# البـــاب الســـادس

## اللدائـــن غيـــر المعدنيـــة

## (Non – Metallic Plastics)

1.6. مقدمـــــــة .

2.6. مكونـــات اللـــدائن .

3.5. أنـــواع اللـــدائن .

4.6. طـــرق تصنيع اللـــدائن .

5.6. البوليمـــرات والبلمـــرة .

6.6. الأوليفينـــات المتعـــددة .

7.6. الألـيـــاف الصناعيـــة غيـــر السليلوزيـــة .

1.7.6 النايلـــون .

2.7.6 ألـيـــاف الاكريليـــك .

8.6. المشتقـــات السليلوزيـــة .

1.8.6 نتـــرات السليلـــوز .

2.8.6 خـــلات السليلـــوز .

3.8.6 أثيـــل السليلـــوز .

4.8.6 متعـــدد الروبليـــن .

5.8.6 مشتقـــات متعـــدد الإثيليـــن .

6.8.6 مشتقـــات الإثيليـــن الأخـــرى .

9.6. الراتنجـــات التي تتصلـــد بالحـــرارة .

10.6. المطـــــــاط .

11.6. دور اللدائـــن في التقـــدم والتطـــور العلمـــي .

12.6. أخفـــاق البوليمـــرات وفشلهـــا .

13.6. أخفـــاق المـــواد الخزفيـــة وفشلهـــا .

14.6. تماريـــــــن .

## 6.1 مقدمـــة (Introduction)

اللدائن هي مواد صناعية صلبة ، تتكون مـــن مركبـــات أو خلـــيط مـــن المركبات ذات الـــوزن الجزيئـــي الـــعالي مـــع إضـــافة مـــواد لمـــلء الفراغات ، مثـــل نشارة الخشب أو الجبس . تعود صنـــاعة اللـــدائن إلـــى العـــام 1875 ، حين تـــم تحضير كمية كبيرة من السليلويد وهو من اللـــدائن الحرارية والذي اكتشفه العالم " بيركس " عام 1862 . أما اللـــدائن المتصـــلبة حراريا فقد تم اكتشافها من قبل العالمين " بيكلاند وسوينسيرون " فـــي عـــام 1909.

وقد تميزت عمليات إنتاج اللدائن وتحويلها إلى منتجات نهائية بدرجة نمـــو كبيرة جدا بين الخمسينات وعام1970 ، حيث كان متوسط معدل النمـــو فيهـــا بحدود 15% ســـنويا ، ونظرا لموجة التضخم التـــي بـــدأت فـــي أوائـــل السبعينات وارتفاع أسعار البترول عام 1973 ، ومن المنتظر أن يقل هذا النمو سنويا .

إن اللدائن هي راتنجات صناعية محضرة بطريقة البلمرة ، ومن خواصها أنها تتكيف بتأثير الضغط والحرارة إلى أشكال ثابتة . وخلال عملية البلمـــرة يتحد العديد من الجزيئات الصغيرة لتكوين جزيئات كبيـــرة ومتشـــعبة وهـــذه الجزيئات تدعى بالوحدات البنائية أو المونومرات فمثـــلا كلمة البولي أثيلـــين تعني متعدد الأثيلين ويتكون من اتحـــاد العديـــد مـــن جزيئـــات غـــاز الأثيلين . وغالبا ما يعمم مصطلح " اللدائن " على المواد المختلفة مثل أوعيـــة البلاستيك والمواد المطلية بالورنيش ويوجد في الوقت الحاضـــر العديـــد مـــن اللدائن ذات الصفات المختلفة .

ويشترط في الوقت الحاضر على مجهزي المواد البلاستيكية بعد إساءة استعمالها شروط معينة ، كذلك يجب أن يكون المهندس على علم بنوعيات اللدائن المتوفرة وخواصها الفيزيائية والكيميائية بغية استخدامها بالشكل والصورة الصحيحة في إنتاج المواد البلاستيكية المختلفة .

ويبين الجدول رقم (6-1) تطور الاستهلاك العالمي من اللدائن (وحدة القياس 100 طن متري) واستهلاك الفرد منها مقدرا (Kg/year) .

**جدول (6-1)**

تطور الاستهلاك العالمي والفرد من اللدائن

| العام | 1955 | 1960 | 1965 | 1970 | 1975 | 1980 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| الاستهلاك العالمي | 2200 | 6900 | 14500 | 20000 | 41910 | 70000 |
| استهلاك الفرد | 1.2 | 2.3 | 4.3 | 8.3 | 10.8 | 17.4 |

نلاحظ من الجدول أعلاه أن استهلاك العالم من اللدائن قد زاد من 20 مليون طن عام 1970 ليصل إلى 70 مليون طن في عام 1980 . وقد تطور إنتاج بعض اللدائن بين عامي (1974 – 1985) كما موضح في الجدول(6-2) لوحدة (T/year) .

## جـدول (6 - 2)

الإنتاج العالمي لبعض اللدائن

| ت | المنتج | عام /1975 ( طن/ سنة) | عام / 1985 ( طن / سنة) | نسبة النمو % |
|---|---|---|---|---|
| 1 | بولي أثيلين واطئ الكثافة | 10.2 | 26.6 | 9 |
| 2 | بولي أثيلين عالي الكثافة | 4.2 | 12.2 | 11 |
| 3 | بولي بروبلين | 2.5 | 13.4 | 12 |
| 4 | متعدد كلوريد الفنيل (PVC) | 11.4 | 26.2 | 8 |
| 5 | بولي ستايرين | 5 | 14.2 | 20 |
| 6 | أكريلونتريل بيوتاداين/ستايرين | 1.1 | 3.5 | 11 |
| | الإجـمالـي | 35.5 | 97.2 | 9.5 |

ويعود النمو السريع في إنتاج اللدائن إلى :

1- انخفاض سعر البترول والغازات الطبيعية إذا ما قورنت بأسعار الخامات التقليدية .

2- توفر البترول بكميات كبيرة .

3- سهولة نقل البترول ومنتجاته وتداوله وخاصة عن طريق الأنابيب .

4- تميز البترول بخواصه الطبيعية إذا ما قورنت مثلا بالفحم وخاصة من ناحية انخفاض نسبة الكبريت ونسبة الرماد المتخلف من احتراقه ونسبة الشوائب الأخرى .

5- احتواء البترول على عدد كبير من المركبات الهيدروكربونية التي يسهل استخدامها كمواد خام في الصناعات الكيميائية .

6- سهولة تحويل الهيدروكربونات البترولية إلى مختلف المركبات العضوية وذلك باستخدام الضغط والحرارة والعوامل الحفّازة وكذلك بطرق الفصل الطبيعية والكيميائية .

واللدائن أنواع كثيرة تختلف عن بعضها من حيث الصفات والخواص والمظهر . تنتج بوسائل كيميائية من مواد سليلوزية أو صمغية أو عضوية وغير عضوية ولكل نوع من هذه اللدائن وسائل خاصة لتشكيله أما بالكبس بمختلف أنواعه والحقن والبثق والدرفلة والقطع ....الخ كل حسب خواصه التكنولوجية .

## 2.6 مكونات اللدائن (Plastic's Content)

تتكون اللدائن في أغلب الأحيان من المواد التالية :

1- مواد أصلية ، ويقصد بها المواد المصنّعة والتي تكون قوام الخليط .

2- مواد رابطة ، تخلط لتربط حبيبات المواد الأصلية معا .

3- مواد معجّنة ملّدنة (plasticizers) ، وهي مركبات كيميائية عضوية تستخدم في تحضير اللدائن ، وتحضر بتفاعلات الأسترة بين حمض عضوي أو غير عضوي و بين مادة عضوية أخرى مناسبة ، وتتميز بدرجة غليان وقوة لصق عالية من أمثلتها مادة ثلاثي فوسفات الفنيل وبعض أسترات الجلايكول مرتفعة درجة الغليان وتؤدي إضافة هذه المواد إلى سهولة تشكيل خليط اللدائن واحتفاظه بخصائصه الطبيعية وزيادة مرونته .

4- مواد مجمدة " مصلّدة " (Hardeners) ، إن المصلّد هو مادة تضاف إلى الدهان أو الورنيش لجعله أقل رخاوة أما من ناحية اللدائن فهي المواد التي تساعد على تجميد الخليط بعد تشكيله ليثبت شكله .

5- مواد مزلقة (Lubricants) ، المواد المزلقة تستخدم عادة لتخفيف الاحتكاك أما هنا فإن تلك المواد تضاف لتزليق مكونات الخليط اللدائني

بعضها على بعض لتقلل من مقاومتها للتشكيل ومن أمثلتها الأحماض الدهنية والشمع .

6- مواد معجّلة (Accelerators) ، وهذه تعجل التفاعل والتشابك بين مكونات الخليط لتقصير مدة تجمد الخليط وإنهاء عملية كبسه في أقرب وقت .

7- إضافات لامتصاص الصدمات وهي مواد تضاف لوقف انتشار التشقق الناتج عن الصدمات وهي تعمل على امتصاص تلك الصدمات ووقف التشقق وتشمل أصباغ أو بعض أصباغ البولي أثيلين المكلوّر والمطاط الصناعي .

8- المواد المالئة " الحشوة " (Fillers) ، وهذه المواد تضاف لملء الفراغات فيصبح البوليمر لدنا . وتكون عادة مادة ناعمة مثل نشارة الخشب والجبس والكاؤولين وأسود الكربون والجرافيت وكربونات الكالسيوم أو قد تكون من مواد ليفية مثل الصوف القطني أو ألياف الأسبستوس " الحرير الصخري " أو ألياف الزجاج وهذه المواد تساعد على خفض تكاليف التصنيع ، وتحسين الخواص الميكانيكية والكيميائية لمادة اللدائن وتقويتها وزيادة مقاومتها الحرارية وكذلك في تحسين خواص مقاومة الحرائق والمياه لديها .

9- مواد مانعة التأكسد (Antioxidants) ، وهي مواد تساعد على منع أو تقليل درجة الأكسدة والمحافظة على خواص اللدائن الفيزيائية والكيميائية كاللون ومعامل الانسياب لفترة طويلة.أهم المواد المانعة للتأكسد هي ثنائي بيوتيل ثلاثي بارا كريسول .

10- المواد الملونة (Colorings) تضاف صبغات معينة إلى اللدائن لإعطائها اللون المطلوب ، ولتلوين الخليط بالألوان المختلفة والتي نشاهدها في منتجات اللدائن الخلابة المظهر ومن أمثلة هذه المواد مسحوق الكربون .

## 3.6 أنــواع اللــدائــن (Plastic's Types)

تنقسم اللدائن من حيث خواصها التشغيلية إلى ثلاثة أقسام رئيسية هي :

**1.3.6 اللدائن اللينة** " الحرارية "(Thermo-Plastics) وهــذه تلــين كلمــا ارتفعت درجة حرارتها وتتجمد إذا انخفضت درجة حرارتهــا إلــى الدرجــة العادية ويتم تسمية هذه المواد أيضا بــ(اللدائن التي تتلدن بالحرارة) ومن أهــم أنواعها:

a) البولي أثيلين [Polyethylene (P.E.)] ، وكثافته تصل إلى $9.2g/cm^3$ ، ولونه من الشفاف إلى اللون الأبيض ، وهو ذو سطح مصقول مقاوم للأحماض والقلويات . يحضر بوجود وسيط عند ضغط مرتــفع وهو قـــوي ، مــرن وخامل تصنع منه الأوعية والخراطيم والأنابيب والرقائق ويستخدم في صـــنع الأفـــلام البلاستيكية والمعدات المقولبة والألياف الصناعية .

b) البـــولي بـــروبلين[polypropylene(P.P.)] ، كثافتـــه تصـــل إلى $1.2g/cm^3$ ودرجة تلدنه $130C°$ وهو بوليمر هيدروكربوني يحضر من متعدد البروبيلين " البروبين " . يوجد بعدة أشكال متماكبة مختــلفة وعند بلمرة البروبلين ، تشكل ذرة الكربون الثــالثة من كل جزيء أحادي الحد ، ســلسلة جانبية توجد على طول سلســلة البلمرة النامية ويؤثــر ترتيب هذه الســلاسل الجانبية على خصائص البوليمر ولم يكن ممكنا إنتــاج متعــدد البــروبيلين ذو الخصائص المفيــدة إلا بعــد أن تــم إنتـــاج العوامـــل الحفــازة نـــوع (زيغلر – ناتا) وتصنـــع منه بعض أجزاء السيارات والغسّالات .

c) متعدد كلوريد الفينيل[Polyvinyl Chloride (P.V.C.)] ، كثافته تصــل إلى حوالي $1.35g/cm^3$ ، وهو شــفاف يقاوم الأحماض والقلويات وتصنع من

النوع الصلد منه قواعد الأجهزة والصمامات ، أما الأنواع الطرية فيصنع منها الجلد الصناعي والخراطيم والقفّازات وأحذية الوقاية من الصدمات الكهربائية .

d) متعدد الأميد[Polyamide(P.A.)] ، كثافته تصل إلى حوالي $1.14g/cm^3$ وهو مقاوم للأحماض والقلويات والبلي . لونه أبيض ذو صلادة ومتانة عالية وتشكل فيه مجموعات الأميد (- CONH -) الروابط بين أحاديات الوحدة المتعددة ينتج بتفاعل تكثيف بين مجموعة حمض كربوكسيلي وأمين وتعتبر البروتينات أمينات متعددة . تصنع منه التروس ولقم كراسي المحاور والبكرات وخزانات المياه والوقود وقضبان الانزلاق ويمكن استخدامه أيضا في صناعة النسيج والحبال ويعرف عندئذ باسم النايلون (Nylon) .

e) متعدد الكربونات[Polycarbonate (P.C.)] ، وكثافته تصل إلى حوالي $1.2g/cm^3$ وهو شفاف مقاوم للإجهادات ويتحمل الحوامض والمذيبات والأملاح ويصنع منه الزجاج المقاوم للكسر وأدوات الرسم وأجهزة التشبع بالهواء أو الهوايات والأدوات الكهربائية والأطباق والأدوات الميكانيكية الدقيقة

f) متعدد الستايرين[Polystyrene(P.S.)] ، كثافته $1.05\ g/cm^3$ وهو شفاف صلد قابل للكسر يقاوم الأحماض والقلويات ، لكنه لا يقاوم المذيبات ويصنع منه الزجاج الخاص بواجهات عرض المحلات التجارية " لفاترينات " و أدوات الرسم الهندسي والأكواب والأوعية الصغيرة . عند خلط المركب مع مادة مثل الأكريل نيتريل أو البيوتادين المطاطي تتحسن خصائصه الميكانيكية وتصنع من هذا الخليط أجسام السيارات والماكينات ومقابض المفكات وأزرار المكائن .

g) متعدد الأستر[Polyester] ، وهو بوليمر تكون الروابط بين جزيئات الوحدة فيه مجموعات الأستر [-COOC-] يتشكل بعملية تكثيف بين حمض

كربوكسيلي ومجموعة هيدروكسيل . إن كثيرا من الألياف الصناعية هي بوليسترات ويمكن تحضيرها من مزيج من أحماض ثنائية الكربوكسيل والدايول . مثال ذلك التيريلين الذي يحضر من حمض ثلاثي الفثاليك وجلايكول الإثيلين .

### 2.3.6 اللدائن التي تتصلب بالحرارة [ Thermosetting ]

وهي اللدائن التي تتشكل في قوالب لمرة واحدة عند درجات حرارة ما بين (180-125C°) وتحت ضغط يصل إلى حوالي2000 كيلوجرام قوة/سم$^2$ ، حيث تأخذ هذه اللدائن شكل القالب ولا يتغير شكلها بإعادة تسخينها مرة أخرى ويمكن أن تحترق إذا ما ارتفعت درجة حرارتها إلى أكثر من 350C° ومن هذة اللدائن الانواع التالية :

1) الفينول فومالديهايد [Phenol Formaldehyde(P.F.)]

ذو لون بني كثافته تساوي 1.5g/cm$^3$ وله رائحة مميزة وذات صلادة متوسطة وقابل للكسر ، وعادة ما يستخدم في تصنيع الخشب الحبيبي وفي بعض الأحيان تضاف إليه ألياف النسيج وذلك لتحسين خصائصه وتقليل الكلفة .

2) الميلامين فورمالديهايد[Melamine Formaldehyde(M.F.)]

كثافته تصل إلى 1.5g/cm$^3$ ذو لون يتدرج بين الأبيض إلى الأصفر القاتم . يتحمل درجات الحرارة المرتفعة نسبيا لتصل إلى 130C° له صلادة متوسطة وقابل للكسر ويستخدم أيضا في تصنيع الأخشاب الحبيبية ، كما تضاف إليه بعض المواد الرخيصة الثمن لصناعة بعض أجسام المعدات والماكينات .

3) راتنجات الإيبوكسي[Epoxy Resins(E.R.)]

كثافته تصل إلى $1.2g/cm^3$ يتراوح لونه بين الشفاف والبني وهو مقاوم للكسر والأحماض والقلويات ومحاليل الأملاح والمذيبات ويستعمل كمادة لاصقة وفي صناعة أجسام الطائرات والسيارات والقوارب والسقوف والألواح المتعرجة والأجهزة الرياضية .

4) راتنجات متعدد اليورثان [Poly Urethane Resin(P.R.)]

وكثافته تصل إلى حوالي $1.5g/cm^3$ ، لونه يميل إلى البنّي الشفاف وتتدرج صفاته بين الصلد والمتين والمطاطي والطري وله قوة تماسك عالية تجعله صالحا للمنتجات الرغوية ، ويمتاز بمقاومته للأحماض والقلويات والأملاح والمذيبات . يحضر بتفاعل تكثيف بين السيانيدات الفرعية العضوية وكحول متعدد الهيدريد . يستخدم متعدد اليورثان كألياف ومواد كسوة ومطاط ورغوة . يتم إنتاج الرغوة خلال تفاعل التكثيف باختيار مفاعلات تطلق ثاني أكسيد الكربون ويستعمل في التروس والأحزمة المسننة وأجزاء السيارات ولقم الكراسي كما يدخل في صناعة الأصباغ الدهنية والمواد اللاصقة .

### 3.3.6 اللدائن المرنة المطاطية (Elastomers)

تتميز هذه اللدائن بسهولة تشكيلها المرن فيمكن أن يتضاعف طولها عدة أمثال وتعود إلى طولها الأصلي بزوال قوى الشد الخارجية ، وتزداد ليونة هذه اللدائن بالحرارة وبزيادة حرارة التسخين تحترق وتتفكك وليس لهذه اللدائن خاصية اللحام ولكن يمكن لصقها . من خواصها أنها تلين مبدئيا ولا تتجمد إلا بمعالجتها بالمواد الكيميائية وتتركب غالبا من الكاسيين(Casein) وأهم مركبات هذا النوع هي المركبات اللبنية (Milk) وتنتج من " بروتينات اللبن " بتركيزها للفورمالديهايد وتصنع من هذه المركبات أدوات الزينة وبعض الأدوات المنزلية .

