وتشتمل على اللواصق التالية :ـ

ـ مـركبات بـولى هيدروكسي الميثيـل : ومنها راتنجات الفينـول ـ فـورمالـدهيد ، مطـاط النتريل ، راتنجات اليـوريا ـ فورمـالدهيد ، الميلامـــين ـــ فـــورمـالدهيد ، راتنجـــات ريزورسينول ـ فورمالدهيد .

ـ السيليكون .

ـ بولى أميدات وبولي بنزيميدا زولات .

ـ بولى يوريثان .

* **لـواصق تتصلب بالفلكنـة :** ويتم فيها تصلب المادة الـلاصقـة عند درجـة حـرارة وضغط مرتفعين ومنها البـوليمرات المهلجنة مثل مطـاط كلوروبـرين المولفة مع عـوامل تشـــابك مثل مـــركبـــات النتروزو والآيزوسيانات والأوكسيمات بـالإضافة إلى عوامل مؤكسدة .

صناعة المواد اللاصقة

تختلف صناعة المواد اللاصقة من مادة لأخـرى بنـاء على عدة عـوامل أهمهـا نـوع المادة اللاصقـة (سائلة ، لزجـة ، معجون ، صلبة) وعلى مـادة الترابط (ذوابة في الماء أو في مذيب عضوي أو عديمة الذوبان) .

ومن أمثلة ذلك تتم عمليـة صناعة المادة اللاصقة المطاطية المستخدمة في ربط المطاط إلى المعـادن عن طـريق إذابة المادة الـرابطـة المطاطية في مذيب عضـوي مثل التولوين أو رباعي كلـوريد الكـربون عند درجـة حرارة أقل من درجة غليان المذيب ، ويجرى ذلك في وعاء خلط يتم تسخينه بـالبخار ثم تضاف المضافات الأخرى ـ كـالمدنات والمواد المالئة وغيرهـا ـــ مع التحـريك المستمـر . ويمكن الحصول على المادة اللاصقة بلزوجة معينة عن طريق تبخير جـزء من المذيب ثم تعبئتها في أنـابيب (عصـارات) أو في أوعيـــة ذات أحجام مختلفة لتكون جاهزة للإستعمال .

أما المواد اللاصقة المحبحبة (الصلبة) فتتم صناعتها عن طريق صهر المكونات مثل مادة الترابط ، المضـافات ، المواد المالئـة .... وغيرها في أوعيـة مسخنـة لصهـــر وتجانس الخليط جيداً ثم يتم تقطير الخليط المنصهر على حزام مبرَّد للحصـول على مادة لاصقـة في صـورة محبحبات صلبة ، أو يتم تقسية المنصهر على حـزام مبرّد للحصول على مـادة لاصقـة على شكل طبقـة رقيقة يمكـن تقطيعها إلى أجـزاء صغيرة ، كما أنـه يمكن تصنيع مادة لاصقـة على شكل قضبان باستخدام القولبة بالحقن .

المطاط الصناعي

د . محمد شفيق الكناني

المطـاط عبـارة عن بـوليمـر متشـابك طبيعي أو صنـاعي أو معـدَّل يتميـز بقابليتـه للتشكل والامتطاط ، و يستخدم المطـاط في صناعات كثيرة متنـوعة ، وعليـه فإن صنـاعتـه لا تنتهي بإنتـاج المطـاط الخام ، بل يتم تشكيل الخام وتحويله إلى منتجات مطاطية مفيدة صناعيـاً وملائمة لأغراض معينة بإضافة مجموعة من المضـافات والمواد المساعدة مثل مـواد فلكنة ، مواد مالئـة ، ملدِّنات ومنعِّمات ، مساعدات تصنيع وبعض المكونـات الأخرى التي تساعد المطاط على مقاومة التشقق ، الاحتراق ، الانتفاخ .. وغيرهـا .

مكونـــات المطـــاط

تتكون المنتجات المطاطيـة بصفة أساس من خام المطـاط ومضافـات أخرى متنـوعة تضاف إليه لتحسين خصائصـه الميكانيكية مثل المرونـة والصـلابـة والمتانـة وغيرهـا ، والحراريـة ، والكيميـائيـة مثل مقـاومتـه لـلأحماض والقـواعـد والماء والـزيـوت والمذيبات ، والكهربائية مثل العزل الحراري والالتهابية ، ومقاومتـه للعوامل الجوية مثل غـــاز الأوزون وأكسجين الهواء الجوي والأشعـة فوق البنفسجيـة. ومن أهم المواد التي تضـاف إلى خـام المطاط عـند تصنيعه ما يلي :ـ

