

الفصل الثاني

خواص اللدائن وتفسيرها العامي

١ - خواص اللدائن

سبق القول أن المادة البلاستيك هي التي لها القدرة على الانسياب بتأثير الضغط والحرارة في طور أو آخر من أطوارها ، هذا ويمكنها أيضا أن تنساب إذا عرضت للشد أو المط . هذه المؤثرات من حرارة و ضغط و شد هي التي تستعمل في تحويل المادة البلاستيك Plastic material إلى منتجات بلاستيك Plastic product ولكي يتضح هذا الكلام نضرب المثل التالي :

إذا أخذنا شريطا من السليوايد ، وشدناه من أطرافه في درجة الحرارة العادية فإنه يستطيل وتكون استطالته في أول الأمر متناسبة مع قوة الشد ، كما أنه بإزالة هذه القوة يرجع الشريط إلى طوله الأصلي ، أي أن الشريط في أول الأمر يكون مشابها في سلوكه للجسم المرن فإذا زدنا الشد زيادة كبيرة أخذ الشريط في الاستطالة مع فقدان قدرته على الرجوع إلى الحالة الأولى وتستمر

هذه الاستطالة بانتظام ثم بغير انتظام — أى بنسبة لا تتفق مع قوة الشد — حتى ينقطع الشريط .

وإذا قمنا بهذه التجربة نفسها في درجة حرارة أعلى فإننا نحتاج إلى قوة شد أقل من السابقة لكي نصل إلى نفس النتيجة ، كما يلاحظ كقاعدة عامة أن الاستطالة تكون أكثر منها في الحالة الأولى قبل أن ينقطع الشريط فإذا بردنا الشريط وهو في حالة الاستطالة — قبل أن ترفع قوة الشد — إذا بردناه إلى الدرجة العادية فإنه يظل متخذاً لشكله الجديد . ويلاحظ هنا أن القوة التي تكفي لتغيير شكله وهو ساخن لا تكفي للتأثير عليه وهو بارد .

هذه العملية هي مثال لما يحدث في صناعة اللدائن السكباتية حيث يتم تحويل مواد اللدائن Plastic Materials إلى الشكل المطلوب بواسطة التمدد أو الاستطالة تحت تأثير الأدوات المعدنية الساخنة والهواء المضغوط مما ميسر في تفصيله فيما بعد فإذا استعضنا عن التمدد بالضغط فإن تغير شكل المادة يسير في اتجاه مضاد ، فإذا رفعت درجة الحرارة بمقدار كافٍ أمكن للمادة أن تنساب إلى الحد الذي يسمح به القالب الذي تصب فيه تحت تأثير الضغط فتتخذ شكلها النهائي المطلوب .

ويلاحظ أن كثيراً من المعادن لها نفس الخاصية ، وإن كانت تختلف عنها في أن تحويلها إلى الشكل الجديد يستلزم حرارة أعلى من تلك التي تتطلبها مواد اللدائن كما أنها تختلف عنها في تركيبها .

والآن لا بد لنا من معرفة التركيب الأساسي لمواد اللدائن والكيفية التي أتحدت بها الذرات المكونة لها لتعطي تلك التركيبات المستولة عن ذلك السلوك المميز لللدائن الكيميائية .

٢ - التركيب الذري لمركبات السكرينون

ليس من الممكن فحص هذه المركبات تحت الميكروسكوب فإن الأجزاء التي تتكون منها متناهية في الصغر بدرجة لا تستطیع معها أن تمكس أشعة الضوء المرئية ومن ثم فإننا لا نستطيع أن نرى مثل هذه الأجزاء ، فلا بد إذن من الالتجاء إلى وسائل غير مباشرة لكي نكتشف طبيعتها .

وأول من فكر في أن المادة تتكون من أجزاء متناهية في الصغر هم الإغريق وأول من وضع نظرية منظمة هو دالتون في أوائل القرن التاسع عشر . وتعرف نظريته بالنظرية الذرية ، وتتلخص في أن المواد تتألف من أجزاء صغيرة هي الذرات ، وأن الذرة - في اعتقاده - لا تقبل التجزئة ، وقد أمكن بواسطة هذه النظرية وضع تفسير للتفاعلات الكيميائية وإيجاد الأوزان النسبية للذرات المواد المختلفة باعتبار ذرة الإيدروجين وحدة .

والذرة لا توجد منفردة بل متحدة بغيرها من نوعها أو نوع آخر وقد تتحد ذرتان أو أكثر ، وينتج من اتحادهما ما يسمى بالجزيء ، والمواد تتألف من هذه الجزيئات ، أما ما يربط الذرات

ببعضها لتكوين الجزيئات ، فقوى تختلف في طبيعتها ونوعها باختلاف المواد . والكلام عن هذه الروابط أو القوى ليس هنا مجاله وإن كان يمكن أن يقال بصفة عامة إن الذرة عبارة عن مجموعة كهربية معقدة Complicated electronic system تتألف من وحدات موجبة التكهرب وأخرى سالبة التكهرب وإلى هذه الوحدات تعزى خصائص الذرة ، وعلى أساسها يمكن تفسير طبيعة الروابط بين الذرات وبعضها .