## 4.6 طـرق تصنيـع اللـدائن

تجهز اللدائن عادة إلى الشخص المصنع على شكل مسـحوق ، أو علـى شكل حبيبات ويتم تصنيع الأدوات عادة أما بالقولبة باستعمال الضغط أو بضخ المادة المميعة خلال القوالب أو أي شكل آخر . بالإمكان أيضا استعمال اللدائن بحالتها السائلة لتشرّب صحائف الورق ، القماش ، الخشب وتوليـد الرقـائق المشبعة ومن ثم دمج هذه الصفائح المشبعة بعد تقطيعها إلى الأشكال المطلوبة باستعمال الضغط والحرارة فمن الممكن تصنيع القوارب اللدائنيـة ، هياكـل السيارات ، الحقائب ، غطاء المناضد ، الكراسي ، الألواح العازلـة وقبعـات الرياضة والسلامة من هذه الرقائق .

تصنع في الوقت الحاضر العديد من اللدائن المختلفة على شكل مادة صلبة رغوية وتستعمل هذه المواد الخفيفة الوزن كمواد عـازلة لصنـاعة المقاعـد ولأغراض التغليف والنقل أو لزيادة القوة الرافعة للأجسام المغمورة في الماء .

فمثلا يمكن لأثني عشر باوند من اللدائن المصنعة على شكل مادة صـلبة رغوية حمل مـائة وخمسون باوند فوق سطح الماء.وبعض أنـواع اللـدائن الصلبة ذات النوع الإسفنجي تكون ذات مواصفات خفيفة وقوية وثابتة ومرنـة بحيـث تصـلح للاسـتعمال كبطانـة للملابـس الخارجيـة وحتـى فـي الإطارات الصلبة .

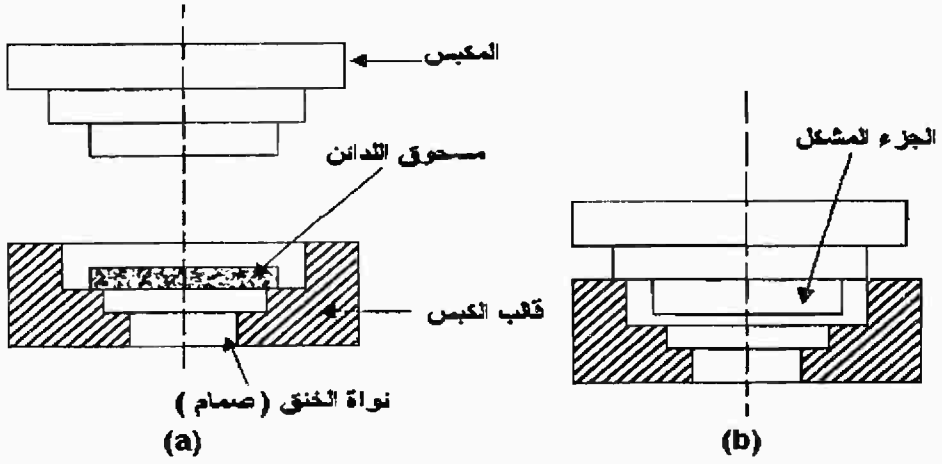
هناك طرق كثيرة لتشكيل اللدائن وذلك وفقا لنوع هذه اللدائن . ففي حالة اللدائن التي تتلين بالحرارة ، تكون المادة الأولية الخام علـى شـكل حبيبـات مجروشة بينما النوعين الآخرين يكونا على شكل سائل أو مسـحوق . يمكـن تلخيص بعض طرق تصنيع اللدائن كما يلي :

### 1.4.6 التشكيــل بالانضغــاط

حيث يوضع وزن معين من البوليمر على شكل مسحوق مع مواد مالئة أو مواد مسببة للتمدد مثــل نشارة الخشب أو الطين في النصف السفلي من القالب المعدني الســاخن ، يجري تحريــك النصف العلوي من القالــب بــبطء مــع تسليط ضغط بحدود 129 جو ويبقى الضغط لغاية إكمــال عمليــة التشــغيل حيــث تنجز عملية تصنيع الأدوات الصغيرة في دقيقة واحــدة عنــد درجــة حرارة 150C° .

### 2.4.6 التشكيل بالكبس

في هذه الطريقة توضع المادة الخام في قالب ذو مكبس ثم يتم التأثير عليها بالضغط الذي يتراوح بين(100 - 500 كيلوجرام قوة/سم$^2$ ) وذلك حسب شكل الجــزء وتعقيداتــه وعنــد بــدء التجمــد ، يــنخفض الضــغط إلــى (12 كيلوجرام قوة/سم$^2$) . إن الشكل(6-1) يوضــح طريقــة الكــبس للــدائن والأنــواع والأشكال المنتجة بهذه الطريقــة تكــون بســيطة وذات ســمك لا يتجاوز(3.0 mm - 3.5) وتستخدم درجات الحرارة أحيانا للتسخين قبل الكبس وتتراوح قيمها ما بين(500-250F°) .

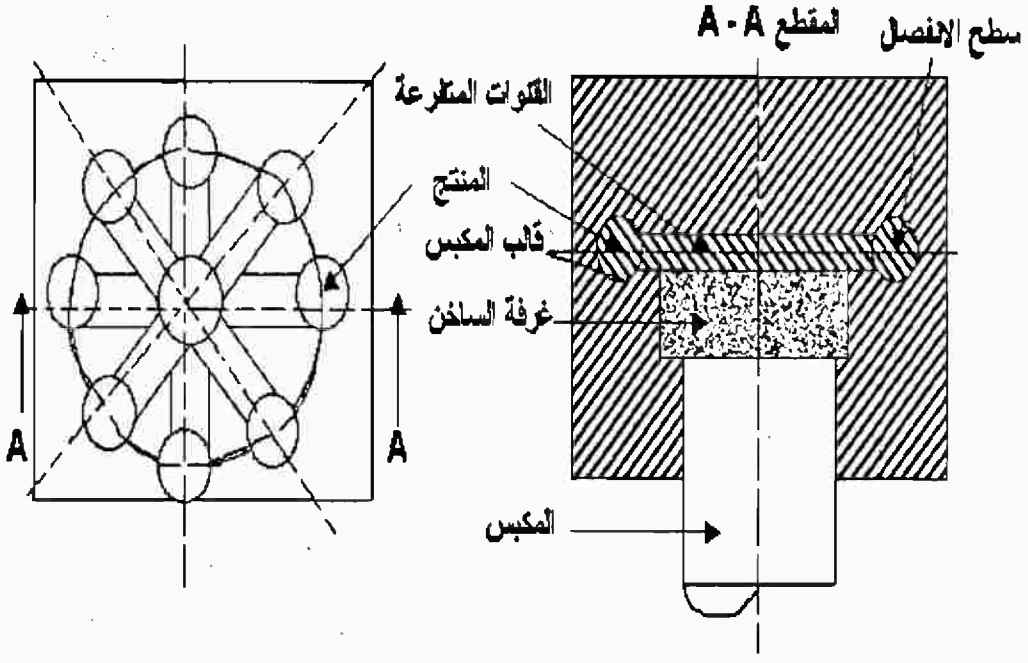



**الشكــل (6-1)**

مراحــل كبــس اللــدائن

### 3.4.6 طريقة السبك المكبسي

في هذه الطريقة تتم السباكة بسطح انفصال حيث توضع المادة المراد سبكها داخل فراغ القالب ويتم التأثير عليها بالتسخين والضغط وتتراوح قيمة الضغط في هذه الحالة ما بين (1500– 2000 كيلوجرام قوة/سم$^2$) ، وتتميز هذه الطريقة عن الطريقة السابقة في أن المنتج يكون متجانس أكثر والإنتاجية أعلى والشكل (6-2) يوضح هذه الطريقة .

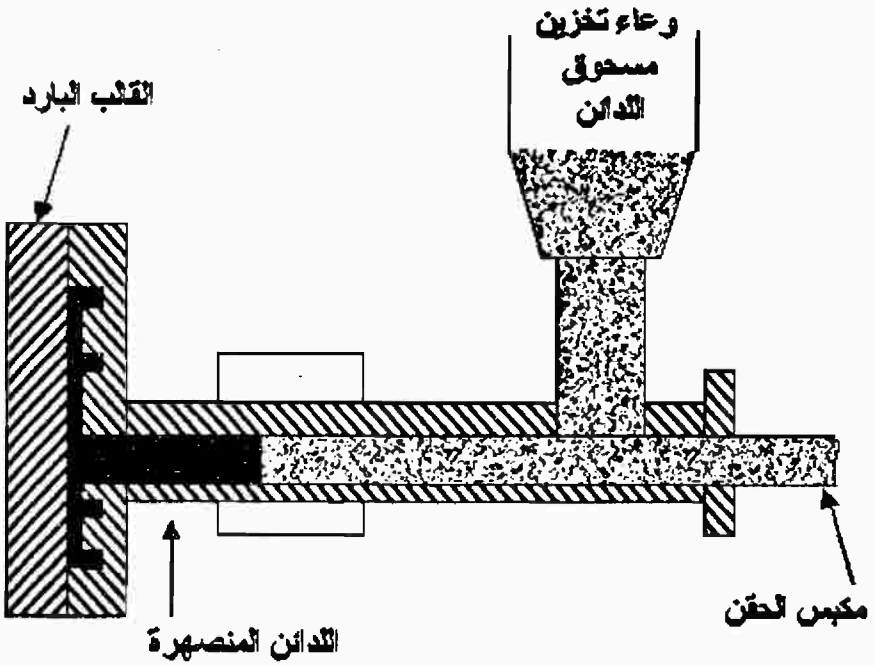



**الشكل (6-2)**

طريقة السبك المكبسي

### 4.4.6 التشكيل بالحقن

وتستعمل لتحضير الأدوات الصغيرة مثل اللدائن الحرارية كما مبين في الشكل (6-2) أدناه .




**الشكـــل (6-3)**

عمليـــة تشكيـــل اللدائـــن بالحقـــن

وفي هذه الطريقة التي تعرف أيضا بالسباكة تحت الضغط ، توضع المادة الخام في وعاء قمعي ثم يتم تغذيتها إلى أسطوانة حيث تسخن المواد في هـــذه الأسطوانة حتى تصبح بحالة نصف سائلة ثم تكبس بواسطة المكبس من خلال صمام تحكم إلى القناة الرئيسية ثم القنوات المتفرعة ثم إلى تجويف القالب حيث تثبت درجة الحرارة قرب الفتحة عند قيمة 260C° ، وبعد انتهاء عملية الكبس يجري دفـــع الجزء المصنـــوع من تجويف التشكيل بالقضبان الدافعة ويجهـــز القالـــب بقنـــوات التبريـــد . ويتـــراوح الضـــغط فـــي هـــذه العمليـــة ( 160 - 200 كيلوجرام قوة/سم$^2$) ويستمر الضغط إلى أن تتصلب اللدائن مرة أخرى .

أما الأنابيب والقضبان فتحضر من اللدائن بعملية القـــذف خـــلال عمـــود دوران مركز مسخن وتنجز عملية التشكيل بالتبريد الجوي . إن إنتاجيـــة هـــذا النوع من التشكيل تعادل 25 مرة بقدر إنتاجية طريقة السبك .

### 5.4.6 عمليــة التشكيــل بالبثــق

تتلخص عملية البثق في إدخال المادة اللدنة المتجانسة في أسطوانة بداخلها تركيب خاص للخلط والضغط في نفس الوقت ، وفي نهاية الأســطوانة تــدفع المادة المسخنة المتجانسة بقوة خلال فتحة تكسبها شكلها.ويمكن بهذه الطريــقة صنع الأنابيب والأســلاك الكهربــائية ويمكن سحب النــواتج بعد انبثــاقها لترتيب جزيئاتها وإكسابها خصائص ميكانيكية قوية . بهــذه الطريقــة يمكــن الحصول على أسلاك أو شرائح مقاومة للشــد . والمشكــلة الرئيســية فــي عمليات البثق هي ضبط درجة الحرارة بالمقدار الذي يلائــم المــادة المــراد تشكيلها ولذلك توجد في الآلة مجموعة من الأجهزة الكهربــائية والتي تتضمن التسخيــن لدرجة منتظمة من الحرارة من بداية ملء الأسطوانة إلــى نهايــة البثق . بالإضافة إلى ذلك يتم تنظيم درجة حرارة الفتحة التــي تنبثــق فيهــا الخيوط نفسها .

### 6.4.6 التشكيــل بالنفخ والتفريــغ

إن الطريقة أعلاه هي ازدواج بين الحقن والبثق مع النفخ وبواسطتها يصنع العديد من الأجســام المجوفة التي تتفاوت في الحجم . وبدلا من دفــع لــوح المادة اللدنة الساخنة إلى الشكل المطلوب بــاستخدام الضــغط المبــاشر أو الــنفخ ، فإنــه يمكــن أن يجــذب أو يشــفط باســتخدام التفريــغ (الضغط الفراغي أو المخلخل) . وهي طريقة اقتصادية في تكــاليف التشــغيل وتكاليف الأجهزة المستخدمة . وهي طريقة بعيدة الحدود لأنها اقتصادية فــي جميع الأحوال ســواء أنتج بها بطاقة إنتاجية كبيرة جدا أم لا .

## 5.6البوليمرات والبلمرة (Polymers and Polymerization)

### 1.5.6البوليمر أو المتماثر (The Polymer)

وهو مادة تتألف من جزيئات كبيرة جدا(جزيئات ضخمة) ، تتشكل بالاتحاد المتكرر لجزيئات صغيرة أحادية الحد أو ما يسمى بوحدة الجزيئة . يوجد عدد كبير من البوليمرات الطبيعية ، وتشمل البروتينات والأحماض النووية ومتعددات السكريد والراتنجات والمطاط ومعادن أخرى . إن القدرة على صنع البوليمرات هي من أساسيات التقنية الحديثة وتتم عملية البلمرة أو (التماثر) والتي تتطلب بأن يكون لكل أحادي حد مجموعتان وظيفيتان أو أكثر قادرة على الربط بطريقتين تكثيف مع إقصاء للجزيئات الصغيرة أو الإضافة البسيطة. إن العوامل الحفازة مطلوبة عادة أو استعمال مبدئ لإطلاق تفاعل متسلسل لجذور حرة وإذا تم استخدام أكثر من نوع من أحاديات الحد(المونومرات) تكون النتيجة هي بوليمر تساهمي مع وحدات مرتبة بصورة عشوائية في السلسلة . من الممكن تحت شروط معينة تشكيل بوليمر نوعي الفراغية مع مجموعات موجهة بانتظام في الفضاء . ولهذه البوليمرات خواصها المفيدة.قد تشكل البوليمرات الخطية بلورات بحيث تكون السلاسل مطوية على نحو متعرج أو قد تشكل كتلة متشابكة لا بلورية . وقد يوجه التمدد السلاسل ويبسطها معطيا مقاومة الشد متزايدة ومفيدة في الألياف الصناعية ويحدث الارتباط المتبادل بين السلاسل المرونة . أما الارتباط المتبادل الشديد فيعطي ناتجا قويا وغير قابل للانصهار أي ( بلاستيك حراري التصلد ) .

### 2.5.6 أهمية البوليمرات في الحياة العملية

أعلنت الأكاديمية الملكية السويدية للعلوم في إستوكهولم في العاشر من أكتوبر الماضي أن الأمريكي " ألان هيجر " والنيوزيلندي " ألان ماكديارميد " والياباني "هيديكي شيراكاوا " فازوا بجائزة نوبل للكيمياء لعام 2000 واقتسم

ثلاثتهم قيمة الجائزة التي تبلغ قيمتها نحو مليون دولار لتطويرهم نوعًا من اللدائن المتبلمرة الموصلة للكهرباء ، فما أهمية هذا الاكتشاف .

تبرز أهمية هذا الاكتشاف بداية في تغيير المألوف ، حيث يعرف البلاستيك أساسًا بأنه غير موصل للكهرباء ، ولذلك جرت العادة في استخدامه كعازل للأدوات والأجهزة والآلات الموصلة للكهرباء . لكن " هيجر " و " ماكديارميد " و " شيراكاوا " طوروا في أواخر السبعينيات بوليمرات موصلة للكهرباء ، لتصبح مجال بحث مهم لخبراء الكيمياء والفيزياء . إن " شيراكاوا " هو أول ياباني يفوز بجائزة نوبل منذ العام 1987 ، وكان يبحث في مجال البوليمرات في أوائل السبعينيات ، في الوقت الذي كان فيه " ماكديارميد " النيوزيلندي المولد الذي حصل على الجنسية الأمريكية و " هيجر " يعملان في المجال نفسه ، فتعاون الثلاثة معًا في أبحاثهم ، لغاية الوصول إلى هذا الاكتشاف . ولهذا الاكتشاف استخدامات عملية مهمة ، إذ إن البلاستيك الموصل للكهرباء يمكن استخدامه في أفلام التصوير وفي عوازل شاشات الحاسب وفي تصنيع الخلايا الشمسية والهواتف الخلوية وشاشات التلفزيونات الصغيرة .

### 1.2.5.6 البلاستيك المضيء

كما اكتشف العلماء مادة بلاستيكية جديدة مصنوعة من مركبات كيماوية " بي. بي. في " تسمى البوليمرات المضيئة ، التي تعطي إشعاعات واضحة للعيان عند مرور تيار كهربائي فيها ، ويمكن تحويل مادة البوليمر إلى طبقات خفيفة جدًا مما يجعلها ذات استخدامات متعددة ، مثل صناعة شاشات التلفزيون أو الحاسب ، ويمكن طيها وحملها في حقيبة يدوية ، أو تستخدم في صناعة هواتف نقّالة رخيصة الثمن ، عند شحن الملابس المصنوعة من هذه المادة بالطاقة الكهربائية عن طريق نضيدة تتحول إلى ما يشبه شاشة عرض سينمائية .

وقد اكتشفت مادة البوليمر هذه لأول مرة قبل 10 سنوات من قبل ثلاثة علماء في جامعة كامبردج ، والذين سرعان ما سجّلوا براءة اختراعهم عندما رأوا الإمكانيات الهائلة لاستخدامات هذه المادة البلاستيكية . وأسس العلماء شركة تطوير وبحوث أطلقوا عليها اسم تكنولوجيا كامبردج للعروض وبدعم مالي من فرقة " Genesis "، وهي إحدى فرق موسيقى البوب الإنجليزية .

وطوّر العلماء أيضًا مرآة عجيبة مصنوعة من طبقات رقيقة من المادة البلاستيكية الجديدة ، ويقولون إنها من أكثر المرايا إضاءة وانعكاسًا، ويعتقد العلماء أن للمرايا الجديدة قابلية عكس موجات ضوئية مكبرة جدًا تصل إلى 99 بالمائة من الضوء الذي يرتطم بها. كما يعتقد العلماء في شركة " M3 " في ولاية (Minnesota) الأمريكية أن المادة الجديدة ، والتي تدخل في صناعة المرايا هذه ستحسن من أداء العديد من الأجهزة مثل شاشات الحاسب ، وتطور أنواعًا جديدة من مواد التجميل والزينة .

### 2.2.5.6 المضاد الحيوي البلاستيكي

سرعان ما تطورت الأبحاث العلمية التكاملية ، وتلاحقت لتشمل فيما تشمل ثورة علمية جديدة تعتمد على نظرية العلماء الحاصلين على جائزة نوبل في الكيمياء للعام المنصرم ، ولتنتج أنواعًا جديدة من البوليمرات تطرد الجراثيم وتحارب السرطان وتصلح الأعصاب التالفة . وبالرغم من تميز الموضوع بطابع من الغرابة والإثارة ، فإنه يحمل آمالاً علاجية للكثير من البشر ، ومن الممكن أن يحدث ثورة تكنولوجية غير مسبوقة في باكورة الألفية الثالثة .