● مـواد فلكنـة

مواد الفلكنـة هي مواد تضـاف إلى خام المطاط لتسـاعد على تشـابكه وتقسيتـه عند تسخينه إلى درجات حـرارة معينة ، وتعرَّف الفلكنـة بأنها عمليـة كيميـائيـة يتم فيهـا تشابـك السـلاسل البوليمريـة للمطـاط الخام ، وتتم عمليـة الفلكنـة بـاستخـدام عـوامل ومسرِّعـات ومنشِّطـات ومثبِّطـات فلكنـة ، وهنـاك عمليات فلكنـة أخـرى تتم بـاستخـدام البخـار أو التشعيع أو الهواء الساخن. ومن أهم مواد الفلكنة ما يلي :ـ

* **الكبريت :** ويعد من مواد الفلكنة الأساس في تقسيـة أنـواع المطـاط ذات الـروابط المضاعفـة مثل مطـاط البوتـادايئين ، مطاط ستايرين ـ بوتادايئـين ، مطاط النتريـل ـ بوتـادايئين . ويضاف الكبريت عنـد درجات حرارة مرتفعـة إما علـى شكل عنصر (S) أو علـى شكـل مـركبات عضويـة مثـل ثنـائي كـبريت ثنـائي مـورفـوليل ، ٢ـ مـورفـولينوثنـائي كبريت بنـزوثيـازول ، ثنائي كبريت كـابرولاكتام ، رباعي سلفيد ثنـائي بنتاميثيلين ثيـورام ورباعي سلفيـد آيزوبروبيل كسانثيك.

ومن جانب آخر تستخـدم عوامل فلكنة أخرى مثل اليـوريثان ، فوق الأكـاسيد مثل فوق أكسيدثنـائي ـ ثالثي ـ البـوتيل وفوق أكسيـد ثنـائي الكيـوميل في تشكيل أنـواع المطـاط المشبع كلياً مثـل إيـلاستـوميرات إيثيلـين ـــ بروبلـين ، بوليمرات مشتركـــة إيثيلين ـ خـلات الفينيل ، كلوروبـرين ، كما تستخـدم الأكـاسيد المعـدنيـة مثل أكسيـد الزنك وأكسيد الماغنسيـوم كعوامل فلكنة في تشابك مطاط النيوبرين.

* **مسرِّعـات فلكنـة :** وهي مـواد تضـاف لزيادة سرعة وتنشيط عمليـة تشابك المطاط عند إضافة الكبريت له .

وتنقسم مسرِّعات الفلكنـة إلى مسرِّعات لا عضـويـة مثـل أكسيـد الماغنسيـوم وهيـدروكسيـد الكـالسيـوم وكبريتيـد الأنتمـون ، مسرِّعات عضـويـة مثل سلفين أميـدات وثيـازولات وثيورامـات وثنـائي ثيوكربـامات وغوانيدينات وثيـويوريات . وتتميز مسرِّعـات الفلكنة العضويـة عـن

اللاعضوية بما يلي :-

- زيادة معدل سرعة تفاعل تشابك المطاط مع الكبريت .
- تقليل زمن عملية الفلكنة .
- الحد من حدوث بعض التفاعلات الثانوية.
- إجراء فلكنة المطاط عند درجات حرارة منخفضة.

ويعتمد اختيار نوع المادة المسرِّعة على عدة عوامل منها خواص مواد الفلكنة ، نوعية المطاط المستخدم .. وغيرها .

* **منشِّطات ومثبِّطات :** تعرف المنشِّطات بأنها مواد كيميائية تزيد من فعاليات المواد المسرِّعة ومنها أكسيد الزنك وحامض السيتريك ، بينما تعرف المثبِّطات بأنها مواد تعمل على إبطاء معدل تفاعل التشابك لحدود معينة حتى يمكن التحكم في عملية الفلكنة. ويوجد نوعان للمثبِّطات هما:-

- مثبِّطات حامضية مثل أحماض الساليسيليك والبنزوئيك والماليئيك وبلاماء حامض الفثاليك .
- مثبِّطات أمينية مثل حلقي هكسيل ثيوفثال إيميد و N - نتروزوثنائي فينيل أمين.

ويعتمد نوع المثبِّط على نوع المطاط المستخدم ، المادة المسرِّعة ، درجة حرارة التشابك.