وقد اكتشف منذ زمن بعيد أن الكائنات الحية جميعها يدخل في تركيبها أساسيا عنصر الكربون ، وهناك فرع أساسي في الكيمياء يبحث في مركبات هذا العنصر ويعرف بالكيمياء العضوية وهي تشمل آلاف من المركبات الطبيعية والمركبات التي أمكن للإنسان أن يستحدثها أو يولفها في العمل . ويعزى وجود مثل هذا العدد من المركبات إلى قابلية ذرات الكربون الفائقة للاتحاد مع بعضها ومع غيرها من ذرات العناصر الأخرى لتكوين مركبات معقدة . وإلى هذا القسم من المواد الكيميائية تنتمي اللدائن الكيميائية .

ووجود عدد من الذرات متحدة ببعضها لتكوين جزيء يوحي بأن هناك قوى تمسك هذه الذرات ببعضها ، وسوف نطلق على هذه القوى كلمة روابط Bonds . وكافة المواد الكيميائية يمكن تمثيلها بنوع من الاختزال ، وذلك باستعمال

ما يسمى الرموز الكيميائية للدلالة على أنواع الذرات المختلفة ،
فمثلا الكربون يرمز له بالرمز « ك » والكالور « كل »
والايدروجين « يد » والاكسجين « ا » والنروجين « ن »
وهكذا . أما الروابط التي تربط الذرات ببعضها فتستعمل للدلالة
عليها خطوط مستقيمة قصيرة أو نقط ، فمثلا حامض الكالوردريك
الذي يتركب من ذرة ايدروجين وذرة كالور يرمز إليه كما يأتي :

المادة Structural formula

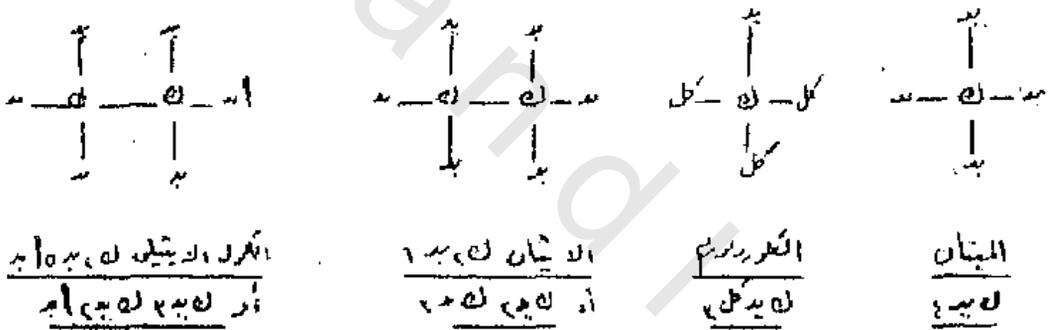
وذرة الكالور أو الايدروجين مثلا لا تتحد بأكثر من ذرة
واحدة بخلاف بعض الذرات الأخرى كالأكسجين والكربون
مثلا فإن باستطاعتها الاتحاد بعدد أكبر من الذرات ، فكأنما
لها قابلية أكبر للاتحاد أو نقط أكثر للاتصال بينها وبين
غيرها من الذرات فمثلا يتحد الاكسجين بذرتين من الايدروجين
لتكوين الماء ويرمز له بالقانون الجزيئي يد_٢ أو القانون التركيبي

يد - ا - يد

والكربون له قابلية أكبر للاتحاد فهو يتحد بأربع ذرات
من الايدروجين لتكوين غاز الميثان Methane كيد_٤ ، وفي مثل
هذا المركب يمكن إحلال ذرة لها نقطة واحدة للاتصال كذرة
الكالور مثلا - محل أى ذرة ايدروجين فى المركب ويمكن أيضا
إحلال ذرة ايدروجين بمجموعة من الذرات لها نقطة اتصال

أو رابطة لم تشبع ، كما يمكن لذرتين من الكربون لكل منهما رابطة لم تشبع أن يتحدا مما فيتم إشباع رابطة كل منهما .

ووجود أربع روابط في ذرة الكربون لكل منها القابلية للاتحاد بذرة كربون أخرى لها رابطة غير مشبعة - هو السبب في وجود ذلك العدد الهائل من مركبات الكربون . والأمثلة التالية توضح القانون التركيبي لغاز الميثان كيد ، مع أمثلة لمركبات نتجت من أحلال ذرة أو أكثر من ذرات الأيدروجين في الميثان بذرات أو مجاميع لها نفس تجاذب أو روابط ذرات الأيدروجين التي حلت محلها :



من الأمثلة السابقة يتضح لنا أن الإيثان ك هـ ب هـ أ هو ميثان حلت فيه المجموعة ك هـ ب هـ أ محل إحدى ذرات الأيدروجين والكحول الإيثيلي ك هـ ب هـ أ هو إيثان حلت فيه المجموعة أ ب ك هـ ب هـ أ محل إحدى ذرات الأيدروجين .

ومثل هذه المجاميع (ك هـ ب هـ أ ، أ ب) ، تدخل في المركب أو تخرج منه كما هي ، وهي تكسب المركب الذي تدخل في تركيبه صفات

معينة ، وهي تسمى بالشقوق أو المجاميع ويعطى كل منها اسم خاص
فهناك شق الميثيل ك يد_٣ ، والايثيل ك يد_٢ ومجموعة
الهيدروكسيل ايد ومجموعة الكربوكسيل ك ا ا يد - ووجود
المجموعة الأخيرة في مركب عضوى معناه أن هذا المركب حامض
ومن خصائصه إمكان استبدال ذرة الايدروجين التى فى آخر
المجموعة ك ا ا يد بفلز أو مجموعة (كمجموعة الميثيل ك يد_٣ مثلاً)
ومن أبسط أمثلة الأحماض العضوية حامض الخليك ك يد_٣ ك ا ا
يد وفيه حلت مجموعة ك ا ا يد محل ذرة ايدروجين فى غاز الميثان .
فاذا استبدلنا ذرة الايدروجين التى فى المجموعة ك ا ا يد بمجموعة
ك يد_٣ نحصل على مركب هو خلات الميثيل methyl acetate
ك يد_٣ ك ا ا ك يد_٣ .