وتمثل هذا السبق العلمي في عدة أبحاث هامة، نوقشت في الاجتماع السنويّ الذي عقد مؤخرًا للجمعية الكيميائيّة الأمريكية ، والتي تحدثت عن استخدام جديد للبلاستيك في مجال الدواء . وأظهرت بعض الأبحاث المقدمة في المؤتمر الذي حضره حوالي 20000 عالم ، وصفًا لمجموعة من البوليمرات الجديدة المبتكرة ، من الممكن أن تساعد في علاج سرطان المبيض وفي الشفاء من الإصابات ، وتجدّد الأعصاب التالفة .

فعلى سبيل المثال ، البحث المقدم من " تشارلز كاراهر " و" ديبورا سيجمان " من جامعة (Florida Atlantic) يعرض لاكتشاف حديث عن معالجة سرطان المبيض بنوع معين من البلاستيك . والبلاستيك المستخدم عبارة عن نوع من البوليمر يحتوي على دواء مضاد للبكتريا(Cephalexin) ومعدن القصدير . وأظهر هذا الخليط فاعلية شديدة ضدّ بعض الخطوط الخلوية المنماة في الأنابيب والمستأصلة من جسد اثنتين من المرضى بسرطان المبيض ، بعد أن فشلت جميع محاولات العلاج الإشعاعي والكيميائي في القضاء على هذه الخلايا .

وبالرغم من صعوبة الوصول لتفسير علمي واضح لهذه الظاهرة، فإن النتائج الأولية كانت مبهرة للغاية فقد ثبط البوليمر المستخدم نموّ كلا الخطّين الخلويين ففي الأول كانت نسبة تثبيط الانقسام الخلوي حوالي 97% ، وفي الآخر حوالي 80% ، وأظهرت التجارب أن تضمين المعدن مع البوليمر يبدو حاسمًا للغاية ، والآن يتم اختبار أنواع أخرى من المعادن مع البوليمر مثلا الزّرنيخ و البزموث . وفي مستهل تعليق " كاراهر " على البحث المقدم منه قال" إن هذا العلاج لا يشكل معجزة علاجية مطلقة ، لكنّ إكسير البوليمر- سيفالكسين (polymer-cephalexin) هذا قد يكون مرشّحا جيدا كدواء للسرطان " .

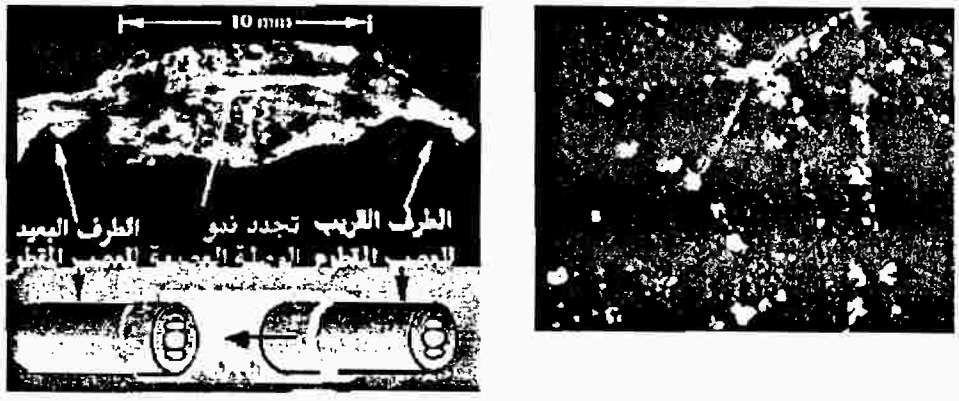
ومن أبرز الابحاث التي قدمت في هذا المؤتمر ، بعض الآثار العلاجية لنوع آخر من البلاستيك ، وقام بهذا العمل فريق من مختبر " كريستيني شميدت " في جامعة تكساس . وقام هذا الفريق بتطوير بوليمرات جيدة التوصيل للكهرباء ، وبخلط بعض هذه البوليمرات مع جزيء سكّر - نوع من السكر الطبيعي الموجود في الأوعية الدّمويّة ومعظم أنسجة الجسم يستحث النمو الجديد للأعصاب الطرفيّة التالفة .

لم تتأكد فرضية شميدت العلاجية حتى الآن ، ولكن الاختبارات الطبية السريرية قد بدأت على الفور ، وإذا نجحت هذه الأبحاث في تحقيق أهدافها فمن الممكن أن تشكل حدثًا طبيا سريريا هاما حيث أن الأسلوب الوحيد المعمول به حاليا لإصلاح الأعصاب التالفة يتم عن طريق نقل الأعصاب السليمة من مكانٍ آخر في الجسم .

ويعمل علاج " شميدت " كما يلي: تصنع فجوات على هيئة قناطر في العصب التالف عن طريق استخدام أنابيب جوفاء صنعت من بوليمر البلاستيك المضاف إليه السّكّر. ويتكسر السكر في المكان المناسب ببطء ، ليكون بعض المنتجات الأيضية (Angiogenetic By-Products) هذه الموادّ من الممكن أن تشجّع نموّ الأوعية الدّمويّة .

وهذه الأوعية الدموية الجديدة ستساعد العصب على البدء في النمو مرة أخرى بداخل الأنبوب الذي يتحلّل بعد فترة من 2 إلى 6 أسابيع ، ولا يعد بوليمر " شميدت " المادّة الصناعية الأولى المختبرة في هذا المجال ، لكن هذا البوليمر يعتبر بحق هو الأوّل الذي يساعد على رتق العصب وإصلاحه ، ليعود لتأدية وظيفته بلا أية مضاعفات كما موضح في شكل(6 -4) .

وتعتبر الأبحاث الجارية الآن إضافة مستحدثة أخرى نقلت إلى بعض أنواع البلاستيك القدرة لقتل بعض مسببات المرض كالبكتريا بمجرد التلامس . ويمكن إنتاج أنواع كثيرة لا حصر لها من البلاستيك المضاد للبكتريا بإضافة أنواع من المضادات الحيوية ، أو من المطهرات للبوليمرات البلاستيكية . وتفيد هذه الإضافة في التطبيقات التي تحتاج إلى المعالجة لفترات مستمرة ، حيث يحرّر البوليمر المواد العلاجية على فترات طويلة نسبيًا . وسرعان ما ظهرت تطبيقات كثيرة في هذا المجال ، مثل تصنيع فرش الأسنان المبيدة للجراثيم ، والمحارم ، ولعب الأطفال . ولكن يعيب هذه الطريقة أن هذه المنتجات تفقد فاعليتها ببطء بمرور الوقت .




**الشكل(6-4)**

علاج شميدت لإصلاح الأعصاب التالفة

ولكن سرعان ما ظهر الحل للمشكلة السابقة في نفس المؤتمر ، حيث عرض بحث آخر به بعض التطبيقات المنافسة باستخدام نوع من المطّاط المضاد للميكروبات ، قام به " ديفيس وورلي شلبى " من جامعة أوبرن ، والذي يعمل على خلق طريقة جديدة كلية باستخدام المطاط ذو الطاقة الهائلة المتجددة ، وذلك للتخلص من الجراثيم . بالإضافة لذلك فإن لهذا المطّاط قدرات غير مسبوقة لقتل البكتيريا والفيروسات والفطريات أيضًا.

ولهذا التطبيق الأخير مدى أوسع من التطبيقات المرتقبة لهذه التقنية ، مثل صنع الكثير من الإمدادات الطبية كالقفّازات والمرايل (أغطية مشمعة واقية) والقسطرات والعوازل الطبية المطّاطية التي تستطيع أن تمنع بسهولة انتشار الأمراض التّناسليّة.. إلى تصنيع البضائع الاستهلاكيّة المتضمّنة أوعية الطعام وزجاجات تغذية الأطفال الرضع .

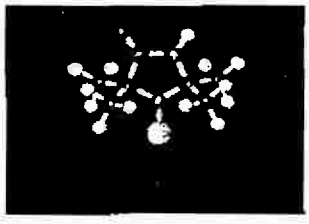
لقد حضّر " وورلى " المادّة بإدخال مجموعات من الهالامينات الاعتيادية (N-halamine) ، إلى بوليمر مكون من جزيئات متعدد الستايرين ليشكل مطاطًا كالمستخدم في محو الكتابة بأقلام الرصاص يحتوي على مستقبلات الهالامين الاعتيادي والمرتبطة بذرّات الكلور الذي يقتل الميكروبات والجراثيم في حالة الاتّصال المباشر . وبالرّغم من أنّ ذرّات الكلور(Cl) في هذا النوع من المطّاط تُستنفذ ببطء ، فإنه من الممكن تجديد نشاطه أيضًا بعد انتهاء مفعوله بوضع المطاط السابق استخدامه في أي محلول كمحلول الكلور المبيضّ المستخدم في غسيل الملابس .

وقد لاحظ " وورلي " أن زيادة مجموعات الـ (N-halamine) المضافة للمطاط تزيد من قدرة المطّاط على تسديد ضربات أقوى للجراثيم والميكروبات ، ومن هنا يمكن التحكم في كمية هذه المادة الكيميائية للوصول إلى التطبيق الأمثل لاستخدام ما .

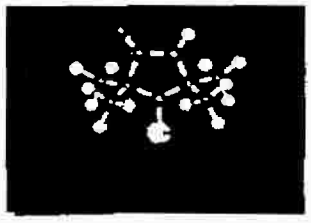
وتعد هذه التكنولوجيا الأخيرة هي الأكثر قربًا للتطبيق العملي والإنتاج التجاري ، فلقد قدّم "وورلي" طلبًا للحصول على براءة الاختراع عن المطّاط المضاد للميكروبات ، وتبنت مؤسسة " هالوسورس " من (Seattle) الإنتاج التجاري والترويج لهذا النوع من المطاط ، كما قررت هذه المؤسسة إنتاج أنواع كثيرة من البلاستيك والملابس والمطاط المحتوية على الهالامينات الطبيعية .

وقد بدا واضحًا للعيان أن كثيرًا من أنواع البلاستيك العلاجي الجديد الأخرى قادمة على الطريق ، وبالرغم من أن هذه التقنيات ما زلت في مهدها ، فإنها سوف تبلغ بشكل أو بآخر سن الرّشد عما قريب وفقد أظهرت الخلايا العصبية المفردة لأعلى نموًا ملحوظًا في وجود البوليمر الموصل للكهرباء وتعتبر هذه المادة هي الأولى من نوعها التي تستحث مثل هذا النمو الشكل (6 - 10) .

ومن المكن تجديد نشاط المطاط أو البلاستيك ، ليصبح أكثر قدرة على مقاتلة المرض بكل بساطة بغمره في الكلور المبيض المستعمل في التنظيف وفي الغسيل وقد مكّن استعمال المجموعات الكيميائيّة الباحثين من استحداث طرق عديدة لاستخدام البلاستيك والمطاط في التخلص من الميكروبات والجراثيم بالتلامس المباشر .



شكل يظهر مجموعات N-halamine المرتبطة بذرّات الكلور
( باللون الأخضر)



شكل يوضح كيف يهاجم الكلور الجراثيم والميكروبات ليدمرها

**الشكل (6-5)**

استخدام مجموعات الهالامينات الطبيعية لقتل الميكروبات

وبعد نجاح علماء الهندسة الوراثية والنسيجية في إنتاج جلد بشري ، وغضاريف ، وعظام صناعية.. يتجه الهدف الأكبر الآن نحو تصنيع كلى وكبد وبنكرياس ، لتوفير أعضاء بديلة تغطي النقص الشديد الذي يواجه عمليات زراعة الأعضاء ، وتنهي الحاجة إلى أعضاء حيوانية غير مأمونة .

وفي المستقبل القريب ستظهر في المستشفيات والمراكز الطبية أعضاء صناعية تقوم بوظيفة أي جزء من الجسم أصابه العجز. وقد بدأت تباشير هذا الإنجاز في الظهور بنهاية العام الماضي ، حيث ظهر جيل جديد من الأدوات الهجينة ، تتكون من جزء صناعي وجزء آخر من الخلايا الحيّة ، ولا تزال تلك الأجهزة المساعدة بانتظار موافقة الجهات المعنية لتداولها بشكل رسمي مع بدايات العام 2004 .

فالإنسان عندما يفقد كل أو بعض خلاياه الحية النشطة العاملة ليل نهار تتحول حياته إلى جحيم لا يطاق ، ولا أحد يعرف هذه الحقيقة المرة أفضل من مرضى الفشل الكلوي . فكل منهم يستعمل جهاز الغسيل الكلوي من ثلاث إلى ستّ مرات كل أسبوع . وبرغم فعالية هذه الأجهزة فإن متوسط العمر المتوقع للمريض الذي يستعملها لا يزيد عن خمس سنوات . ومن المعلوم أن أكثر من نصف المصابين بالفشل الكلوي الحاد يموتون ، إما نتيجة لعدم وجود متبرع لاستبدال الكلية ، أو للعلاج الكيميائي أو نتيجة للمشاكل الصحية الإضافية الناجمة عن الغسيل الكلوي مثل العدوى بأمراض فتاكة .

لكن تجربة طبية صغيرة أجريت في الشتاء الماضي 2003 بالولايات المتحدة الأمريكية جددت الأمل في معالجة مبتكرة لمرض الفشل الكلوي الحادّ حيث ونجا 6 من المرضى من أصل 10 على الرغم من أن احتمالات نجاتهم من الموت لم تتخط نسبة 20% .

وتمثل الأمل الجديد على هيئة " خرطوش بلاستيكي " . وخرطوش ترجمة لكلمتي (Cartouche) أو(Cartridge) ، وهي دلالة على إناء يحتوي سائل أو قذائف ، ويشبه هذا الخرطوش الكلية الصناعية ، ويتكون من مليار خلية كلوية حية من خلايا الكلى الإنسانية الموزعة داخل 4 آلاف ليفة بلاستيكية مجوفة نصف شفافة . سمي هذا الخرطوش البلاستيكي بالكلية الإحيائية الصناعية . وتقوم بتنقية الدم من المواد الضارة وتنتج مواد مهمة في مقاومة المرضى ، وعلاج الفشل الكلوي الحاد .

وقد طوّر هذه الكلية الجديدة فريق من العلماء بقيادة " ديفيد هوميس " طبيب الأمراض الباطنية بجامعة مشيغان بعد أبحاث استمرت لعقد من الزمن . ويجري حاليًا تطوير مشروع لإنتاج الكلى الاصطناعية الجديدة تحت اسم " كلية في خرطوشة " عن طريق شركة تابعة لجامعة مشيغان ، ويمكن أن تكون جاهزة للاستعمال الواسع الانتشار في غضون 3 سنوات لمساعدة مرضى الفشل الكلوي .

الكبد الحيوي الصناعي مصنع من الخلايا التي تستطيع البقاء على قيد الحياة لعدة شهور

" كلية في خرطوشة " أداة يمكن أن تساعد المرضى الذين يعانون من فشل الكلية الحاد

والتقطت عدّة مختبرات أكاديمية هذه الفكرة ، وبدأت في تطويرها لتحل محل أعضاء أخرى ، فتقوم حاليًا بتطوير أدوات مشابهة ، إلا أنها مكتظّة بخلايا الكبد بدلا من خلايا الكلية لحصد السموم التي تتجمّع في الدم عندما تفشل الكبد فجأة . وتعتبر الكبد من أعضاء الإنسان المهمة التي لا يمكن العيش دونها ، وهي أكبر عضو في جسم الإنسان .

وقد يتعرض الكبد لكثير من الأمراض التي تؤدي إلى تليفه ، وبالتالي فشله وعدم قدرته على تأدية وظائفه المهمة على أكمل وجه . وللكبد وظائف كثيرة؛ فهو يعمل كمصفاة للدم ، فإذا ما تعطل تسمم الدم ، وتأثرت وظائف أعضائه المهمة وخاصة المخ ، وتعتبر عملية زرع الكبد العلاج الوحيد الموجود لكثير من أمراض الكبد المزمنة . ولكن التقنية الجديدة تقدم بديلا رائعًا لزراعة الكبد ، وأكدت التجارب الأولية التي أجريت على البشر أن هذه الأكباد الإحيائية الصناعية يمكن أن تساعد مرضى فشل الكبد الحادّ على الحياة بصورة طبيعية .

لكن ماذا عن مئات وآلاف المرضى ذوي الأعضاء المعطوبة الأخرى . الإجابة تأتي سريعًا من المهندسة التي تعمل في مجال الطب الحيوي بجامعة بوسطن الأمريكية والتي تقوم حاليًا بتصميم كبسولات بمسامات دقيقة تستطيع حماية الخلايا الحية المزروعة داخل الجسم من أصغر الأجسام المضادة في الجهاز المناعي . وقد قامت المهندسة بتطوير بنكرياس إحيائي صناعي جديد يمكن أن يطيل حياة المصابين بالسكري ويحرّرهم من وخز حقن الأنسولين . وبدأت بالسليكون ، وتقوم بإحداث ثقوب دقيقة للغاية ، ثم يشكّل السليكون المثقّب على هيئة كبسولة تملأ بخلايا البنكرياس البشرية .

زرعت كبسولات السليكون جراحيًّا في مجموعة من الفئران التي تم تدمير غدة البنكرياس بها ، فمدت هذه الخلايا المزروعة الفئران بالأنسولين ، وأبقت

مستويات سكر الدم طبيعية خلال فترة اختبار استمرت لمدة أسبوعين ، وبعد أن انتزعت هذه الكبسولات لم يوجد أي أثر للتخثّر ، بينما ماتت الفئران منزوعة البنكرياس التي لم يتم تزويدها بكبسولات السليكون في ظرف أيام قليلة . وأظهرت التجارب على الكلى الاصطناعية الحيوية نجاحًا ملحوظًا في البشر بعد عقود من الإحباط الشديد الذي شهده العاملون في مجال الأعضاء الصناعية .

ويأمل الأطباء في أن تستخدم هذه الأعضاء الإحيائية الصناعية يومًا ما كبديل مؤقت للمصابين بعجز الكبد أو الفشل الكلوي ريثما تعيد أجسامهم بناء خلاياها الطبيعية . كما يمكن لهذه الأعضاء أن تحل محل حقن الأنسولين اليومية التي يعتمد عليها مرضى السكري . لكن الثورة الحقيقية ستأتي بعد تطوير الأعضاء الإحيائية الحيوية الصناعية الدائمة القابلة للزرع داخل الجسم ، لكن ذلك سيتطلّب مواد جديدة تسمح للخلايا بتسلم الغذاء من الجسم وحماية الخلايا من هجمات نظام المناعة البشري الشرس .

وبالرغم من أن التجارب في هذا الحقل العلمي الهام بدأت في أوائل السبعينيات من القرن المنصرم ، فإنه ما زالت هناك العديد من التحديات التقنية التي تواجه المصممين والمطورين للأعضاء الأحيائية الصناعية ، فعلى سبيل المثال فإن الأعضاء الجديدة تستخدم من خارج الجسم والخلايا المزروعة داخلها تبقى صالحة للاستخدام لبضعة أسابيع فقط ، ولكن مثل هذا الدعم المؤقت يمكن أن يكون هدية قيمة للطب وللعلاج في العالم أجمع ، فقد أظهرت التجارب أن بعض المرضى يمكنهم استعادة وظيفة أعضائهم بعد فترة من العلاج أو أن تبقيهم هذه الأعضاء الاصطناعية على قيد الحياة إلى أن يوجد متبرع وتصبح أعضاء الزرع متوفرة .

