

الباب الحادي عشر المواد المطاطية

الباب الحادي عشر

المواد المطاطية

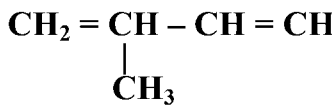
المطاط الطبيعي :

كان المصدر الرئيسي والوحيد لهذه المادة في بداية تطور الصناعة المطاطية هو أشجار المطاط البرية . حيث كان يجمع المواطنون البرازيليون عصارة أخشاب المطاط من الغابة .

وبعد ذلك يغمرون الواحاً طويلة من هذه المادة السائلة ويعرضون اللوح لدخان حريق الخشب عدة مرات كي يساعد القطران والفورمالديهايد الموجود في الدخان علي تخثر اللبـن ومنع تعفن مادة البروتين الموجودة في السائل المطاطي .

وبعد تجمع كميات كبيرة من المطاط علي رأس الخشبة بما يقارب 9 إلى 23 كجم تنقل هذه الأخشاب مائياً لإجراء عمليات التصنيع الأخرى . ويتم الحصول علي المطاط الطبيعي في الوقت الحاضر من مزارع المطاط الخاصة التي تم تكاثرها بواسطة الحبوب المستوردة من البرازيل .

ونجد إن المطاط الطبيعي عبارة عن مادة بلمرية ناتجة عن بلمرة الوحدة النباتية الايسوبرين (Isoprene) أو 2 - ميثيل - 3,1 - بيوتاديين .



لتكوين الراتنج (- CH₂ - CH - CH₂ - CH₂ -)

حيث يوجد ما يقارب 2000 إلى 300 ارتباط عرضي في السلاسل البولي هايدروكاربونية .

كما إن عصارة أو لبن المطاط عبارة عن مستحلب يحتوي علي ما يقارب 35 بالمائة من مادة المطاط و2% من مادة البروتين المثبتة . وفي هذا المستحلب تكون قطرات المطاط صغيرة جداً ويتراوح قطرها من 0.5 إلى 3.0 مايكرون . ومن الممكن تجزئة هذا المستحلب بإضافة بعض المواد الكيميائية المخثرة (Coagulating Chemicals) .

ويحضر المطاط الطبيعي حالياً بواسطة تخثير عصارة المطاط مع الحامض وبعد عملية الغسيل تمرر خثارة المطاط خلال الاسطوانات الدوارة (Rollers) . وتعامل الرقائق الصفراء بعد ذلك بالدخان لتكوين " الصفائح المدخنة" (Smoke Sheet) .

ومن بين التطورات التي طرأت علي صناعة المطاط هي عملية الفلكنة (Vulcanisation) . ففي هذه العملية يتفاعل الكبريت مع الروابط غير المشبعة في راتنجات المطاط مكوناً روابط عرضية مع الجزيئات المجاورة . وكلما تزداد حدة الفلكنة تتصاعد مقاومة المطاط للمذيبات والتي تتمثل بقلّة الانتفاخ كما موضح في الجدول التالي :

تأثير الفلكنة علي الانتفاخ

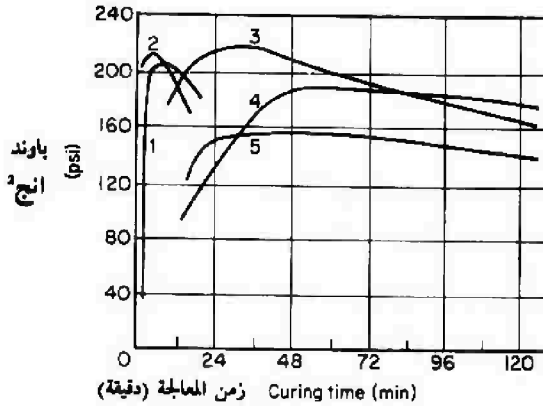
47	39	6	1.2	0	جرام كبريت لكل جرام من عينة المطاط
1.1	4.1	6	31	30	الحجم بعد مرور 24 ساعة في البنزين
					(سم ³) الحجم الأصلي 1 سم ³

حيث يزداد حجم العينة غير المعرضة لعملية الفلكنة 3000 بالمائة بينما يزداد حجم العينة المتفاعلة مع الكبريت بصورة جيدة بمقدار 10 بالمائة

فقط . ويتمتع المطاط بخواص مشابهة للراتنجات الاخرى من حيث اصطفااف وتنظيم سلاسل الجزيئات عند تعرضها للشد .

