

Ministry of Higher Education  
and Scientific Research  
University of Babylon  
College of Engineering

**INVESTIGATION OF PARAMETERS AFFECTING  
ADHESION BETWEEN METAL WIRE  
AND NYLON FIBER TO RUBBER**

**A thesis submitted by:**

*Haider Ghazi Hasan*

**To the Council of the College of Engineering –University of  
Babylon as a Partial Fulfillment of the Requirements for  
the Degree of Master in Science of Material Engineering**

## ABSTRACT

The mechanism of hardening is based on improving adhesion between nylon and metal wire.

The samples were prepared by the same technique which employed by the General Company for Tyres Industry in Al-Najaf Al-Ashraf with different content sulfur and carbon black, vulcanization treatment and adhesion test were conducted, in addition of the effects different content of cobalt stearate on adhesion were evaluated. The effects of atmospheric condition were also examined.

It was found that resin (RF) shows high increase in adhesion. The value of (116 N) was observed compared to (40 N) in the case of metal wire, while (140 N) for nylon compared to (80 N), i.e. an improved of (76%) for nylon and (36%) for metal wire is achieved.

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
جامعة بابل  
كلية الهندسة

# دراسة العوامل المؤثرة في تلاصق الأسلاك المعدنية وألياف النايلون بمطاط الإطار

رسالة مقدمة إلى  
قسم هندسة المواد في كلية الهندسة / جامعة بابل  
كجزء من متطلبات نيل درجة الماجستير في هندسة المواد  
من قبل

حيدر غانري حسن الزبيدي

إشراف

الأستاذ المساعد

الأستاذ الدكتور

محمد حمزة دحام المعموري

عبد الواحد كاظم مراجع

أيلول ٢٠٠٢ م

رجب ١٤٢٣ هـ

# بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

﴿ اقْرَأْ وَرَبُّكَ الْأَكْرَمُ \* الَّذِي عَلَّمَ  
بِالْقَلَمِ \* عَلَّمَ الْإِنْسَانَ مَا لَمْ يَعْلَمْ ﴾

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

الآيات ( ٣ - ٥ )

سورة العلق

# الإهداء

إلى من تعلمني الصبر وتمنحني الأمل ...

أمي

إلى سندي ...

أخواتي الفاضلات

حيدر

**بسم الله الرحمن الرحيم**

## **إقرار المشرفين**

نشهد أن إعداد هذه الأطروحة ( دراسة العوامل المؤثرة في تلاصق الأسلاك المعدنية وألياف النايلون بمطاط الإطار ) قد جرت تحت إشرافنا في جامعة بابل - كلية الهندسة وهي جزء من متطلبات نيل درجة الماجستير في هندسة المواد .

**المشرف**

**أ.م. محمد حمزة دحام**

**المشرف**

**أ.د. عبد الواحد كاظم راجح**

**توصية رئيس القسم**

إشارة إلى التوصية المقدمة من قبل الأستاذ الدكتور عبد الواحد كاظم راجح والأستاذ المساعد محمد حمزة دحام المعموري ، أحيل هذه الرسالة الى لجنة المناقشة لدراستها وبيان الرأي فيها .

**الدكتور تحسين علي حسين الحطاب**

**المرتبة العلمية : أستاذ مساعد**

**رئيس قسم هندسة المواد**

## بسم الله الرحمن الرحيم قرار اللجنة

نشهد بأننا أعضاء لجنة المناقشة قد اطلعنا على الرسالة الموسومة ( دراسة العوامل المؤثرة في تلاصق الأسلاك المعدنية وألياف النايلون بمطاط الإطار ) المقدمة من قبل الطالب ( حيدر غازي حسن الزبيدي ) ، وقد ناقشنا الطالب في محتوياتها وفيما له علاقة بها وقررنا قبولها لنيل درجة الماجستير في هندسة المواد بتقدير ( امتياز ) .

محمد حمزة المعموري  
عضو ( مشرف )  
أستاذ مساعد

د. عبد الواحد كاظم راجح  
عضو ( مشرف )  
أستاذ

د. سهامة عيسى صالح  
عضو  
مدرس

د. قيصر مسلم عبد علي  
عضو  
أستاذ مساعد

د. صلاح محسن عليوي  
رئيس اللجنة  
أستاذ

مصادقة رئيس قسم هندسة المواد .

أ.م. د. تحسين علي حسين

مصادقة عمادة كلية الهندسة .

أ. د. عبد الأمير سهم رسن

الحمد لله رب العالمين والصلاة والسلام على اشرف الأنبياء والمرسلين سيدنا محمد وعلى آله وصحبه ومن والاه إلى يوم الدين وبعد ...  
يسرني وقد أنهيت إعداد رسالتي أن أسجل فائق شكري وتقديري إلى الأستاذ الدكتور عبد الواحد كاظم راجح والأستاذ المساعد محمد حمزة دحام بما بذلاه من جهود علمية مخلصه وآراء وتوجيهات سديدة كان لها الفضل في إنجاز البحث .

كما أتقدم بالشكر إلى الدكتور مهدي حسين حلّيم والست انتصار عبد الحميد وجميع العاملين في المختبرات المركزية وشعبة البحث والتطوير في الشركة العامة لصناعة الإطارات في النجف الأشرف لتوفيرهم كافة مستلزمات إكمال البحث . ويسرني أن أتقدم بالشكر إلى الأخ المهندس محمد عباس خليل من مكتب السحاب لجهوده في إظهار البحث بشكله النهائي . ولا يفوتني أن أقدم شكري وتقديري إلى كل من مديد العون والمساعدة جزاه الله عني خير الجزاء داعين الله تعالى أن يوفقني والجميع لما فيه الخير .

**الباحث**

## الخلاصة

جرى تحضير عجنات عديدة بنسب كبريت وأسود كاربون مختلفة باستخدام السياقات المتبعة في الشركة العامة لصناعة الإطارات في النجف الأشرف أولاً ، وإجراء التعاملات اللاحقة التي شملت الفلكنة ، وقياس قوة التلاصق ، والاختبارات التي أجريت للنماذج المحضرة حسب السياقات في الشركة وكان التحسن فيها طفيفاً . كما تمّ دراسة تأثير ستيارات الكوبلت بنسب وزنية مختلفة على قوة التلاصق للأسلاك ، بالإضافة الى ظروف الفلكنة والتي شملت درجة حرارة وزمن الفلكنة ، فضلاً عن تأثير الظروف الجوية .

أظهر راتنج (RF) ارتفاعاً كبيراً في قوة التلاصق . إذ بلغت ( 616 N ) مقارنة بـ ( 450 N ) في حالة الأسلاك . بينما بلغت ( 140 N ) مقارنة بـ ( 80 N ) في حالة النايلون . أي أن نسبة التحسن بلغت ( 76% ) في حالة النايلون و ( 36% ) في حالة الأسلاك .

## المقدمة Introduction

يدخل في تقوية الإطارات نوعان من المواد هما :

### أولاً : الأسلاك الفولاذية

تستخدم الأسلاك الفولاذية في صناعة الإطارات لغرض تقويتها ( Reinforcement ) وتعزيز استقرار الخواص الميكانيكية ( Mechanical Stability ) .

ان أسلاك الفولاذ لا تلتصق بالمطاط لذلك فان هذه الأسلاك تطلّى بالنحاس او البراص او البرونز لغرض الحصول على تلاصق بينهما .

يحصل التلاصق بين مركب المطاط والأسلاك المطلية نتيجة تفاعل النحاس الموجود في ( النحاس ، البراص ، البرونز ) مع الكبريت الموجود في مركب المطاط لتكوين كبريتيد النحاس (  $Cu_2S$  ) عند السطح البيني أثناء عملية الفلكنة [١] .

ان أكاسيد وهيدروكسيدات النحاس والزنك تتكون إضافة الى كبريتيد النحاس عند السطح البيني [١] . وان هذه الأكاسيد والهيدروكسيدات تتكون من خلال تفاعل البراص مع الماء المتبقي والهواء الموجود في مركب المطاط [١] .

نتيجة لما تقدم فان خواص التلاصق بين مركب المطاط والأسلاك المطلية تعتمد اعتماداً كبيراً على حالة وتركيب السطح البيني لذلك فان السيطرة على تركيب وسمك الطلاء وتركيب وظروف الفلكنة لمركب المطاط مهمة للحصول على استقرارية التلاصق عند السطح البيني [١] .

### ثانياً : ألياف النسيج

تستخدم ألياف النسيج ( Textile fibers ) في الصناعات المطاطية لزيادة مقاومتها ( Strength ) واعطائها استقرارية في الأبعاد ( Dimensional stability ) . تقسم الألياف على نوعين رئيسيين هما طبيعية وصناعية [٢] .

تستخدم ألياف النسيج في صناعة الإطارات لزيادة مقاومتها للأحمال والصدمة ( Impact ) والضغط ( Pressure ) [٢] .

حتى الحرب العالمية الثانية كان القطن ( Cotton ) هو النسيج الأساس المستخدم في صناعة الإطارات .

إن تلاصق ألياف القطن مع المطاط جيد بسبب احتواء النسيج القطني على عدد وفير من نهايات الألياف التي تتأ ( Protruded ) من سطح النسيج ، ومن ثم إعطاء ترابط ميكانيكي جيد [٣] . وفي عام ١٩٤٧ أدخلت الألياف الصناعية في صناعة الإطارات .

## هدف البحث

تهدف هذه الدراسة إلى تحسين أداء إطار بابل وذلك بزيادة قوة التلاصق بين عجنة المطاط ومواد التقوية ، التي تتضمن أسلاك الفولاذ وألياف النايلون بصورة رئيسة .

وذلك من خلال دراسة أنسب الظروف ، مثل زمن ودرجة حرارة الفلكنة ، النسب المثلى للكبريت ولأسود الكربون ، ولعناصر الربط ، فضلاً عن الظروف الجوية .