هذه الآفاق لم تَعُد مجرد خيال ، وستنقل إلى البشر في المستقبل القريب لتفتح صفحة جديدة في هذا الميدان ، وتوقف الجدل الدائر حول مدى شرعية زراعة الأعضاء ، والخوف من تحويلها إلى تجارة سوداء يدفع ثمنها الفقراء . وتنعش هذه البحوث والتجارب الجديدة الأمل في إنقاذ حياة ملايين البشر .

ولسنوات عديدة تمَّ استخدام إحدى البوليمرات الكيماوية وهي متعدد الستايرين (Polystyrene) في صناعة أكواب القهوة والشاي والكولا البلاستيكية ، وهذا النوع من البوليمرات يتميز بقدرته على المحافظة على درجة حرارة السوائل سواء أكانت ساخنة أم باردة ، ويبدو أن هذه الفكرة قد استوحاها بعض العلماء مؤخرًا في صناعة بعض البطاريات باستخدام بوليمرات متعدد الستايرين .

ففي لوس ألاموس في ولاية نيومكسيكو الأمريكية وتحديدًا في المعمل المركزي بالولاية ، يعكف العلماء حاليًا على إنتاج نوع جديد من البطاريات التي تعتمد على بوليمرات متعدد الستايرين ، والتي من المتوقع استخدامها لتوليد الطاقة التي يمكن استخدامها في أي شيء بدءاً من السيارة حتى المحمول . والمشروع هو ثمرة تعاون بين توم ماير والفريق المساعد له من لوس ألاموس ، للوصول لمواد بسيطة تقوم بتخزين الطاقة الشمسية، كما يفعل النبات حيث يقوم بتخزين الطاقة الشمسية على هيئة روابط كيميائية .

فمن المعروف أن الخطوة الأولى في عملية التمثيل الضوئي هو امتصاص الفوتون وهو جزيء الضوء بواسطة هوائي النبات المسمى الكلوروفيل (المادة الخضراء) ، وتستخدم هذه الطاقة في دفع وحفز الإلكترونات حول الروابط الكيميائية لجزيئات الكلوروفيل ، والنتيجة هي انتزاع إلكترونات من جزئيات الماء ، لتكوين الأكسجين الذي يتم دمج ذراته مع ذرات الكربون لتكوين سكريات عالية المحتوى من الطاقة .

وقد قام ماير وفريقه بالفعل بتقليد جميع هذه الخطوات في المعمل باستخدام جزئيات من مواد مختلفة تتفاعل مع ذرات معدن الروثينيوم (Ruthenium) . في تجربته الأخيرة قرر ماير أن يتم دمج ذرات الروثينيوم على سطح أحد البوليمرات ، ونظرًا لأن بوليمرات متعدد الستايرين شائعة الاستخدام ومعروفة كيمائيًا ، تم استخدامها في التجربة مما أدى إلى الحصول على نتائج مذهلة .

ولاستخدام هذه الجزئيات المتبلمرة من الروثينيوم والتي يعمل فيها الأخير عمل هوائي النبات (الكلوروفيل) ، تمّ عمل محلول من هذا المركب الكيمائي الذي يحتوي على الروثينيوم ومتعدد الستايرين ، وتم تمرير شعاع من الليزر خلال هذا المحلول ، حيث وجد أن الروثينيوم قد أفلح في امتصاص الطاقة الضوئية وتمريرها عبر سلسلة متعدد الستايرين ، وعند مرور الطاقة خلال مجموعة أخرى من بوليمر الروثينيوم/متعدد الستايرين ، أدى ذلك إلى حفز الإلكترونات من مكان لآخر ، كما يحدث بين قطبي أي بطارية ، أي الكاثود (Cathode) و الأنود (Anode) ، وهي الفكرة التي يقوم عليها عمل أي بطارية .

ويرى كيميائي متخصص في علم النبات من جامعة نورث ويسترن بشيكاغو أن استخدام ماير لهذا البوليمر هو مفتاح نجاح مثل هذه التجربة ، والتي يتنبأ لها بنجاح كبير عند تطبيقها عمليًا ، ونظرًا لرخص مادة متعدد الستايرين ، فإن ماير يعقد آمالاً كبيرة على هذا البوليمر في تصنيع خلايا شمسية كمصدر للطاقة ، والتي يمكن عن طريقها انتزاع إلكترونات من جزئيات الماء لتصنيع الهيدروجين كمصدر للطاقة أو لإنتاج تيار كهربي . ويعكف حاليًا ماير ومجموعة البحث على زيادة كمية الطاقة المنتجة عن طريقة بطاريات البولي ستايرين ، إلا أن هناك المزيد من العمل الشاق لكي يتم إنتاج مثل هذه البطاريات كما يقول ماير على نطاق كبير .

## 6.6 الأوليفينات المتعددة " البولي أوليفينات " (Poly Olefins)

وهي بوليمرات بلاستيكية تتأثر بالحرارة . وقد زاد التركيز والاهتمام بها وذلك لرخص تكاليف إنتاجها ولسهولة عملية الإنتاج وانخفاض أسعار المواد الأولية للبترول والغاز الطبيعي . يبلغ إنتاج البولي أوليفينات (متعدد الأثيلين عالي الكثافة ومتعدد الأثيلين واطئ الكثافة ومتعدد البروبلين) بحدود 50% من مجموع الإنتاج الكلي للبوليمرات التي تلين بالحرارة .

حضر البولي أثيلين واطئ الكثافة صناعيا وتجاريا عام 1933 باستعمال الضغط العالي ، وفي العام 1953 اكتشف العالم " زيغلر " أن الأثيلين يتبلمر تحت ضغط واطئ عند استعمال عامل حفاز هو " رابع كلوريد التيتانيوم – الألكيل " إلى بوليمر له كثافة عالية أفضل من البولي أثيلين واطئ الكثافة فسماه بالبولي أثيلين عالي الكثافة . خلال هذه الفترة تم إنتاج البولي أثيلين بطريقتين استخدم فيها ضغط متوسط وأكسيد الكروم كعامل مساعد في الطريقة الأولى وأكسيد المولبيديوم كعامل مساعد في الطريقة الثانية .

ولقد وجد العالم الإيطالي " ناتا " أن البروبلين يتبلمر باستعمال ضغط منخفض عند استخدام " ثالث كلوريد التيتانيوم – كلوريد الألمنيوم " كعامل مساعد أو حفّاز وذلك للحصول على بوليمر متبلور . وبهذا أصبح العامل الحفاز " زيغلر– ناتا " الأساس في إنتاج البولي بروبلين على نطاق تجاري . ويبين الجدول(6 -3) أهم خواص مادة متعدد الأثيلين واطئ وعالي الكثافة .

**جـدول(6 - 3)**

خواص البولي أثيلين واطئ وعالي الكثافة

| الخاصيـــــة | متعـدد الأثيلين واطئ الكثافـة | متعـدد الأثيلين عالي الكثافـة |
|---|---|---|
| الـوزن النوعـي | 0.935 - 0.915 | 0.965 - 0.915 |
| النسبة المئوية التقريبية للبلورة | 55 | 98 - 80 |
| درجة حرارة الانصهار البلورية ، م° | 109 | 130 |
| درجة حرارة تلين البوليمر ، م° | 87 | 137 |
| قوة التوتر ( نيوتن / م$^2$ ) | 136 - 83 | 204 - 108 |

### 1.6.6 البولي أثيلين واطئ الكثافة (Low Density Polyethylene)

يعد البولي أثيلين واطئ الكثافة من البوليمرات المهمـة.وتنـتج صـناعيا بكميات ضخمة جدا في العديد من المجمعات البتروكيميائية في العالم ، حيـث يعتبر الأثيلين هو المادة الخام لإنتاج متعدد الأثيلين . تجري بلمرة الأثيلين عند ضغوط عالية تتراوح بين (1000- 3490) ضغط جو وعند درجات حـرارة (100-200) درجة مئوية ، وذلك باستعمال بادئات مكونة للجذور الحرة مثـل البيروكسيدات أو غيرها من البـادئات . يجب أن يكون غاز الأثيلـين علـى درجة عالية من النقاوة بحدود 99% وخالياً من الأستيلين . فمثلا يجب أن لا تتجاوز نسبة الأوكسجين في الأثيلين 400 جزء بالمليون (ppm) . تعين نقاوة الأثيلين عادة بواسطة أجهزة إستشراب الغـاز(Gas Chromatography) ، ولقد طورت في السبعينات طريقة جديدة لبلمرة الأيثين إلى بولي أثيلين واطئ الكثافة باستعمال عوامل محفزة حاوية على المركبات العضوية الفلزية .

تجري هذه البلمرة في الطور الغازي عند درجات حرارة أقل من 100C° وعند ضغوط لا تتجاوز 50 جو . تتراوح كثـافة الأنواع التجارية من البولي أثيلين واطئ الكثافة المنتج بـين $g/cm^3$ (0.915 - 0.935) ويسـتعمل فـي البلمرة نوعان من المفاعلات يـدعى النوع الأول بالمفاعلات الأنبوبية والنوع الثاني بالمفاعلات الوعائية ذات الضغط العالي ومن المعـروف أن البـوليمر الأنبوبية يصلح لإنتاج الرقائق والمنتج في الأنواع الوعائية يصلح لأغـراض الطلاء .

### 2.6.6 تأثير ظروف التفاعل في خواص البوليمر النهائية

هناك ظروف خاصة تؤثر في خواص البولي أثيلين الناتج من أهمها :

a) **الضغط** : حيث أن له تأثير كبير على كثافة البـوليمر النـاتج وتوزيـع أو انتشـار الوزن الجزيئي أضيق توزيعا وقلة عدد التفرعات الجانبيـة أي قلـة درجة التفرع ، ويقصد عدد التفرعات الجانبية لكل 1000 ذرة كربـون مـن سلسلة البوليمر .

b) **درجة الحرارة** : بزيادة درجة الحرارة تقل كثـافة البوليمر الناتج و تزداد درجة تفرعه كما يقـل الوزن الجزيئي للبوليمر الناتج عنـد زيـادة درجـة الحرارة .

### 3.6.6 مراحل الإنتاج الصناعي للبولي أثيلين واطئ الكثافة
(Industrial Production Stages for Low Density Polyethylene)

هناك تقنيات متعددة لإنتاج مادة البولي أثيلين واطئ الكثافة ، ولعل أهـم هـذه التقنيات هي تكنولوجيا شـركة داستلر الـعالمية التي تستخدم مفاعلات وعائية ذات الضغط العالي وأهم المراحل الأساسية لتصنيع البولي أثيلين واطئ الكثافة في المجمع البتروكيميائي في البصرة - العراق هي كما يلي :

1) وحدة ضغط الأثيلين النقي :

وهذه تتكون من وحدتين ففي الوحدة الأولى يضغط الأثيلين إلى حوالي 250 جو ثم يضغط الأثيلين في الوحدة الثانية إلى (1500-4000) جو ، يضخ بعد ذلك إلى وحدة المفاعل الوعائي ذات الضغط العالي حيث يجب أن تتراوح درجة حرارة الأثيلين المضغوط الداخل إلى المفاعل بين (70 - 40C°) حسب نوعية البوليمر المراد إنتاجه ونوع العامل المساعد المستخدم .

2) وحدة المفاعل :

إن المفاعلات المستخدمة لبلمرة الأثيلين هي من نوع المفاعلات الوعائية ذات الضغط العالي المزوّد بخلاط كهربائي يقوم بتدوير محتويات المفاعل ، لأن لسرعة المزج تأثيرا كبيرا على نوعية البوليمر الناتج . يدخل الأثيلين إلى المفاعل من عدة فتحات مصممة لهذا الغرض . يضخ إلى المفاعل أيضا المحلول البادئ والذي يكون عادة مذابا في مذيب هيدروكربوني . وتستخدم لهذا الغرض أجهزة طيف الأشعة تحت الحمراء الشمسي وتتراوح درجة الحرارة داخل المفاعل بين(150C°- 290) ويعتمد ذلك على نوع البادئ المستخدم إذ يجب أن تكون الدرجة مناسبة لتفكيك البادئ المكون للجذور الحرة .

إن المبيعات المتزايدة لمادة متعدد الأثيلين يعود إلى تعدد خواصه المرغوبة ، إذ أن مادة متعدد الأثيلين هي من اللدائن الخفيفة والتي لا تتفاعل كيميائيا ولذلك تستعمل لصناعة أوعية حمض الهيدركلوريك والكبريتيك . وإن قابليتها على امتصاص الماء قليلة جدا ، لذلك فهي تعتبر من العوازل الجيدة وتتمتع بمرونة عالية حتى في درجات الحرارة المنخفضة . ومن بين الاستعمالات الأخرى لهذه المادة صناعة الأنابيب الخفيفة المرنة وحواجز الأبخرة والأرضيات الصامدة للماء في أحواض خزن الماء والمأسورات لوقاية

الأسلاك الكهربائية والأغطية المستعملة للحفاظ على ساحات كرة القدم والعوازل للذبذبات العالية وفي الأغطية نصف الشفافة للأعمال الإنشائية وفي القناني المخبرية .

**3) صناعة كلوريد الفينيل عن طريق الأكسدة الكلورينية :**

إن عملية التخلص من كلوريد الهيدروجين المتكون كناتج ثانوي ليست بمشكلة جديدة ، إذ أن كميات كبيرة منه كانت تنتج في القرن التاسع عشر بشكل ناتج ثانوي في عملية صناعة القلويات بطريقة لابلاس .

اكتشفت طريقة ديكسون(Decson) لتحويل كلوريد الهيدروجين إلى الكلور بواسطة التأكسد بالهواء ، وبوجود كلوريد النحاس كعامل مساعد عند درجة حرارة 450C° ولقد كانت هذه الطريقة المصدر الرئيسي للكلور إلى أن تم اكتشاف طريقة التحلل الإلكتروليتي لإنتاج كل من هيدروكسيد الصوديوم والكلور التي حلّت محلها . وفي السنوات المعاصرة حيث عادت مشكلة التخلص من غاز كلوريد الهيدروجين مما أدى إلى انتعاش العديد من البحوث المتعلقة بالسيطرة والتغلب على هذه المشكلة . إحدى الطرق لتجنب تبذير الكلور هي ما يعرف بطريقة ديكسون وذلك بتحويل كلوريد الهيدروجين المتكون كناتج ثانوي في عملية التكسر الحراري لثنائي كلوريد الأثيلين إلى غاز الكلور :

$$\left.\begin{array}{l} C_2H_4 + Cl_2 \rightarrow C_2H_4Cl_2 \rightarrow CH_2 = CHCl + HCl \\ Cl_2 + H_2O \xrightarrow[O_2]{CuCl_2} HCl \end{array}\right\} (1-6)$$

علما بأن هذا يضيف مرحلة أخرى إلى العملية وهذه بدورها تؤدي إلى الزيادة في كلفتي رأس المال والتشغيل .

تجري عملية أكسدة كلوريد الهيدروجين بوجود الأثيلين وتدعى هذه الأكسدة بالأكسدة الكلورينية بالرغم من أن هذه الطريقة في الأكسدة مستعملة منذ العام 1934 في إنتاج الكلوروبنزين وكلوريد الهيدروجين في عملية صناعة الفينول غير أن الأكسدة الكلورينية للأثيلين طورت حديثا . وتجري هذه العملية في درجات حرارة أوطأ من تلك التي تجري عندها عملية ديكسون إذ يستعمل في هذه العملية مزيج مكون من كلوريد النحاسيك وكلوريد البوتاسيوم المستندة على مادة صلبة كالعامل المساعد .

إن صناعة ثنائي كلوريد الأثيلين بواسطة العملية أعلاه تحتاج إلى تجهيز مستمر لكلوريد الهيدروجين فإذا توفر هذا الناتج الثانوي من بعض العمليات الأخرى فعندئذ يمكن تصنيع كلوريد الفينيل أما إذا لم يكن كلوريد الهيدروجين متوفرا ، فلن يتم تحضير هذا المركب من تفاعل غازي الكلور والهيدروجين ولكن يمكن إجراء الكلّورة والأكسدة جنبا إلى جنب حيث يستعمل كلوريد الهيدروجين الناتج في مرحلة التكسر الحراري في الأكسدة الكلورينية . ولهذا النظام بعض المساوئ إذ يحتاج إلى مرحلة إضافية لإتمام التفاعل مما يؤثر على كلفة رأس المال والتشغيل .

إن التطورات الحديثة في هذه العملية تتضمن إجراء الأكسدة في طور السائل وفي محيط مائي لكلوريد النحاسيك ولهذه العملية درجة عالية من المرونة إذ أن كلوريد الهيدروجين المتكون كناتج عرضي يمكن استعماله للاستعاضة عن بعض أو كامل غاز الكلور الداخل في التفاعل . وهناك تطوير آخر للعملية لكنه لم يصل لحد الآن إلى مرحلة التطبيق الصناعي . ويتلخص في اختصار إجراء الأكسدة الكلورينية وتكوين كلوريد الفينيل في مرحلة واحدة عند درجات حرارة أعلى ويبين الشكل (6 - 6) مخطط لوحدة الكلورة التأكسدية.

### 4) ظروف بلمرة متعدد كلوريد الفينيل (P.V.C.)

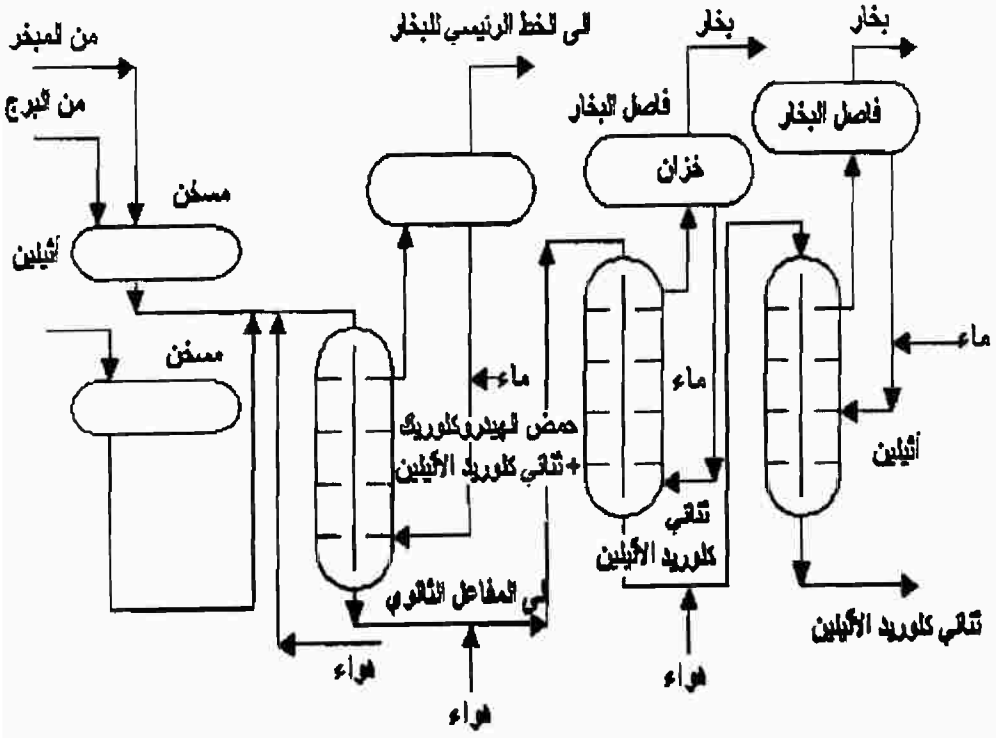
ينتج متعدد كلوريد الفينيل حاليا بإتباع ثلاث تقنيات مختلفة لكل منها سماتها المميزة التي تجعلها ملائمة لإنتاج نوع معين من متعدد كلوريد الفينيل المناسب لاستخدامات معينة ، وعليه سنتطرق لشرح مبسط للتقنيات الثلاثة وهي :

a) البلمرة في المحلول العالق .

b) البلمرة المستحلبة .

c) بلمرة الكتلة .

