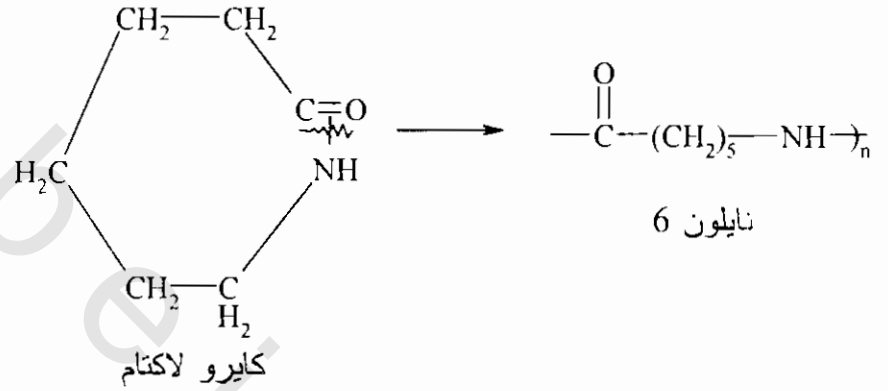
الداي أمين	درجة الانصهار البلورية °م
اثيلين داي امين	455
تراي مثيلين داي امين	399
تترا مثيلين داي أمين	436
بنتامثيلين داي أمين	353
هكسا مثيلين داي أمين	371
هبتا مثيلين داي أمين	341

يعد النايلون 66 من أجود أنواع البولي اميدات لانتاج الألياف الصناعية، ويليه البولي (اوميجا – كابروا ميد) وفيما يلي معادلة تحضير كل منهما:



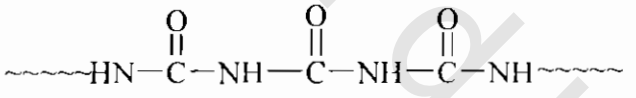
نايلون 66

ويحضر النايلون 6 على النطاق التجاري من الكايرو لاكتام الذي يمكن بلمرته أيونياً (أنايونياً أو كاتايونياً) وكما يلي :



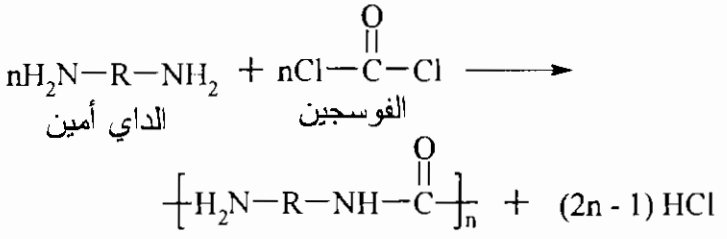
7- البولي يوريا Polyurea

البولي يوريا أحد أنواع البولي أميدات وذلك لوجود ارتباطات اميدية في السلسلة البوليمرية ولهذه البوليمرات التركيب الآتي :



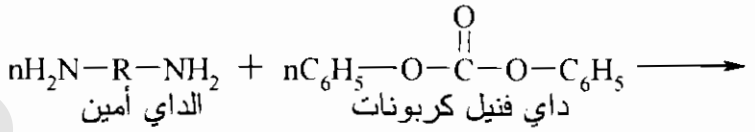
وطرق تحضير البولي يوريا هى كما يلي :

أولاً : معاملة الفوسجين بثنائي الأمين :

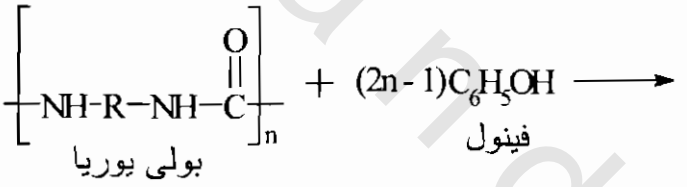


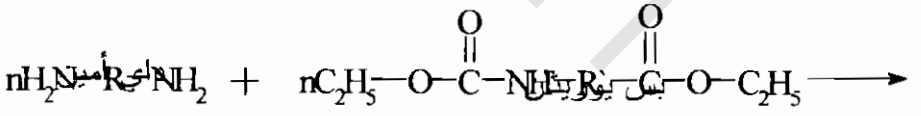
يستخدم البولي يوريا صناعياً لتحضير خيوط الأنسجة كما في النايلون ، ويمتاز بمتانته وارتفاع درجة انصهاره نسبة للنايلون .