٣ - الرابطة المزدوجة The double bond

سبق أن تكلمنا عن الروابط التى تصل الذرات ببعضها البعض
وكان كلامنا عن اتصال العناصر بواسطة الروابط المفردة Single
bonds ولكن ليس هذا هو الحال دائماً فإن فى إمكان ذرات
الكربون أن تتحد ببعضها خلال روابط مزدوجة Double
bonds أو روابط ثلاثية Triple Bonds ، وهذه الروابط
تمثل بالرسم بواسطة خطين للرابطة المزدوجة ، وثلاثة خطوط
للرابطة الثلاثية ويتضح ذلك من المثليين التاليين

ك يد = ك يد
ك يد = ك يد
الاثيلين
الاستيلين

وللروابط المزدوجة أهمية قصوى في بناء اللدائن .

ولا يدل وجود ارابطة المزدوجة على أن التجاذب بين الذرتين أقوى منه في الرابطة المفردة ، ولكي نفهم الخواص الحقيقية للروابط المزدوجة يجب أن نبحث عن اتجاهات قوى التجاذب في الذرات . فإذا فرضنا أن ذرة الكربون كروية الشكل فإن قوى التجاذب تنبعث من مركزها في اتجاهات تبعد عن بعضها بزوايا متساوية وهكذا فإن قوى التجاذب الأربعة لذرة الكربون لا تقع في مستوى واحد ، وإنما تبعد كل منها عن الأخرى بزوايا قدرها حوالي ١٠٩ درجة . فإذا كانت اثنان من هذه القوى تشبع إحداها الأخرى كما في الرابطة المزدوجة فإن خطوط التجاذب لا بد أن تنحني إحداها نحو الأخرى انحناء كبيرا وهذا يجعل الجزيء الناتج في حالة عدم استقرار ويميل إلى الانتقال إلى حالة يكون فيها اتصال ذرات الكربون ببعضها البعض بروابط مفردة ، وهو ما يمكن الوصول إليه بإضافة ذرات أخرى إلى جزيء المركب أو باتحاد هذا الجزيء بجزيء آخر وينتج عن هذا أن يصبح الاتصال بين كل ذرتين بواسطة رابطة مفردة أما الأخرى فإنها تتصل بالذرة أو الجزيء المضاف .

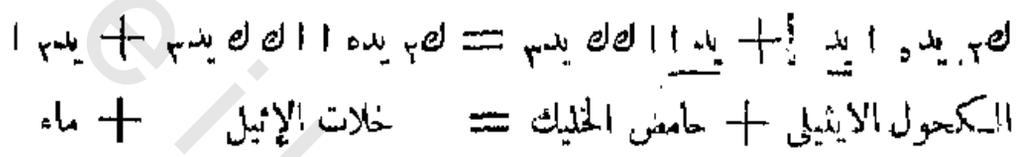
٤ — الطرق الكيمائية التي تستعمل في بناء اللدائن

(١) التجمع Polymerisation

سبق أن أشرنا إلى قابلية ذرات الكربون للاتحاد ببعضها البعض وهناك أمثلة بسيطة يمكن أن توضح تلك الخاصية ، فركب بسيط مثل الايثان C_2H_6 يمكن إطالته إلى حد غير معين ليعطى C_3H_8 ، C_4H_{10} ، C_5H_{12} ، هذه القابلية (وهي تمثل بوجه عام تركيب زيوت البارافين) . هذه القابلية لتكوين سلاسل طويلة من ذرات الكربون ، ذات أهمية أساسية في تركيب اللدائن . فإذا تم تكوين مثل هذه المركبات باتصال عدد كبير من جزيئات تحتوي على روابط مزدوجة فإن العملية تسمى Polymerisation . وأبسط مثل لذلك هو سلوك الأثيلين $\text{C}_2\text{H}_4 = \text{C}_2\text{H}_2$ ، فعند إسالته وتسخينه في ظروف معينة يتصل عدد كبير من هذه الجزيئات ليعطى البوليميثيلين Polymethylene ($\text{C}_2\text{H}_4 = \text{C}_2\text{H}_2$)_n (C_2H_4)_n ، وفي هذه المركبات نجد أن إحدى الرابطين اللتين تتكون منهما الرابطة المزدوجة تنفلت من مكانها لتشبع رابطة أخرى مماثلة في ذرة الكربون الموجودة في جزيء مجاور من الاثيلين ، وهي عملية تتم تحت تأثير الحرارة أو الأشعة فوق بنفسجية في بعض الأحيان .

(ب) التنايف Condensation

وهي عملية تتلخص في انتزاع عنصرى الماء (الأكسجين والايروجين) من جزئى مادتين ، مما ينتج عنه اتحاد هذين الجزئيين لتكوين جزيء من مادة جديدة ويمكن توضيح ذلك بالمثل اليسيط الآتى :



ف نجد أن مجموعة أيد من الحامض اتحدت بذرة أيدروجين من الكحول لتكوين جزيء ماء . وقد يحدث في بعض المركبات أن تتحد ذرة أكسجين من جزيء مركب بذرتى أيدروجين من جزيء مركب آخر .

