الفصـــل العاشـــر
اللدائـــــــن الصنـاعيـــة
Synthetic Plastics

من الملائم أن نقسم اللدائن الصناعية إلى مجموعتين رئيسيتين :

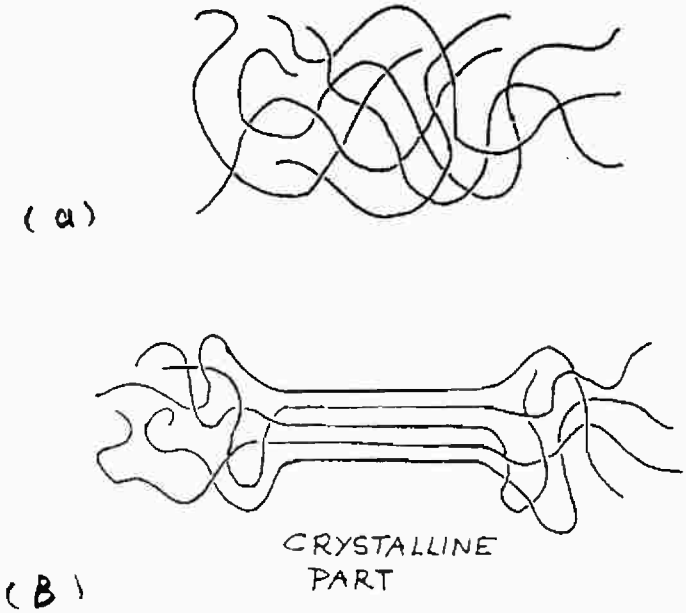
- مجموعة الراتنجات التى تلين بالحرارة Thermo plastic resins .
- مجموعة الراتنجات التى تتصلد بالحرارة Thermosetting resins

١٠-١- الراتنجات التى تلين بالحرارة (ثرمويلاستيك):

الراتنجات التى تلين بالحرارة .. عبارة عن جوامد جزيئية Molecular solids أى أنها مواد صلبة ، تتكون من : جزيئات هذه الجزيئات طويلة جدا ، ويبدأ تصنيعها من جزيىء صغير يسمى مونمر Monomer الذى يمكن أن يضاف اليه عدد كبير من الجزيئات عن طريق البلمرة Polymerization ليشكل سلسلة طويلة من الجزيئات تسمى : Polymer.

Monomer $\xrightarrow{\text{Polymerization}}$ Polymer

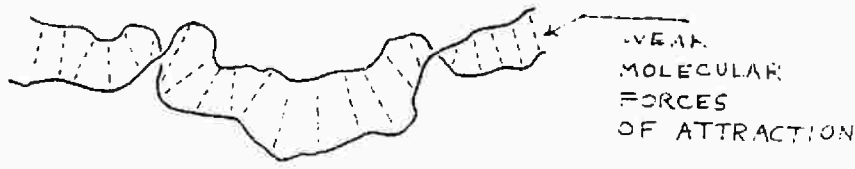
هذه السلاسل الطويلة تكون مرنة ، وربما تميل إلى الفوضى الكاملة أى تكون متشابكة وغير منتظمة فى الأجزاء غير المتبلورة . انظر الشكل رقم (٦٥) أو تترتب جزئيا فى شكل متواز In parallel fashion وذلك فى الأجزاء المتبلورة .. انظر الشكل رقم (٦٥).



شكل رقم (٦٥) يوضح
مظهر سلاسل البولمر
(a) سلاسل متشابكة .
(B) سلاسل منتظمة .

والجزء المتبلور يكون صلبا ، لكنه فى نفس الوقت يكون صلدا ، وعندما تكون السلاسل الجزيئية مرنة فإنها تسمح للأجزاء ذات البناء غير البلورى Amorphous بامتصاص الصدمات الميكانيكية Mechanical shocks.