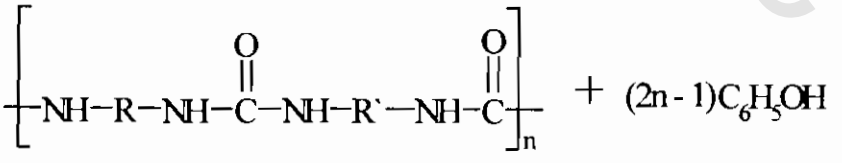
ثانياً : تفاعل مركبات الداي أمين مع داي فنيل كربونات :



ثالثاً : تفاعل مشتقات البس يوريثان مع الداي أمينات :

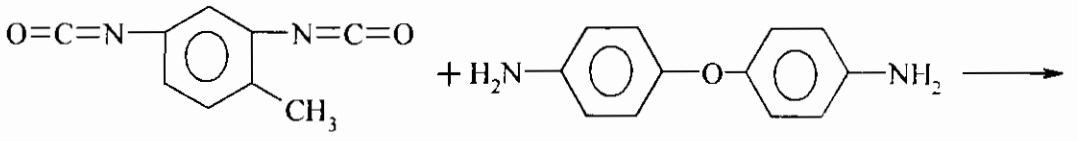




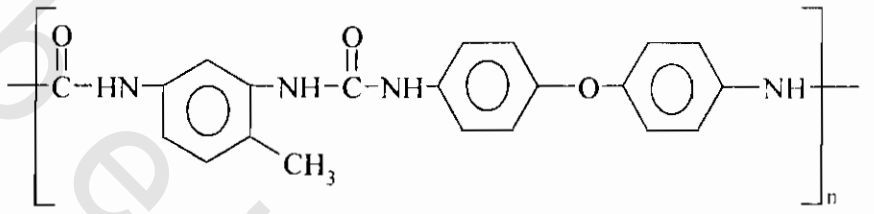


obeikandl.com

رابعاً : بتفاعل الايسوسيانات مع الأمينات الثنائية :



2و4-تولوين داي ايسوسيانات　　4و4- داي امينو داي فنيل ايثر



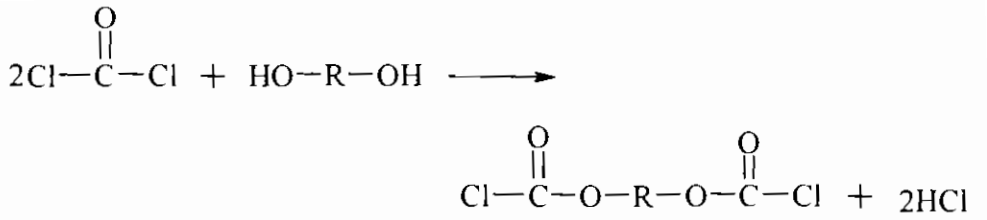
8- بولي يوريثان Polyurethane

ويسمي أيضاً ببولي كاربامات نسبة إلى حامض الكاربامينك H_2N-COOH . هناك تشابه بين تركيب البولي يوريا والبولي يوريثان حيث يمكن اعتبارهما مشتقات حامض الكربونيك . للبولي يوريثان استعمالات متعددة منها فى صناعة الألياف والخيوط وخاصة المرنة منها والمواد اللاصقة ، والاطلية ، والمطاط وكذلك فى صناعة البلاستيك الاسفنجي بنوعيه المرن والصلب .

طرق تحضير البولي يوريثان

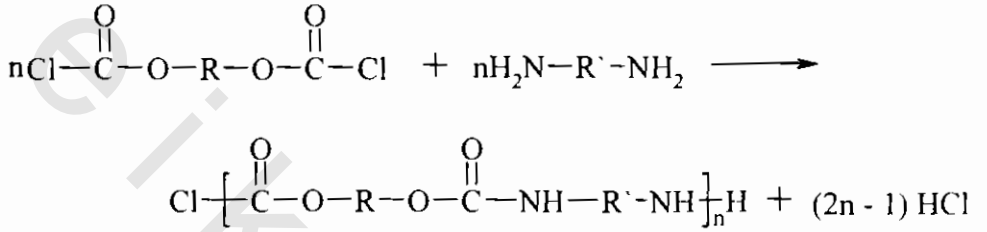
أولاً : تفاعل بس كلورفورمات مع الداي أمينات :