## فهرس المحتويات

الصفحة	الموضوع	التسلسل
أ	الخلاصة	
ب	المقدمة	
ث	هدف البحث	
ج	فهرس المحتويات	
<b>الفصل الأول : الجزء النظري</b>		
١	المطاط	١-١
١	المطاط الطبيعي	١-١-١
٢	مطاط الستايرين – البيوتادايين	٢-١-١
٤	مطاط البولي – البيوتادايين	٣-١-١
٥	مطاط البيوتاييل	٤-١-١
٥	المطاط المعاد	٥-١-١
٦	مواد التقوية	٢-١
٦	الأسلاك الفولاذية	١-٢-١
٨	تصنيع الأسلاك الفولاذية	١-١-٢-١
٩	طلاء الأسلاك	٢-١-٢-١
١٠	الألياف الصناعية	٢-٢-١
١٠	النايلون ٦٦	١-٢-٢-١
١١	تحضير النايلون ٦٦	٢-٢-٢-١
١٤	معاملة التغطيس للنايلون ٦٦	٣-٢-٢-١
٢٠	التلاصق	٣-١
٢٠	نظريات التلاصق	١-٣-١
٢١	نظرية الانتشار	١-١-٣-١
٢١	النظرية الالكتروستاتيكية	٢-١-٣-١
<b>الصفحة الموضوع التسلسل</b>		
٢٢	نظرية الامتزاز	٣-١-٣-١
٢٤	العوامل المؤثرة على قوة التلاصق بين المطاط ومواد التقوية	٤-١
٢٤	الفلكنة	١-٤-١
٢٥	درجة حرارة الفلكنة	١-١-٤-١
٢٦	زمن الفلكنة	٢-١-٤-١
٢٧	الكبريت	٢-٤-١
٣٠	أسود الكربون	٣-٤-١
٣٢	التقوية أو التسليح باستخدام أسود الكربون	١-٣-٤-١

٣٥	الظروف الجوية	٤-٤-١
٣٥	التعتيق	١-٤-٤-١
٣٥	الرطوبة	٢-٤-٤-١
٣٦	عناصر الربط	٥-٤-١
٣٦	ملح الكوبلت	١-٥-٤-١
٣٧	الراتنجات	٢-٥-٤-١
٣٧	راتنج الـريزورسينول فورمالديهايد ( RF )	١-٢-٥-٤-١
٤٠	عجنت فحص التلاصق بين المطاط ومواد التقوية	٥-١
٤٠	عجنت فحص تلاصق المطاط مع الأسلاك والمعتمدة من قبل الشركة	١-٥-١
٤١	المطاط الطبيعي	١-١-٥-١
٤١	منشطات الفلكنة	٢-١-٥-١
٤١	حامض الستياريك	١-٢-١-٥-١
٤١	أوكسيد الزنك	٢-٢-١-٥-١
٤٢	الكبريت	٣-١-٥-١
٤٢	أسود الكربون	٤-١-٥-١
<b>الصفحة</b>	<b>الموضوع</b>	<b>التسلسل</b>
٤٢	المعجلات	٥-١-٥-١
٤٢	المبطئات	٦-١-٥-١
٤٢	راتنج فينولي لزج	٧-١-٥-١
٤٣	مضادات الأوزون	٨-١-٥-١
٤٣	زيت العمليات	٩-١-٥-١
٤٤	عجنت فحص تلاصق المطاط مع نسيج النايلون والمعتمدة من قبل الشركة	٢-٥-١
٤٥	مراجعة الأدبيات	٦-١
	<b>الفصل الثاني : الجزء العملي</b>	
٤٧	العجنت التجريبية لاختبار تلاصق المطاط مع الأسلاك	١-٢
٤٩	الاختبارات	١-١-٢
٥٢	فحوصات جهاز الشد	١-١-١-٢
٥٢	تحضير نموذج الفحص	١-١-١-١-٢
٥٥	اختبار الصلادة	٢-١-١-٢
٥٦	تحضير نماذج التلاصق	٣-١-١-٢
٥٨	اختبار التلاصق	١-٣-١-١-٢
٥٨	ظروف الفلكنة	٢-١-٢
٥٨	درجة حرارة الفلكنة	١-٢-١-٢

٥٩	زمن الفلكنة	٢-٢-١-٢
٦٠	الكبريت	٣-١-٢
٦١	أسود الكربون	٤-١-٢
٦٢	سترات الكوبلت	٥-١-٢
٦٣	الظروف الجوية	٦-١-٢
٦٣	التعتيق	١-٦-١-٢
<b>الصفحة</b>	<b>الموضوع</b>	<b>التسلسل</b>
٦٣	الرطوبة	٢-٦-١-٢
٦٤	الراتنج RF	٧-١-٢
٦٥	العجنة التجريبية لاختبار تلاحق المطاط مع نسيج النايلون	٢-٢
٦٥	تحضير نموذج التلاحق	١-٢-٢
٦٨	الكبريت	٢-٢-٢
٦٩	أسود الكربون	٣-٢-٢
٧٠	الظروف الجوية	٤-٢-٢
٧٠	التعتيق	١-٤-٢-٢
٧٠	الرطوبة	٢-٤-٢-٢
٧١	الراتنج RF	٥-٢-٢
	<b>الفصل الثالث</b>	
٧٢	المواصفات المعتمدة من قبل الشركة لعجنة التلاحق IK ٤١٠٠	١-٣
٨٨	المواصفات المعتمدة من قبل الشركة لعجنة التلاحق IK ٤١٠٥	٢-٣
	<b>الفصل الرابع : المناقشة</b>	
٩٤	عجنة التلاحق ( IK ٤١٠٠ )	١-٤
١٠٠	عجنة التلاحق ( IK ٤١٠٥ )	٢-٤
	<b>الفصل الخامس : الاستنتاجات والتوصيات</b>	
١٠٢	الاستنتاجات	
١٠٣	التوصيات	
١٠٤	المصادر	
A	ملخص باللغة الإنكليزية	

## ١-١ المطاط

تساهم البوليمرات المرنة (المطاطية) بقدر كبير في التطور المعاصر، إذ يعدّ المطاط الأساس في صناعة إطارات السيارات والطائرات، ويعدّ الكثير من الأجزاء المطاطية من الأجزاء المكتملة للعديد من الصناعات التي يصعب حصرها بدءاً من الأصماغ واللواصق وانتهاءً بالصناعات الكهربائية وتراكيب الصواريخ الخاصة بالرحلات الفضائية.

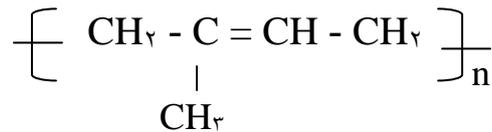
ان للمطاط صفات متميزة كالاستطالة (Elongation) وقابليته على التمدد والتقلص (Resilience). إن هذه الصفات تعتمد على مرونة الجزيئات ذات السلاسل الطويلة الموجودة في وضعيات ملتفة على بعضها بصورة عشوائية بحيث ان معدل المسافة بين نهايتي جزيئة البوليمر أقل بكثير من المسافة عندما تكون الجزيئة في الوضعية الممتدة.

خلال الحرب العالمية الأولى وما بعدها تم اكتشاف العديد من المطاط الصناعي، وفي الآونة الأخيرة أخذت كمية المطاط الصناعي تفوق المطاط الطبيعي، وذلك لارتفاع أسعار المطاط الطبيعي وبسبب التطور الكبير الذي طرأ على تكنولوجية إنتاج المطاط الصناعي. وفيما يلي بعض أنواع المطاط المستخدمة في صناعة الإطارات.

### ١-١-١ المطاط الطبيعي (SMR-٢٠) Natural Rubber

تعدّ ماليزيا من أكثر الدول في العالم إنتاجاً للمطاط الطبيعي. ويكون المطاط الطبيعي على هيئة مادة حليبية تتصلب عند تخثرها (Coagulation). يستخرج المطاط الطبيعي من الأشجار، وذلك بفتح شق في الشجرة فيخرج السائل الحليبي، ولغرض منع تصلب المطاط وتخثره يجب إضافة مادة مثبتة للمستحلب [٤].

أما من الناحية الأيزوميرية فان المطاط الطبيعي يتكون من عدد كبير من وحدات الأيزوبرين Polyisoprene ذي الوزن الجزيئي العالي والذي تكون فيه جميع وحدات الأيزوبرين بهيئة ١,٤ سس (Cis ١,٤). والمعادلة (١-١) تبين التركيب الكيميائي للمطاط الطبيعي [٥].



المعادلة (١-١) التركيب الكيميائي للمطاط الطبيعي



تساوي (  $-100^{\circ}\text{C}$  ) ، وكما يظهر شيء من التبلور عند سحبه إلى ( ٢٠٠٪ ) من طوله الأصلي .

أما تركيب ( Trans ١,٤ ) فإنه يختلف عن ذلك من حيث كونه صلباً وغير مرن ويتبلور دون استطالة ، كما تصعب إذابته في المذيبات التقليدية .

يتضح من ذلك ( Cis ١,٤ ) هو التركيب المسؤول عن جميع الصفات المطاطية الجيدة وان زيادة نسبته في تركيب SBR يؤدي إلى تحسين نوعية المطاط المنتج .

ينتج مطاط SBR في الوقت الحاضر بإحدى الطرق التكنولوجية الآتية [٨].

١- البلمرة المستحلبة الحارة Hot emulsion polymerization

٢- البلمرة بالمحلول Solution polymerization

٣- البلمرة المستحلبة الباردة Cold emulsion polymerization

وهذه الطريقة الأخيرة التي ينتج بواسطتها مطاط SBR ، والذي يدخل أحد أنواعه وهو SBR١٥٠٢ في عجنة تلاصق المطاط مع نسيج النايلون .

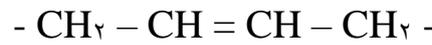
إن مطاط SBR١٥٠٢ عبارة عن كوبوليمر من الستايرين بنسبة وزنية ٢٥٪ والباقي بيوتاديين .