ويلاحظ أن السلاسل الطويلة فى البوليمرات تتصل ببعضها بواسطة قوى جزيئية ضعيفة Weak molecular forces وهذه تسبب تشوهات فى المادة فى درجة الحرارة المعتدلة ، وتحت الضغط المعتدل .. شكل رقم (٦٦).



شكل رقم (٦٦) يوضح

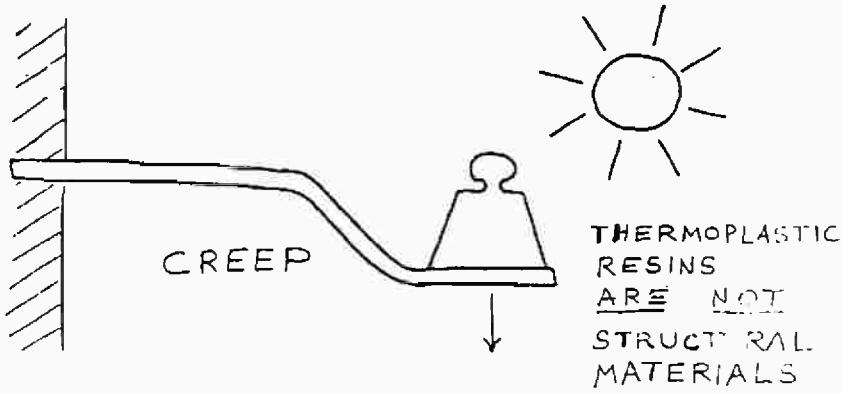
قوى اتصال الجزيئات ببعضها

والراتنجات التي تلين بالحرارة تصبح صلدة ، مثل : الزجاج تحت درجة حرارة معينة – هى درجة حرارة الزجاج Glass temperature وذلك لأن السلاسل لاتكون مرنة بدرجة كافية .. وهذه الراتنجات تصبح زجاجية او شبيهة بالزجاج فى درجة حرارة الغرفة – وتستخدم كمواد بديلة للزجاج .. مثل : Methacrylates & Perspex .

أما الراتنجات المرنة مثل Polyethlene & Nylon ذات درجات الحرارة الأقل من درجة حرارة الزجاج، فإنها تستخدم كمواد صماده جيدة أى مضادة للصدمات High Resilience وتستخدم فى الألياف Fibres والأفلام Films.

هذا وتصنع اللواصق من كلا النوعين من الراتنجات التى تلين بالحرارة ... مثل : Polyvinyl acetate & Acrylic .

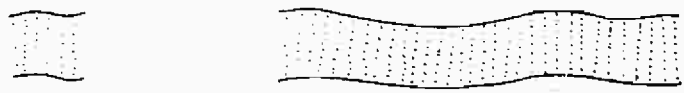
ويلاحظ أن راتنجات ثرموبلاستيك ليست مواد بناء Not Structural Materials وذلك لأنها لاتستطيع أن تتحمل أحمالا ثقيلة لفترات طويلة .. انظر الشكل رقم (٦٧).



شكل رقم (٦٧) يوضح
ضعف راتنجات ثرموبلاستيك كمادة بناء

وذلك يعتمد على ضعف القوى التى تربط الجزيئات ببعضها،والتى تنهار ببطء تحت تأثير أقل قوة مسببة تشوهات ، هذه التشوهات تزداد باستمرار مرور الوقت ،وربما تؤدى فى النهاية إلى الانهيار الكامل Complete failure أو بتغير أبعادها تغيرا بطيئا نتيجة للإجهادات المستمرة، أو نتيجة التعرض لإرتفاع درجة الحرارة .