● مواد مالئة

المواد المالئة هي مواد كيميائية تضاف للمطاط لتحسين خواصه الميكانيكية مثل مقاومته للشد والتآكل والتشقق وغيرها. ومن أهم المواد المالئة المستخدمة في تصنيع المطاط ما يلي :-

* **أسود الكربون :** وتلعب خواصه الفيزيائية مثل حجم حبيباته ومساحة سطحها وبنيتها دوراً هاماً في عملية الفلكنة وتقوية المنتجات المطاطية.

* **مواد لا كربونية :** وهي مواد تشبه في مفعولها أسود الكربون إلا إنها تكسب المطاط ألواناً مختلفة كالأبيض والأحمر .. وغيرها طبقاً لنوعية المادة المضافة . وتستخدم حوالي ٣٠٪ وزناً من المواد اللاكربونية في تصنيع المطاط.

ومن أهم المواد اللاكربونية المستخدمة في تصنيع المطاط ما يلي :-

- الغضار : وهو عبارة عن بودرة يتراوح لونها بين الأبيض والكريمي وتبلغ كثافتها ٢,٦ جم/سم^3 وتحتوي على ١٪ رطوبة ، وتتركب كيميائياً من $2SiO_2 . 2H_2O . Al_2O_3$ ، ويوجد نوعان من الغضار هما : الصلب ويكسب السلعة المطاطية صلابة عالية في عمليات البثق ، والغضار اللين الذي يؤدي إلى ليونة السلعة المطاطية وسهولة بثقها .
- السيليكا ومضافات أخرى : وهي مواد تكسب المطاط صلادة ، وتتكون بصفة أساس من السيليكا مع ميركابتوبروبيل ثلاثي ميثوكسي سيلان وبس [٣- (ثلاثي ايتوكسي سيلايل)بروبيل] رباعي سلفان .

وتعتمدمجموعات التقسية في إضافتها على نوعية البوليمرات المطاطية الخام المستخدمة وعلى الصفات المطلوبة للمنتج النهائي.

- كربونات الكالسيوم : وتسمى أيضاً بالحجر الجيري ($CaCO_3$) وهي مادةمالئة تضاف لتبييض وتقوية المطاط .

● ملدِّنات ومنعِّمات

الملدِّنات والمنعِّمات (Softners) عبارة عن مواد كيميائية تضاف بكميات قليلة للمطاط لدمج المواد المالئة ، وتنعيم المطاط المفلكن ، وتسهيل التصنيع ، وتقوية قابلية عدم التشوه للمنتجات المطاطية ، ويمكن تصنيف المواد الملدنة والمنعمة إلى الأنواع التالية :-

* **مواد بترولية :** وهي مواد تعمل على تشتت أسود الكربون والمواد المالئة الأخرى، ومن أمثلتها الزيوت البترولية التي تحتوى إما على حلقات مشبعة (نفثينات) ، أو حلقات غير مشبعة (عطريات) ، أو حلقات ذات سلاسل جانبية مشبعة (برافينات).

ويعتمد اختيار المواد الملدِّنة والمنعِّمة على عدة عوامل منها مدى تأثيرها على خواص المطاط المفلكن ، طريقة تصنيعها ، خواصها الفيزيائية مثل اللزوجة والكثافة ونقطة الانسكاب ونقطة الأنيلين والتطايرية .. وغيرها من الصفات الأخرى.

* **منتجات الصنوبر :** وهي مواد منعِّمة تُستخلص من أشجارالصنوبر حيث تجمع وتقطر إما بالبخار للحصول على تربنتين الخشب أو بالتقطير الجزئي للحصول على تربنتين الصمغ ، وتحتوي التربنتينات الناتجة عن كلتا العمليتين على كمية جيدة من التربينات $(C_5H_8)_n$ التي تعد من المواد المنعِّمة للمطاط.

* **قطران الصنوبر :** وهو المادة المتبقية عن عملية تقطير صمغ الصنوبر ، وهي مادة منعمة جيدة ، كما أنها تساعد على تشتت أسود الكربون.

* **راتنجات صنعية :** وهي راتنجات هيدروكربونية ذات منشأ بترولي تعمل كمواد ملينة وتساعد على تشتت الأصباغ في المطاط.

* **الإسترات :** ومنها أديبات ثنائي أو كتيل وهي مواد تُكسب المطاط لدونة عند درجات حرارة منخفضة خاصة المطاط الأكثر قطبية مثل مطاط النيوبرين والبوتادايئين والأكريلونتريل.

* **الزيوت والدهون الطبيعية :** ومنها زيت بذر الكتان ، زيت بذر اللفت ، زيت العصفر وتستخدم في صناعة مطاط النيوبرين لتحسين لدونته عند درجات الحرارة المنخفضةوحمايته من تأثير غاز الأوزون .