### ٣-١-١ مطاط البولي بيوتاديين Poly Butadiene Rubber

يأتي مطاط البولي بيوتاديين بالمرتبة الثانية بعد مطاط الـ ( SBR ) من حيث معدل الاستهلاك ، ويعود ذلك إلى بعض مواصفاته المرغوبة مثل مقاومة الحك ( Abrasion systems ) ومقاومته لتكوين الشقوق ( Crack resistance ) وإلى صفات التمدد والتقلص ( Resilience ) الممتازة ومرورته العالية عند درجات الحرارة الواطئة . يتكون مطاط البولي بيوتاديين من بلمرة البيوتاديين بواسطة الصوديوم .

ان الاستخدام الرئيسي على النطاق الصناعي للبولي بيوتاديين هو في صناعة الإطارات ، وخاصة عند مزجه بنسب محددة مع المطاط الطبيعي ومطاط ( SBR ) أو مع مطاط النيوبرين ( Neoprene Rubber ) ، وذلك لغرض الاستفادة من الخواص المرغوبة لمطاط البيوتاديين [٤] .

والمعادلة ( ١ - ٣ ) يبين التركيب الكيميائي لمطاط البولي بيوتاديين



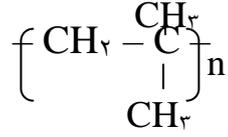
المعادلة ( ١ - ٣ ) التركيب الكيميائي لمطاط البولي بيوتاديين

### ٤-١-١ مطاط البيوتائل Butyl Rubber

ان المطاط البيوتائيلى هو المطاط الناتج من بلمرة الأيزوبيوتين بواسطة البلمرة الكاتيونية ( Cationic polymerization ) باستخدام عوامل مساعدة .

يتكون تركيبه الكيميائي من كوبوليمرات الأيزوبيوتين - أيزوبرين ( نسبة لايزوبرين ) ( ٠.٦ - ٣.٥ ) % .

والمعادلة ( ١ - ٤ ) يبين التركيب الكيميائي لمطاط البيوتاييل .



المعادلة ( ١ - ٤ ) التركيب الكيميائي لمطاط البيوتاييل

يتميز مطاط البيوتاييل ببعض الخواص المرغوبة منها مثلاً :

- ١ . نفاذيته القليلة جداً للغازات .
- ٢ . ثباته الحراري العالي نسبياً .
- ٣ . مقاومته العالية للأكسدة والأوزون والظروف الجوية الأخرى .
- ٤ . معامل الاحتكاك العالي نسبياً .
- ٥ . مقاومته الجيدة لفعل المواد الكيميائية والرطوبة .

ان النفاذية الواطئة للمطاط البيوتاييلي جعلت من هذا المطاط مادة مناسبة لصناعة الأنابيب الداخلية للإطارات أو لطلاء الطبقة الداخلية من الإطارات غير الانبوبية ( Tubeless tires ) ، ان المطاط البيوتاييلي ينافس حتى المطاط الطبيعي في هذا المجال [٤] .

## ١-١-٥ المطاط المعاد Reclaim

يستخدم المطاط المعاد في صناعة الإطارات بوصفه حشوة تساهم في تقوية المطاط ولو بصورة ثانوية .

## ١-٢ مواد التقوية

### ١-٢-١ الأسلاك الفولاذية Steel Wires

تستخدم الشركة العامة لصناعة الإطارات نسيج فولاذي ( Steel cord ) يتكون مركز ( Core ) النسيج من سلكين متوازيين وبقطر ( ٠.٢٨ mm ) ومطليين بالبراص بيرم حول هذا بين السلكين سلكان آخران وبنفس القطر أيضا ، ومطلية بالبراص للحصول على النسيج الفولاذي ويرمز له ( ٠.٢٨ mm \* ٢+٢ ) ، وكما موضح في الشكل ( ١ - ١ a ) .

ان النسيج الفولاذي ( Steel cord ) يستخدم بصورة واسعة في صناعة الاحزمة الناقلة وفي صناعة الإطارات الشعاعية سواء للسيارات الصغيرة او الشاحنات الكبيرة ، وكما موضح في الشكل ( ١ - ١ b ) .

الشكل ( ١ - ١ ) : النسيج الفولاذي  
a- أسلاك التسليح .  
b- الأحزمة الناقلة .

والجدول ( ١ - ١ ) يبين المواصفات المعتمدة من قبل الشركة للنسيج الفولاذي .

الجدول ( ١ - ١ ) مواصفات النسيج الفولاذي

	المتوسط	الأقصى	الأدنى
القطر ( ملم )			
النسيج	٠.٦٨	٠.٨٤	٠.٥٢
سلك القلب	٠.٢٨	٠.٢٩	٠.٢٧
سلك الصغيرة	٠.٢٨	٠.٢٩	٠.٢٧

### ١-١-٢-١ تصنيع الأسلاك الفولاذية Manufacture of steel wires

تصنع الأسلاك الفاصلة او البريكر Breakers المستخدمة في البحث من قضبان من الفولاذ العادي الكاربون بنسبة كاربون ( ٠.٧٥ - ٠.٨٥ % ) وبأقطار تتراوح بين ( ٥ - ٥.٥ mm ) بطريقة الدرفلة على الساخن Hot Rolling [٢]. ان طبقة الأوكسيد ( Oxide film ) الناتجة من الدرفلة تزال بطريقة كيميائية ( Chemical method ) تتضمن :

- تنظيف السطح بحامض الهيدروكلوريك HCl .
- الغسل بالماء .
- التجفيف Drying .

وهناك طريقة ميكانيكية ( Mechanical method ) تتكون عادة من اسطوانة دوارة أو فرشاة .

يسحب القضيب إلى قطر ( ٢.٣ mm ) قبل ان يعامل حراريا ، بعد ذلك يبرد ببطء لتغير بنيته المجهرية الى تركيب برلايتي ( Pearlite structure ) .

يسحب القضيب الى قطر ( ١.٨ - ٠.٦ mm ) ويعامل حراريا بدرجة ( ٩٠٠ - ١٠٠٠ C° ) وذلك بإمراره خلال الفرن .

بعد ذلك يبرد في منصهر الرصاص ( Molten lead ) عند درجة حرارة ( ٥٠٠-٦٠٠ C° ) او في سائل ( Fluidized bed ) بدرجة حرارة ( ٤٥٠-٥٢٠ C° ) ان المعاملة الحرارية أعلاه تدعى بـ ( Patenting ) وهي تمنح السلك استجابة للسحب على البارد ( Cold working ) مع مقاومة شد تقدر بـ ( ١١٥ - ١٤٠ kg / mm<sup>٢</sup> ) مع متانة عالية .

ان الأسلاك المعاملة بـ ( Patenting ) تنظف ميكانيكيا ثم تغسل بحامض الكبريتيك ثم بالماء قبل عملية الطلاء [٢] .

## ٢-١-٢-١ طلاء الأسلاك Wires Coating

تطلى الأسلاك بالبراص وبتركيب ( ٦٠ - ٧٠ % ) نحاس ، و ( ٣٠ - ٤٠ % ) زنك وبوزن طلاء ( ٨ - ٤ g/kg ) .  
 ان الأسلاك المطلوبة تسحب على البارد للحصول على أسلاك بقطر ( ٠.١٥ - ٠.٤٠ mm ) . ان الأسلاك المسحوبة سوف تمتلك مقاومة شد عالية تتراوح بين ( ٢٤٠ - ٣٠٠ kg/mm<sup>٢</sup> ) . والجدول ( ١ - ٢ ) يبين تركيب وسمك ووزن الطلاء للأسلاك الفولاذية المعتمدة من قبل الشركة .

الجدول ( ١ - ٢ ) مواصفات الطلاء

التركيب	% Cu/Zn	٦٤ / ٣٦	٦٧ / ٣٣	٦١ / ٣٩
الوزن	غم / كغم	٣.٩	٥.١	٢.٧
السمك	مايكرون	٠.٢٥	٠.٣٣	٠.١٧

ان هذه الأسلاك تبرم ( Twisted ) الى مجاميع تسمى بـ ( Strands ) ، وان عملية البرم تتم باستخدام ماكينة برم ( Twisting machine ) .  
 ان الـ ( Strands ) تحتوي على أسلاك تتراوح بين ( ٢ - ١٤ ) سلك تتجمع معا للحصول على ( Cables ) او النسيج ( Cord ) والتي تحتوي بدورها بين ( ٣ - ٧ ) ( Strands ) .

## ٢-٢-١ الألياف الصناعية Synthetic Fibers

يعود اكتشاف الألياف الصناعية الى القرن السابع عشر ، غير ان البداية الحقيقية للألياف الصناعية غير المعتمدة على مصادر طبيعية هي انتاج الألياف الصناعية من البولي استرات والنايلون ، تعود الى عام ١٩٣٥ من قبل العالم ( Carothers ) الذي أطلق اسم النايلون على البولي اميدات والتي لا تزال تدعى بهذا الاسم تخليداً لهذه الاكتشافات .

تشمل الألياف الصناعية صنفين رئيسيين هما : الألياف التي تنتج من البولييمرات الطبيعية المحورة والبولييمرات التي تحضر صناعياً من مواد أولية اساسية مثل البترول والغاز الطبيعي . من الأمثلة على النوع الأول : خلات السليلوز والرايون ( Rayon ) ، ومن الأمثلة على الصنف الثاني : البولي أميدات والبولي استرات وغيرها .

يقصد بالألياف ( Fibers ) التراكيب الخيطية التي تكون نسبة الطول الى القطر أكثر من ( ١٠٠ ) على أن تتسم ببعض الخواص الفيزيائية والميكانيكية والتي تجعلها مناسبة للاستخدام [٤] .