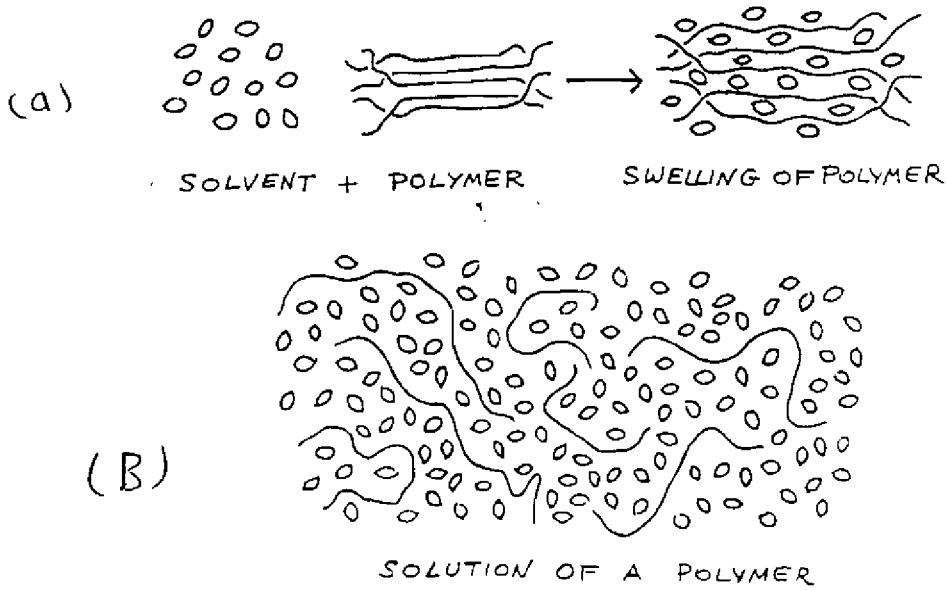
ويلاحظ أن الجزيئات ذات السلاسل الطويلة تظهر سلوك ميكانيكى افضل من الجزيئات ذات السلاسل القصيرة ، بمعنى أن خواص الصلابة والقوة Hardness & Strength تزداد فى حالة طول السلاسل الجزيئية فى المادة ، لأن قوى التجاذب بين كل جزئين تساوى نفس قوى التجاذب بين كل ذراتهما .



شكل رقم (٦٨) يوضح
زيادة قوى التجاذب بين الجزيئات بزيادة طولها

ذوبان راتنجات ثرموبلاستيك :

الجزيئات الطويلة فى راتنجات ترموبلاستيك لاتذوب بسهولة فى المذيبات ،وذلك لأن جزيئات المذيب تتأخر فى التحلل بين هذه الجزيئات ، لذلك يلاحظ وجود مرحلة وسط An Intermediate Stage قبل مرحلة الذوبان .. فى هذه المرحلة تنتفخ المادة Swells بعد تشبعها بالمذيب وتصبح طرية ، والتحلل الكامل يحدث عندما تنفصل كل الجزيئات عن بعضها فصلا تاما مكونة محاليل . انظر الشكل رقم (٦٩).



شكل رقم (٦٩) يوضح
ذوبان راتنجات ثرموبلاستيك
(a) مرحلة الانتفاش .
(B) مرحلة الذوبـــان .

ويلاحظ أن محاليل البوليمرات تكون لزجة Viscous ويرجع السبب فى ذلك إلى أن الجزيئات الطويلة تتجاذب مع بعضها وتمنع سيولة المادة .. كما أن بعض البوليمرات ذات الجزيئات الطويلة جدا مثل : النايلون والبولى ايثيلين من الممكن أن تكون مواد غير قابلة للذوبان .. إلا أنها قد تكون محاليل عالية اللزوجة .

البوليمرات التى تضع من الجزيئات الصغيرة تتحلل بسهولة ومحاليلها تكون أقل لزوجة من محاليل البوليمرات ذات الجزيئات الكبيرة ، إلا أن قواها الميكانيكية فى الحالة الصلبة تكون أقل ... لذلك فإنها تكون مناسبة أكثر لعمليات التخلل فى المواد المسامية من خلال عملية التشبيع Impregnation.