● مساعدات التصنيع

مساعدات التصنيع عبارة عن مواد تضاف بكميات قليلة لتحسين إنتاج وتصنيع المنتجات المطاطية دون التأثير على الخواص الفيزيائية للمطاط المفلكن . ومن أهم مساعدات التصنيع ما يلي :

* **عوامل تصنيع :** وهي أكثر المواد استخداماً في صناعة المطاط ومنها راتنجات ذات أوزان جزيئية منخفضة ، أحماض دسمة ، إسترات لأحماض دسمة ، صوابين معدنية لأحماض دسمة.

وتعمل الأحماض الدسمة ومشتقاتها كمواد تزييت بين سلاسل البوليمر مؤدية إلى منع التصاق المطاط أثناء عملية الخلط والتشكيل ، كما تستخدم صوابين الأحماض الدسمة مثل ستيرات الزنك كطلاء سطحي للسلع المطاطية الخام .

* **عوامل منشِّطة ومشتِّتة :** وهي مواد كيميائية تعمل على تقليل الزمن والطاقة اللازمين لتحلل البوليمر ، تشتيت المواد الجافة ، زيادة نعومة السلع المطاطية ، تحسين معدلات البثق ، زيادة تجانس مخلوط المطاط.

ومن أهم العوامل المنشِّطة والمشتِّتة ريناسيت (خماسي كلوروثيوفينول مع مادة منشِّطة ومواد تشتيت) ، بيبتون ـ ٢٢ (ثنائي ـ أورثو ـ بنزأميدوفينيل ثنائي سلفيد) ، بيبتون ـ ٦٥ (٢ ـ بنزأميدوثيوفينات الزنك) .. وغيرها.

* **مواد ضد الأكسدة :** وهي مواد تضاف للمطاط لحمايته من تأثير أكسجين الهواء الجوي ، ومن أهم هذه المواد الأمينات مثل مشتقات نفثيل أمين وثنائي فنيل أمين وبارافنيلين ثنائي أمين ومشتقات ثنائي هيدروكينولين ، مشتقات الفينول مثل بيس فينول وثيوبيس فينول وبولي فينول وبولي هيدروكسي فينول ، ومركبات الفوسفيت مثل ترايز(نونيل فنيل) فوسفيت.

● مكونات متنوعة

تشتمل المكونات المتنوعة ـ التي تدخل في تصنيع المطاط ـ على عوامل إرغاء ، مانعات اللهب ، مواد ملونة ، عوامل ترابط ، مشتتات كيميائية وعوامل لفظ القالب .. وغيرها . ويمكن توضيح هذه المكونات على النحو التالي :ـ

* **عوامل إرغاء :** وهي مركبات كيميائية تستخدم بمفردها أو مع مركبات كيميائية أخرى للحصول على مطاط اسفنجي لين وخفيف ومقاوم للصدمات ، حيث تقوم هذه العوامل بانبعاث غازات تحدث فراغات في المطاط أثناء عملية تصنيعه ومن أهم عوامل الإرغاء بيكربونات الصوديوم ، سيمي باراتولوين سلفونيل ، كربازيد ، آزوثنائي كربون أميد ، ثنائي آزوأمينوالبنزين .. وغيرها.

* **مانعات اللهب :** وهي مواد تضاف للمطاط لتعزيز مقاومته للاشتعال أو الاحتراق ، وهي إما مركبات لاعضوية مثل كربونات الكالسيوم ، كربونات الماغنسيوم ، هيدروكسيد الألمنيوم ، أكسيد الأنتمون ، فوسفات الأمونيوم .. وغيرها ، أو مركبات عضوية مثل برافينات مكلورة ، عطريات مكلورة .. وغيرها .

* **مواد ملونة :** وهي مركبات كيميائية تضاف للمطاط لإكسابه ألواناً مختلفة ، وتصنف المواد الملونة إلى نوعين هما :ـ

ـ ملونات لاعضوية مثل ثنائي أكسيد التيتانيوم وأكسيد الزنك والليثبون ـ اللون الأبيض ، أكسيد الحديد وسلينيوم سلفيد الكادميوم ـ اللون الأحمر ، سلفيد الكادميوم وكرومات الرصاص وأكسيد الحديد ـ اللون الأصفر ، أكسيد الكروم ـ اللون الأخضر ، أزرق الحديد وأزرق الكوبالت ـ اللون الأزرق ، اكاسيد الحديد ـ اللون البني.