ويبدو ذلك واضحاً من خلال تغيير صورة أشعة X من الحلقات المتداخلة التي تشير إلى الحالة العشوائية للراتنج قبل تعرضه للشد إلى الصورة الواضحة والشبيه بتلك الذرات المنتظمة والجزيئات في داخل البلورات بعد عملية الشد .

ويقل مدي قابلية المطاط علي التمدد بسرعة عندما يزيد معامل الفلكنة علي 8 جم من المطاط . ويمثل الشكل التالي مدي تأثير العوامل المساعدة المختلفة علي توليد قوة الشد لفترات المعالجة الزمنية المختلفة .



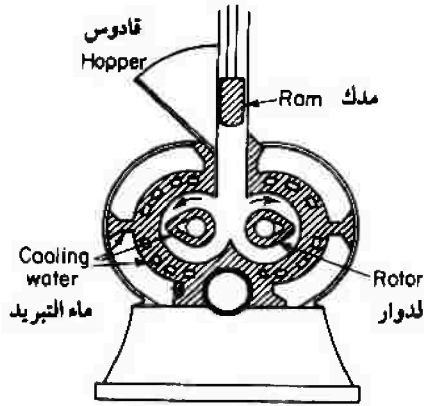
فالعوامل المساعدة ذات فترة معالجة قصيرة وزيادة فترة المعالجة تسبب نقصان كبير بقوة الشد . والعامل المساعد يكون ملائماً لتصنيع الأدوات السمكية التي تتطلب وقتاً طويلاً للتسخين .

وعند استعمال هذا العامل المساعد لا يقل وقت المعالجة الإضافي والبالغ 40 دقيقة من قوة الشد كما هو الحال بالنسبة للعوامل المساعدة الأخرى .

وعند تصنيع الأدوات المطاطية المختلفة يمرر المطاط أولاً خلال عملية الطحن (Milling) أو العجن (Kneading) حيث يتمدد ويمضغ المطاط وتصطف الراتنجات الطويلة وتقتصر أطوالها .

ويصبح المطاط بعد ذلك أكثر لدانة وتضاف كذلك المواد الكيميائية المدنة أو المواد المزيّنة إضافة إلى الراتنجات ومواد الحشو مثل هباب الكربون (Carbon Black) والصلصال ومضادات التأكسد والكبريت وعوامل معجلة لعملية الفلكنة .

وتتدمج هذه المواد اندماجاً جيداً مع المطاط داخل الطاحونة (Mill) أو خيطة البانبري (Banbury Mixer) كما بالشكل التالي :



ومن بين الخواص الجيدة والمهمة للمطاط الطبيعي هي المرونة وقوة الشد وقابلية التمدد والتقلص المتكرر بدون الارتفاع في درجات الحرارة . وتعتبر هذه الخاصية الأخيرة في غاية الأهمية حيث تتمدد جدران إطارات السيارة مع كل دورة من دورات العجلات .

البونا أس (Buna S , GR-S) :

يشير الاسم بونا أس (Buna S) الى المطاط المصنع في ألمانيا من البولي بيوتاديين حيث يستعمل معدن الصوديوم لتعجيل عملية البلمرة ، لذلك فان الاسم (Buna°) يجمع بين رمز (Bu) للبيوتاديين ورمز (Na) للصوديوم .

إن من أهم أنواع المطاط الاصطناعي هو (Buna S) وهو عبارة عن راتنج ثنائي يتكون من حوالي 75% بالمائة بيوتاديين و 25 بالمائة ستيرين . والبيوتاديين غاز سهل التكثف حيث تبلغ درجة غليانه -4.5°C ويخزن عادة تحت الضغط في خزانات كروية .

وتتم عملية التصنيع بمزج البيوتاديين مع سائل الستيرين سوية في وعاء الخلط الذي يحتوي علي المحلول المائي لعامل الاستحلاب . ومن ثم يضاف العامل المساعد للبلمرة وعامل التكييف الذي يتحكم في درجة البلمرة .