ومن الجدير بالذكر أن (70%-80%) من متعدد كلوريد الفينيل المنتج في العالم ينتج بالطريقة الأولى ولذلك سيتم التركيز عليها .




**الشكل (6-6)**

وحدة الكلورة التأكسدي

### 5) البلمرة في المحلول العالق

يكون كلوريد الفينيل في البلمرة العالقة على هيئة قطرات عالقة في الوسط المائي ، تحتوي هذه القطرات على بادئ وتضاف إلى الطبقة مـــادة عالقــة وهذه قد تكون مادة صابونية أو من المواد المنشطة للسطوح . ويكمن دور هذه المواد في المحافظة على استقرار قطرات الجزيئة الأحادية ومنع التصاقها مع بعضها إن اختيار هذه المواد العالقة يعد سر المهنة بالنسبة لمنتجي مادة متعدد كلوريد الفينيل .

### العوامل المؤثرة على البلمرة في المحلول العالق

تتأثر هذه البلمرة بالكثير من العوامل والتي من أهمها :

1- درجة حرارة التفاعل .
2- طبيعة المواد البادئة المستخدمة .
3- نسبة الماء إلى وحدة الجزيئة المستخدمة ونوعية الماء المستعمل .
4- المواد المثبتة للعالق .
5- سرعة المزج وطبيعته .

وهناك بعض العوامل المتعلقة بتكنولوجيا البلمرة مثــل ســرعة التبريــد والعوامل المنظمة للبلمرة وعوامل إنهاء وتفريغ نواتج البلمــرة واســتخلاص وحدة الجزيئة البنائية (المونومر) غير المتفاعل وتنقية البــوليمر مــن آثـــار الجزيئات الأحاديــة الســامة وإزالة المواد العالقة والصابونية ، ثــم فصــل البوليمر وتجفيفه من الماء إضافة إلى الظروف الأخرى المتعلقة بمرحلة النخل والطحن .

**6) عمليات التشغيل لإنتاج متعدد كلوريد الفينيل**

وتتألف من الوحدات التالية :

(1) وحدة إنتاج الماء الخالي من الأيونات

تجهز وحدة متعدد كلوريد الفينيل بالماء الخالي من الأيونات من وحدة خاصة لتنقية المياه وذلك لأن استخدام الماء الحاوي على الأملاح والأيونات يؤدي إلى إنتاج بوليمر ذي مواصفات تختلف عن المواصفات القياسية . وتجرى عملية التنقية باستخدام راتنجات خاصة بالتبادل الأيوني . يكون الماء المجهز إلى خزان المزج الابتدائي خاضعا للسيطرة على مواصفاته النوعية والكمية من حيث درجة حرارته والتي تكون بحدود(38-77C°) وبضغط في أنبوب التجهيز وتوصيلة الماء وتتم مراقبة هذه المواصفات من خلال غرفة السيطرة .

إن لنقاوة الماء تأثير كبير على مواصفات البوليمر الناتج فقد لوحظ أن وجود أيون الحديد يؤدي إلى تلون البوليمر باللون القهوائي وقد يؤثر وجود الشوائب على سير تفاعلات البلمرة وذلك بتكوين نواتج عرضية.إن وجود الأيونات في الماء يؤدي إلى زيادة قابلية التوصيل الكهربائي للبوليمر الناتج.هذا بدوره يحد من إمكانية استخدامه في صناعة القابلات الكهربائية كما أن وجود الأملاح في الماء يقلل من فعالية المادة المثبتة للعالق وبذلك يؤدي إلى التصاق الدقائق العالقة مع بعضها ومن ناحية أخرى يؤثر وجودها على المحلول المنظم .

(2) وحدة البلمرة والاستخلاص

تتضمن وحدة البلمرة عدد من المفاعلات المصنوعة من الفولاذ المقاوم للصدأ ويوضح الشكل(6-7) رسم بياني لطريقة إنتاج متعدد كلوريد الفينيل بطريقة المزيج المعلق وتزود هذه المفاعلات بالمواد الأساسية المختلفة للبلمرة منها الماء الخالي من الأيونات الذي تضاف إليه المادة العالقة والتي قد تكون صلبة

أو سائلة ومن أكثر المواد العالقة استخداما هي مثيل السليلوز ويجب أن تكون إضـــافة المادة إلى الماء الخـــالي من الأيونات في خزان خاص يدعى بخزان المزج الأولي ببطء عند درجة حرارة تبلغ 88C° . بعد إتمام إضـــافة العـــالق يبرد المزيج بإضافة الماء البارد ( درجة حرارته 10C° ) إلى المزيج وفي هذه المرحلة يكون المزيج رائقا ويضخ إلى المفاعلات .

يجب أن يكون تركيز المادة العالقة المضافة محدد لأنه من العوامل المهمة التي تحدد حجم دقائق البوليمر حيث إن زيادة التركيز تؤدي إلى تكون بوليمر ذي دقائق صغيرة والعكس كذلك . إن كبر حجم دقائق البوليمر يعني زيـــادة مسامية البوليمر وزيادة قابليته لامتـصاص الملّدنات . ثم تضخ كميات محددة من كلوريد الفينيل غير النقي إلى المفاعلات دون زيادة أو نقصـــان حيـث أن الكمية الزائدة تعني زيادة غير اعتيادية في حجم الدقائق وهذه ستـؤدي إلـــى زيادة في كمية وحدة الجزيئة البنائية غيـر المتفاعلـة والتـي تحتـاج إلـــى استخلاص .

أما نقص الكمية عن المقدار المحدد فإنه يؤدي إلى تكون دقائق بوليمريـــة صغيرة الحجم ثـم تفرغ المفاعلات مـن الهـواء بحيـث لا تتعـدى كميـة الأوكسجين في المفاعـل 400 جزء لكل مليون وبعد هـذه المرحلـة يضـخ محلول العامل المســاعد للمفــاعل من خلال فتحة خاصة ويسيطر على درجة حرارة المفاعلات بواسطة الماء البارد والساخن حيث يسـخن المفاعـل فـي البداية إلى الدرجة الحرارية والتي يبدأ عندها البادئ بالتفكك مكونا الجذر الحر القادر على بـدء تفاعلات البلمرة بعد ذلك يبرد مزيـج التفاعل وتثبت حرارة المزيج عند درجة بين 72-50C° وفقا لنوعيـة البـوليمر المنـتج . تـزود المفاعلات بمعدات تحريك للمحافظة على استقرار المحلول العـالق والـتحكم بحجم دقائقه .

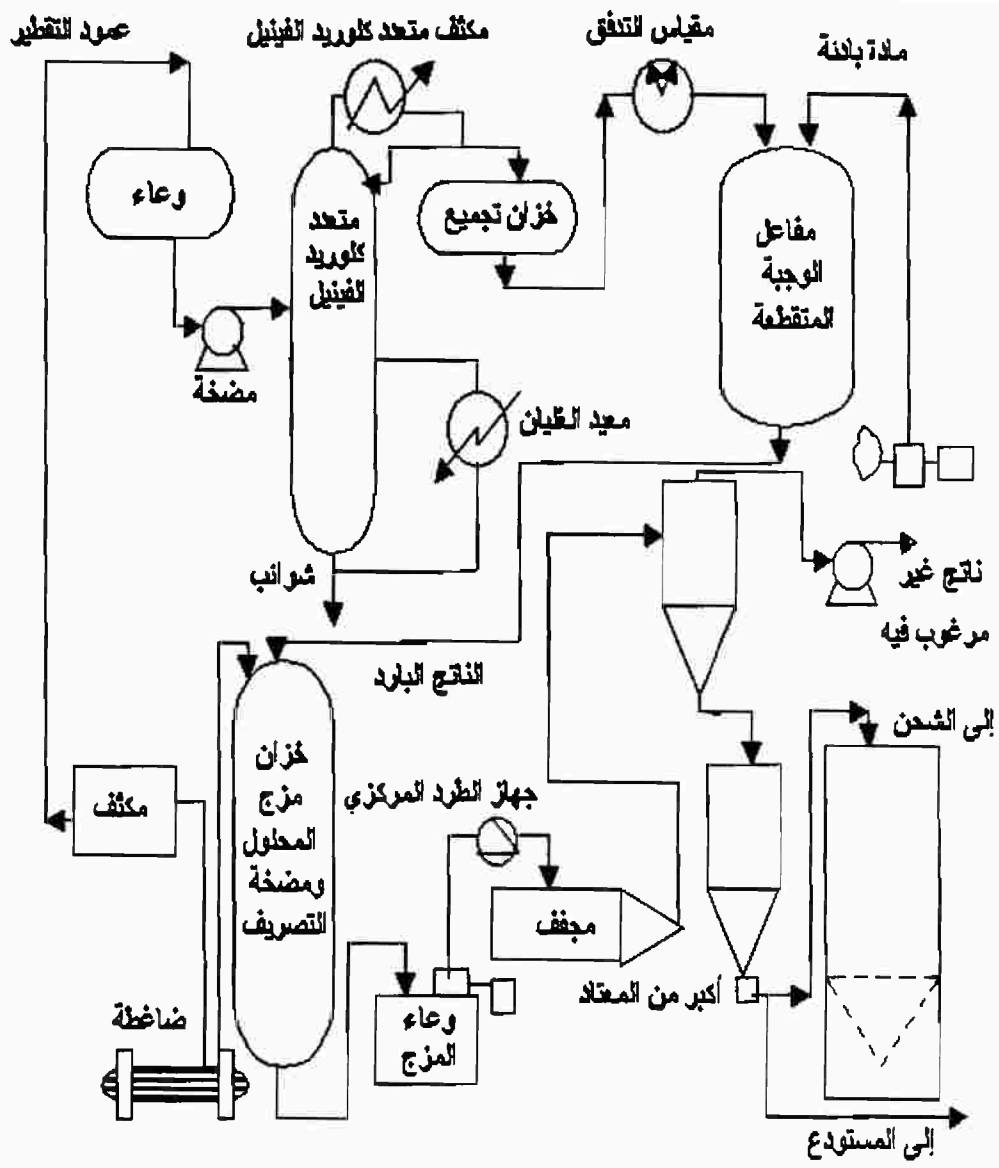
إن إضافة العوامل البادئة يجب أن تكون محددة بدقة لأن زيادة الكمية تؤدي إلى زيادة سرعة التفاعل وزيادة كمية الحرارة المنبعثة حيث يصعب السيطرة عليها وهذه التغيرات تؤدي إلى زيادة الضغط في المفاعل لدرجة الخطورة .

يضاف إلى المفاعل أيضا بعض المواد الكيميائية القادرة على إزالة الأيونات الموجبة خاصة أيونات المعادن الثقيلة التي قد تتفاعل مع الجذور الحرة.ومن الأمثلة على المركبات التي تتسم بهذه الفعالية مشتقات ثنائي أمين رابع حامض الخليك . ويضاف إلى مزيج التفاعل بعض المواد الكيميائية التي تسلك كمحاليل منظمة لقابليتها على إزالة أيونات الهيدروجين والمحافظة على ثبات الدالة الحمضية . وتستخدم لهذا الغرض بيكربونات الصوديوم وتضاف إلى المزيج أيضا بعض المواد التي تستخدم لمنع الرغوة والتي قد تتكون نتيجة لتولد الغازات أو أمرار البخار من أسفل المفاعل لتبخير وحدة الجزيئة البنائية .

إن الانخفاض المفاجئ في الضغط يدل على انتهاء تفاعلات البلمرة.بعد إضافة عوامل إنهاء البلمرة يجري فصل الوحدات البنائية غير المتفاعلة عن مزيج البلمرة وتدفع الوحدات إلى الأنبوب المؤدي إلى خزان الفصل حيث تنفصل الوحدات البنائية عن بخار الماء الداخل مها والذي سيتكاثف كسائل .

(3) وحدة الفصل والتجفيف

بعد عملية الاستخلاص ينقل مزيج البلمرة إلى خزانات مزج خاصة ويبقى فيها لفترة زمنية معينة وخلال هذه المدة يمرر مزيج من الهواء وبخار الماء خلال محتويات الخزان لإكمال إزالة ما تبقى من كلوريد الفينيل السام ثم ينقل المزيج .




**الشكل (6 - 7): رسم بياني لطريقة إنتاج متعدد كلوريد الفينيل بطريقة المزيج العالق**

بعد ذلك إلى أجهزة الطرد المركزي " النابذات " (Centrifuges) لفصل المواد الصلبة عن السائلة ثم تنقل المواد الصلبة الرطبة إلى أجهزة التجفيف لإزالة ما تبقى من الماء من المادة حيث يؤخذ البوليمر الجاف بعد ذلك إلى التعبئة ثم إلى الخزن . تؤخذ نماذج من البوليمر وتجرى عليها فحوصات السيطرة النوعية .

(4) المـــواد المضافة

يضاف إلى متعدد كلوريد الفينيل العديد من المواد المختلفة لتكسب البوليمر خصائص معينة كالمواد الملّدنة والمثبتات الحرارية والضوئية والمواد المضادة للفطريات والمواد المانعة للهب والمواد المعادلة للشحنات الكهربائية المســتقرة ومضادات الأكسدة وغيرها . تجري عمليــة تركيــب البــوليمر أو إضــافة المكونات المختلفة إليه في أجهزة مزج ذات بســرعة عالية تحدد كمية المواد المضافة ونوعيتها حســب مواصفـــات البــوليمر المطلوبــة واســتخداماته المتوقعة . بعد عملية المزج يجري صهــر البــوليمر وبثقــه إلــى حبيبــات جـــاهزة لتصنيع وسنتكلم عن أهم المواد المضافة باختصار :

**a) المـــواد الملّدنـــة (المليّنات)**

وهي مركبات ذات درجة عالية نسبيا تضاف إلى البوليمر لتكسبه خواص الليونة لأنها تقوم بتقليل قوى التجاذب بين سلاسل البوليمر وتخفض من درجة انصهاره . تؤدي المواد الملّدنة بشكل عام إلى زيــادة المرونـــة والاســتطالة وتقليل درجة حرارة تصنيع البوليمر ولزوجة منصهر البوليمر وهناك أنــواع مختلفة من هذه المركبات مثل بيوتيل الفثالات وثنائي أوكتيل الفثالات وثلاثــي كريزيل الفثالات .

**b) المثبتـــات**

تضاف إلى متعدد كلوريد الفينيل أنواع مختلفة من المثبتات منها :

1- المثبتات الضوئية

وهي التي تزيد من ثبات البوليمر عند تعرضه إلى أشعة الضوء كالأشعة فوق البنفسجية وتساعد أيضا على ثبات لون البوليمر.

2- المثبتات الحرارية

وتساعد على ثبات البوليمر عند تعرضه للحرارة ولمنع تحلله لأنه شــديد التأثر بالحرارة ويتفكك محررا غاز الهيدروجين عند تعرضه لدرجات حرارة

أعلى من 150C° ونتيجة لهذا التفكك يتغير لون البوليمر حسب الترتيب التالي: أصفر – برتقالي – قهوائي – أسود وحدوث هذا التحلل يؤدي إلى ضعف في الخواص الميكانيكية للبوليمر ويصبح هشا ويعتقد أن تغير اللون هو نتيجة للتحلل الحراري وفقدان كلوريد الهيدروجين وتكوين الروابط الزوجية المتناوبة أي ظهور عدم إشباع السلسلة الهيدروجينية .

**التثبيت**

هناك عدد كبير من المركبات قيد الاستعمال كمواد مثبتة لمتعدد كلوريد الفينيل ويمكن تقسيمها إلى خمسة مجموعات رئيسية كما موضح في الجدول(6-4).

**جدول (6 - 4)**

مثبتات متعدد كلوريد الفينيل

| ت | الصنف | الأمثلة |
|---|---|---|
| 1 | أملاح الرصاص وصوابينها | $2PbOO_5.Pb(OH)_2$<br>$(C_{17}H_{35}CO_2)_2Pb.2PbO$ |
| 2 | أملاح الفلزات القلوية والترابية وصوابينها | $(C_{17}H_{35}CO_2)Ba$ |
| 3 | أملاح الخارصين والكادميوم وصوابينها | $(C_{11}H_{25}CO_2)_2Zn$ |
| 4 | مركبات القصدير | $(C_4H_{10})\ SnCO_2(C_{11}H_{23})_2$ |
| 5 | مركبات الإيبوكسي | $(C_4H_9)\ Sn(SC_{12}H_{25})_2$ |

**c) المواد المضافة الأخرى**

تضاف بعض أنواع المذيبات ومواد التشحيم إلى البوليمر لأنها تسهل عملية تصنيعه وانسياب مصهوره بين الأجزاء المتحركة . يستخدم لهذا الغرض بعض أنواع المواد الشمعية ويضاف إليه أيضا بعض المواد المضادة للفطريات التي تمنع تأثير البكتريا والفطريات على مواد التزييت والمثبتات الأخرى .ويضاف إلى البوليمر بعض المواد المانعة للهب وهذه عبارة عن مواد تمنع

احتراق البوليمر بلهب ، أي أن البوليمر ينطفئ إذا أزيل مصدر اللهب عنه . من المواد المضافة الأخرى هي البادئة للشحنات المستقرة . وسبب أهمية هذه المواد هو أن متعدد كلوريد الفينيل رديء التوصيل للكهربائية لذلك فإن تكون الشحنة المستقرة على سطح المادة المصنوعة منه ستؤدي إلى تجمع الأتربة عليها ويضاف إلى البوليمر بعض المواد البراقة وهذه تكسب المادة المصنوعة من البوليمر خاصية لمعان وذلك بتحويل الأشعة فوق البنفسجية إلى ضوء أزرق فاتح . يضاف إلى متعدد كلوريد الفينيل الخاص لبعض الاستخدامات بعض مواد الحشو(المواد المالئة) والتي تدعى المالئات ولعل من أكثر هذه المواد استعمالا هو أسود الكربون الذي يعمل كمادة حشو وكمثبت أيضا للبوليمر من الأشعة فوق البنفسجية ويزيد من مقاومته للحرارة .

**7) بلمرة الكتلة لكلوريد الفينيل**

لم تكن هذه الطريقة تستخدم حتى منتصف الستينات إلى أن تم تطويرها من قبل شركة فرنسية . إن المشكلة الأساسية في بلمرة الكتلة هي زيادة لزوجة المحلول نتيجة لذوبان البوليمر في الوحدة البنائية وهذه بدورها تؤدي إلى صعوبة تبريد المحلول والمشكلة الأخرى تمكن في نقص حجم المحلول بسبب امتصاص الوحدة البنائية من قبل البوليمر أما مزايا هذه الطريقة فهي أن الناتج يمتاز بالشفافية إضافة إلى التخلص من مشاكل التلوث الناجم عن بقايا المادة العالقة في الطريقة السابقة .