- استخدام راتنجات ترموبلاستيك فى أعمال الترميم ك

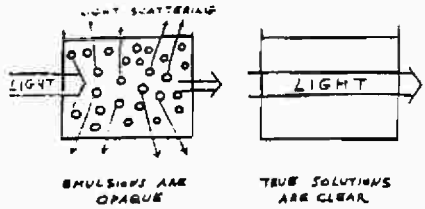
فى أعمال ترميم المبانى فإن الراتنجات التى تلين بالحرارة من نوع الاكريلات Acrylics والبولى فينيل أسيتات Poly Vinyl Acetate تكون أكثر فائدة ، وذلك لأنها من الممكن أن تذوب فى المذيبات العضوية ، ومحاليلها يمكن أن تستخدم كلواصق للمواد ذات الأوزان الخفيفة ، أو تكون غطاءات (طلاءات) واقية Protective coatings على الأحجار والجبس والصور الجدارية .

ومن حسن الحظ أنه يمكن استخدامها أيضا فى تقوية الخشب والمون والأحجار بطريقة التشبيع ..

- مستحلبات راتنجات ترموبلاستيك :

الأكريلات والبولى فينيل أسيتات ، راتنجات مناسبة لتكوين مستحلبات مع الماء ، ويسهل التعرف عليها من خلال محاليلها الحقيقية ، لأنها تكون

معتمة ، وبيضاء اللون مثل اللبن ، ويرجع السبب فى إعتام هذه المستحلبات إلى إحتوائها على جزيئات متكتله فى صورة عناقيد من البوليمر معلقة فى الماء، وهذه تؤدى إلى تفريق الضوء الأبيض الذى يمر خلالها.

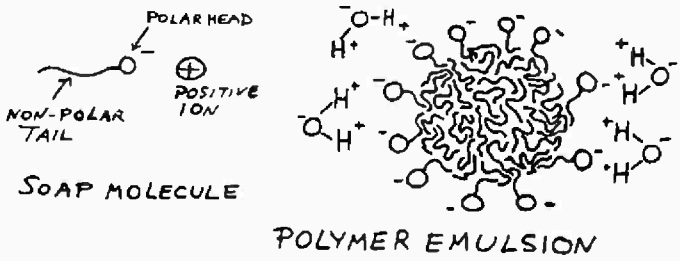


شكل رقم (٧٠) يوضح

يوضح إعتام مستحلبات راتنجات ثرموبلاستيك وتفريقها للضوء

ويلاحظ أنه فى المحاليل الحقيقية The true solution الجزيئات الصغيرة المفردة تنفصل عن بعضها ولا تسبب تفريق أو تبعثر الضوء لأنها أصغر كثيرا من الطول الموجى للضوء.

ومن الممكن صنع مستحلبات باستخدام صوابين تغطى القطرات الصغيرة من جزيئات البوليمر، التى لاتذوب فى الماء ... انظر الشكل رقم (٧١) حيث أن الرأس القطبى المحب للماء فى الصابون تجذب الماء وتذوب فيه، ولاتسمح لقطرات البوليمر الصغيرة بالاتحاد مرة ثانية ..



شكل رقم (٧١) يوضح

مستحلب صابونى لايذوب فى الماء

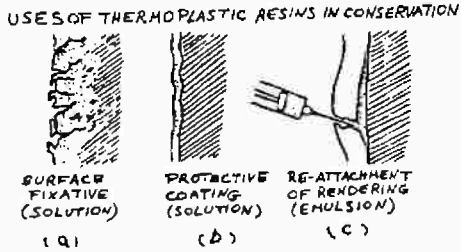
- استخدام المستحلبات فى صيانة الآثار :

لاشك أن استخدام المستحلبات فى صيانة الآثار محدود لأنه مرتبط بحقيقة ثابتة وهى : أنها تحتوى على صابون واضافات أخرى غير مضمون سلوكها عند القدم .

أيضا لانستطيع استخدامها فى تشبيع المواد المسامية ، لأن تجمع جزيئاتها الطويلة لايسمح بتخللها جيدا فى المسام .