وعندما تصل درجة البلمرة الى الحد المطلوب تضاف المواد الموقفة والمانعة للتفاعل ويتم التخثير بعملية مشابهة للمطاط الطبيعي ومن ثم تغسل الخثارة وتغسل خلال اسطوانات دوارة للتخلص من الماء بواسطة الضغط المخفض .

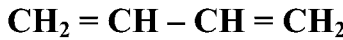
ثم تكتمل عملية التجفيف في أفران خاصة لهذا الغرض . ويكبس بعد ذلك المطاط المجفف الى رقائق خفيفة تجمع علي شكل بالات وتقطع بأوزان 30 إلى 39 كجم .

ويحتاج مطاط (Buna S) إلى كميات أكبر من هباب الكربون (Carbon Black) لتحقيق التقوية المتكاملة مقارنة بالمطاط الطبيعي . وتفوق مقاومة هذا النوع من المطاط للأوزون وعوامل التعرية الخارجية وكذلك لبعض الزيوت مقارنة بالمطاط الطبيعي .

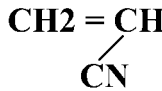
كما أن المطاط المسمى بالمطاط البارد هو عبارة عن (Buna S) مصنع في درجات حرارة تقل عن درجة حرارة المنتج الاعتيادي ويتمتع هذا المطاط بقوة شد اعلي ومعامل انزلاق اقل .

بونا ان NBR , Buna N بيربونان Perbunan :

البونا أن (Buna) عبارة عن راتنج ثنائي من البيوتاديين ،



واكريلات النتريل



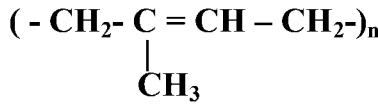
والمواد الأولية اللازمة لتكوين اكريلات النتريل هي HCN والاستيلين أو أوكسيد الاثيلين . ويفوق مطاط (Buna N) علي المطاط الطبيعي في مقاومته العالية للانتفاخ في الدهون المعدنية والنباتية والعديد من المذيبات الشائعة .

كذلك يتمتع هذا النوع من المطاط بأقل قابلية للزحف Creep تحت أثقال معينة من المطاط الطبيعي ولا تتساوي قوة شد مع قوة شد المطاط الطبيعي ، كما أن مدي تأثير إضافة هباب الكربون لزيادة قوة الشد ومعدل

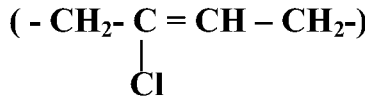
الاستطالة تبدو أكثر وضوحاً وأكثر فائدة لراتنجات البيوتادايين - نتريل منها للمطاط الطبيعي .

النيوبرين CRNeoprene ، أو البولي كلوروبرين Polychloroprene

بالرغم من عدم إنتاج البولي ايسوبرين (Polyisoprene) :



إلا في السنوات الأخيرة ، ولقد تم تصنيع البولي كلوروبرين .



حيث تكتمل عملية البلمرة بصورة اعتيادية في درجة حرارة الغرفة .
وانه يعتبر المطاط الاصطناعي الوحيد الذي تم إنتاجه عدا بضعة أطنان من
الثايكول .

وتستعمل عملية البلمرة بالاستحلاب لإنتاج البولي كلوروبرين .
وتكون جزيئات العصير أصغر بكثير من تلك في عصير الهيفا Hevea ، إذ
يتراوح قطر القطرات من 0.05 إلى 0.07 مايكرون .

وتتلخص عملية التصنيع بتخمير المادة المطاطية باستعمال الأسيتون
أو بعض المواد العضوية المخثرة الأخرى وتجفيف المواد المتخثرة حتي
تتكون المادة المدعاة براتنجات الفا الجاهزة لعملية العجن .

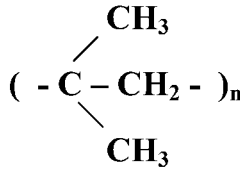
وتتحول راتنجات الالفا بالتسخين الى راتنجات ذات ارتباطات متشعبة
عرضياً . أي أن المادة تمر بعملية الفلكنة ذاتياً . ويزداد معدل الارتباطات
العرضية باستعمال أوكسيد الزنك ، الكبريت ، وبعض المواد الأخرى . كذلك

أن إضافة المواد الكربونية يزيد من صلابة النيوبرين فقط ولا تؤثر علي قوة شده السطحي .