**8) إنتاج متعدد كلوريد الفينيل بواسطة بلمرة المستحلب**

وهذه كانت الطريقة المألوفة لإنتاج متعدد كلوريد الفينيل في السابق . وتتلخص بتخمير المفاعل بالماء الخالي من الأيونات والمادة المستحلبة والمواد المنشطة للسطوح والوحدة البنائية ثم تجرى البلمرة على شكل دفعات وتزال الوحدة البنائية غير المتفاعلة من مزيج التفاعل ويعاد استخدامها ثانية أما المستحلب الحاوي على البوليمر فيخثّر ويغسل ويجفف للحصول على

البوليمر بشكل مسحوق أو حبيبات.تحتاج هذه التقنية إلى تكاليف إنتاج عالية ولهذا السبب فهي محدودة جدا وتقتصر على بعض استخدامات متعدد كلوريد الفينيل التي تتطلب استخدام البوليمر بشكل مستحلب كصناعة الجلود وخلفيات السجاد وغيرها .

**9) استخدامات متعدد كلوريد الفينيل**

لقد دخل متعدد كلوريد الفينيل مجالات الحياة المختلفة فقد استخدم خلال الحرب العالمية الثانية كبديل للمطاط ، وقد حصل نمو سريع في استهلاك متعدد كلوريد الفينيل في العديد من الاستخدامات فقد دخل كمادة مهمة في الصناعات الإنشائية وفي التغليف وصناعة المعاطف المطرية وكمادة عازلة للأسلاك الكهربائية والقابلات وكأغطية للأرضيات وفي صناعة الأثاث المنزلي والقناني وصناعة السيارات ودخل بشكل واسع في صناعة الأنابيب الصلدة وإطارات النوافذ والأبواب وينافس المطاط في العديد من الاستعمالات لما له من صفات ممتازة من حيث عزله الكهربائي العالي ومقاومته الشديدة للقشط وامتصاصه الواطئ للرطوبة ومرونته الجيدة ضمن مدى واسع من درجات الحرارة .

ويمكن استخدامه أيضا في صناعة أجهزة المذياع والتلفاز وعزل أسلاك الصمامات الكهربائية . يستعمل حاليا وبكميات هائلة في صنع الأرضيات الرقيقة والمرنة ذات الرغوة المناسبة لأرضيات المستشفيات وقاعات المسارح ودور العرض لكونه يمتاز بمقاومة عالية للماء والحوامض والكحولات والزيوت والمركبات الهيدروكربونية الأخرى . تدل الإحصائيات الحديثة على أن متعدد كلوريد الفينيل يستخدم في صناعة الرقائق(الأفلام) وفي صناعة القناني المستخدمة لتعبئة المواد الغذائية وفيما يلي المجالات المختلفة لاستعمالات هذا المركب .

## (1) في الصناعات الإنشائية

### a) الأنابيب

أنابيب PVC الصلدة للأغراض التالية :

1- أنابيب نقل مياه الشرب .

2- أنابيب لنقل مياه الصرف الصحي .

3- أنابيب لأغراض السقي والري .

4- أنابيب مقوية أو مدعمة لنقل الغازات المضغوطة ولاستخدامات الضغط الفراغي .

5- أنابيب محيطة بالأسلاك والقابلات للوقاية من الرطوبة والتشوهات الميكانيكية والتأثيرات الكيميائية .

6- أنابيب PVC المرن المستخدم لرش الجنان .

### b) الصفائح البلاستيكية

1- صفائح لأغراض العزل وعمل القواطع .

2- صفائح للسقوف .

3- صفائح لعمل أبواب للخروج الاضطراري للمعامل والمصانع .

4- صفائح لعمل أغطية الإضاءة .

5- صفائح تستخدم لعمل الأحواض .

6- صفائح لعمل البيوت الزجاجية .

7- صفائح لعمل أرضية المسبح .

8- غطاء للأرضيات .

**c) استخدامات بنائية أخرى**

1- لعمل إطارات النوافذ والأبواب .
2- لصناعة الرقائق الملونة المستخدمة في تغليف جدران البنايات .
3- لصناعة الورق المطلي المستخدم في تغليف الجدران .
4- لصناعة رغوة متعدد كلوريد الفينيل المستخدم للعزل الحـــراري لأنابيـــب التدفئة والتبريد المركزي .
5- لإنتاج الرغوة الإسفنجية المرنة والصلدة.

**(2) الاستخدامات التركيبية لمتعدد كلوريد الفينيل**

a) طلاء الأنسجة لصناعة المعاطف المطرية والأحذية والجلد الصناعي .
b) صناعة الأحزمة الناقلة المطلية .
c) صناعة الورق المطلي القابل للغسل والمستعمل لتغليف الجدران .
d) يستخدم في طلاء الأسلاك والقابلات لصناعة العوازل الكهربائية .
e) تغليف القابلات .

**(3) صناعة نواتج متنوعة أخرى**

a) صناعة القناني والحلويات .
b) صناعة لعب الأطفال .
c) صناعة الألياف .
d) صناعة أقمشة الترشيح للعمليات الصناعية .
e) صناعة شبكات صيد الأسماك .
f) صناعة الرقائق أو الأفلام .

## 7.6 الألياف الصناعية غير السليلوزية (Non - Cellulose Fibers)

لقد بدأ الإنتاج التجاري للألياف الصناعية قبل الحرب العالمية الثانية عندما أنتجت شركة (Dupont) الكيميائية مادة النايلون وقامت بتسويقها . تنتج هذه الألياف بواسطة تصنيع البوليمرات من مواد بسيطة ثم تشكيلها إلى ألياف . ويمكن تقسيم الألياف الصناعية إلى الأقسام التالية :

a) ألياف متعدد الأستر وتحل محل القطن .

b) ألياف متعدد الأميد وتحل محل الحرير مثل النايلون .

c) ألياف الأكريليك وتحل محل الصوف .

ويعد البترول المصدر الأساسي لإنتاج الألياف الصناعية لأنه يحتوي على خامات يمكن تشكيلها كيميائيا للحصول على الوحدات البنائية والبوليمرات المختلفة من الألياف الصناعية . ويبين الجدول(6-5) الخطوات الرئيسية والمواد الخام لإنتاج الألياف الصناعية الهامة .

**جدول(6 -5)**

المواد الخام لإنتاج الألياف الصناعية

| المادة | المنتج الوسطي | المنتج النهائي |
|---|---|---|
| البروبلين | الأكرونتريل | ألياف الأكريليك |
| البيوتادايين | الهكسامثيلين داي أمين<br>حامض الأديبيك | النايلون 66 |
| البنزول | الكبرولاكتان | النايلون 6 |
| البارا زايلين | ثاني مثيل تيرفثالاث<br>حامض البنزوفثاليت | ألياف متعدد الأستر |

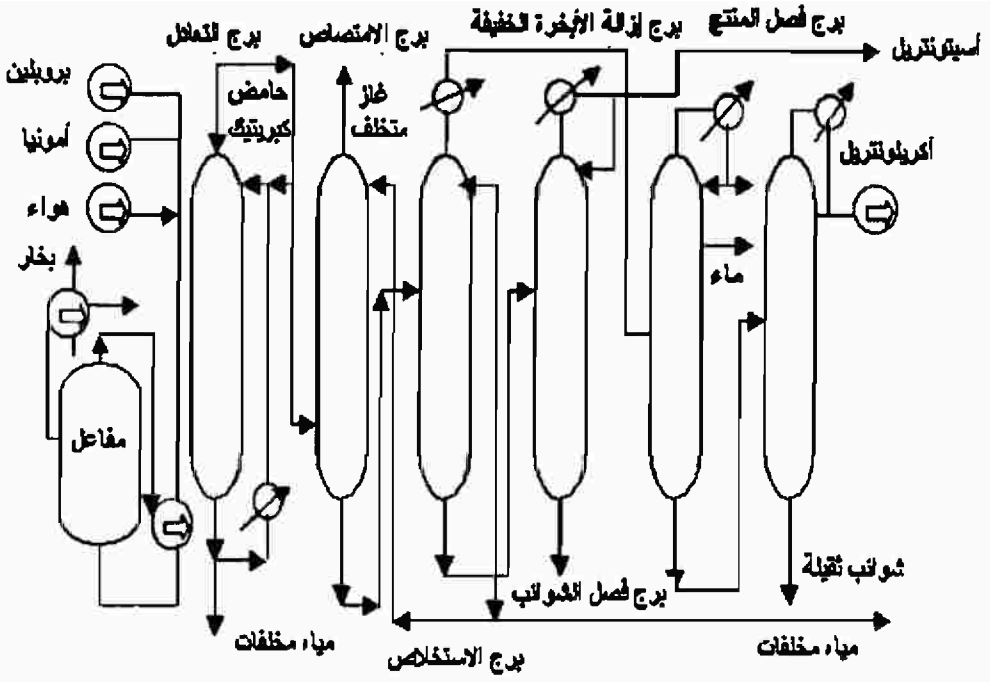
### 1.7.6 النايلــون (Nylon)

وهو أول الألياف الصناعية المنتجة في العالم حيث بدأ إنتاجه قبل الحــرب العالمية الثــانية وكلمة نــايلون هي الاســم التجاري لمنتج متعــدد الأميــد . يــتم الحصــول على المواد الخام المستخدمة في إنتــــاج أنــواع النــايلون المختلفة من البــترول وهي الحــوامض الأمينيــة والأمينــات والحــوامض الثــنائية وأهم أنواع النايلون - 6 والنايلون - 66 .

### 2.7.6 أليــاف الأكريليــك

وتمتاز هذه الألياف بخواص تجعلها أقرب ما يكون إلى الصوف الطبيعــي وهي تقاوم الحوامض والمذيبات العضوية والزيــوت ومقاومتهــا الميكانيكيــة ليست قوية مثل الألياف الصناعية الأخرى كالنايلون ومتعدد الأســتر ولكنهــا تمتاز بجودة عزلها الحراري .

تنتج ألياف الأكريليك من بلمرة الأكريلونتريل حسب طريقــة " ســاهايو " والتي تعتمد على تفاعــل البروبلين مع الأمونيا والأوكسجين كما يبينها الشكل (6-8) أدناه وتجري بلمرة وحدات بنائية أخرى مثل كلوريد الفينيل أو خــلات الفينيل مع الأكريلونتريل لتحسين خواص المنتج وإمكانية صياغته .




**الشكـــل (6-8)**

مخطط بياني لطريقة إنتاج الأكريلونتريل

## 8.6 المشتقـــات السليلوزيـــة (Cellulose Derivatives)

### 1.8.6 نتـــرات السليلـــوز

لقد أنتجت اللدائن التجارية وللمرة الأولى من مادة السليلوز الموجودة فـــي الطبيعة بعد إجراء بعض التغييرات الكيميائية عليها . يتألف السليلوز من آلاف الحلقات الشبيهة بجزيئات الجلوكوز والتي تحتوي كـل منها على ثلاث جذور كحولية وبعد تفاعل هذه الحلقات مع حمض النتريك تتكون نترات السليلوز .

عند مزج السليلوز المتحول جزئيا من التفاعل مع الكافور ينتج نوع مـــن اللدائن الرخوة وسهلة القولبة تدعى بالسليلويد . إن خواص نتـــرات الســـليلوز تعتمد على درجة التفاعل مع النترات وتكون اللدائن المصـــنعة مـــن نتـــرات السليلوز قوية و شفافة ومن السهل قولبتها إلى الأشكال المختلفة وتصنع مـــن

هذه المادة مقابض الأدوات ، أجهزة الرسم,إطارات النظّارات ، كما تدخل أيضا في صناعة القماش المطاطي المستعمل لغاية هذا اليوم لأغراض تغليف الكتب والحقائب .

ومن بين المساوئ المصاحبة لاستعمال هذه المادة في بعض الحالات هو درجة اشتعالها المنخفضة إضافة إلى أن اللدائن الشفافة تميل إلى الاصفرار بمرور الزمن وتتحول إلى مادة قصفة عند درجات الحرارة المنخفضة .

### 2.8.6 خلات السليلوز (Cellulose Acetate)

تتكون من تفاعل السليلوز مع حمض الخليك المركز أو الأستيك أنهيدريد ولم يقتصر استعمال هذه المادة على إنتاج الصفائح الشفافة وإنما حلت محل نترات السليلوز في صناعة الأفلام التصويرية لأنها أقل تعرضا للاحتراق .

### 3.8.6 أثيل السليلوز (Ethyl Cellulose)

يعتبر الأثيل سليلوز من أقوى أنواع لدائن السليلوز.فمثلا تصنع من هذه المادة مقابض الكسارات والعديد من الأشياء الأخرى التي تتعرض للصدمات مثل نهايات أوعية التجهيز المنقولة بمظلة الهبوط (الباراشوت) .

يصنع أثيل السليلوز بمعاملة السليلوز مع الصودا الكاوية أولا لإنتاج سليلوز الصوديوم ومن ثم يعامل المنتج مع كلوريد الأثيل لإعطاء المنتج النهائي .

### 4.8.6 متعدد الروبلين " البولي بروبلين " (Polypropylene)

يوجد الكثير من التشابه والتقارب بين العديد من خواص كل من لدائن متعدد الأثيلين ومتعدد البروبلين فكلاهما ذو معدل امتصاص منخفض للماء ومقاوم للحوامض والقواعد وكل منهما يمتلك خواص كهربائية جيدة حيث يبلغ معامل العزل من 2.0 إلى 2.3 والمقاومة الحجمية من(5 - 10) أوم/سم .

يعتبر متعدد البروبلين من أخف أنواع الراتنجات المستعملة إذ تبلغ كثافته النوعية 0.91 فقط ويطفو الحبل المصنع من هذا الراتنج فوق سطح الماء . إن مرونة رجوعية ومقاومة متعدد البروبلين لتكون البقع تجعله صالحا للاستعمال على شكل ألياف للسجاد . وإن عدم تميعه إلا في درجات الحرارة العالية فقط تسمح باستعماله في صناعة أنابيب الماء الساخن وصفائح تغليف المنتجات المراد تعقيمها بالتسخين تتقلص رقائق متعدد البروبلين عند تعرضها للحرارة ويستفاد من هذه الخاصية في عملية التغليف حيث بالإمكان الحصول على تغليف شفاف ومحكم الصنع و تصنع من هذه المادة أكواب الشرب ، القناني والأوعية بأشكالها المختلفة .

### 5.8.6 مشتقات متعدد الأثيلين (Polyethylene Derivatives)

إن الراتنج المصنع من رباعي فلوريد الأثيلين ($CF_2 = CF_2$) والمسمى بالتفلون يتمتع بمواصفات ممتازة . إذ يقل مقدار امتصاصه للماء عن الأثيلين ويبلغ 0% مقارنة بامتصاص متعدد الأثيلين البالغ % 1.0 . وإن نقطة انصهاره عالية جداً ويتحتم استعمال طرق مشابهة لتلك المستعملة في صناعة المعادن بغية تصنيعه إلى رقائق خفيفة أو أدوات بأشكالها المختلفة . ويعتبر التفلون (PTFE) خامل كيميائيا ولا يتفاعل مع أي مادة أخرى عدا المعادن القلوية المائعة وقد لوحظ أن عينة التفلون المحفوظة بدرجة حرارة

298.8C° ولمدة شهر واحد لم تفقد سوى % 10 من قوة شدها . يستعمل هذا النوع من اللدائن كرقائق تزييت صلبة للذخيرة الحربية وفي أجزاء الأسلحة المتحركة وكسطوح ارتكاز للأوزان الخفيفة . لا يلتصق التفلون مع السطوح الأخرى ولذلك سمي بـ "غير اللاصق" وبسبب هذه الخاصية يستعمل التفلون لصناعة الصمامات وكرقائق لتغطية الأنابيب المسننة إذ يساعد على فتحها ثانية رغم ربطها مع بعضها البعض بصورة محكمة . تبلغ الكثافة النوعية للتفلون 2.2 ومن الممكن صناعة الأشكال الملائمة من مادة التفلون بواسطة ماكينات الخراطة .

### 6.8.6 مشتقات الأثيلين الأخرى

وتشمل ما يلي :

#### 1.6.8.6 خلات متعدد الفينيل (Polyvinyl Acetate)

تعتبر هذه اللدائن ذات الوزن الجزيئي الواطئ نسبيا من المواد اللاصقة . أما البوليمرات الكبيرة ذات الوزن الجزيئي العالي فتصنع إلى راتنجات شفافة تلدن بالحرارة وذات مواصفات قولبة جيدة تمكنها من التوسع قليلا عند التصلب وبذلك تملأ كافة فراغات القالب.كذلك تستعمل هذه اللدائن بشكل مستحلب في الأصباغ المائية .

#### 2.6.8.6 كلوريد الفنيليدين (Vinylidene Chloride)

ويحضر من إحلال الكلور محل ذرتي الهيدروجين المرتبطتين إلى إحدى ذرات الكربون في جزيئة الأثيلين وعند بلمرة هذه الأخيرة تتكون مادة لدائنية خاملة جيدة تدعى بالساران (Saran) ويدعى الراتنج الثنائي المركب مع كلوريدالفينيل بالتايكون . إن الأنابيب المصنوعة من الساران لا تتأثر

بالحوامض القوية ومن الممكن خراطة ولحام هذه الأنابيب بتسخين نهاياتها بالمكواة الساخنة ومن ثم ضغطها سوية كما إن راتنجات كلوريد الفنيليدين عديمة التأثير بالماء وتستعمل الأنسجة المصنعة منها لحمل سطوح السقائف وتتمتع أنابيب الساران بمرونة عالية حيث لم تظهر أي علامة تشقق على أنبوب الساران ذو سمك (0.108 cm) ، والمعرض إلى لوي بمقدار°5 ولمدة 2.5 مليون مرة بينما يفشل بالفحص أنبوب نحاسي بأبعاد متساوية بعد 500 دورة فقط .

### 3.6.8.6 متعدد الستايرين " البولي ستايرين " (Polystyrene)

تعتبر هذه المادة أرخص أنواع اللدائن الشفافة ويصنع الستايرين أو فينيل البنزين بإزالة الهيدروجين من أثيل البنزين . يشبه الستايرين من حيث الرائحة واللون مادة التولوين إلى حد كبير. وعند ترك قنينة غير مفتوحة من الستايرين السائل لفترة طويلة ، يتحول إلى مادة صلبة نتيجة البلمرة . وبوجود عامل مساعد تكتمل عملية البلمرة بسرعة .

ومن خصائص البولي ستايرين عدم قابليته على امتصاص الماء وغير قابل للإذابة في معظم الحوامض والقواعد والكحول والأسيتون أو الجازولين . لكنه يذوب في البنزين أو المواد الهيدروكربونية الأروماتية (العطرية) وفي المذيبات المعرّضة للكلور والأسترات . ونظرا لعدم وجود تمدد أو انكماش به فإنه يستعمل لصنع المساطر . يبلغ مقدار نفوذ الضوء في الرقائق المصنعة منه ذات السمك 0.25cm (92 %). كما إنه عازل كهربائي جيد ويتحمل فولتية بمقدار 550-700 فولت/مل . يعتبر الستيروفوم من بين اللدائن الإسفنجية المستعملة في التعبئة والمساعدة على الطفو والعزل والتزيين . يعتبر الستايرين من الراتنجات المهمة التي تدخل في صناعة المطاط .