وغالبا تستخدم مستحلبات راتنجات ثرموبلاستيك فى أعمال الصيانة كلواصق As adhesives لإعادة لصق طبقات البياض مرة أخرى بالجدران، أو كإضافات للجير أو الجبس أو الأسمنت عند عمل المون ،وذلك لرفع مقاومة المون للإنثناء Flexural strength وأيضا تقليل هشاشيتها Decrease Fragility of the mortars .

وفيما يلى شكل يوضح أسلوب استخدام راتنجات ثرموبلاستيك فى أعمال الصيانة للآثار .. شكل (٧٢).



شكل رقم (٧٢) يوضح

أسلوب استخدام راتنجات ثرموبلاستيك فى الصيانة

(a) تثبيت وتقوية سطح الأثر

(b) عمل طبقة سطحية واقية

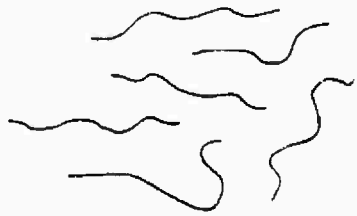
(c) اعادة ثبيت طبقة البياض

١٠-٢- راتنجات تستقر بالحرارة Thermosetting Resins :

يتم تصنيع الراتنجات التى تستقر أو تتصلد بالحرارة على مرحلتين :

المرحلة الاولى : تجهيز جزيئات السلاسل الطويلة بالطريقة الكيميائية .

المرحلة الثانية : التفاعل الكيميائى أو تأثير الحرارة أو كلاهما معا لاحداث ارتباط مستعرض أو تشابك Cross linking للسلاسل مع بعضها البعض لتكون فى النهاية كتلة صلبة هشة Hard brittle mass وتسمى هذه المرحلة مرحلة إستقرار الراتنج . انظر الشكل رقم (٧٣).



شكل رقم (٧٣) يوضح
مراحل تصنيع راتنجات ثرموسيتنج
(a) الراتنج فى صورة سائل لزج .
(b) الراتنج كتلة هشه صلبـــــــة.

الراتنجات التى تتصلد بالحرارة ، وشائعة الاستخدام هى : الإيبوكسيات مثل : الأرالديت ، والبولى استرات .. وكل منهما يوجد فى صورة سوائل لزجه Viscous liquids تتجمد بدون حرارة ، ولكن بإضافة سوائل أخرى تعمل كعامل حفاز Catalyst تسمى : مجمد أو مصلب ..Hardener

وعند شك الراتنج فإن السلاسل الطويلة تظل مرتبطة مع بعضها البعض بروابط كيميائية قوية، على عكس راتنجات ثرموبلاستيك التى ترتبط جزيئاتها مع بعضها بقوى ربط جزئية ضعيفة Weak molecular forces.

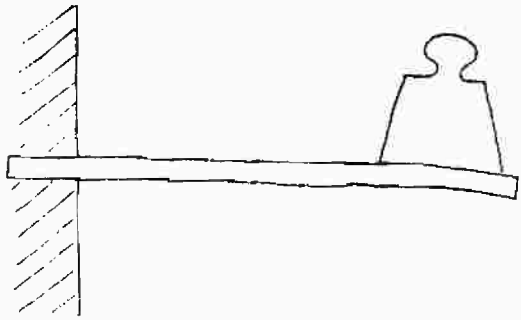
وبناء على ذلك فإن راتنجات ثرموسيتنج بعد التجمد أو التصلد لاتنثنى بسهولة ، ولايمك تشكيلها بالحرار أو الضغط .. أى أن راتنجات ثرموسيتنج أصلد وأقوى من راتنجات ثرموبلاستيك ، ولكنها أيضا أكثر هشاشية .

من أجل ذلك يتم تحسين الخواص الميكانيكية لراتنجات ثرموسيتنج بإضافة مواد مالئة لسائل الراتنج قبل الشك أو التصلد..

ومن أشهر المواد المالئة : الصوف الزجاجى Fibrous glass والمواد اللدنه Yields materials وذلك لتحسين خواص المرونة.