ويتم تحضير البس كلوروفورمات من تفاعل الفوسجين مع الدايولات Diols أو مع البس فينولات كما يلي :



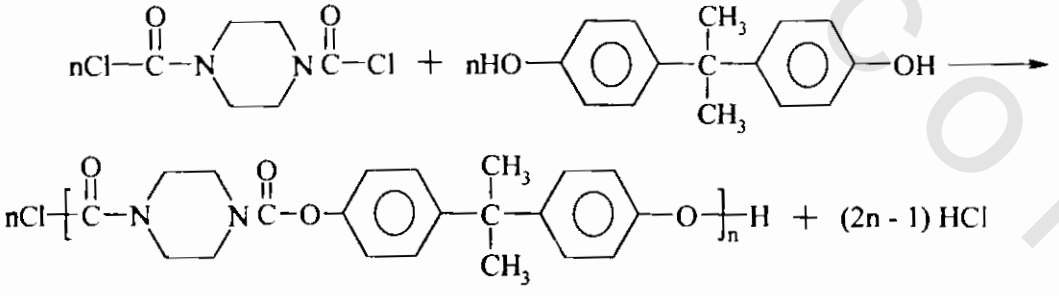
البس كلوروفورمات

ثم يفاعل ألبس كلوروفورمات مع الداي أمينات :



ويكون تفاعل الفوسجين فى الخطوة الأولي أسرع من تفاعل البس كلوروفورمات مع الداي أمين والبوليمر الناتج من هذا التفاعل له درجة انصهار ودرجة تلين Softening point أقل مما للبولي أميدات .

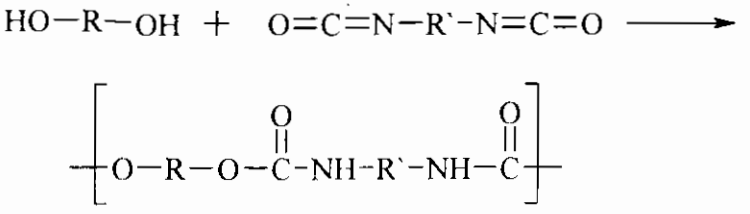
ثانياً : تفاعل كلوريد البس الكرياميل مع البس فينولات كما يلي :



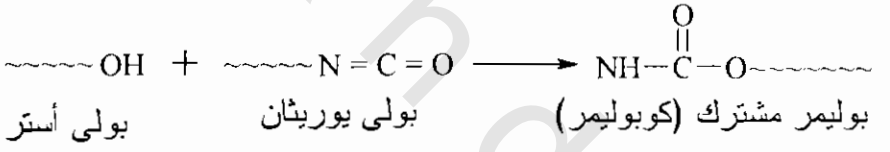
بولى يوريثان

ثالثاً : إضافة الكحولات إلى الداي ايسوسيانات :

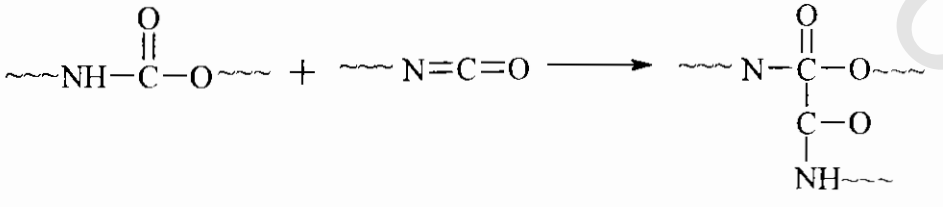
ويمكن إسراع التفاعل بإضافة كميات قليلة من أمين أو من ملح معدني كعامل مساعد كما يلي :



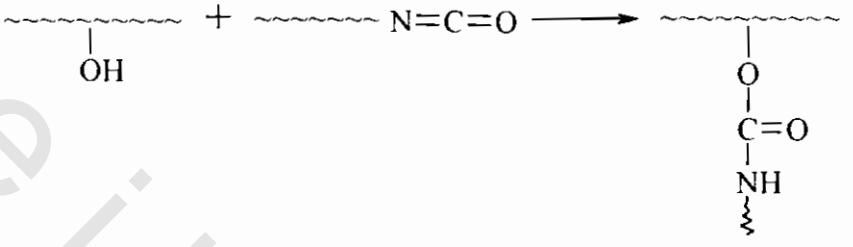
ويمكن أن يستخدم البولي يوريثان المحضر بهذه الطريقة فى صناعة ألياف مرنة أو مركبات مطاطية وذلك عن طريق إجراء البلمرة المشتركة Copolymerization بين البولي يوريثان أعلاه وبولي أستر ذو وزن جزيئي قليل . حيث يحدث التفاعل بين نهايات البولي أستر المنتهية بمجاميع الهيدروكسيل وبين مجموعة الايزوسيانات الحرة فى البولي يوريثان .