ـ ملونات عضوية : مثل بيرازولين الأحمر ـ اللون الأحمر ، ثنائي أريليد ـ اللون الأصفر، ثنائي اسينزيدين ـ اللون البرتقالي ، مركبات فثالوسيانين ـ اللونين الأزرق والأخضر.

* **مواد ترابط :** وتوجد على شكل محاليل أو بوليمرات مشتتة ، ومن أهمها مركبات الآيزوسيانات ، راتنجات مطاط الريزورسينول ـ فورمالدهيد.

* **مشتِّتات كيميائية مطاطية :** وهي مواد تتشتت في مادة الترابط البوليمرية ، وتستخدم إما بمفردها أو مع مواد أخرى. ومن أمثلة هذه المشتِّتات مطاط الإيثيلين ـ بروبيلين ، مطاط بولي آيزوبوتيلين ، مطاط ستايرين بوتادايئين ، مطاط النتريل.

* مانعات الالتصاق : وهي مواد تستخدم لمنع التصاق المادة المطاطية في قالب التشكيل أثناء عملية القولبة ، كما أنها تعمل على تحسين ملء القالب . وتستعمل هذه المواد إما مباشرة على القالب مثل الميكا ، التالك ، الصابون ، زيوت السيليكون ، زيوت بولي جليكولات ، الشموع ، الدهون .. وغيرها ، أو تضاف إلى خلطة المطاط قبل تشكلها مثل ستيرات معدنية.

تشكيل المطاط

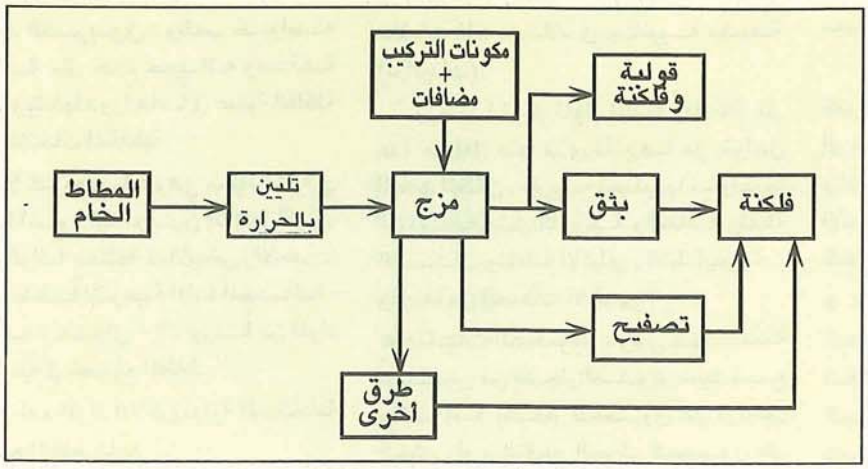
تعد إطارات وهياكل وسائل النقل ، خراطيم المياه ، عوامات السباحة ، خزانات الوقود ، تجهيزات الألعاب الرياضية ، الأحذية .. وغيرها من أهم منتجات تشكيل المطاط ، وتتم عملية التشكيل بإجراء عدة خطوات ، شكل (١) ، يمكن توضيحها كالتالي :ـ

● إجراء الاختبارات الأولية على خام المطاط مثل تحديد الكثافة ، اللزوجة ، درجة حرارة التصلب ، الثباتية الكيميائية .. وغيرها.

● تليين المطاط الخام غير المتشابك في خلاطات عند درجات حرارة معينة تتناسب مع نوعية المطاط المستعمل.

● خلط المكونات الأساس للمطاط مثل مواد الفلكنة والمواد المالئة والملينات والأصباغ والمواد المانعة للتأكسد .. وغيرها من المضافات ومواد التصنيع الأخرى مع المطاط الخام الملينً في خلاطات .

● تشكيل (قولبة) المطاط ، ويتم إما على مرحلة واحدة حيث يحقن المطاط غير المفلكن إلى داخل فراغ القالب ذي الشكل النهائي المرغوب فيه ثم تجرى له عملية فلكنة للحصول على المنتج النهائي ، أو على مرحلتين تتمثل المرحلة الأولى في تشكيل القالب (المنتج) ، بينما تتمثل المرحلة الثانية في تقسية القالب عن طريق تسخينه بوساطة الهواء الساخن أو تشعيعه ، وتتم عمليات التشكيل بعدة طرق مختلفة منها الحقن و البثق والانضغاط والتصفيح . . . وغيرها .



● شكل (١) مخطط مبسط لخطوات تشكيل المطاط .