راتنجات ثرموسيتنج مواد بناء :

من الممكن استخدام راتنجات ثرموسيتنج كمواد بناء نظرا لكونها أكثر مقاومة للتشوهات من راتنجات ثرموبلاستيك .. انظر الشكل رقم (٧٤) حيث يقاوم الراتنج المسلح الأحمال الثقيلة .



شكل رقم (٧٤) يوضح
اتنجات ترموسيتنج المسلحة للأحمال الثقيلة

بعض راتنجات ترموسيتنج :

راتنج الايبوكسى : راتنج الايبوكسى لاصق جيد لمعظم المواد فيما عدا البولى ايثيلين والنايلون والأسطح الدهنية أو الشحمية والسيليكونات ، كما انه مقاوم للماء ، وللعديد من المواد الكيميائية .

واللواصق التى أساسها راتنج الإيبوكس تستخدم على نطاق واسع فى صيانة مواد البناء .. مثل : إصلاح الأحجار المكسرة وسد الشروخ فى الخرسانة ، ولحام وصل أعمدة التسليح فى المبانى .. الخ .

كما أن راتنج الايبوكس أحد أشهر راتنجات ثرموسيتنج التى لاتذوب فى معظم المذيبات ..

راتنج بولى استر : راتنج البولى استر أقل مقاومة كيميائية من الايبوكسى ، لكنه أرخص سعرا منه .. والبولى استر المسلح بألياف الزجاج مادة واسعة الانتشار والاستخدام فى الاسقف خفيفة الوزن Light weight sheds أو كعناصر بنائية Structural elements ، كما أن راتنج البولى استر المقوى يستخدم فى تكنيك ماسارى Massari technique لبناء مدماك ضد الرطوبة Damp-proot course فى المبانى القديمة ، أيضا يستخدم البولى استر فى حقن الشروخ الدقيقة حيث يتصلب داخلها ويعمل على تقويتها .

كما أن كلا من الايبوكسى والبولى استر يستخدم فى عمل قوالب، لنسخ القطع الفنية .

١٠-٣- تجوية اللدائن الصناعية

Weathering of synthetic plastics

اللدائن الصناعية تتحلل بفعل تأثير البيئة، والعامل الأساسى فى التحلل هو: غاز الأكسجين، خاصة فى وجود الضوء ، إذ ثبت أن الأشعة فوق البنفسجية هى أخطر الإشعاعات على المواد المصنعة من اللدائن الصناعية ..

وأكسدة اللدائن الصناعية يتم بأسلوبين متناقضين ظاهريا .

الأسلوب الأول : تكسر الجزيئات ، وتكوين جزيئات صغيرة مؤكسدة oxidized fragments.

الاسلوب الثانى : فك الارتباط المستعرض Cross- linking بين السلاسل الطويلة ..

وتكون نتيجة هذه العمليات المعقدة مايلى :

١- تغير اللون Discoloration.

٢- فقد قوى الشد Loss of tensile strength.

٣- الهشاشة Brittleness .

وغالبا ماتصبح المواد قابلة للذوبان فى الماء ، ويسهل غسلها ونزحها من الأسطح الظاهرة، مثل مايحدث لمادة البولى استر فى الأسقف المصنوعة من البولى استر المقوى بألياف الزجاج Polyester- glass Roofing .