٥ - التركيب السكيميائى للدهم اللدائن المصنعة Synthetic

Plastics

والآن يمكننا أن نشرح الطرق السكيميائية الأساسية التى تستخدم فى صنع قسمين من الأقسام الثلاثة الرئيسية لللدائن ، أما القسم الثالث وهو لللدائن السليولوز فيختلف عن الآخرين فى أن التركيب الأساسى فيه قد زودتنا به الطبيعة ولا فضل للإنسان فى بنائه . وعملية التجمع Polymerisation تؤدى إلى إنتاج

اللدائن الحرارية أما عملية التكاثف فتؤدي إلى إنتاج اللدائن
اللاحرارية .

ويمكن فهم العملية الأولى بالرجوع إلى حالة الأثيلين التي سبق
شرحها فهذا الغاز بماملته معاملة خاصة تتصل جزيئاته في سلسلة
طويلة تمثل تركيب أحد أنواع اللدائن المسماة الكاثين Alkathene
ويبلغ عدد جزيئات الأثيلين التي تتصل من الكثرة حداً كبيراً
حتى أن السلسلة الجزيئية التي تتكون يبلغ وزنها ٣٠٠٠٠ مرة
قدر وزن ذرة الأيدروجين (أي أن الوزن الجزيئي = ٣٠٠٠٠
إذ أن ذرة الأيدروجين تعتبر وحده) هذا ويمكن استبدال ذرات
الأيدروجين في الأثيلين بالطريقة المعتادة فتنتج مواد لها القانون
العام الآتي $S = K_1 Y = K_2 Z$ حيث S هي ذرة أخرى أو
مجموعة لها نفس تكافؤ الأيدروجين . والجزء الأيثيليني Ethylenic
Part من الجزء $Y = K_1 Z = K_2 Y$ يمكن اعتباره شقا وهو
يعرف بشق الفينيل Vinyl وله أهمية كبرى في تكوين نوع من
الراتنجات يطلق عليها الراتنجات الفينيلية Vinyl Resins فإذا
كانت S في القانون السابق يمثلها شق الفينيل Phenyl
— $K_1 Y = K_2 Z$ (وهو مشتق من البنزين $K_1 Y = K_2 Z$) فإن
المادة الناتجة تكون سائلا يسمى الستيرين Styrene $K_1 Y = K_2 Z$
 $K_1 Y = K_2 Z$ وهذه المادة تتصل بنفسها بالتسخين مع مواد
معينة وتتجمع Polymerises لتكوين مادة راتنجية شفافة

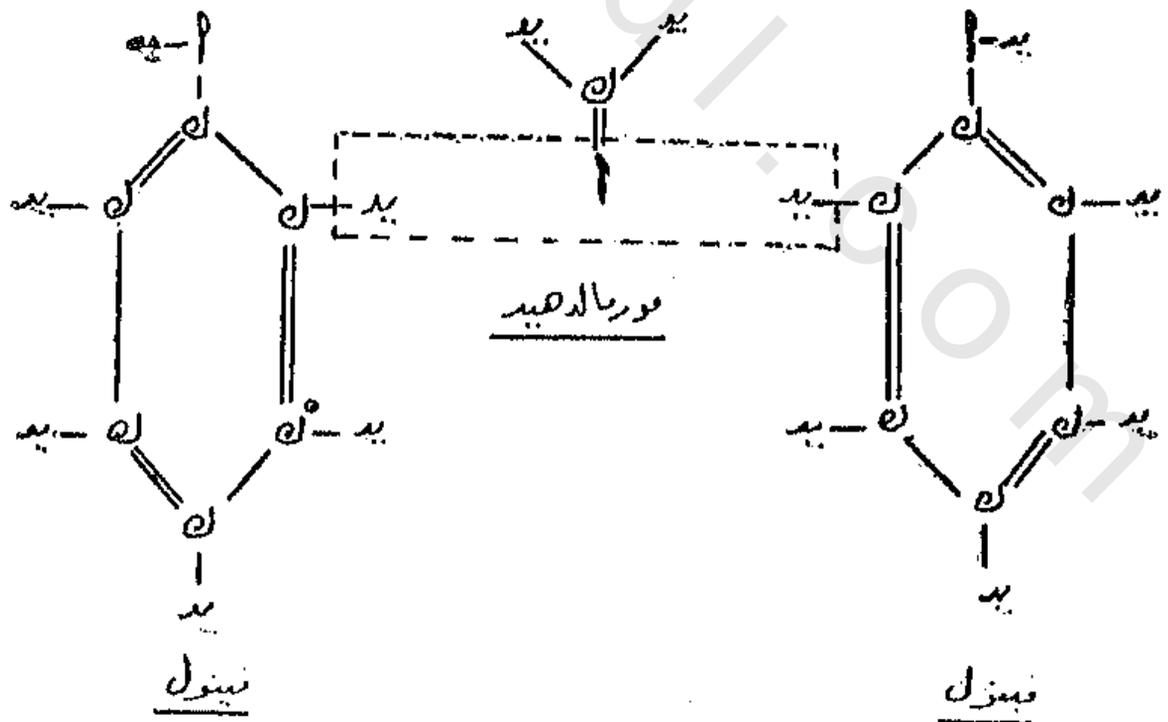
كالحاج تدعى بوليستيرين Polystyrene أودبستيرين Distrene ويحتوى البوليسستيرين عادة على سلاسل تتكون من أكثر من ألف جزىء ستيرين وفي أحيان أخرى أضغاف ذلك وقد يصل الوزن الجزىء إلى حوالى المليون .