ويتمتع النيوبرين المفلكن Neoprene مقارنة بالمطاط الطبيعي بمقاومة كبيرة للحرارة ، التأكسد ، أشعة الشمس ، المذيبات ، الأحماض ، وبعض المواد الأخرى . لذلك فانه يستخدم لصناعة الأنابيب والخراطيش المرنة ، العوازل ، الفلكات Washers ، القفازات ، والملابس الواقعة من المواد النفطية والحامضية .

والفلوبرين Fluoroprane ، مشتقاً من مشتقات الفلورين المماثلة للكلوروبرين ، يجد استعمالاً كبيراً كمادة مطاطية في درجات الحرارة العالية . ويختلف الفلوروبرين عن الكلوربرين إذ أنه يكون مع الستيرين Styrene راتنج ثنائي ذو قوة شد عالية جداً .

البولي بيوتيلين : فيستانكس Vistanex ومطاط البيوتيل Butyl Rubber

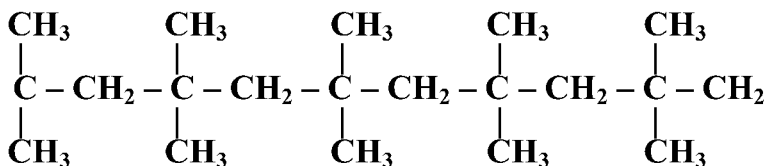


ولقد تم إنتاج هذه المادة المطاطية (البولي ايسوبيوتيلين) بدرجات الحرارة المنخفضة جداً والجدول التالي يوضح مدي تأثير درجة الحرارة علي الحجم أو الوزن الجزيئي للراتنج . فلقد تم الحصول علي الراتنجات ذات الوزن الجزيئي البالغ 400.000 بدرجات الحرارة المقاربة الى (-250°C) .

مدي تأثير الحرارة علي بلمرة الايسوبيوتيلين

95-	90-	80-	45-	25-	10-	درجة الحرارة C°
225000	120000	80000	25000	13000	10000	الوزن الجزيئي للراتنج

ويتمثل تركيب البولي ايسوبوتيلين بالصيغة الكيميائية التالية :



وبصورة أدق بموديل ثلاثي الاتجاهات ذو سلسلة طويلة ترتبط عليها مجاميع المثل بصورة حلزونية . ويبدو واضحاً من أن المركب عبارة عن سلسلة هيدروكربونية مشبعة فمن المتوقع أن تتشابه مواصفاته الى حد كبير مع المواصفات الكيميائية للبرافينات الثقيلة .

ونظراً لعدم وجود روابط غير مشبعة فلا يتعرض هذا النوع من المطاط الى عملية الفلكنة إضافة الى مقاومته العالية للأحماض والقواعد . إن عدم وجود الرابطة غير المشبعة يكمن وراء ثباتية هذا المركب العالية ومقاومته للأزون ، الأشعة فوق البنفسجية وعوامل التعرية .

لذا فإن هذا المركب الذي تم تسويقه لفترة طويلة تحت اسم فستاينكس Vistanex يتمتع بخواص كهربائية جيدة ومعدل امتصاص قليل للماء .

ومن بين مواصفاته الجيدة هي التمدد العالي ونفاذيته المنخفضة للغازات . ويذوب هذا المركب في الغازولين والزيوت البرافينية وفي المواد الهيدروكربونية والمذيبات المتعرضة للكلور .

مطاط البيوتيل : Butyl Rubber

إن مطاط البيوتيل **Butyl Rubber** عبارة عن راتنج ثنائي من الايسوبيوتيلين **Isobutylene** والبيوتاديين بالنسب 98% و 2% علي التوالي أو الايسوبيوتيلين مع 0.3% الى 3% من الايسوبرين (2- مثل بيوتاديين) . تكتمل عملية البلمرة لهذا الراتنج بدرجات الحرارة المنخفضة جداً والمقاربة الى -95.5 C .

إن إضافة دايين **Diene** إلى الايسوبيوتيلين لا ينتج أكثر من 3% من مقدار عدم تشيع المطاط الطبيعي . وبالإمكان استحداث ارتباط عرضي بين سلاسل الراتنج بعد التسخين مع ثاني اوكسيد الرصاص أو الكبريت وبوجود عامل معجل ملائم . وعكس المواد المطاطية .