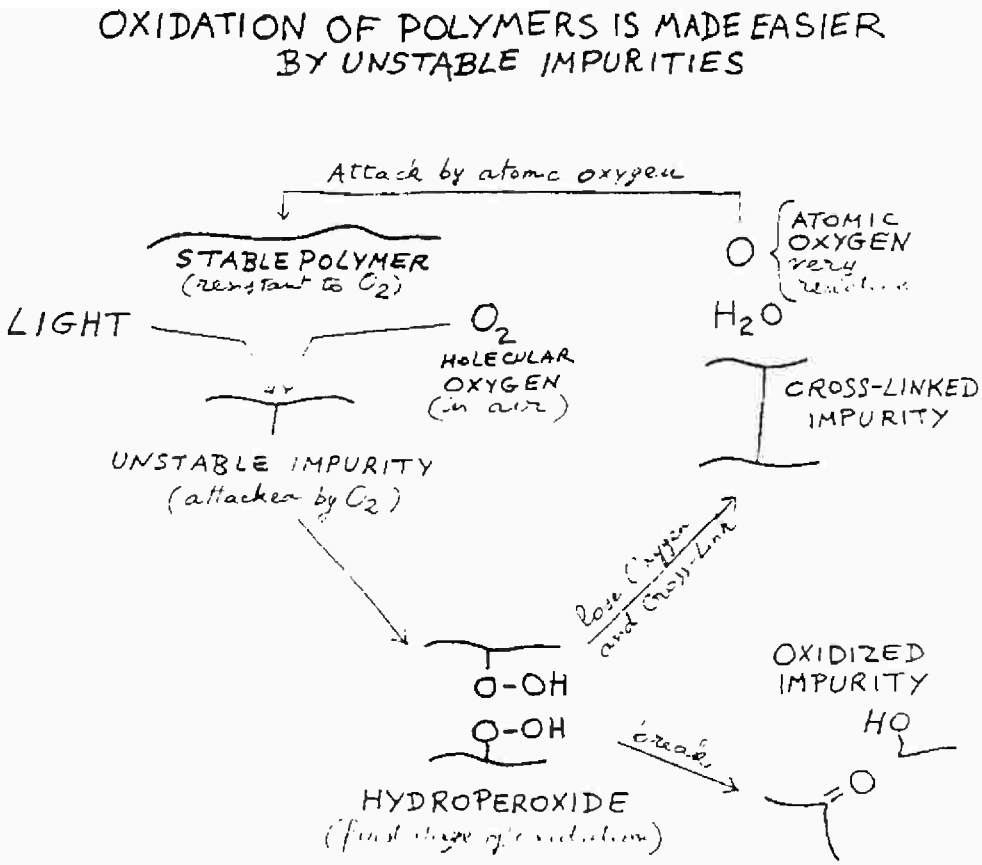
أيضا فإن أكسدة اللدائن الصناعية تصبح سهلة لو وجد بها شوائب ، حيث يسهل مهاجمتها بالأكسجين ،وأثناء أكسدة هذه الشوائب ينتج اكسجين جديد Fresh Oxygen يكون أنشط من أكسجين الهواء الجوى ، ويعمل بسرعة على تكسير الجزيئات الأكثر مقاومة لأكسجين الهواء الجوى ..

لهذا السبب فإن المواد الصناعية يجب أن تكون نقية جدا وذات خواص ثابتة إلى أقصى درجة .. انظر الشكل رقم (٧٥).

وكل المنتجات التجارية يجب أن تختبر على إنفراد ، ويكرر الاختبار مرة بعد أخرى ، كما أن المواد الكيميائية المشابهة لها فى التركيب الكيميائى، لايجب أن نوافق عليها إلا إذا قام الدليل على أن سلوكها جيد عند القدم .. ويجب أن نرفضها إذا كان سلوكها سيىء عند القدم Ageing.

ويلاحظ أن راتنجات الاكريلك تعطى مقاومة عالية ضد الأكسجين ، والأشعة فوق البنفسجية ، فى حين أن راتنجات الأيبوكس يتغير لونها بسرعة، لذلك لايجب استخدامها فى الأسطح الظاهرة أو المعرضة للجو ..

والأيبوكسيات والبولى استرات تبدى مقاومة جيدة ضد عمليات القدم Ageing لو حفظت بعيدا عن الضوء والاكسجين ، مثلما يحدث عند استخدامها كلواصق بنائية ، أو مداميك مانعة للرطوبة .



شكل رقم (٧٥) يوضح

أكسدة البوليمرات فى وجود الشوائب والضوء والأكسجين