### 4.6.8.6 الأكريـــلات (Acrylates)

إن من أحسن أنواع اللدائن التي تقع ضمن هذه المجموعة هي اللوســايت Lucite أو متعدد مثيل ميثا أكريلات لما يتمتع به من خواص ضوئية جيــدة . إن هذا المركب يتمتع بشفافية عالية ويسمح بمرور (% 98) من أشعة الشــمس ومن ضمنها الأشعة فوق البنفسجية ونظرا للانعكاس الداخلي ، سيخرج الضوء الداخل إلى إحدى نهايات أنبوب ميثا أكريلات المنحني من النهايــة الأخــرى وبدون أي تغيير في شدة الضوء.ولهــذا الســبب تســتعمل حزمــة أنابيــب الميثا أكريلات لنقل الضوء وراء الأجسام المعتمة ولنقل الصور بعد اســتعمال العدسات الملائمة .

## 9.6 الراتنجــات التـــي تتصلــد بالحــرارة (Thermosetting Resins)

إن أقدم أنواع الراتنجات التي تتصلد بالحرارة يدعى البكلايت (Baklite) نسبة إلى مخترعه العالم الأمريكي (Bakeland) عام 1909 . حيــث تـــم تحضيره بتفاعل الفينول والفورمالديهايد . يوجد في الوقت الــحاضر العديــد من راتنجات الفينول فورمالديهايد المختلفة والتي تجد استعمالات عديدة علــى شكل مواد لاصقة ذائبة في الماء كصفائح الكسوة اللدائنيــة ومــواد لصــناعة الأصباغ ومساحيق لأغراض القولبة المختلفة .

تعتمد مواصفات المنتجات على عدة عوامل وتتمثل العوامل الرئيسية منها بنسبة المواد المتفاعلة وخواص العامل المســاعد الحامضية والقاعدية وتصلح هذه الراتنجات بصورة عامة لصناعة المواد اللاصقة الجيدة ولكثرة المجوعات الكحولية فبالإمكان مزج هذه المركبات مع مشتقات الفينول مع الدهون لتكوين الأصباغ المختلفة .

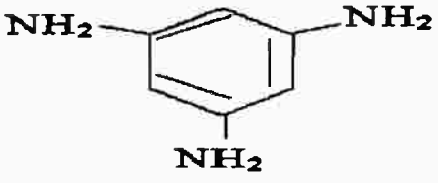
ومن أهم أنواع هذه اللدائن :

### 1.9.6 لدائـــن اليوريـــا (Urea Plastics)

تتفاعل اليوريا مع الفورمالديهايد لإنتاج راتنجات التكثيف التـــي تســـتخدم لصنع الرقـــائق اللدائنية اللاصـــقة . كذلك تستعمل لتشرّب الأخشاب والحـــد من تشققها . وبالإمكـــان تكييف الألواح الخشبية المشـــربة براتنجات اليوريـــا بصورة دائمية بواسطة الضغط والحرارة .

### 2.9.6 الميلاميـــــن (Melamine)

الميلامين ذو الصيغة الكيميائية والتي يوضحها الشكل (6-9) يتفاعل مـــع الفورمالديهايد ويكون شـــبكة مترابطة من حـــلقات الميلامين وتستعمل اللدائن المعروفة بالميلاماك في مجالات متعددة منها صناعة الأوانـــي ، زيـــادة قـــوة الورقالمبلل والأصواف المقاومة للتجعد وفـــي الأصـــباغ المختلفـــة . يكـــون الفورمالديهايد كذلك راتنجات مع المواد الأخرى الحاوية على مجموعة الأمين مثل البروتين .




**الشكـــل (6-9)**

حلقـــات الميلاميـــن

وتكون بعض الحوامض الثنائية والمتعددة القاعدية رانتجات مشابهة.تسمى هذه المركبات براتنجات الألكيد وتلعب دورا كبيـــرا ومتزايـــدا فـــي صـــناعة الأصباغ .

### 3.9.6 راتنجات الإيبوكسي (Epoxy Resins)

إن راتنجات الإيبوكسي هي عبارة عن متعدد أستر ذو مكونات ثلاث ويتصلب بدرجة حرارة الغرفة ويعطي مواد لاصقة ثابتة وقوية وصامدة ضد عوامل التعرية وتستعمل في صناعة قوارب الألياف الزجاجية والهياكل الأخرى .

### 4.9.6 متعدد اليورثان " البولي يورثان " (Poly Urethane)

وهو عبارة عن نوع آخر من أنواع متعدد الأستر ويشكل أهمية كبيرة في صناعة اللدائن الرغوية والمواد اللاصقة .

### 5.9.6 راتنجات الكيومارون (Cumarone Resins)

وتستخلص من قطران الفحم وتستعمل هذه الراتنجات بكثرة في صناعة البلاط الإسفلتي وكذلك في الأصباغ الحاوية على الألمنيوم وفي سوائل البرونز كما أن المقاومة العالية التي تتمتع بها هذه المواد للماء والقواعد ستحسن مواصفات الورنيش والطلاء بصورة عامة .

### 6.9.6 السيكلونات " زيوت السليكون " (Silicones)

تتكون العديد من البوليمرات المهمة والمفيدة من تفاعل التكثيف لمركبات عنصر السليكون . ويتراوح مواصفات البوليمرات من الحالة السائلة إلى الحالة الصلبة المرنة . وتستخدم دهون السليكون في صناعة زيوت التزييت المقاومة للحرارة ومركبات مانعة الرغوة والأصباغ المقاومة للحرارة والحرائق والشحوم المستخدمة بدرجات الحرارة العالية والسوائل العازلة للكهربائية كذلك العوامل الصامدة والطاردة للماء .

## 10.6 المطـــاط (Rubber)

يساهم المطاط (البوليمرات المرنة) بدرجة كبيرة في التطـور المعاصـر حيث يعد الأسـاس في صنـاعات إطارات السيـارات والطائرات وصـناعة الصمغ واللواصق والصنـاعات الكهربائية وتراكيـب الصـواريخ الخاصـة بالرحـلات الفضائية .

وتبرز أهمية المطاط من بين البدائل التي تم اكتشافها خلال الحرب العالمية الثانية والحرب الكورية التي أثرت على مصادر المطاط الطبيعي فأخذ العلماء يبحثون عن بدائل للمطاط الطبيعي حتى اكتشفت أنواع متعـددة منـه . ففـي الفـترة من 1911 – 1918 تم إنتاج مـا يقارب 2500 طن من مطاط الأثيل الذي تم تحضيره من (3.2 – ثـنائي مثيـل بيوتادايين) فـي ألمانيـا وبعـد الحرب العالمية الأولى تم في ألمانيا أيضا تحضير ثـلاثة أنواع مـن مطـاط البونا وذلك ببلمرة البيوتادايين بواسطة الصوديوم في عـام1927 تـم بلمـرة البيوتادايين أيضا بواسطة البلمرة المستحلبة تبعها تحضير مطاط السـتايرين – بيوتادايين وتبعها مـطاط الثايوكول المقاوم لفعل المذيبات والدهون والنيوبرين في أميركا عام 1930 .

وفي العام 1940 تم اكـتشاف المطـاط البيـوتيلي الـذي وجـدت لـه استخدامات لصناعة الأنابيب الداخلية لإطـارات السـيارات لنفاذيتـه القليلـة للغازات وتبعها في العام 1946 اكتشاف مطاط متعدد اليورثـان وفـي عـام 1969 تم اكتشاف بوليمر السـليكون المطاطي لذلك يمكـن تقسـيم أنـواع المطاط الصناعي إلى قسـمين رئيسيين :

1 - المطاط المستخدم في الأغراض العامة مثل صناعة إطارات السيارات.
2 - المطاط المستخدم في الأغراض الخاصة مثـل صنـاعة المطاط المقـاوم

للحوامض والقلويات والمذيبات والتأكسد والتآكل ودرجات الحرارة المرتفعة و المنخفضة . ويوضح الجدول(6-6) أهم أنواع المطاط المستخدم للأغراض العامة والخاصة وخواصها .

### 1.10.6 المطاط الطبيعي (Natural Rubber)

يعود اكتشاف المطاط الطبيعي إلى القرن الحادي عشر فقد استخدمه الإنسان القديم لطلاء ملابسه لمنعها من البلل . المطاط الطبيعي هو مركب هيدروكربوني" يزوبرين " ($CH_2CCH_3CH=CH_2$) مرن يستخرج من نخاع أشجار المطاط وذلك بعمل شق يشبه رقم 7 في سيقان هذه النباتات فيسيل منها النخاع المعروف بحليب المطاط الذي يحتوي على 24% من المطاط . لغرض منع تصلب المطاط وتخثره يجب إضافة مادة مثبتة للمستحلب بين عجلات دوّارة في ماكينة خاصة ثم يضغط حتى يمتزج تماما .

إن المستحلب المطاطي حساس للفعاليات الجرثومية وعليه تضاف إليه بعض المواد المطهرة والمانعة لنموها مثل محلول الأمونيا أو محلول مخفف من مادة الفورمالين . بإضافة هذه المواديمكن الاحتفاظ بالمطاط على هيئة مستحلب إلى حين القيام باستخلاصه من ذلك المستحلب .

تتضمن مراحل استخراجه أولا تركيز المستحلب النباتي ثم تضاف إليه بعض المواد المطهرة الأخرى مثل كبريتيت الصوديوم ويجري تخثره بإضافة محلول مخفف من حامض الفورميك أو حامض الخليك . حيث ستنفصل القطع المطاطية الصغيرة وتتجمع على هيئة قطع كبيرة.

يجري غسل هذه القطع بالماء وتجفف وتضاف إليها مواد أخرى تعرف بالمعجّلات مثل كربونات الرصاص ($PbCO_3$) والبنزوثايازول حيث يؤدي عملها إلى تحسين نوعية المطاط ليصبح أكثر ليونة .

## جـدول (6 - 6)

أهم أنوا ع المواد المطاطية وخواصها

| ت | نـــوع المطـــاط | الوحدة البنائية (المونومر) | الخواص الأساسية |
|---|---|---|---|
| 1 | البيوتادايـــــن | البيوتادايـــــن | ———— |
| 2 | البيوتادايين مثيل ستايرين | البيوتادايين – مثيل الستايرين | ———— |
| 3 | الآيزوبريـــــن | الآيزوبريـــــن | ———— |
| 4 | البيوتادايـــــن | البيوتادايين والأكريلونتريل | مقـــاوم للحرارة والبـــنزين والزيـــــوت |
| 5 | الكلوروبريـــن | الكلوروبريـــــن | |
| 6 | متعدد البيوتيلين الفرعي | البيوتيليـــن الفرعـــي | مقـــاوم للمواد الكيميائية |
| 7 | البيوتيـــــل | الآيزوبرين والآيزوبونتلين | له درجة نفاذية عالية للغاز |
| 8 | متعدد السلفيد(الثيوكول) | ثنائي كلوريد الإيثان والصوديـــوم ومتعدد السلفيد | مقاوم للزيوت والبنزين |
| 9 | متعـــدد اليورثـــــان | حمض ثنائي الكربونيك جلايكـــــول ثنائي آيزو سيانات | مقـــاوم للتآكـــــل |
| 10 | السليكـــــون | مركبات السليكون العضوية | يمكن استخدامه في درجات حرارة من - 60 ← 200c° |

وأقل لزوجة وبذلك تحول دون أن يصبح هشا سهل التكسر . تحتاج معظم هذه المعجّلات إلى وجود أكســـيد الخارصين في المزيج لما له من تأثير فـــي زيادة الفعالية وإعطائه لون أبيض.بشكل عام تضاف أيضا بعض الحـــوامض الشحمية مثل حامض الستياريك كذلك الكربون كمـــادة مالئـــة(حشـــو) وذلـــك لتحسين خواصه الفيزيائية والميكانيكية وزيـــادة مقاومته للتآكل وبعـــد إتمـــام الخلط يكيف النـــاتج حسب المطلوب .

ومن خواص المطاط الطبيعي أنه مادة طرية صمغية يتمكن من زيادة صلابته والتخلص من صفته الصمغية بتسخينه مع الكبريت أو أحد مركباته وتدعى هذه العملية (الفلكنة) ولبطء هذه العملية تضاف بعض المواد مثل كربونات الرصاص لزيادة سرعة الفلكنة وللسيطرة على خواص المطاط الناتج .

## 2.10.6 المطاط الصناعي (Synthetic Rubber)

في الجدول (6-7) نستعرض أهم أنواع المطاط الصناعي المعروفة وخواصها المهمة وأهم أنواع المطاط الصناعي هي :

**جدول (6 - 7)**

المواد المطاطية الصناعية وخواصها

| اسم المطاط | الرمز | الخواص المهمة |
|---|---|---|
| متعدد الآيزوبرين | ——— | قوة شد ومرونة عالية،ذو نفاذية عالية للغاز |
| البيوتادايين ستايرين | SBR | ذو مقاومة عالية للاحتكاك وأشعة الشمس |
| البيوتادايين أكرونتريل | NBR | مشابه للـ SBR مع مقاومة أعلى للدهون |
| النيوبرين | CR | مقاومة عالية للمذيبات وأشعة الشمس |
| الفيستانيكس | PIB | مطاطية عالية،عديم التفاعل،مقاوم للأوزون |
| التايكول A | ——— | الأكثر مقاومة للمذيبات ذو قوة شد قليلة |
| أثيلين بروبلين | EPR | مقاوم للأوزون وعوامل التعرية |
| كلوريد الفينيل | كمورسيل | مقاوم للحوامض والماء،ذو مطاطية جيدة |

### 1.2.10.6 مطاط البيوتادايين

يمكن الحصول عليه من بلمرة البيوتادايين مع استخدام معدن الصوديوم ويطلق عليه أحيانا مطاط البيوتادايين – صوديوم .

### 2.2.10.6 الستايريـــن- بيوتاداييـــن

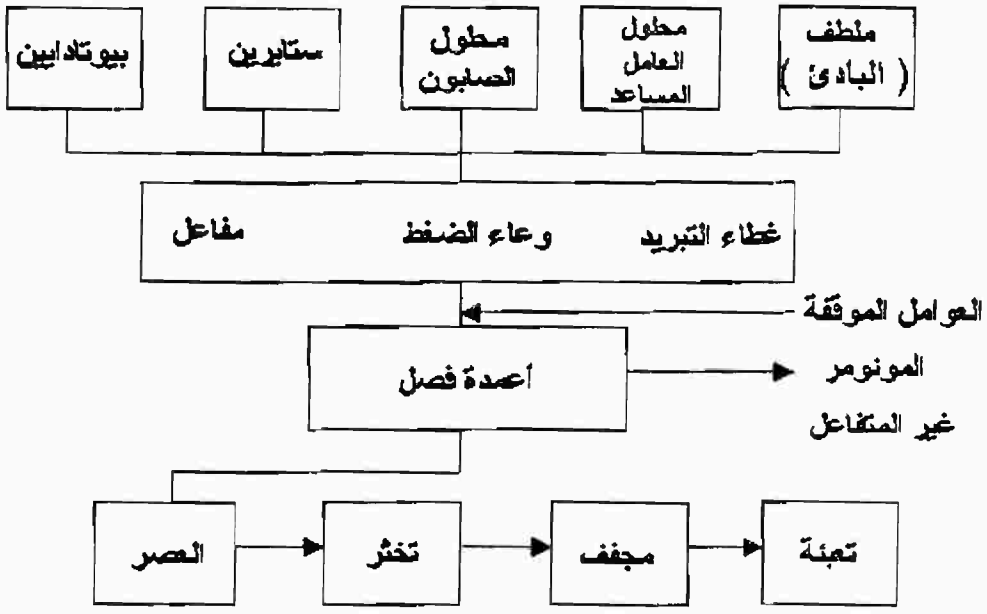
تعد البوليمرات المنتجة من هذا النوع من أهم البوليمرات المرنة ويمكن صناعتها بطريقة البلمـــرة بالاتحـــاد بـــين الســـتايرين والبيوتـــاداايين بنســـبة % (30 : 70) على التوالي وباستخدام المستحلب عند درجة حرارة تتـــراوح من 5C° – 50 . في هذه الطريقة يخلط كـــل مـــن الســـتايرين والبيوتـــاداايين بـــالماء ومادة تســـاعد على تكوين المستحلب . يخلط المستحلب النـــاتج مـــع محلول بادئ مكون من هيدروكسيد الآيزوبروبيل البنزين حيث يمرران داخـــل البلمرة المكونة من (12) وحدة . تحتوي هذه الوحدات علـــى أدوات للتقليـــب وتتراوح سعة كل منها(12-20) متر مكعب و هي مصنـــوعة مـــن الصـــلب ومغلقة من الداخل بمواد مقاومة للأحماض . وعندما يمر المستحلب داخل هذه النسبة عادة لأن نسبة التحول العالية تؤدي إلى تكـــوين سلاســـــل بوليمريـــة متفرعة ذات خواص فيزيائية أقل جودة .

ويتم توقف البلمرة بإضافة بعض المواد المانعة مثل الهيـــدروكينون الـــذي يتفاعل مع الجذور الحرة النامية ويوقف تفاعل البلمرة المتسلسلة كما موضـــح في الشكل (6-10) وتضاف إلى المطاط مواد تساعد على تجمده مثل كلوريـــد الصوديوم وكلوريد الكالسيوم وحامض الكبريتيك كما يضاف إليه بعض أنواع مضادات التأكسد مثل N– فنيل نفثيل أمين لغرض المحافظة عليه من الأكسدة وأثناء استخدامه يخثر المستحلب بإضافة حامض الكبريتيك المخفف ويفصـــل المطاط ويغسل جيدا بالماء ويجفف ثم يحول إلى كتل أو أشكال معينة حســـب الطلب ويستخدم هذا النوع بكثرة في صناعة الإطارات الكبيرة.

### 3.2.10.6 مطـــاط الكلوروبريـــن " النيوبرين "

وهو أحد الأنواع المهمة من البوليمرات المرنة الـــذي بـــدأ إنتاجـــه منـــذ الثلاثينات من القرن الـــماضي ويمكن الحصول عليه مـــن الأســـتيلين وذلـــك بامراره خلال محلول مائي يحتوي على عامل محفز مـــن كلوريـــد النحـــاس

وكلوريد الأمونيوم فينتج عن ذلك تكون الفنيل أستلين الذي يتحد مـــع حمـــض الهيدروكلوريك وعند استخدام نفـــس العامل المحفز يتكـــون الكلـــوروبرين . وهو ســـائل عديم اللون وله رائحة نفاذة ودرجة غليانـــه تبلـــغ 59.4C° . إن المطاط الناتج يكون متجانسا وغير قابل للاشتعال بسبب وجود ماء الكلور.




**الشكـــل (6-10)**

رسم تخطيطي لصناعة مطاط البيوتادابين – ستايرين

يكون مقاوما للمواد الكيميائية والزيوت وللحرارة والضوء والأكسدة إلا أنه لا يمتلك مرونة المطاط الطبيعي . ويستخدم في صناعة الأسلاك وفي الأعمال الميكانيكية كعمل الأحزمة الناقلة .

### 4.2.10.6 مطـــاط السليكـــون

يختلف عن الأنواع الأخرى من المطاط بكونه يحتوي في سلاسله علـــى ذرات السليكون والأوكسجين ولا يحتوي على ذرات الكربون في محور هـــذه

السلاسل يعود تـــاريخ اكتشافه إلى العام 1945 ويجمع هذا النوع من المطاط بين بعض الخواص العضوية وغير العضوية . ومن أهم ما يتميز بـــه هـــو المدى الواســـع لدرجات الحرارة التي يمكن أن يستخدم فيها والتي تتراوح من C° (300-100) ويمكن اســـتخدامه عند درجات حـــرارة مرتفعة لمدة طويلة من الزمن .