ولا تتحسن قوة الشد لمطاط البيوتيل **Butyl Rubber** بأضافة هباب الكربون إلا انه يزيد من مطاطيته ومقاومته للبري بالحك . كما أن مقاومة هذا المطاط لعوامل التعرية ولنفاذية الغازات وأبخرة الماء تزيد بكثير علي مقاومة المطاط الطبيعي .

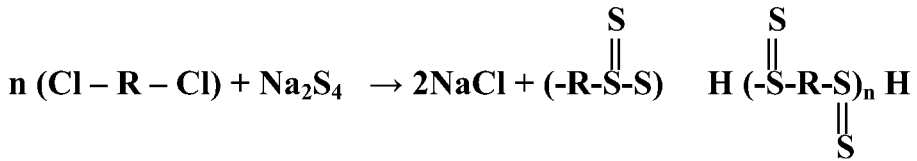
ويتمتع مطاط البيوتيل المفلكن بأستطالة تعادل 1000 بالمائة عند نقطة الانكسار مقارنة إلى 710 بالمائة للمطاط الطبيعي . كذلك يتصف مطاط الفيستايكس بتمدد كبير إلا أن قوة شدة تقل كثيراً عن مطاط البيوتيل المفلكن .

الثاكيول : (Thiokol) :

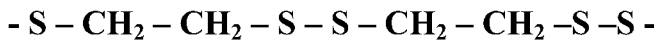
يستدل من الاسم الثاكيول أن هذه المادة تحتوي علي الكبريت في جزيئة البلمرة ، وتكون مادة صلبة تميل الى الصفرة عند تسخين المحلول

المائي لمادة بولي كبريتيد الصوديوم (Sodium polysulfide) مع ثاني كلوريد الايثيلين $\text{CH}_2\text{Cl}-\text{CH}_2\text{Cl}$.

وبعد دراسة هذا التفاعل بصورة شاملة تم التوصل الى براءة اختراع أول أنواع التايكول



وفي حالة كون R تساوي $(-\text{CH}_2-\text{CH}_2-)$ يتكون تايكول A ، أو تساوي $(-\text{CH}_2\text{CH}_2-\text{o}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-)$ يتكون تايكول D ، أو $(-\text{CH}_2\text{CH}_2-\text{o}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-)$ يتكون تايكول F . وعند تعامل البلمرات أعلاه (Tetrasulfide) مع هيدروكسيد الصوديوم تنتزع ذرات الكبريت الجانبية ويتحول الناتج الى البولي ثنائي الكبريتيد مثل :



وتتميز مركبات التايكول بمقاومتها العالية للانفخاخ والتجزء عند تعرضها للمذيبات العضوية . وأنها لا تتأثر بالمواد النفطية مثل الكيروسين ، الغازولين ، نفط الوقود ودهونات التزييت . إلا أن البنزين Benzene وبعض مشتقاته تسبب بعض الانفخاخ .

ويعتبر التايكول من أحسن أنواع المواد المطاطية الاصطناعية التي تقاوم المذيبات الهالوجينية التي تهاجم النيوبرين Neoprene والمواد المطاطية الأقل مقاومة . وتكون أفلام التايكول ذات نفاذية قليلة للغازات وان معدل النفاذية النسبية لغاز الهيدروجين خلال أفلام متشابهة من التايكول ، الفيستاكس ، النيوبرين ،

البونا أن ، والمطاط الطبيعي تساوي 1.361 , 7.2, 0.7 , 11.4 علي التوالي .

ومن بين الصفات غير المرغوب فيها لمطاط التايكول هو استعداده للتغيير في الشكل عند تعرضه للضغط المستمر ، كذلك أن قوة شدة تقل بكثير عن قوة شد المطاط الطبيعي . إلا أن البحوث الحديثة قد أسفرت عن التغلب علي هذه النواقص .