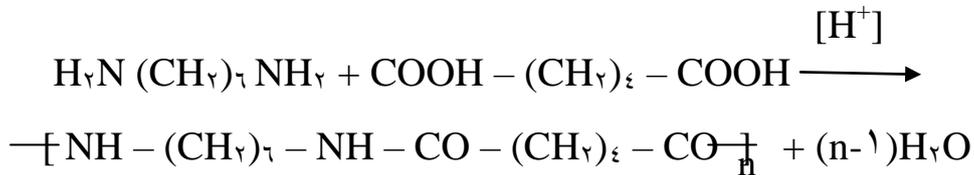
### ١-٢-٢-١ النايلون ٦٦ Nylon ٦٦

لقد وضعت كلمة نايلون ( Nylon ) للتعبير عن البولي أميدات الصناعية ، وتوصف المواد النايلونية بنظام الترقيم الذي يدلّ على عدد ذرات الكربون في الوحدات المونيمرية في السلاسل ، فمثلاً يمثل النايلون ٦٦ البوليمر المتكون من الهكسامثلين داي أمين وحامض الأديبيك ( Adipic acid ) ، ويمثل النايلون ٦١٠ البوليمر المتكون من الهكسامثلين داي أمين وحامض السيباسيك (Sebacic acid) . ان أهم المواد النايلونية من الناحية التجارية هي نايلونات ٦ ، ٦٦ ، ٦١٠ ، ١١ ( بولي ω - حامض الأنديكانويك الأميني ω- amino-undecanoic acid ) وكوبوليمراتها .

يُعدّ النايلون ( ٦٦ ) أهم أنواع ( Polyamide ) من وجهة النظر الاقتصادية . يوصف النايلون ٦٦ بشكليه الليفي واللدائي بامتلاكه مجموعة من الخواص المترابطة : قوة شد عالية ومرونة وصلابة عاليتين ومقاومة للقشط والتهرؤ ، ويحتفظ بخواص ميكانيكية جيدة الى درجة حرارة ( ١٥٠ C° ) ، وتبقى كل من المرونة والصلابة جيدة بدرجة حرارة واطئة . يستخدم النايلون في التطبيقات كألياف وكمواد بلاستيكية ، وتبلغ درجة انصهاره ( ٢٦٥ C° ) .

### ٢-٢-٢-١ تحضير النايلون ٦٦ Nylon ٦٦ Preparation

يحضّر النايلون ( ٦٦ ) بطريقة بلمرة التكثيف ( Condensation Polymerization ) بتكثيف حامض الادبيك ( Adipic acid ) والهكسامثيلين داي أمين ( Hexamethylene diamine ) ، وكما في المعادلة ( ١ - ٥ ) [١١] .



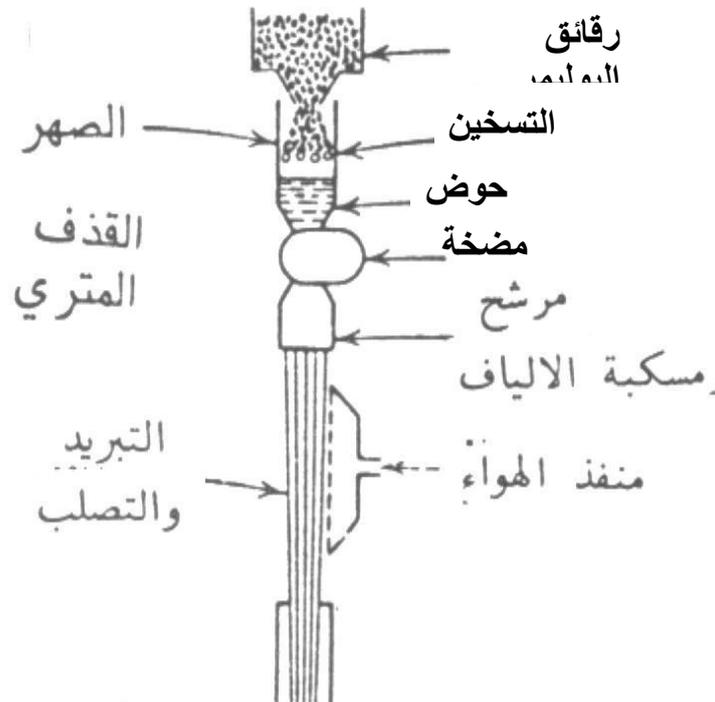
المعادلة ( ١ - ٥ ) التركيب الكيماوي للنايلون ٦٦

تبدأ العملية أولاً بتحضير ملح النايلون ، تذوب المادتان في منصهر الميثانول ( Boiling methanol ) وينتج من العملية ملح النايلون ( Nylon salt ) . تجري عملية إعادة تبلور لملاح النايلون بمروره بسلسلة من أوعية تفاعل تتكون من الماء والشحنة . ان بلمرة التكثيف تبقى مستمرة وذلك بإزالة الماء الناتج في كل خطوة بالسيطرة على درجة الحرارة والضغط .

ان الوزن الجزيئي الذي يبلغ بحدود ( ١٢٠٠٠ - ٢٠,٠٠٠ ) غم/مول ، تتم السيطرة عليه بإضافة ١% من حامض الخليك ( Acetic acid ) هذه العملية تعطي للمنصهر لزوجة تجعله يتقبل الغزل الى ألياف بسهولة .

إن البوليمر المنصهر يدفع إلى ماكينة الغزل ( Spinning machine ) ، وتمر الألياف المبتوقة ( Emerging ) من المغزل إلى أسفل خلال منطقة الإخماد ( Quenching zone ) حيث يبرد وبالسيطرة على الهواء تتصلب الألياف .

تسحب الألياف بحدود ( ٤.٥ - ٥.٥ ) مرة من طولها الأصلي عند مرورها خلال درافيل ( Rollers ) موجودة في منطقة الغزل النهائي ( Spin finish ) . ان الألياف تبرم للحصول على ما يسمى بـ ( Yarn ) ، يبرم الـ ( Yarn ) في مكائن البرم للحصول على النسيج المستخدم في صناعة الإطارات ، وكما هو موضح في الشكل ( ١ - ٢ ) .



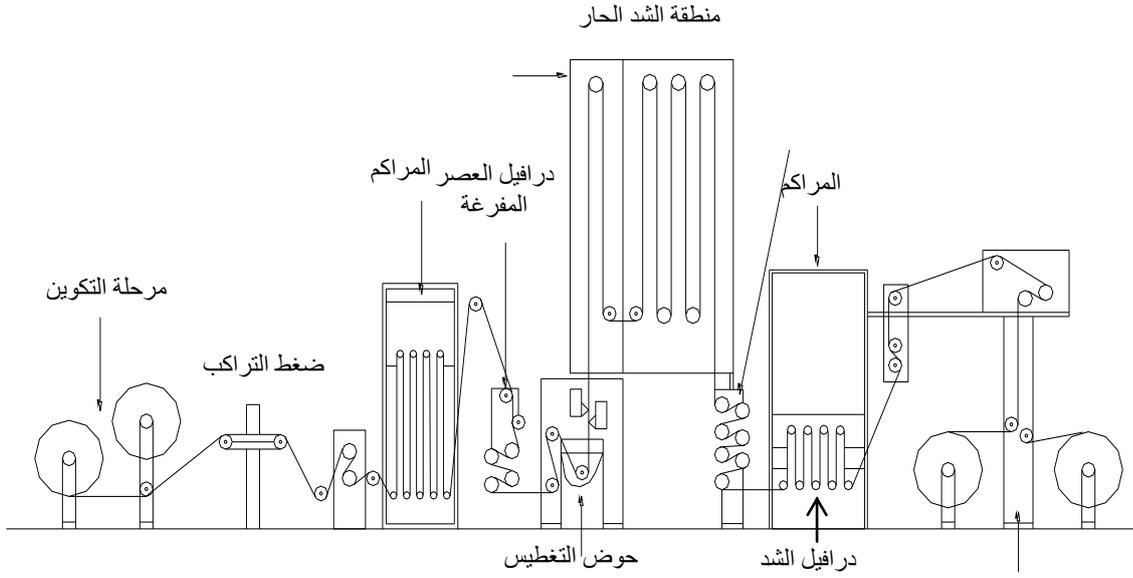
الشكل ( ١ - ٢ ) شكل تخطيطي لغزل ألياف النايلون ٦٦

## ٣-٢-٢-١ معالجة التغطيس للنايلون ٦٦ Nylon Dipping

### Treatment

إن سطح النايلون ناعم ( Smooth ) يشبه سطح الشمع ، ومن ثم فان تلامسه مع المطاط لا يكون أميناً ولغرض تحسين قابلية النايلون للترابط مع المطاط يعامل نسيج النايلون بعملية تسمى التغطيس ( Dipping ) .

تتضمن عملية التغطيس معالجة النسيج بمحلول التغطيس ( Resorcinol-formaldehyde and latex ) والذي يتكون من تكثيف الـ ( Resorcinol ) أو الـ ( Resorcinol resin ) والفورمالديهايد Formaldehyde ووجود عصارة المطاط Rubber latex ، وكما هو موضح في الشكل ( ١ - ٣ ) .

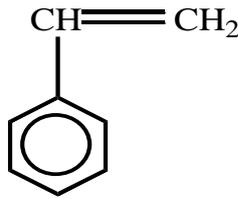


الشكل ( ١ - ٣ ) تغطيس نسيج النايلون بمحلول RFL

إن عصارة المطاط ( Rubber latex ) يمكن أن تتكون من المطاط الطبيعي أو من مطاط الستارين والبيوتادايين . لقد وجد أن عصارة المطاط التي تحتوي على ( Vinylpyridine ) تعطي مستوى تلاحق عالي بين الألياف والمطاط ، والمعادلة ( ٦ - ١ ) تبين التركيب الكيماوي لعصارة المطاط [ ١٢ ] .