ويمكن تحويل البوليمر المشترك (كوبوليمر) أعلاه إلى مادة مطاطية بمفاعلتها مع كمية إضافية من البولي يوريثان حيث ينتج بوليمر مشترك متشابك ذو مجاميع رابطة من نوع جديد تسمي الوفانات Allophanate كما يلي :



وقد أمكن تحضير بولي يوريثان متشابك بمفاعلة البولي يوريثان مـــع أستر محضر من كحول متعدد الهيدروكسيل فيكون بذلك محتوياً على مجاميع هيدروكسيل جانبية حرة يمكنها أن تتفاعل مع مجاميع الايزوسيانات الحرة كما يلي :



البولي يوريثان المسامي (الاسفنجي) Polyurethane foam

تستخدم كميات كبيرة من البولي يوريثان على هيئة كتل مسامية تسمى بالرغوة Foam أو البلاستيك المسامي ويصنع على نوعين هما :

1- البلاستيك المسامي المرن Flexible foam

2- البلاستيك المسامي الصلد Rigid foam

يستخدم النوع الأول فى كثير من الأغراض منها فى صناعة الأثـــاث ومقاعد السيارات بينما يستخدم النوع الثاني لتغليف الأجهزة أثناء شحنها وفى تغطية السقوف لغرض المحافظة على الحرارة والصيانة .

وهناك طرقاً متعددة لصناعة البلاستيك المسامي وفقاً لنوع البوليمر ، ولكنه بشكل عام هناك طريقتان رئيسيتان هما :

الطريقة الأولى (الطريقة الميكانيكية):

الأولي تسمي بالطريقة الميكانيكية mechanical foaming وفى هذة الطريقة يتم نفخ منصهر البوليمر بطرق ميكانيكية كاستخدام تيار من غاز خامل ينطلق بسرعة مناسبة خلال عجينة البلاستيك فتتكون تجاويف ومسامات كثيرة بفعل فقاعات الغاز ، وهكذا يتكون بوليمر مسامي تتخلله فقاعات هوائية. وتعتبر هذه الطريقة غير ناجحة مع بعض البوليمرات الأخرى مثل البولي ستايرين المسامي Polystyrene foam .

<u>الطريقة الثانية (الطريقة الكيميائية)</u>

والطريقة الثانية لإنتاج الرغوة البوليمرية هى الطريقة الكيميائية وتكون باستخدام مواد كيميائية غير مستقرة تتفكك بتأثير الحرارة وينتج غازات داخل العجينة البلاستيكية فتسلك كعوامل نافخة Foaming agents ومن المواد المستعملة لهذا الغرض على النطاق الصناعي هى مادة الازوبس أيزوبيوتيرونتريل "AIBN" التى تتفكك عند تسخينها فوق درجة 45°م وينتج غاز النتروجين كما يلي :

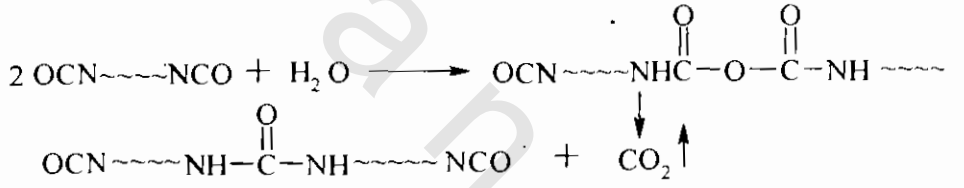
$$(CH_3)_2\underset{\underset{CN}{|}}{C}-N=N-\underset{\underset{CN}{|}}{C}(CH_3)_2 \longrightarrow 2\,\underset{\underset{CN}{|}}{C}(CH_3)_2 + N_2\uparrow$$