إن التطبيقات الهندسية الرئيسية لمطاط التايكول تعتمد بصورة رئيسية علي مواصفاته الجيدة المذكورة أعلاه ، حيث يستعمل لتبطين الأنسجة المستعملة لصناعة المناطيد ، الألبسة الخاصة وطوافات الإنقاذ من الغرق المنفوخة بغاز ثاني اوكسيد الكربون ، يستعمل كذلك التايكول لتبطين خراطيش نقل الجازولين والنفط ، وفي الأصباغ ، الاسطوانات الدوارة الطابعة ، الأغشية والحشرات وفي مانعات تسرب المذيبات .

ولقد تم تصنيع خزانات الجازولين القابلة للطي والمقاومة للنضوج بعد الاستفادة من المواصفات الخاصة للمواد المطاطية المختلفة . إذ تتألف جدران هذه الخزانات من ثلاث طبقات وتتكون الطبقة الداخلية من التايكول والطبقة الخارجية من مطاط البونا أس (Buna S) الذي يتمتع بقوة شد اكبر من التايكول .

وتتكون الطبقة الوسطي أما من المطاط الطبيعي أو من مطاط البيوتيل Butyl Rubber . فعند حدوث ثقب في جدار الخزان ، يكون الجازولين على تماس مع الطبقة الوسطى ، والمصنعة من الراتنج النشط الذي ينتفخ بسرعة ويؤدي إلى انسداد الثقب ومنع التسرب .

وقد شاع استعمال هذه الخزانات القابلة للطي لنقل الجازولين والمشتقات النفطية الأخرى في استراليا حيث تسفر هذه العملية علي التخلص من وزن الحديد الإضافي كذلك قد استعملت هذه الطريقة لنقل النفط عن طريق البحر بواسطة خزانات النايلون المبطنـة بالتايكول والمسحوبة بالقطر (tug) .

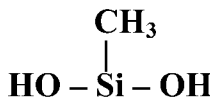
مطاط الفينيل : (Vinyl Rubber) :

أن الفينيلت الملدن والحاوي علي نسبة 13 إلى 15 بالمائة خلـات الفينيل يشبه المطاط الطبيعي في أكثر من مواصفاته الكيميائية والفيزيائية . إن هذا المطاط من النوع المرن القابل للتمدد ومقاوم للاحتكاك وذو معدل امتصاص منخفض للماء . فبالإمكان زيادة طول بعض الفينيلات الى ثلاثة أضعاف أطوالها الأصلية .

ومن بين المواد الأولى تم تصنيـعها من الفينيلـيت بدلاً من المطاط الطبيعي تتمثل بأغطية الأرضيات المطاطية ، المعاطف المطرية ، وأغطية المعدات الواقية من الأمطار . كما إن رقائق الفينيليت والألواح المشبعة بهذه الراتنجـات قد حلت محل المطاط الطبيعي بصورة دائمية لمثل هذه الأغراض .

مطاط السيلاستك : (Silicone Rubber or Silastic) :

إن بلمرة السليكون دايلول Silicone Diols مثل داي مثل سليكون دايلول Dimethyl Silicone Diols بواسطة التكثيف الجيدة تسفر علي .





وإنتاج سلاسل مطاطية ذات وزن جزيئي مقارب الى 500 000 .
وبالإمكان تحسين مواصفات هذا الراتنج باختيار الجذور الملائمة
المرتبطة الى السليكون وتنظيم أطوال السلاسل وبنوعية الحشوات المضافة
أثناء التصنيع .

ومن بين الصفات الجيدة لهذا المطاط هو مقاومته العالية لدرجات
الحرارة المتطرفة فيحافظ مطاط السيلاستيك علي رجوعيته بدرجات الحرارة
البالغة - 50 م . وكذلك لم تتغير مطاطية هذا النوع من المطاط بدرجات
الحرارة المرتفعة .

ويبقى نوع خاص من السيلاستيك بالحالة المرنة في درجات الحرارة
من -95 م إلى 315.5 م . كما انه يتمتع بثبوتية عالية إذ لم تتغير قوة شده
أكثر من 3 إلى 10 بالمائة بعد التسخين لمدة 1000 ساعة وبحرارة 200° م
ولكنه لا يصلح للاستعمال مباشرة بمحاذاة اللهب .