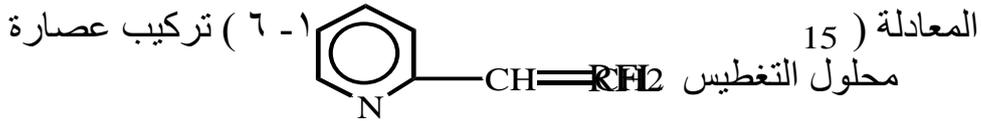


Butadine



15

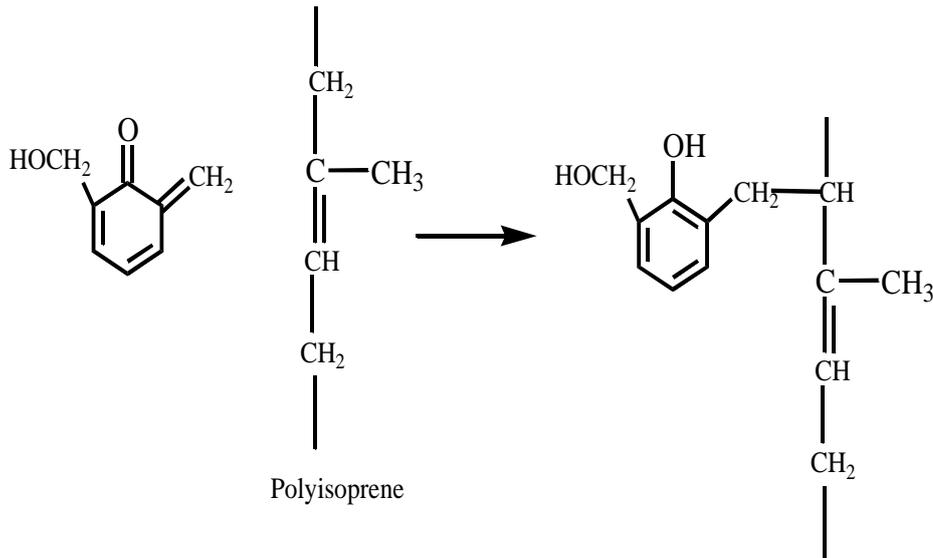
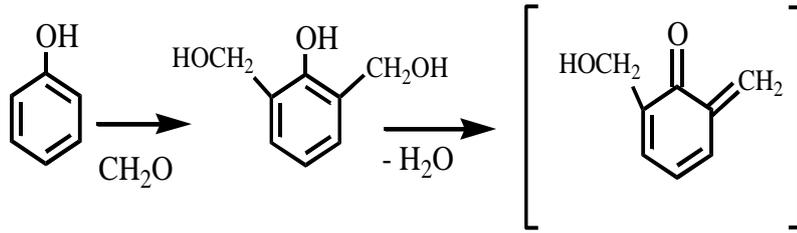
Styrene



إن الناتج من عملية التكتيف و *Vinylpyridine* عوامل مساعدة يتكون من راتنج ( Resin ) والذي يتكون من سلسلة طويلة ( Long-chain ) من وحدات ( Resorcinol methylene ) .

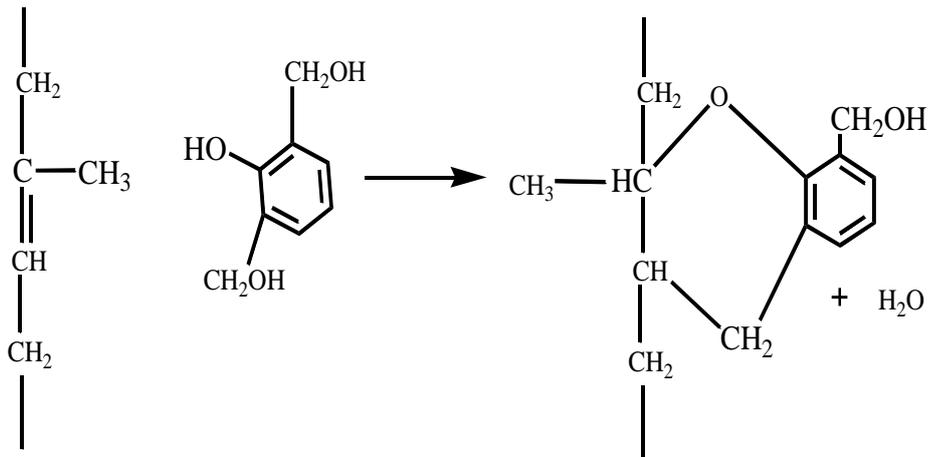
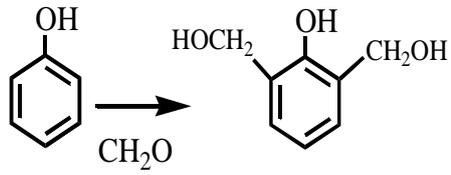
إن الفائدة من استخدام ( Resorcinol resin ) مع النايلون ٦٦ هو الحصول على ترابط كيميائي مباشر بين ( Resorcinol resin ) و سطح النايلون . يتكون الميثيلول ( Methylols ) من تفاعل الفورمالديهايد (Formaldehyde) مع مجاميع (NH) في النايلون ومن ثم يتفاعل مع (Resorcinol resin) خلال جسور الميثيلين (Methylene) ، وكما هو موضح في المعادلة ( ١ - ٧ ) [ ٣ ] .





المعادلة ( ١ - ٨ ) مخطط ( فان در مير ) لتلاصق RFL مع المطاط

أما الآلية الثانية فقد وضعها العالم ( Greth ) ، والذي اقترح تكوين تركيب كرومان ( Chroman structure ) بين حلقة البنزين الريزورسينول والأواصر المزدوجة لوحدات البيوتادايين في المطاط الصناعي ، وكما موضح في المعادلة ( ١ - ٩ ) [٣] .



المعادلة ( ١ - ٩ ) نظرية ( كريث ) لتلاصق RFL مع المطاط

## ٣-١ التلاصق Adhesion

هو عبارة عن ظاهرة تحدث عند ضغط ( Press ) سطحين معاً تحت قوى عمودية أو عند قوى عمودية وقوى قص معاً ( Shear and normal forces ) ومن ثم إيجاد قوى الشد الضرورية اللازمة لفصل السطحين عن بعضهما [١٣] .  
 أما في مجال المطاط فيعرف التلاصق بأنه عملية لصق ( Sticking ) مادتين غير متشابهتين ( Dissimilar ) سوية للأجسام في الحالة الصلبة أو السائلة في صناعة المطاط ، التلاصق يشير إلى مقاومة الربط ( Strength of bond ) بين طبقتين من المطاط ، كذلك يشير إلى الربط بين سطح مطاطي و سطح غير مطاطي مثل المعدن Metal والنسيج Textile [٢ ، ١٤] .  
 ان آلية التأثير المتبادل ( Interchangeable mechanism ) بين مركبات المطاط معقدة جداً وتتكون من قوى كيميائية وفيزيائية .  
 ان طبيعة هذه القوى ليست معروفة دائماً كما ان الفشل لا يحدث دائماً عند السطح البيني [٢] .

### ١-٣-١ نظريات التلاصق Adhesion theories

على الرغم من قلة نظريات التلاصق إلا ان أي واحدة من هذه النظريات لا تستطيع توضيحه بالدقة الكافية . إن أحد الأسباب الرئيسية وراء ذلك يرجع الى ان كل نظرية تحاول توضيح كل ظواهر التلاصق على أساس فكرة واحدة بمعزل عن التوافق التام مع صحة كل نظرية .

### ١-١-٣-١ نظرية الانتشار Diffusion theory

إن نظرية الانتشار اقترحت من قبل العالم فوياتسكي ( Voyntskii ) . إن تجاربه تركزت أساساً على التلاصق الذاتي ( Auto adhesion ) ( الترابط عندما تكون المواد المتلاصقة متماثلة ) ، مثلاً الترابط الذي يحصل بين قطعتين من البولي اثيلين ( Polyethylene ) .  
 افترض فوياتسكي ان الجزيئات الكبيرة ( Macromolecules ) في البوليمر تنتشر ( Diffuse ) في الطبقات السفلية ( Substrate ) وتؤدي الى إزالة السطح البيني [١٥] .

ان مقاومة الربط ( Strength bond ) تزداد بزيادة درجة الحرارة فترة الاتصال ، الضغط ونقصان الوزن الجزئي وإضافة الملدنات . وان مقاومة الربط تقل بزيادة الترابط التشابكي ( Cross linking ) [ ١٥ ] .

فمثلاً عندما يكون الوزن الجزئي واطناً ( Low molecular weight ) فان عدد النهايات الحرة ( Free ends ) يكون نسبياً كبيراً واحتمالية انتشارها في الطبقات السفلية ( Substrate ) يكون كبيراً نسبياً ، وبزيادة الوزن الجزئي فان نسبة النهايات الحرة للجزيئات الكبيرة سوف تتغير وبالتالي تؤدي الى انخفاض مقاومة الترابط .

ان احتمالية حدوث الانتشار يحدث بين البوليمرات غير المتشابهة في درجات الحرارة المرتفعة نسبياً لذلك فان التلاصق ممكن ان يحدث [ ١٥ ] .

### ٢-١-٣-١ النظرية الالكتروستاتيكية The Electrostatic Theory

إن النظرية تفترض أن القوى الالكتروستاتيكية هي المسؤولة عن مقاومة الربط ( Strength of bond ) بين المواد المتلاصقة .

إن هذه النظرية افترضت من قبل العالمين ( Deryagin, Smilga ) اللذين اقترحا ان القوى الالكتروستاتيكية تتكون عند حدوث اتصال بين البوليمر والطبقة السفلية ( Substrate ) .

وتفترض النظرية انتقال الإلكترونات من مادة إلى مادة أخرى ، لذلك فإن نهايات السطوح تصبح معكوسة الشحنة [ ١٥ ] .

ان الشحنات الالكتروستاتيكية تشبه قوى فان درفالز كونها إلكترونية وتنشأ عن وجود اختلاف في ( Electronic work function ) في كلا الجسمين [ ١٣ ] .

إن قوى فان درفالز يمكن توضيحها كما يلي [ ١٦ ] :  
إن الإلكترونات الموجودة في الجزيئة ( A ) لها ترتيب محدد لذلك فإن الجزيئة ( A ) لها عزم استقطاب لحظي ( Instantaneous dipole moment ) .  
ان هذا الاستقطاب اللحظي في الجزيئة ( A ) يحث الاستقطاب الموجود في الجزيئة ( B ) ، ويحدث تأثيراً متبادلاً ( Interaction ) بين الجزيئين تنشأ عنه قوى اتصال بين الجزيئين .