والتحاد شق الثينيل Vinyl غاز الكاور يعطى كلوريد الثينيل Vinyl Chloride له يد = له بد كل . وهذا أيضا بالتحادة بجزئيات من نفس نوعه يعطى كلوريد البوليثينيل Polyvinyl Chloride فإذا استعضنا عن الكاور بشق الحلات (له يد = له ١١ -) فإن المادة الناتجة تكون حلات البوليثينيل أو الحلقا Polyvinyl acetate or Gev . فإذا تجمع كلوريد البوليثينيل وحلات البوليثينيل سويا نتج عن تجمعها سلسلة طويلة تتكون من ذرات كربون متصلة ببعضها ، بعضها يحمل ذرات ايدروجين وذرات كلور والبعض الآخر يحمل ذرات ايدروجين وشق حامض الخليك وهذا الركب المختلط ينتمى إلى نوع يسمى فينيليت Vinylite وهناك مثل آخر مهم له أهمية صناعية كبرى وهو

ميثيل الميثا كربلات Methyl methacrylate

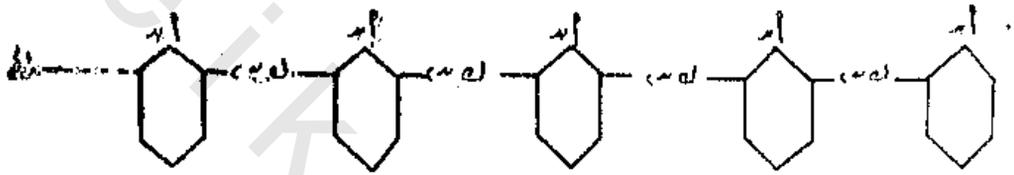
وهنا قد استبدلت ذرة الايدروجين التى فى نهاية شق الثينيل له يد = له يد - ، قد استبدلت بمجموعة الميثيل - له يد = له يد وارتصل شق الثينيل بمجموعة حامض Carboxylic group

عبارة عن حلقة من ٦ ذرات من الكربون يتصل بكل منها ذرة إيدروجين أما الثلاث تكافؤات valencies الباقية في كل ذرة كربون فهي مشبعة داخليا بكيفية تختلف ولا بد كلية عنها في حالة الرابطة المزدوجة لأن البنزين مركب ثابت تماما أي ليست له قابلية للاتصال بذرات أخرى بالإضافة وانعدام هذه القابلية يرجع بلا شك إلى الزاوية الطبيعية للشكل السداسي Hexagon وتبلغ ١٢٠ درجة فهي قريبة من تلك التي تصنعها تكافؤات ذرة الكربون مع بعضها البعض ومن ثم فإن الجزيء في حالة استقرار . ونوع التفاعل الذي يتم في هذه الحالة هو الإحلال Substitution فيمكن استبدال ذرات الأيدروجين بذرات ذات تكافؤ مماثل وبمجاميع أو شقوق ويمكن تمثيل التكافؤ condensation بين الفينول والنورمالدهيد على الوجه الآتي: —

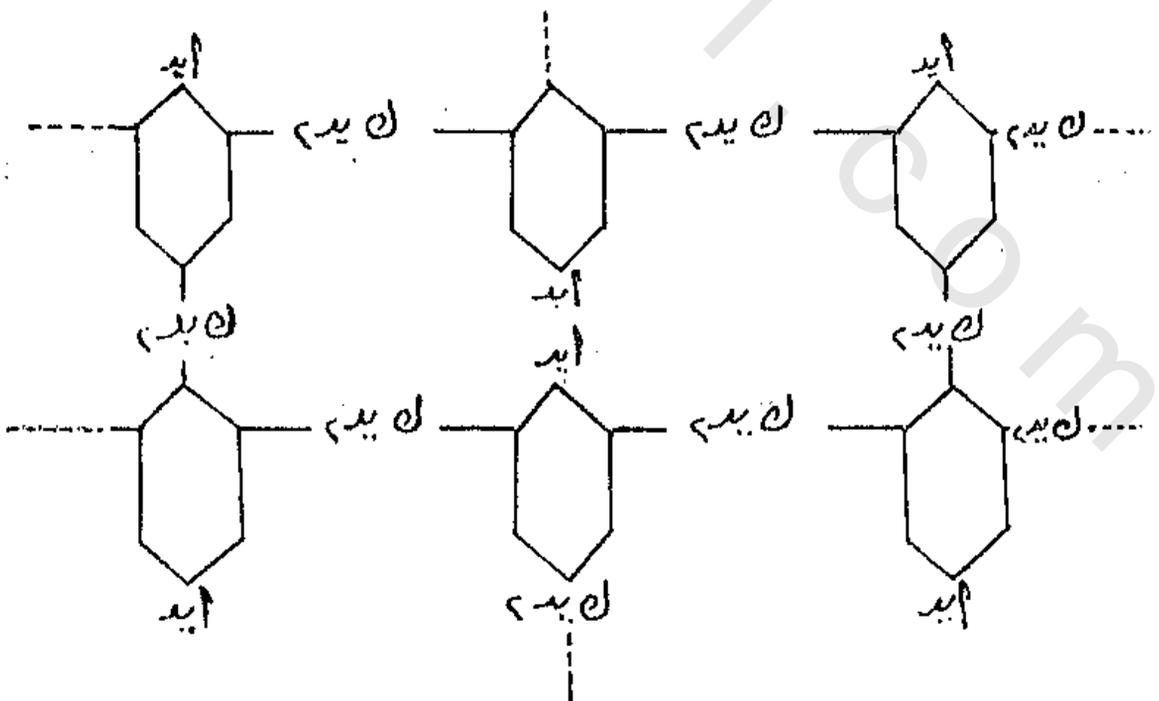


ويحدث تفاعل مماثل بين هذه الجزيئات الناتجة وبين الفورمالدهيد وينتج عن ذلك اتصالها لتكوين سلسلة طويلة .