بالإضافة إلى المواد النافخة تضاف إلى منصهر بعض المواد المستحلبة Emulsifire والمثبتات Stabilizers لغرض تثبيت البوليمر المسامي وبالنسبة إلى البولي يوريثان المسامي فيمكن تحضيره من دون

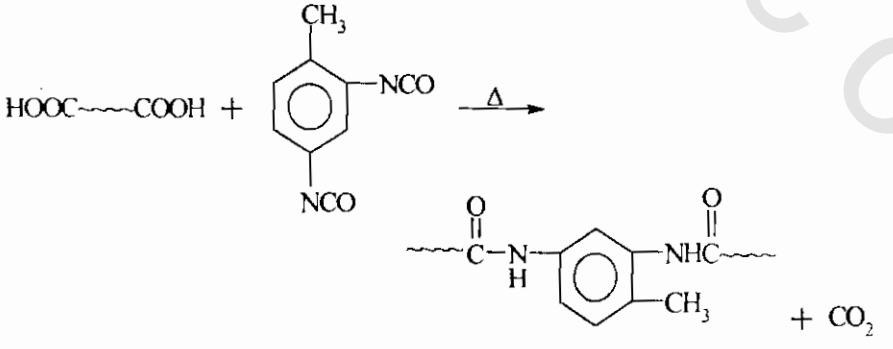
إضافة مواد نافخة وذلك لإمكانية تفاعل مجاميع الايزوسيانات فـــى البـــولي يوريثان مع مركبات خاصة بحيث تحرر غازات وأبخـــرة تســـلك كعوامـــل نافخة.

ولقد وجد أنه عند إضافة كميات محددة من الماء إلى البولي يوريثـــان ذو الوزن الجزيئي البسيط والتى تنتهي سلاسلة بمجاميع الايزوسيانات يؤدي إلى التفاعل وتكوين ارتباطات أميديـــة (-NH-CO-) كـــالتى فـــى اليوريـــا ومصحوبة بفقدان جزيئات من غاز ثاني أكسيد الكربون.

وهذا التفاعل يزيد الوزن الجزيئي للبوليمر من ناحية ويقوم ثاني أكسيد الكربون الناتج بعملية النفخ مكوناً البولي يورثان المسامي من ناحية أخـــرى كما يلي :



أما البولي آسترات المنتهية بالكربوكسيل فيفاعل مع الايسوسيانات لتحضـــير البلاستيك المسامي المرن حيث تتكون المجاميع الأميديـــةAmide Linkage كما يلي :



والداي ايزوسيانات المألوفة الاستعمال لهذا الغرض مزيج من 2،4 ، 2،6- داي ايزوسيانات الطولوين Toluenediisocyanate وكذلك 4 و4`-داي فنيل ميثان – داي ايزوسيانات 4,4`-diphenylmethane diisocyanate .

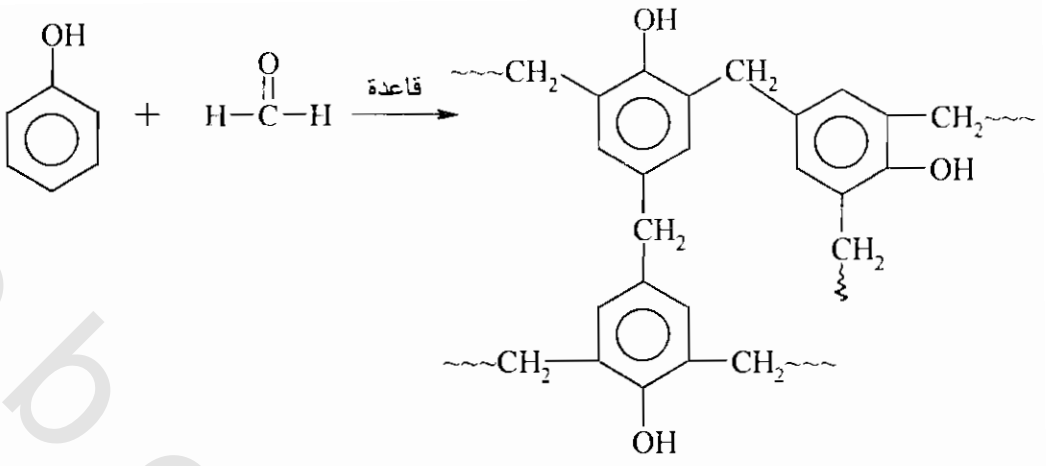
وتعجل هذه التفاعلات عادة بواسطة بعض الأملاح الفلزية مثل 2-اثيل هكسوات القصديروز Stannous-2-ethyl hexoate وبعض الأمينات الثالثية tertiary amines مثل المركب Diazabicyclo 2-2-2 octane .