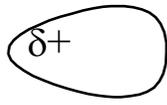
### ٣-١-٣-١ نظرية الامتزاز The Adsorption theory

ان نظرية الامتزاز تفترض ان قوى التجاذب بين البوليمر والطبقة السفلية ( Substrate ) تؤدي الى الامتزاز الفيزيائي ( Physical adsorption ) وهي عبارة عن قوى ثانوية او قوى فان درفالز .

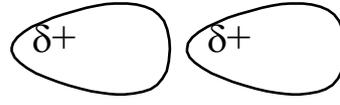
ان هذه القوى وصفت من قبل العالم ( Keesom ) [ ١٧ ] ، التي تتضمن الجزيئات التي لها استقطاب دائم والتي تحث الجزيئات المجاورة لها والتي لها استقطاب دائم .

ان التجاذب قد ينشأ من قوى التشتت ( Dispersion force ) [١٨]، ان هذه القوى تنشأ من التجاذب المؤقت ( Temporary ) او اللحظي ( Instantaneous ) للاستقطاب ( Dipole ) ، ان تركيز سحاب الإلكترونات ( Electron cloud ) في أي طرف من الذرة ينتج استقطاب لحظي ( Instantaneous dipole ) ، وكما هو موضح في الشكل ( ١ - ٤ - a ) .

ان الإلكترونات الموجودة في ذرة ما تنافر ( Repel ) الإلكترونات الموجودة في الذرات المجاورة مسببة توافقاً في حركاتها وينتج عن ذلك أول استقطاب لحظي يحدث بدوره استقطاباً مشابهاً في جزيئة مجاورة ، هذان الاستقطابان يدوران في الاتجاه نفسه ويسببان قوى التجاذب ، وكما هو موضح في الشكل ( ١ - ٤ - b ) [١٨] .



( ١ - ١٣ - a )



( ١ - ١٣ - b )

الشكل ( ١ - ٤ ) يبين قوى التشتت

## ١-٤ العوامل المؤثرة على قوة التلاصق بين المطاط

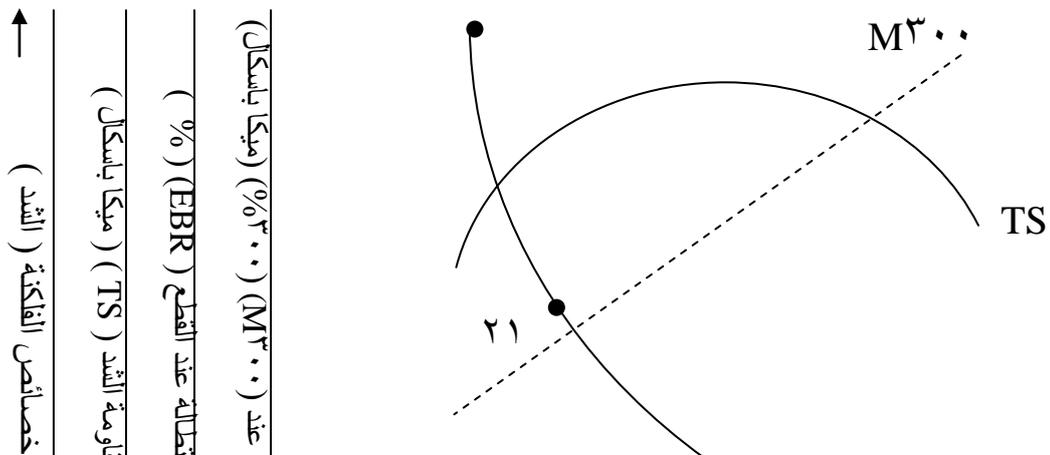
### ومواد التقوية

#### ١-٤-١ الفلكنة Vulcanization

الفلكنة مصطلح عام يستخدم مع البوليمرات المتشابكة وخاصة مع البوليمرات المطاطية (Elastomer). الغرض من عملية الفلكنة هو الحصول على التشابك (Cross linking) بين السلاسل البوليمرية [١١]. ان درجة قليلة من التشابك بين السلاسل البوليمرية تكفي لتقليل حركة سلاسل البوليمر ومنعها من الانسياب فوق بعضها، والنسبة القليلة نسبياً من التشابك تعطي البوليمر خواص مطاطية أي القابلية على استعادة أبعاده الأصلية بعد زوال الإجهاد، وعند تسليط إجهاد ميكانيكي على بوليمر غير متشابك فإنه يعاني تشوهاً (Deformation)، ومن ناحية أخرى فإنه عند زيادة درجة التشابك يصبح هشاً (Brittle) [١١].

هناك أربعة تغيرات أساسية تحدث بواسطة الفلكنة :

- يتحول المطاط من مادة لدنة ذات مقاومة (Strength) واطئة جداً الى مادة مرنة (Elastic) ذات مقاومة (Strength) ورجوعية (Resilience) مناسبتين .
- الخواص الفيزيائية مثل مقاومة الشد (Tensile strength) والخواص الأخرى، وكما هو موضح في الشكل (١ - ٥) تتغير كثيراً نتيجة لعملية الفلكنة .
- ان الخواص الفيزيائية للمطاط المفلكن يمكن الاحتفاظ بها ضمن مدى واسع من درجات الحرارة مقارنة بالمطاط غير المفلكن .
- ان البوليمرات ذات الترابط التشابكي (الفلكنة) تفتح فقط في السوائل المذيبة للبوليمرات التي لا يوجد فيها ترابط تشابكي [٤].





الشكل ( ٥ - ١ ) تغير الخواص الفيزيائية في عملية الفلكنة

### ١-١-٤-١ درجة حرارة الفلكنة Cure Temperature

إن تأثير درجة حرارة الفلكنة على التلاصق بين عجنة المطاط والأسلاك المطلية بالبراص تكون كبيرة من خلال التأثير المباشر على خواص التلاصق ( Adhesion properties ) .  
 إن خواص التلاصق تتغير بدرجة كبيرة اعتماداً على ظروف أو تركيب سطح التلاصق البيني ( Adhesion Interphase ) .  
 إن كبريتيدات النحاس والكبريتيدات الأخرى وكذلك أكاسيد النحاس والزنك تتكون عند سطح التلاصق البيني نتيجة تفاعل النحاس والزنك مع الكبريت والأوكسجين أو الماء [١] . وإن خواص التلاصق تتأثر بالخواص الفيزيائية لمركب المطاط والملاصق ( Adhered ) لسطح التلاصق البيني .  
 إن درجة حرارة الفلكنة الواطئة تؤدي إلى نمو مفرط في كبريتيد النحاس ومدى واسع من إزالة الزنك ( Dezinification ) في سطح التلاصق البيني مما يؤدي إلى انخفاض خواص التلاصق . وكذلك فإن درجة حرارة الفلكنة العالية تؤدي إلى خفض الخواص الفيزيائية لمركب المطاط القريب من سطح التلاصق من خلال تكون طبقة ( Layer ) ضعيفة الحد ( Weak boundary ) المطاط وبالتالي حصول فشل التلاصق في طبقة المطاط القريبة من سطح التلاصق [١٩] .  
 إن استخدام درجة حرارة فلكنة معتدلة تؤدي إلى الحصول على سطح تلاصق بيني مناسب وكذلك خواص فيزيائية جيدة لمركب المطاط ، ومن ثم الاحتفاظ بالخواص الجيدة للتلاصق [١٩] .

### ٢-١-٤-١ زمن الفلكنة Cure Time

إن تأثير زمن الفلكنة على التلاصق بين عجنه المطاط والأسلاك المطلية بالبراص يكون كبيراً من خلال التأثير المباشر على خواص التلاصق ( Adhesion properties ) من جهة وبالتأثير على الخواص الفيزيائية لمركب المطاط ( Adhered ) لسطح التلاصق البيني من جهة أخرى .

إن زيادة زمن الفلكنة يؤدي إلى نمو مفرط في كبريتيد النحاس عند سطح التلاصق البيني مما يؤدي إلى انخفاض خواص التلاصق .

إن زمن الفلكنة القصير يؤدي إلى عدم تكوين ونمو كبريتيد النحاس عند سطح التلاصق بشكل مناسب مما يؤدي إلى انخفاض خواص التلاصق أيضا . إن زيادة زمن الفلكنة يؤدي إلى تكوين طبقة ضعيفة الحدود ( Weak boundary layer ) في مركب المطاط قرب السطح التلاصق البيني وبالتالي حدوث الفشل في طبقة المطاط .

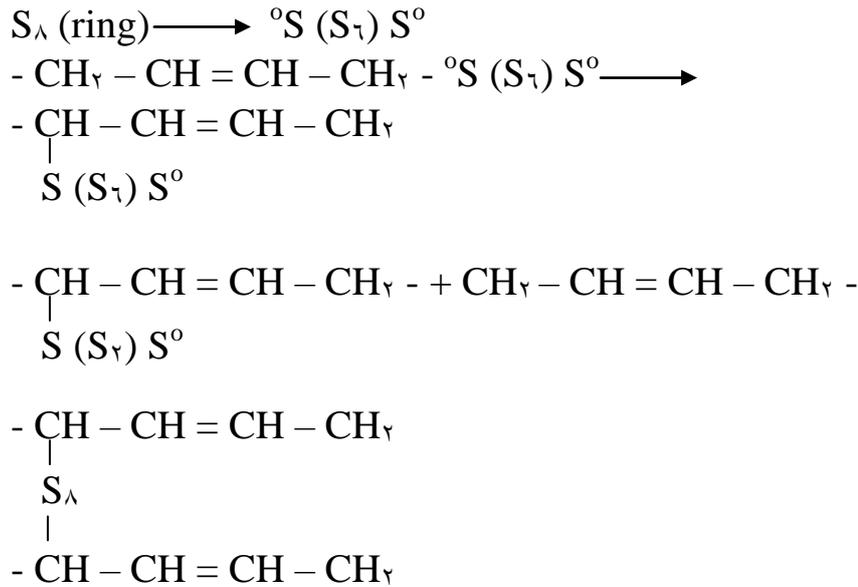
إن اختيار زمن الفلكنة الأمثل يؤدي إلى تكوين سطح التلاصق البيني بشكل قياسي إضافة إلى خواص الفيزيائية الجيدة لمركب المطاط قرب سطح التلاصق البيني ، ومن ثم الزيادة في قوة التلاصق [ ٢٠ ] .