ويتمتع السيلاستيك بموصلية حرارية عالية مقارنة بالمواد المطاطية
الأخرى إلا أن قوة شده صغيرة مقارنة بالمطاط الطبيعي وتبلغ 6.2×10^6
نيوتن / م² . إن خواص عزله الكهربائية جيدة ومقدار امتصاصه لماء بعد
مرور سبعة أيام تقارب 1 بالمائة فقط ، لذلك يستعمل السيلاستيك لأغراض
عزل الأسلاك الكهربائية .

وفي درجات الحرارة العالية تتقد المواد العازلة تاركة وراءها رماد
السيليكا الأبيض الناعم . ونظراً لكون هذا الرماد غير قابل للتوصيل ،
فالأسلاك الكهربائية المعزولة بمطاط السليكون تبقى صالحة للاستعمال حتي
بعد احتراق المواد المطاطية من جراء تعرضها للنار .

كما أن معظم أنواع المواد السيلاستيكية تنتفخ عند تعرضها للمذيبات. ولقد تم مؤخراً تصنيع بعض المنتجات السيلاستيكية ذات المقاومة العالية للعديد من المذيبات العضوية . وتجد المواد المطاطية السيلاستيكية استعمالات عديدة فتستعمل كحشوات ، ومواد مانعة للنضوج ، وكذلك في الأماكن التي تتطلب رجوعية بدرجات الحرارة المنخفضة جداً أو درجات الحرارة المرتفعة كما هو الحال في الطائرات أو في أبواب الطباخات المنزلية . ولقد تم تطوير العديد من المواد المطاطية الستة التي تم ذكرها سابقاً بصورة رئيسية بواسطة البلمرة الثنائية مع الراتنجات الاصطناعية المختلفة .

وتوفر هذه الراتنجات المحسنة للمهندس انواعاً عديدة من المواد الصالحة للاستعمالات الخاصة . ومثال علي المواد المطاطية الهيدروكربونية الحديثة نسبياً هو الراتنج الثنائي من الاثيلين والبروبيلين والمدعي بـ **EPR** . إذ يتمتع هذا المطاط بمقاومة عالية للأوزون وعوامل التعرية ، وله مقاومة قطع اقل ونفاذية ونفاذية هواء اكبر من مطاط البونا أس وبعد تبطينه بمطاط البيوتيل تتحسن خاصيته الأخيرة .

الأسئلة

- 1- ما هي المواد الطبيعية الممكن تصنيعها الى مواد لدائنية .
- 2- اذكر الخواص المهمة لكل من نترات السليلوز Nitro Cellulose ،
خلات السليلوز ، وأثيل السليلوز .
- 3- ما هو الفرق بين عمليات البلمرة التي تنتج راتنجات تتلدن أو تتصلب
بالحرارة .
- 4- اكتب مع ذكر المعادلات للنفاعات التي تنتج كل من المواد التالية :
الكليبتال ، البولي ستيرين ، البولي أثيلين ، اليكالايت ، اليونا أس ،
راتنجات السليكون ، ومطاط السيلاستيك .
- 5- اذكر المادة اللدائنية التي تتميز بدرجة عزل عالية مقاومة الحرارة ،
شفافية ، الأشعة فوق البنفسجية ، مع قلة امتصاص الماء .
- 6- اكتب الصيغة الكيميائية للوحدة البنائية وخواص كل من راتنجات خلالات
كلوريد الفينيل ، كلوريد الفينيليدين والمثيل ميثا اكريلات .
- 7- اذكر ثلاثة أنواع من المطاط الاصطناعي .
- 8- اذكر المطاط الملائم للاستعمالات التالية :
أ- أنبوب توصيل مرن الى مصدر بخار الماء .
ب- حشوة الى أنبوب يحتوي علي مذيبي متعرض للكلور .
ج - مع احد المذيبات لتكوين مواد لاصقة .
- 9- اذكر أسماء واحد الاستعمالات المهمة لكل من المواد التالية :



10- اعط مثال لنسيج البولي استر ، عصير الأصباغ المائية ، راتنجات الورنيش من غير البكالايت ، مواد لاصقة للمعادن ، ومواد غير لاصقة .

11- لماذا تضاف مادة هباب الكربون الى المطاط .

12- ماذا يحدث خلال إجراء عملية الفلكنة إلى المطاط .

13- اختر اسم المطاط الرغوي من بين الأسماء الثلاثة المدرجة أدناه .