كما أنه يســـتخدم في تغليف الأســـلاك الكهربائية لكونه عـــازلاً ممتـــازاً ويحافظ على خواصه عند درجات الحرارة العالية وهو ذو مقاومة عالية جـــدا اتجاه الأوزون والأكســـدة وضوء الشمس والماء والظروف البيئيـــة الأخـــرى وله مقاومة جيدة تجاه الحوامض والقواعد والأمـــلاح المخففة.

إن مطاط الســـليكون عديم الطعم والرائحة وغير سام . ولهذا الســـبب له استخدامات عديدة في الصناعات الغذائية والطبية والجراحية .

## 11.6 دور اللدائـــن في التقـــدم والتطـــور العلمـــي

تصنع عادة المواد اللدائنية للاستعمالات الخاصة باختيار المركب الصحيح أو بدمج المواد المختلفة وإدخال الهالوجينات أو البدائل الأخرى .

تلعب اللدائن دورا كبيرا ومتزايدا الآن في صـــناعة الأقمـــار الصـــناعية وأبحاث الفضاء حيث تصنع منها الـــدوائر الكهربائيـــة المطبوعـــة وأغلفـــة الهوائيات وعلب الأجهزة الدقيقة الخفيفة والحواجز الحرارية ومخروط الرجوع إلى جو الأرض للمركبات الفضائية وحتى محركات الصواريخ مـــن المـــواد اللدائنية وإنه ليس من المستبعد في الأيام القادمة تصنيع مركبة فضائية متكاملة من اللدائن بل إنه قد يصبح حقيقة واقعـــة . إن خلاصـــة بـــالمواد اللدائنيـــة والراتنجية يبينها الجدول (6-8) .

## جـدول (6 - 8)

خلاصـــة بالمـــواد اللدائنيـــة والراتنجيـــة

| ت | الاســـــم | المصـــــدر | الخواص الرئيسية المهمة | الاستعمالات المتداولة |
|---|---|---|---|---|
| 1 | السليلوز ،السيلونات الريون،الفسكوس | الخشب،القطن القش،التبن | إعـادة توليـد السليلـوز | النسيج والدانتن الشفافة وحبال الإطارات |
| 2 | بيرالين، بروكسلين نترات السليلوز | السليلوز ، حامض النتريك والكبريتيك | صلب ، شفاف ، يذوب في الأستـر والكيتونات يشتعل بسهولة | مقابـض الأدوات طلاء صمغ اللـك |
| 3 | خـلات السليلوز اللوماريث،الملدنات | سليلوز،حمض الخليك ومشتقاته | مقاومـــة عاليـــة للهب،مواصفات قولبة جيدة ممتص للماء | أفلام السلامة والدانتن الرقيقة الشفافة وأغلفة النسيـــج |
| 4 | أثيل السليلوز الايثوليـــل | سليلـوز الصوديوم كلوريـد أثيـل | أقوى أنواع المشتقات السليلوزيـة | القبعـــات والأدوات وأغطيـة الأنسجـة |
| 5 | متعـــدد الأثيلين البوليثين متعدد البروبليـــن | الأثيليـــن | خامل،ثابـــت،مرن بدرجـــة حـــرارة منخفضـــة قليـــل الامتصاص للماء | حاجز للأبخرة ،الأنابيب المرنة، الحبال، الفرش الأرضية،رقائق الأفلام التغليـف والأوعيـة |
| 6 | تفلـون ، TFCE | فلـور + أثيلين | عديم التفاعل وغيـر لاصـق وذو درجـة انصهار عالية جدا | أجزاء الرادار،الحشوات بدرجـة حرارة عاليـة مـواد تزييـت صلبـة |
| 7 | خـلات متعـدد الفينيـــل | أسيتيلين مـــع حمـض الخليـك | تتوسع عند التصلـب | لاصـق مستحلـب الأصبـــاغ |
| 8 | كحـــول الفينيـل | بيوتانـول ومـاء | قـوة شـد كبيـرة ومـــــرن | رقائـــق قويـــة |
| 9 | متعـدد كلوريـد الفينيـــل | أسيتيلين وحمض الهيدروكلوريك | قليل الذوبان لا يتأثر بالكلـــور | تغطية المعادن ، الورق والأنسجة وصلات تمدد |
| 10 | فينيليـــت | متعـــدد خـلات وكلوريـد الفينيـل | راتنج شبيه بالمطـاط | أجهـزة القياسـات أسطوانـات التسجيـل |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 11 | كلوريد الفينيلدين السداران ، التايكون | بوليمر ثنائي | لا يتفاعل مع الحمض والقاعدة القوية وقليل الامتصاص للماء | الأنسجة والأقلام وأنابيب نقل الحوامض والقواعد |
| 12 | متعدد الستايرين | أثيل الفينيل | خفيف ، شفاف رخيص وثابت | أدوات الرسم الهندسي العوازل الرغوية |
| 13 | مثيل ميتا أكريلات | أسيتون وميثانول | مواصفات بصرية وقولبة جيدة | علامات عاكسة للعدسة أغلفة شفافة ، الحلي |
| 14 | نترات الأكريليك أورولون | أسيتيلين و سيانيد الهيدروجين | | الألياف والراتنجات |
| 15 | الترليون الميلارديكرون | حامض النترايتاليك | مقاوم للحرارة، ألياف قوية ورقائق مقاومة للماء | رقائق قوية ، أنسجة حبال |
| 16 | النايلون | الهكساثيلين داي | قليل الامتصاص للماء راتنجات قوية | أنسجة،حبال،شعر خشن قولبة |
| 17 | السليكون | السيلانديول | مقاوم للحرارة ومقاوم للماء مادة غير لاصقة | زيوت تزييت خاصة هياكل مقاومة للحرارة مطاط السيلاستيك |
| 18 | الكلبتال | البروبانول | راتنجات مرتبة عرضياً | الورنيش و الطلاء |
| 19 | راتنجات السليكون | الداي مثيل سيلانول | مقاومة للحرارة | أغطية مقاومة للحرارة ومواد عازلة |
| 20 | فينول فورمالديهايد | الفينول و الفورمالديهايد | يتصلب بالحرارة | مواد لدائنية لاصقة ورنيش ، طلاء ، مواد عازلة ، قوالب |
| 21 | يوريا فورمالديهايد | اليوريا و الفورمالديهايد | راتنجات شبه شفافة | مواد لاصقة مواد رابطة |
| 22 | الميلامين فورمالديهايد | الميلامين و الفورمالديهايد | راتنجات مقاومة للحرارة | الأواني، غطاء المصباح راتنجات التغليف |

## 12.6 إخفـــاق البوليمرات وفشلهـــا

لا تتعرض المواد البوليمرية أو السيراميكية لفشل التآكل الكيميائي, ولكنها معرضة للفشل عند استعمالها نتيجة العوامل التالية : درجات الحرارة المرتفعة والمواد الكيميائية المختلفة والإجهادات المتكررة أو الثابتة والإشعاعات وفيمـــا يلي نستعرض تأثير كل عامل باختصار .

### 1.12.6 تأثير درجات الحرارة المرتفعة

إن الخاصية التي تحد من استعمال البوليمرات هي قابليتها للاشتعال عنـــد درجة حرارة مرتفعة أي حـــوالي: 248F° (120C°) . واحتـــراق المـــواد العضوية يحمل في طياته الكثير من المخاطر المحدقة بالإنسان والمتمثلة فـــي اللهب المتصاعد والحرارة المتولدة من الحريق والغـــازات (معظمهـــا ســـام) والدخان إضافة إلى فإن بقية المادة غير المحترقة تفقد خاصيتها الأســـاســـــية والتي يمكن أن تؤدي إلى انهيار المنشأ بأكمله ويظهر تـــأثير الحـــرارة علـــى البوليمر تبعا للخطوات التالية :

a) تحلل البوليمر إلى وحداته البنائية الأولية نتيجة الحرارة المتولدة .

b) الحرق يعتمد على نوع الوحدة البنائية المكونة للبوليمر وقابليتها للاحتراق في وجود عوامل مساعدة .

c) إن الحرارة المتولدة من الاحتراق سوف تساعد على تحلل البوليمر وتكون غازات جديدة .

ويمكن تقديم بعض المقترحات التي تخفف من مشاكل البـــوليمر وبالشـــكل التالي :

1- خفض درجة البلمرة وذلك بإضافة مواد مـــالئة غير عضوية وغير قـــابلة للاشتعال .

2- دمج بعض المواد مع البوليمر بشرط أن تتحلل هذه المواد بالحرارة وتنتج غازات غير قابلة للاشتعال مثل غاز ثاني أكسيد الكربون .

3- إضافة مواد معطلة للهب وتساعد على التفحم أكثر من تكوين المركبات القابلة للاشتعال أو حتى تأخيره لإتاحة الفرصة لإطفاء الحريق .

4- تصميم البنية الداخلية للبوليمر ويراعى تكون الفحم عند الاحتراق مما يحد منه .

5- إضافة بعض المواد الكيميائية لتمنع تحلل البوليمر إلى الوحدات الأولية عند تسخينه.

6- تطوير بوليمرات جديدة تكون ماصة للحرارة عند درجات عالية مما يساعد في إيقاف عمليات التحلل والاحتراق معا .

### 2.12.6 تأثير المواد الكيميائية المختلفة

لا تعتمد مقاومة البوليمر للمواد الكيميائية على نوع المادة الكيميائية المؤثرة أو على نوع البوليمر ولكنها تختلف من نقطة لأخرى في البوليمر نفسه وهناك أنواع من البوليمرات لا تتأثر بأي نوع من المواد الكيميائية مثل التفلون وهناك أنواع تذوب في المذيبات الضعيفة وقي الماء ويمكن تقسيم تدهور البوليمرات إلى ثلاثة أنواع وهي :

a) كسر الرابطة بين الوحدات البنائية المتجاورة من خلال التداخل مع المذيب.

b) إذابة البوليمر بالسوائل المذيبة من خلال الاندماج مع الغاز أو السائل .

c) الانتفاخ حيث يتغلغل المذيب أو يتحلل داخل البوليمر حيث يمتص ومن ثم تنتفخ المادة مصحوبة بتغير في الأبعاد والخواص .

### 3.12.6 تأثير الأوكسجين

يؤثر الأوكسجين على جميع أنواع البوليمر حتى عند درجات حرارة معتدلة من أمثلة ذلك تفاعل المطاط مع العوامل المؤكسدة عند درجات الحرارة العادية ينتج عن تفاعل الأوكسجين مع البوليمر مجاميع مثل : الكربونيل أو

البوركسي أو الهيدروكسيل أو الكربوكسي وتكون أما منفصلة عن أو متحـدة مع البوليمر ويصاحب هذه التفاعلات إحدى الظاهرتين التاليتين :

1- نقص في الوزن الجزيئي مع ليونة في البوليمر وزيادة ذوبانه في المذيبات.

2- زيادة في الوزن الجزيئي مصحوبا بتقصف المادة ومقاومتها للذوبان .

### 4.12.6 تأثيـر الإشعاعـات

تعد البوليمرات الأكثر تأثرا بالإشعاعات عن المواد الفلزيـة أو الخزفيـة ويمكن أن يؤدي تعرض البوليمرات للإشعاعات (النيوترونات أو أشعة جامـا) إلى تحسن خواص البوليمر من خلال تكوين الروابط المستعرضة أو التفرعات أو زيادة عملية البلمرة نفسها لتكوين سـلاسل أكثـر طـولا أو قـد تـؤدي الإشـعاعات إلى تدني البوليمر من خلال تكسر سلاسله ويعتمد التأثير النـاتج على :

1- نوع وطبيعة البوليمر المعرض للإشعاع.

2- كمية الأشعة المعرضة لها المادة.

3- درجة الحرارة.

4 - وجود أو عدم وجود المواد الكيميائية حول البوليمر.

ويمكن التغلب على مشكلة إضعاف البوليمر بالإشعاعات وذلك بإضافة المواد المثبتة Stabilizers التي تمتص طاقة الإشعاع .

## 13.6 إخفـاق المـواد الخزفيـة وفشلهـا

تمتاز المواد الخزفية بأن معظمها ثابت كيميائيا في الأجواء العادية ومقارنة مع الفلزات فهي أكثر مقاومة للتدني حيث أن المواد الخزفيـة تقـاوم التآكـل الكيميائي والكهروكيميائي ولا تتأثر ولا تتآكل في الأوسـاط المائية وفيما يلي بعض تلك المواد الخزفية وظروف مقاومتها للأحماض والأملاح وغيرها :

1- البورسلين مقاوم جيد للتآكل ويستخدم بكثرة في الأغراض المنزلية وكـذلك الأعمال الصحية.

2- الكربون والجرافيت مقاومان جيدان للقـلويات وكثير من الأحماض ماعدا قسم منها مثل حمض النتريك والكبريتيك المركزين.

3- الزجاج من المواد ممتازة المقاومة للتآكل الكيميائي.

4 - تتأثر الخرسـانة بعوامل التعرية الجوية كما إنها تتآكل داخليـا إذا لم تكن مصنوعة بطريقة تمنع نفاذ المحاليل الفعالة إلى داخلها

وعموما تمتاز المواد الخزفية باحتفاظها بخواصها عند درجـات الحـرارة العالية وتتفوق في ذلك على كثير من الفلزات ولكن المشكلة الرئيسية فيها هي ضعف مقاومتها للصدمات الحرارية التي تتناسب طرديا مع معامل التوصـيل الحراري والمقاومة للشد وعكسيا مع معامل المرونة ومعامل التمدد الحـراري للمادة .

## 14.6 تمارين

س1- ما هي المواد الطبيعية التي من الممكن تحويلها إلى لدائن .

س2- أذكر الخواص المهمة لكل من نترات السليلوز,خلات السليلوز وأثيل السليلوز .

س3- ما هو الفرق بين عمليات البلمرة التي تنتج راتنجات تتلدن أو تتصلب بالحرارة .

س4- أذكر المادة اللدائنية التي تتميز بدرجة عزل عالية مقاومة للحرارة ، شفافية ، الأشعة فوق البنفسجية وقلة امتصاص الماء .

س5- أكتب الصيغة الكيميائية للوحدة البنائية وخواص كل من راتنجات خلات كلوريد الفينيل ، كلوريد الفينيليدين والمثيل ميتا أكريلات .

س6- أذكر ثلاثة أنواع من المطاط الصناعي .

س7- أذكر المطاط الملائم للاستعمالات التالية :

a) أنبوب توصيل مرن إلى مصدر بخار الماء .

b) حشوة إلى أنبوب يحتوي على مذيب متعرض للكلور .

c) مع أحد المذيبات لتكوين مادة لاصقة .

س8- أذكر أسماء وأحد الاستعمالات المهمة لكل من المواد التالية :

$CH_2 = CH - CH = CH_2$ , - CFel - , $(CH_3)C = CH_3$

**س9-** أعط مثـــال لنسيج متعدد الأســـتر ، عصـــير الأصبـــــاغ المائيـــــة ، راتنجات الورنيش من غير البكالايت ، مواد لاصقة للمعـــادن ومـــواد غيـــر لاصقة .

**س10-** لماذا تضاف مادة أسود الكربون إلى المطاط .

**س11-** ماذا يحدث خلال إجراء عملية الفلكنة للمطاط .

**س12-** أختر اسم المطاط الرغوي من بين الأسماء الثلاثـــة المدرجـــة الـــذي يحوي على أكبر قوة لنفس معدل الكثافة: البولي ستايرين ، البكالايت ، البولي يورثان .

**س13-** أشرح تراكيب جدار خزان النفط والجازولين القابل للطلاء .

**س14-** يعطي الأورثو كريزول راتنج معين بعد تفاعله مـــع الفورمالديهايـــد . أذكر بعض مواصفات واستعمالات هذا الراتنج .

# المراجع


1 . الكيمياء الهندسية . د. محمود عمر ، د. سهام المدفعي - الطبعة الأولى - وزارة التعليم العالي - جمهورية العراق - 1983 .

2 . المواد الهندسية . مدخـــل لخواصـــها وتطبيقـــاتها ، م.أف.آشـــبي و د.هـــ. دوفر ، ترجمة د. جعفر طاهر الحيدري - الجامعة التكنولوجية - قســم هندسة الإنتاج والمعادن - بغداد - العراق – 1990 .

3 . مقاومة واختبار المواد . الجزء الأول - د.عبد الوهاب محمـــد عـــوض و د. إبراهيم علي الدرويش - دار الراتب الجامعية - بيروت - لبنان – 1986 .

4 . مقاومة واختبار المواد . الجزء الثاني - د. عبد الوهاب محمد عـــوض و د. إبراهيم علي الدرويش - دار الراتب الجامعية - بيروت - لبنان - 1986.

5 . ميكانيك المواد . أيان دون هيوان ، ترجمة صلاح محمد جميل - الطبعـــة الثانية - جامعة الموصل - العراق - 1987 .

6 . علم وتقنيات الأخشاب . سلسلة الكتاب التقني - الطبعة الأولى - منشورات الثانوية التقنية - طرابلس - الجماهيرية العظمى - 1993.

7 . الكيمياء العامة – المبادئ والبنية . جيمس برادي و جيرارد هيومستون ، ترجمة د. سليمان عيسى سعسع ، د. مأمون عيســـى حلبـــي ، الجـــزء الأول الطبعة الثالثة - مركز الكتب الأردني - عمان - الأردن - 1992.

8 . الصناعات الكيميائية . د.أحمد مدحت إسلام ، الجـــزء الثـــاني - الطبعـــة 232 - 1974 .

9 . الميتالورجيا الهندسية . أ.هينيكس ، ترجمة جورج يعقوب أبيض - الطبعة الثالثة - دار التقني للكتب العلمية - بغداد - 1976 .

10 . كيميـــاء اللانثـــانيدات والاكتينيدات . د.معتصـــم إبـــراهيم خليـــــل - الطبعة الثانية - جامعة الملك سعود - الرياض - 1998 .

11 . موسوعة خامات البلاستك . محمد إسماعيل عمر - الطبعة الأولى - دار الكتب العلمية للنشر والتوزيع - القاهرة – 2002 .

12 . الكيمياء للسنة الجامعية الأولى . فولفغانغ بك وكارل هويسر ، ترجمـــة د.جمـــال نصـــر ، د.علـــي الأزرق ، د.صـــالح خليـــل - معهـــد الإنمـــاء العربي - بيروت .

13- " Corrosion Engineering " Fontana M.G and Greene N.D 3rd – McGraw – Hill Co. – New York ,1967 .

14- " General Chemistry Principles & Structure " Brady E.J & Humiston G.E -2nd ed – John Wiley & Sons In – Londan - 1990 .

15- " Shreve's , Chemical Process Industries " Austin G.T. - 5th ed McGraw – Hill Co. – New York , 1984 .

16- " Encyclopedia of Chemical Technology " Othmer K.- vol.4, 2nd ed , Wiley & Sons In – London – 1990 .

17- " Plastics , polymers Science and Technology " Driver W.E. , 4th ed . Wiley & Sons - New York – 1981 .

18. Pascoe K.J., An Intraoduction to " The Properties of Engineering Materials " .