### ٢-٤-١ الكبريت Sulfur

يعدّ الكبريت من أكثر مفلكنات المطاط شيوعاً وذلك يعود لكافته القليلة وسهولة استعماله وخواصه الفيزيائية الجيدة [ ٢١ ] .

إن الكبريت في الحالة الاعتيادية متبلور ( Crystalline ) ، ويحتوي على ثماني ذرات مرتبطة مع بعضها البعض على شكل حلقة ( Ring ) .

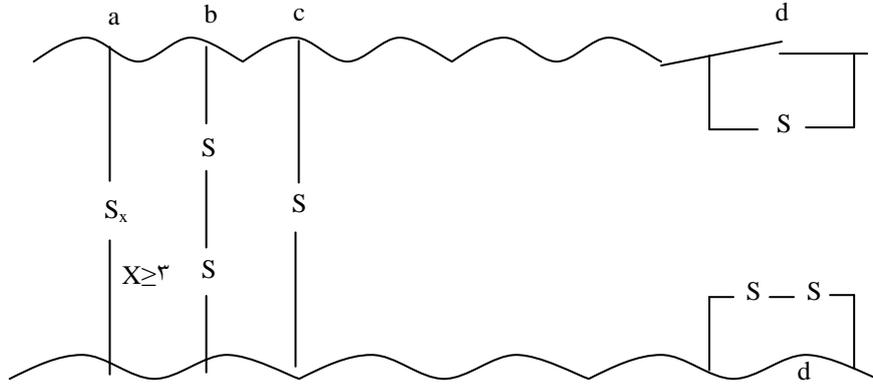
إن الارتفاع في درجة الحرارة يؤدي إلى فتح الحلقة عند طاقة تنشيط ( ٢٧٠ kJ/mol ) مكونة نهايات جذور حرة فعالة عند نقاط انكسار السلسلة . الجذور الحرة عند نهايات السلسلة لها القابلية للترابط مع المواقع الفعالة في جزيئات المطاط تشابكي ( Cross linking ) أحادي أو متعدد الكبريتيد بين ذرات الكاربون الموجودة في سلسلتين متجاورتين للأصرة المزدوجة [ ٢٢ ، ٢ ] ، وكما هو موضح في المعادلة ( ١ - ١٠ ) .



المعادلة ( ١ - ١٠ ) الترابط التشابكي بواسطة الكبريت

- إن الحالة التي يتواجد فيها الكبريت على شكل أحادي أو متعدد الكبريتيد يعتمد على نسبة الكبريت إلى المعجلات وكما يلي :
- النسبة العالية من الكبريت والنسبة الواطئة من المعجلات تسمى ( Conventional vulcanizing system ) وغالباً ما تعطي ترابطاً تشابكياً متعدد الكبريتيد ( Polysulfidic cross links ) .
  - النسبة الواطئة من الكبريت مع النسبة العالية من المعجلات تعرف بـ Efficient ( vulcanizing system [EV] ) وهي تعطي أساساً ترابطاً تشابكياً أحادي الكبريتيد ( Monosulfidic cross links ) .
  - النوع الثالث يسمى بـ [Semiefficient vulcanizing system (semi EV )] وهي تداخل في نسب الكبريت إلى المعجلات [٢] .

والشكل ( ١ - ٦ ) يبين أنواع الترابط التشابكي بواسطة الكبريت .



الشكل ( ١ - ٦ ) أنواع الترابط التشابكي بواسطة الكبريت .  
(a) Polysulfidic, (b) Disulfidic, (c) Monosulphide, (d) Cyclic Sulphide

إن تأثير الكبريت على خواص التلاصق يكون كبيراً من خلال التأثير المباشر على الحالة التي يتواجد بها كبريتيد النحاس عند سطح التلاصق البييني ( Adhesion Interphase ) . إن تواجد كبريتيد النحاس بسمك مناسب يؤدي الى تلاصق جيد بين الأسلاك المطلية بالبراص والمطاط [١] .  
والجدول ( ٣-١ ) يبين مواصفات الكبريت المعتمدة من قبل الشركة العامة لصناعة الإطارات في النجف الأشرف [٢٣] .

الجدول ( ٣-١ ) مواصفات الكبريت المعتمدة من قبل الشركة

Characteristic	Units	Requirements	Test method
----------------	-------	--------------	-------------

Specific gravity	%	٢.١٠	
Sulphur content	%	٩٩.٠ minimum	D ١٩
Matter insoluble in toluene	%	٠.٥٠ maximum	D ١٢
Ash at ٥٥٠ C°	%	٠.٢٠ maximum	D ١٨
Volatile matter at ٨٠ C°	%	٠.٥٠ maximum	D ٢٢
Mineral acidity (as H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )	%	٠.٠٥ maximum	D ١٠
Iron content	%	٣٠.٠ maximum	D ٤٢
Arsenic content	%	٥ maximum	
Chancel fineness	%	٢٠ – ٤٠	D ١٩٠
Residue on ١٨٠ micron dry sieve	%	٠.٠١ maximum	D ٩٧
Residue on ١٥٠ micron dry sieve	%	١.٠٠ maximum	D ٩٧
Passing ٤٥ micron dry sieve	%	٥٠.٠ maximum	D ٩٧

### ٣-٤-١ أسود الكربون Carbon Black

يأتي أسود الكربون بالمرتبة الثانية بعد المطاط من حيث الأهمية في صناعة الإطارات ، وترجع أهمية أسود الكربون بوصفه عامل تقوية ( Reinforcing agent ) جيد ومناسب ، ويساعد في تحسين الخواص الفيزيائية والميكانيكية لمركب المطاط الداخل في صناعة أجزاء الإطارات المختلفة [٢٤] .

يصنّف أسود الكربون المنتج بطريقة الأفران ( Furnace process ) إلى درجات أو مراتب ( Grades ) استناداً إلى حجمه الجسيمي ( Particle size ) ، وتبدأ هذه المراتب لأسود الكربون بالمرتبة ( N-١١٠ ) ذات الحجم الجسيمي الصغير وتنتهي بالمرتبة ( N-٩٩٠ ) ذات الحجم الجسيمي الكبير . تقسم هذه المراتب على مجاميع تشترك كل مجموعة منها بخاصية أساسية واحد [٢٥, ٢٦] ، وكما يلي :

- المجموعة الأولى ذات التسليح العالي High Reinforcing-Furnace Blacks وتشمل المراتب من N-١١٠ إلى N-٣٧٥ .

- المجموعة الثانية ذات التسليح المتوسط Medium Reinforcing Furnace Blacks وتشمل المراتب من N-٥٣٩ إلى N-٧٨٧ .
- المجموعة الثالثة ذات التوصيل الحراري Thermal Blacks وتشمل المراتب من N-٨٨٠ إلى N-٩٩٠ .
- المجموعة الرابعة ذات التوصيل الكهربائي Conductive Blacks وتشمل كل من N-٢٩٣, N-٢٩٤, N-٤٧٢ .

الجدول ( ٤-١ ) يبين هذه المراتب أو الأنواع لأسود الكربون مع مجاميعها والمصنفة حسب ASTM D1٧٦٥ [٢٦] الخاص بالمجمع الأمريكي لفحص المواد

الجدول ( ٤-١ ) مراتب أسود الكاربون ضمن المجاميع الرئيسية

Grade	ASTMD ١٧٦٥ classification	Older industry classification
High reinforcing furnace blacks	N ١١٠	SFA
super abrasion furnace	N ١٢١	SFA-HS
super abrasion furnace, high structure	N ٢١٩	ISFA-LS
intermediate super abrasion furnace, low structure	N ٢٢٠	
intermediate super abrasion furnace	N ٢٣١	ASFA
intermediate super abrasion, low modulus	N ٢٣٤	ISFA-LM
intermediate super abrasion furnace	N ٢٤٢	ISFA-HS
intermediate super abrasion, high structure	N ٣٢٦	
high abrasion furnace, low structure	N ٣٢٧	CRF
high abrasion furnace, low structure	N ٣٣٠	
high abrasion furnace	N ٣٣٢	HAF-LS
high abrasion furnace	N ٣٤٧	HAF
high abrasion furnace, high structure	N ٣٤٧	HAF-HS
high abrasion furnace	N ٣٣٩	HAF-HS
super processing, furnace	N ٣٥٨	SPF
high abrasion furnace, low structure	N ٣٥١	HAF
high abrasion furnace, low structures	N ٣٧٥	
Medium reinforcing furnace blacks	N ٥٣٩	FEF-LS
fine extrusion furnace, low structure	N ٥٥٠	FEF
fine extrusion furnace	N ٥٦٨	FEF-HS
fine extrusion furnace, high structure	N ٦٠١	HMF
fine extrusion furnace	N ٦٥٠	GPF-HS
general purpose furnace, high structure	N ٦٦٠	GPF
general-purpose furnace	N ٦٨٣	APF
all- purpose furnace	N ٧٥٤	SRF-LS
semireinforcing furnace, low structure	N ٧٦٢	SRF-LM
semireinforcing furnace	N ٧٦٥	SRF-HS
semireinforcing furnace, high structure	N ٧٧٠	SRF
semireinforcing furnace	N ٧٧٤	SRF-NS
multi purpose furnace	N ٧٨٥	MPF
semireinforcing furnace	N ٧٨٧	SRF-HF
Thermal blacks		
fine thermal	N ٨٨٠	FT
medium thermal	N ٩٩٠	MT
Conductive blacks		
conductive furnace	N ٢٩٣	CF
superconductive furnace	N ٢٩٤	SCF
extra-conductive furnace	N ٤٧٢	ECF

## ١-٣-٤-١ التقوية باستخدام أسود الكربون

### Reinforcing by

### Carbon Black

تعرف عملية التقوية او التسليح بانها عبارة عن عملية تداخل متجانس تحدث بطريقة الخلط بين مادتين تمتلكان طبيعة جسيمية ( Particulate ) هما أسود الكربون والمطاط ، وينتج عن هذه العملية مركب المطاط الذي سيمتلك بعد فلكنته مواصفات وخصائص افضل بكثير من التي يمتلكها قبل عملية الفلكنة .  
يعتمد تأثير أسود الكربون على عوامل عدة رئيسة تتحدد بموجبها الصفات الفيزيائية النهائية لمركب المطاط .