فإذا مثلت حلقة البنزين بحلقة سداسية كما هو متبع حيث يفترض وجود ذرات الايدروجين فلا تكتب ويكتفى بإظهار الذرات والمجاميع التي حلت محلها في حالة تفاعل الفينول فورمالدهيد يمكن تمثيل المادة الناتجة كما يلي :-



وهكذا تتكون سلسلة طويلة وإذا استمر التفاعل أمكن لهذه السلاسل أن تتحد بالعرض بتفاعل مماثل فتمطى تركيبه الشبكية :-

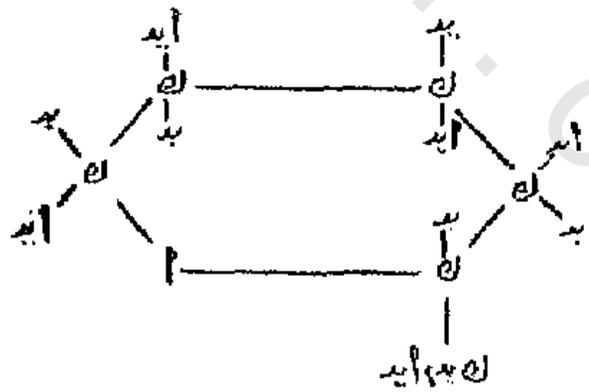


وهذه صورة مبسطة للحالة النهائية لإحدى الواجهات
الاحرارية .

وفي حالة إنتاج اليوريا فورمالدهيد Urea-formaldehyde
يتم التكاثر مع النورمالدهيد كما حدث في المرة السابقة وينتج في
الغالب مركب مماثل وإن كان أكثر تعقيداً بالنسبة لوجود عنصر
النروجين الذي يدخل في تركيب اليوريا .

٦ - تركيب السليولوز :

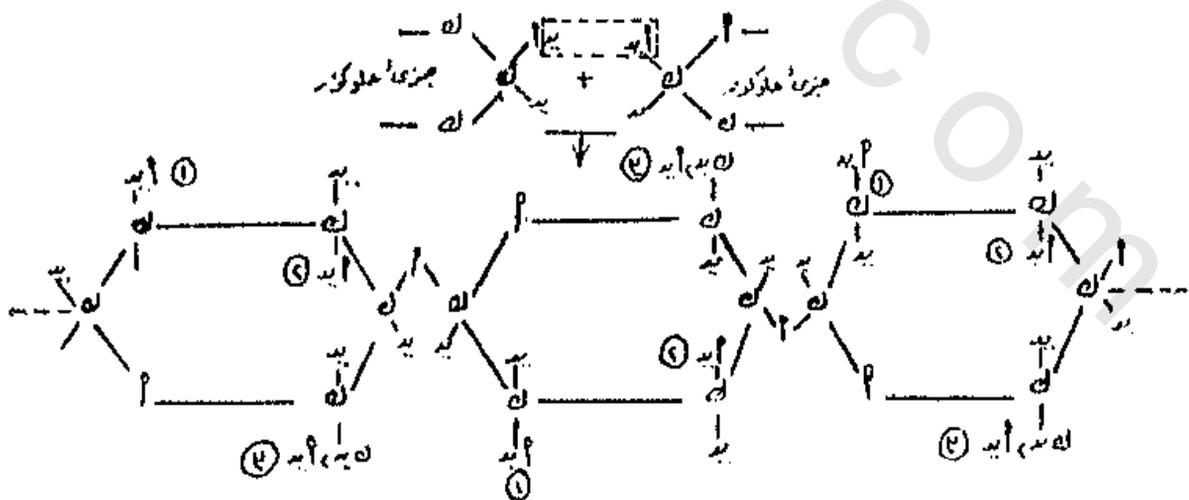
تختلف اللدائن السليولوزية عن الأقسام الأخرى كما سبق أن
اسلفنا إذ أن السليولوز الذي تمدنا به الطبيعة هو عبارة عن سلسلة
طويلة كتلك التي نبنها في المعمل من وحدات صغيرة . وسلسلة
السليولوز تتكون من وحدات صغيرة هي وحدات الجوكوز وهو
نوع من السكر يمكن تمثيله بما يأتي : -



وهنا نجد أن تركيب الجزيء، تركيب حلقى، وتتكون الحلقة من
خمس ذرات كربون وذرة أكسجين، ويلاحظ أن ذرة الأكسجين

لا يتصل بها ذرات أو مجاميع (ماعدا ذرتي كربون الحلقة) لأنها ثنائية التكافؤ أى لها رابطتان فقط أما ذرات الكربون فلكل منها ٤ روابط وفى حالة جزيء الجلوكوز تتصل كل الروابط بذرات ايدروجين أو مجاميع هيدروكسيل ايد ماعدا واحدة تتصل بذرة كربون تحمل ذرتين ايدروجين ومجموعة هيدروكسيل . هذه الوحدات من جزيء الجلوكوز يمكن أن تتصل ببعضها طرفا بطرف بواسطة انتزاع عنصرى الماء من كل جزئين يتحدان فتتكون سلسلة طويلة تمثل السليولوز .