رانتجات الفينول فورمالدهيد Phenol-Formaldehyde Resins

تعتبر هذه البوليمرات من أقدم أنواع البوليمرات الصناعية المخلقة ، ويعرف تجارياً تحت أسم "فينوبلاست Phenoplast" ويحضر البولي فينول فورمالدهيد بطريقتين :

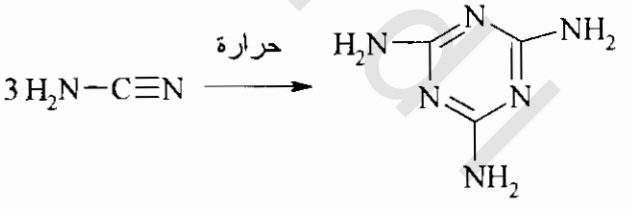
الطريقة الأولي يستخدم فيها عامل مساعد قاعدي ويتكون فى البداية بوليمر يسمي تجارياً بـ "ريسول Resole" وعند معاملته الحرارة يتحول إلى بوليمر صلب .

أما الطريقة الثانية فيستخدم فيها عامل مساعد حامضي ويتكون فى البداية بوليمر يسمي بالنوفولاك "Novolac" الذي يتطلب إضافة كميات جديدة من الفورمالدهيد ليأخذ البوليمر تركيبه النهائي كما يلي :



راتنجات الميلامين فورمالدهيد Melamine-Formaldehyde Resin

الملامين جزيئة حلقية غير متجانسة ويمكن أن تحضر من بلمرة ثلاث جزيئات من السيانامِد Cyanamide كما يلي :



ويحضر السيانامِيد من الجير الحي والكربون كما يأتي :

$$CaO + 3\,C \xrightarrow{2000^{\circ}م} CaC_2 + CO$$

obeikandl.com

الأسئلة

1 : ما هي ميزات السلسلة الجزيئية فى البولي استرات الصالحة لصناعة الأنسجة . مع ذكر فوائد البولي آسترات الاليفاتية .

2 : أكتب المعادلات الكيميائية لتحضير المركبات الآتية صناعياً :

أ- تيرفثالات الداي مثيل .

ب- جلايكول الاثيلين .

ج- بولي (كربونات الـ 1 ، 4-فنيلين) Poly(1,4-phenylene carbonate)

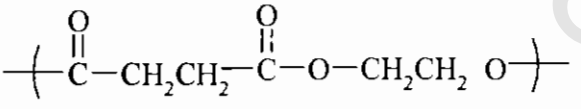
3 : أشرح تفاعل الاسترة بطريقة تبادل الاسترات Transesterification وبين ميزاتها مع بيان أمثلة ومعادلات كيميائية .

4 : إشرح تفاعل كولبي Kolbe وبين دوره فى تحضير البولي استرات أكتب ميكانيكية للتفاعل .

5 : كيف تحضر بوليمر متشابك من المركبات الآتية :

1- حامض الماليئيك maleic anhydride .

2- بولي استر ذو التركيب الجزيئي التالي :



3- كمية ضئيلة من السنتايرين .

أكتب المعادلات اللازمة .

obeikandl.com

6 : إشرح كيفية تحضير المواد البلاستيكية الآتيـــة مـــع ذكـــر المعـــادلات الكيميائية.

1- النوفولاك .

2- الريسول .

3- الملانوبلاست .

4- راتنج اليوريا فورمالدهيد .

7 : إشرح ميكانيكية البلمرة بين الفورمالدهيد والفينول .

أ- فى وسط حامضي .

ب- فى وسط قاعدي .

8 : إشرح طريقة تحضير البلاستيك المسامي وما هي استعمالاته .

9 : كيف يحضر النايلون 66 . أشرح ذلك بمعادلات كيميائية . ما هى أهـــم النقاط الهامة التى يجب ملاحظتها فى هذه الصناعة .

10 : أشرح دور الرابطة الهيدروجينية فى البولي اميدات فى تسهيل عمليـــة بلورتها وارتفاع درجات انصهارها ودرجات انتقالها الزجاجية.

obeikandi.com