واللدائن السليولوزية مشتقة من السليولوز باستبدال المجاميع الهيدروكسيلية رقم ١ و ٢ و ٣ بمجاميع ذرية مشتقة من الأحماض فمثلا فى حالة النيتروسليولوز بالمجموعة - NO₂ المشتقة من حمض النيتريك يد NO₂ ، وفى حالة خلاص السليولوز بمجموعة الخلات



له يد $\text{K} \text{H}$ — وهي مشتقة من حمض الخليك له يد $\text{K} \text{H}$ له يد .
ويمكن تمثيل سلسلة السليولوز بالشكل رقم ١ .

٧ — السلسل الجزئية الطويلة Long molecular chains

باستعمال أشعة أكس في الكشف عن السليولوز اتضح أنه مبنى من حزم من السلاسل الطويلة المكونة من مائة على الأقل من وحدات الجلو كوز المتصلة ببعضها طرفا بطرف وكل حزمة تحتوى على أقل من مائة سلسلة وكل وحدة بناء — مكونة من وحدتين من وحدات الجلو كوز — يبلغ طولها واحدا من المليون من المليمتر

٨ — السلسل والأشكال الشبكية تقسم سلوك المدائن

فيما سبق قد أثبتنا أن المدائن تتركب — ولو في إحدى خطوات تكوينها على الأقل — من سلاسل طويلة من ذرات الكربون أو مجاميع منها تتصل بعناصر أخرى كذرات الأكسجين والنروجين ، كما أثبت فحص للمدائن السليولوز بأشعة أكس أنها مكونة من جزيئات خيطية الشكل مرتبة في حزم طويلة ، أما في المدائن الأخرى التي لم يمكن الوصول إلى تركيبها باستخدام أشعة أكس فمن المحتمل أنها تتكون من كتل متداخلة مكونة من خيوط طويلة . وقبل أن نتكلم عن علاقة هذا التركيب

الخيطة بصفات اللدائن يجب أن نوضح تأثير الجزيئات ذات السلاسل الطويلة على بعضها البعض .

حيث أن المواد تتكون من جزيئات فلا بد أن توجد قوى تجاذب أو تماسك بين هذه الجزيئات وبعضها كتلك التي بين الذرات وبعضها داخل الجزيء ، هذه القوى كهربائية وتسمى القوى الثانوية secondary forces أو قوى فان دير فالز van der waals' forces وعندما تكون الجزيئات صغيرة ويسبب ارتفاع درجة الحرارة زيادة في تذبذبها فإنه من السهل عليها نسبيا أن تتباعد لأن القوى الثانوية هي أيضا صغيرة ، وتنصهر بسهولة إلى سائل أما إذا كانت الجزيئات طويلة — كما هو الحال في سلاسل البلاستيك فإن قوى التماسك الثانوية تكون كبيرة ، ويزداد كبرها بازدياد طول السلسلة ، وتكون النتيجة أن اللدائن لا تنصهر بالتسخين وإنما تلين كنتيجة لازدياد طاقة الحركة للجزيئات بازدياد درجة الحرارة . والقوى الثانوية تستطيع أيضا أن تجذب جزيئات أخرى فعند ما يضاف مذيب إلى بلاستيك فإن جزيئات المذيب تنجذب نحو السلاسل بهذه القوى ، وتباعد تدريجيا بينها حتى يذوب البلاستيك كلية . وإذا استعملنا كمية صغيرة من مذيب غير متطاير non-volatile يحدث ما يسمى تكوين البلاستيك Plasticization ويسمى المذيب مكون البلاستيك Plasticizer ما الذي يحدث إذن إذا مططنا شريطا من عجينة كيميائية

من النوع الحرارى thermoplastic فى أول الأمر تتحرك الحزم أو الشبكات المكونة من خيوط من الجزيئات — تتحرك قليلا من الموضع الذى اتخذته كنتيجة لتأثير القوى التى تعمل بين سلاسلها الطويلة فتسبب تماسكها — تنفصل الحزم عن بعضها البعض ضد قوى التماسك هذه ، وطالما أن الشد لا يتجاوز قوة التماسك cohesive force فإن الحزم ترجع إلى مكانها الأصيل إذا أزلنا الشد ، وهذه العملية تقابل عملية المط المرن Elastic stretching ، أما إذا تجاوز الشد قوة التماسك فإن السلاسل الطويلة تبدأ فى الانزلاق إحداها فوق الأخرى وهكذا فإن طول الشريط يزداد بازدياد الشد إلى أن يسبب الانزلاق المتواصل للسلاسل تجمع عدد من نهايات السلاسل فى خط يعرض الشريط بدرجة كافية لإيجاد منطقة ضعيفة فينقطع الشريط .

والنقطة التى يحل فيها تمدد المادة بدون انتظام محل التمدد المرن يمكن وصفها بالتقريب بنقطة الانحلال yield point ووجود مكون اللدائن plasticizer يخفض هذه النقطة ويزيد التمدد ، الأول لأن مكون اللدائن قد بدأ من قبل فى فصل السلاسل ، والثانى لأنه بالنسبة لاتصاله بجوانب الجزيئات يعمل كمشحوم lubricant فيزيد قابلية السلاسل للانزلاق . وهذه الحالة صحيحة على الأخص فى حالة لدائن السليلوز حيث تكون الجزيئات مرتبة إلى حد ما فى اتجاه واحد. نرجع إلى مثال الشد فنقول إنه

بتأثير الحرارة يبدأ انفصال السلاسل ويتسبب عن ذلك انخفاض نقطة الانحلال .

وهكذا نحتاج إلى قوة أقل لتسبب تمدد المادة فإذا بردنا المادة مع احتفاظنا بقوة الشد فإن الجزيئات تستقر في مكانها ، وتحتفظ المادة بشكلها الجديد .

هذه الصورة لسلوك اللدائن الحرارية thermoplastic تحتاج إلى بعض التكبير والتوضيح في حالة اللدائن اللاحرارية thermosetting ، ففي أثناء صنعها تمر بحالة انصهار وتشبه حينذاك اللدائن الحرارية ، ولكن التسخين المتواصل للمادة أثناء صلبها في القوالب يؤثر على تركيب المادة فتصبح الكتلة كلها جزيئاً واحداً كبيراً ليست له الحرية للانقسام إلى الأجزاء التي يتكون منها وكنتيجة لهذا فإنها لا تلين بالتسخين ، ومن ثم لا يمكن استخدامها في ذلك النوع الذي يسمى قوالب الحقن Injection moulding لأنه يحتاج لبقاء المادة في حالة لينة في القالب وتحت تأثير الحرارة لوقت طويل نسبياً .

يبقى سؤال أخير وهو — ما السبب في صلابة بعض اللدائن وتحملها للصدمات ؟ ولفهم هذا علينا أن نرجع إلى تركيب الثلاث أنواع من اللدائن التي سبق شرحها مبدئين بلدائن السليلوز ثم البوليستورين Polystyrene ، ثم الباكليت (عجائن الفينول سفورمالدهيد) .

إذا تعرضت قطعة من اللدائن لصدمة أو انحناء عنيف فإن هذا يعنى تعرضها لقوى ضغط أو شد كبيرة المقدار وفي حالة لدائن السيليلوز يحدث انزلاق الجزئيات عندما تفوق قوى الضغط القوى الثانوية خاصة إذا وجد مكون اللدائن الذى يعمل كمشحم داخلى فلا تنكسر المادة ، أما الهوليسستيرين فبالنسبة لتركيبه المتداخل ليست له الحرية الكافية للحركة ، كما أنه من المحتمل احتوائه على خيوط متفاوتة فى الطول وبعضها قصير نسبيا ، ومن ثم لا يمكن لجزئياته أن تنزلق بسهولة ، وإذا انزلقت فإن كثيراً من النقط الضعيفة سرعان ما تتكون فتتكسر المادة بسهولة وإن كانت على أى حال أكثر صلابة من الزجاج الذى يشبه الباكليت فى تركيبه فسكالاها - على الأرجح - تماسك جزئياته كلية بالروابط الابتدائية Primary bonds ومن ثم فهى هششة والباكليت فى الواقع أصاب من الزجاج ، ربما بسبب اختلاف أساسى فى الذرات المسكونة لسكل منهما .

٩ - التحكم فى جزئيات اللدائن

لمعرفة تركيب اللدائن فائدة قصوى فى معرفة خواصها والتنبؤ بها وقد تؤدي أبحاث علماء الكيمياء والطبيعة مجتمعة إلى تصميم تركيبات جديدة لللدائن فى الحدود التى تسمح بها قوانين الطبيعة وقد تمت فعلا بعض الخطوات فى هذا الاتجاه فمثلا توصل الكيميائى الألمانى ستودينجر Staudinger إلى أنه بإضافة

كميات قليلة من مادة ديفينيل بنزين divinyl benzene التي تحتوي على رابطة مزدوجة على كل جانب من جانبي حلقة البنزين، يمكن وصل سلاسل البوليميرين في اتجاه عرضي لتكوين شكل شبكي قديشبه إلى حد ما تركيب الباكليت وقد أصبحت المادة الراتنجية الناتجة من هذا الاتصال أقل قابلية للانصهار وللذوبان كما هو الحال في الباكليت . ومن الأمثلة الجديدة بالملاحظة للجزيئات المصنوعة حسب الطلب ما تم على يدي كاروزرس Carothers ومساعديه فقد أثبتوا أن هناك علاقة وثيقة بين طول سلاسل بعض المواد وبين خصائص اللدائن وقد توصلوا إلى إنتاج أنواع جديدة كلية مبنية على اتخاذ جزيء الحرير كنموذج . فباستخدام عملية تكاثف Condensation تتصل مثلا الأحماض التي توجد فيها المجموعة —OH في كل من طرفي جزيء طويل نسبيا — مع مواد تسمى أمينات Amines تحوي المجموعة —NH_2 . فبانزاع عنصري الماء من المجموعتين السابق ذكرهما يتحد جزيئا اللدائن هكذا :



وقد أدت الأبحاث في مثل هذه المواد إلى اكتشاف النيلون

Nylon

وهو بديل الحرير الجديد الذي يمتاز بصفات تفوق مثيلاتها

في الحرير الطبيعي .

وستأتي الإشارة إلى هذه المادة فيما بعد .