### ١. حجم الجسيمات Particle Size

وهو مقياس للمساحة السطحية Surface area التي هي عبارة عن المساحة الكلية لسطوح جزيئات أسود الكربون والتي تكون بتماس مع المطاط .  
ان المساحة السطحية تزداد كلما تناقص الحجم الجسيمي والعكس صحيح . ان الجسم الجسيمي لأسود الكربون يلعب دورا كبيرا في عملية التقوية او التسليح من خلال تأثيره المباشر على الخصائص الفيزيائية لمركب المطاط مثل مقاومة الشد ومقاومة الحك ( Abrasion resistance ) او التآكل الميكانيكي (Mechanical corrosion) بالإضافة إلى مقدار اللزوجة (Mooney viscosity).  
أما تأثيره على معامل المرونة ومقدار الانكماش الذي يحصل بعد عملية البثق ( Extrusion shrinking ) فيكون ثانوياً [٢٧] .

### ٢. الفعالية النوعية Specific Activity

تمتلك سطوح جسيمات أسود الكربون طبيعة كيميائية وفيزيائية ، وإن الطبيعة الكيميائية تعود إلى مجاميع الفينول ( Phenols ) والكاربونيل ( Carbonyl ) والكاربوكسيل ( Carboxyl ) [٢٨, ٢٩] .  
ان هذه المجاميع تدخل في تفاعلات كيميائية مع المطاط وتؤثر في خواصه النهائية من خلال تكوين الروابط التشابكية ( Cross-Linking ) بين أسود الكربون وسلاسل المطاط .  
إن الطبيعة الفيزيائية تتمثل بالسعة الامتزازية لأسود الكربون ( Adsorption capacity ) وتحدد من خلال عدد محدد من المواقع الفعالة ( Active sites ) فيه وتحتوي المواقع الفعالة طاقة امتزازية عالية ( High adsorption energy ) تربط عامل التقوية ( C-Black ) مع سلاسل المطاط .

بروابط تشابكية قوية تحول دون انزلاق ( Slippage ) جسيمات المطاط عند تعرضها إلى إجهاد خارجي [٣٠] .  
تؤثر زيادة فعالية النوعية لأسطح أسود الكربون على خصائص المنتج النهائي لمركب المطاط [٢٩] .

### ٣. البنية Structure

يمكن تحديد البنية لأسود الكربون بثلاثة مستويات من حيث الحجم والشكل هذه المستويات هي :

- المستوى الأول ويتضمن الجسيمات الابتدائية ( Primary particle ) التي يتراوح حجمها من ( ١٠-١٠٠ nm ) .
- المستوى الثاني والذي يضم تجمعات ( Aggregates ) من الجسيمات الابتدائية وبحجم يتراوح من ( ٥٠-٥٠٠ nm ) .
- المستوى الثالث يضم هذا المستوى عدة تجمعات ( Aggregates ) تكون مع بعضها البعض الآخر ما يعرف بـ ( Agglomerates ) والتي يبلغ حجمه  $٥\mu\text{m}$  ( ) أو أكبر [٣١] .

إن ( Agglomerates ) تشكل الأساس في تحديد بنية أسود الكربون من حيث الحجم والشكل ( Shape Size ) ، فأسود الكربون ذو البنية العالية ( High Structure ) يعني احتواءه على ( Aggregates ) ذات المورفولوجية التلامسية ( Tentacular morphology ) [٣١] ، أي أن السطح الخارجي للجسيمات الابتدائية ليست كروية او منتظمة وانما يحتوي على طبيعة معقدة من التعرجات والطيات التي تسهم في زيادة المساحة السطحية للجسيمة الواحدة .

كلما ازداد عدد الجسيمات بهذا الشكل أصبح هناك ( Aggregates size ) أكبر أي هنالك بنية عالية لأسود الكربون .

إن أسود الكربون ذو البنية الواطئة ( Low structure ) يتألف من جسيمات كروية متراسة الشكل ( Compact configuration ) ينتج عنها ( Aggregates size ) قليلة [٣١] .

تؤثر درجة البنية ( Degree of structure ) لأسود الكربون في خصائص المنتج النهائي لمركب المطاط كعامل المرونة وخواص البثق والصلادة ونسبة الاستطالة تقاس البنية بقيمة ( Dibutyle phthalate ( DBP ) بوحدات مللي لتر للمادة الكيماوية الممتصة من ١٠٠/غرام أسود الكربون ١٠٠g/ml ، وحسب مواصفة المجمع الأمريكي لفحص المواد ASTM D ٢٤١٤ [٣٢] .

### ٤- مستوى التحميل لأسود الكربون (درجة تركيزه في المطاط)

#### Loading level of Carbon Black (PPHR)

يلعب مستوى او درجة التحميل لأسود الكربون دوراً مهماً في تحديد نتائج عملية التقوية او التسليح لمركب المطاط ، يقاس مستوى التحميل بقيمة الـ ( PPHR ) جزء وزني من أسود الكربون إلى مائة جزء من المطاط .  
ان درجة التحميل الوزنية تؤثر تأثيراً كبيراً على الخواص الفيزيائية والميكانيكية لمركب المطاط [ ٢٩ , ٣٣ ] .

## ١-٤-٤-١ الظروف الجوية

### ١-٤-٤-١-١ التعتيق Aging

يتعرض الإطار خلال الاستعمال إلى عوامل عديدة منها التراكم الحراري ( Heat accumulation ) والأشعة فوق البنفسجية ( Ultraviolet rays ) .  
ان ارتفاع درجة الحرارة في الإطار نتيجة السرعات العالية او طاقات التحميل التي تفوق الطاقة التصميمية تؤثر كثيراً على الخواص الفيزيائية لمركب المطاط ، حيث تؤدي إلى زيادة صلابته ( Hardness ) وانخفاض مقاومة الشد ( Tensile strength ) [ ١ ] .  
ان ارتفاع درجة الحرارة تؤثر أيضاً على قوة التلاصق بين مركب المطاط والأسلاك المطلية بالبراص حيث ان زيادة درجة الحرارة تؤدي إلى انخفاض قوة التلاصق بين مركب المطاط والأسلاك المطلية بالبراص .

### ١-٤-٤-١-٢ الرطوبة Moisture

يتعرض الإطار خلال فصل الشتاء إلى الرطوبة والأمطار والتي تكون بتماس مباشر مع الإطار ، وان خواص التلاصق تتأثر بشكل كبير بتأثير الرطوبة ، حيث ان تركيب السطح البيني يتغير في الظروف الرطبة .  
وسيتم توضيح الاختلاف الذي يحصل في تركيب سطح التلاصق البيني بصورة مفصلة في فصل المناقشة .



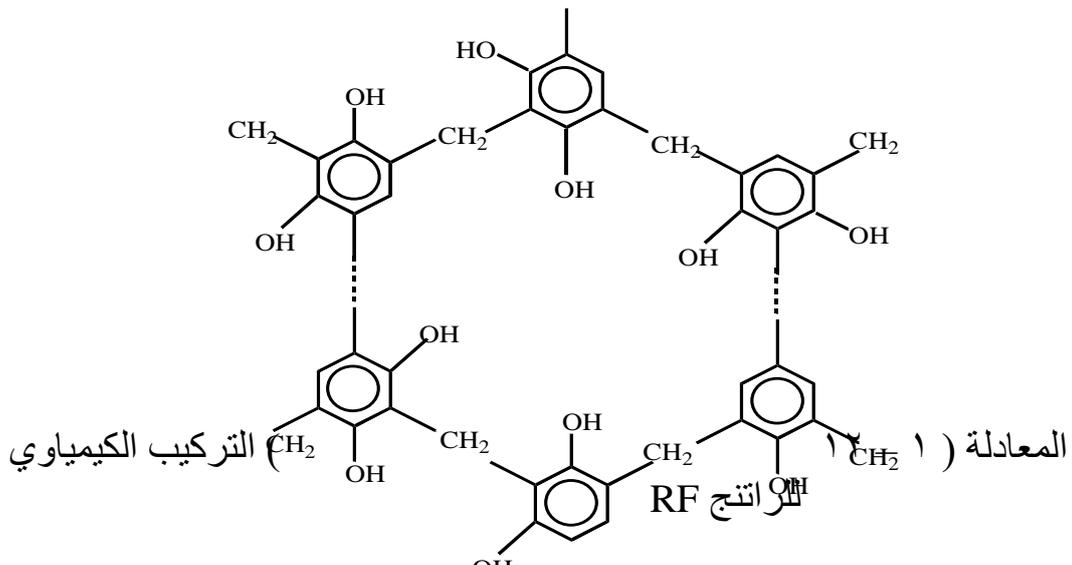
إن تأثير الراتنجات يكون باتجاه أحد الطرق الأربعة الرئيسية :

١. كعوامل مساعدة حيث انها تساعد في تطوير سلوك مركبات المطاط ( Rubber Compound ) في عمليات البثق ( Extrusion ) وفي عمليات التشنت ( Dispersion ) والتلميس ( Calendaring ) .
٢. تستخدم كمواد دبقة ( Takifiers ) للحصول على لصق بين طبقات المطاط مع بعضها البعض عن طي ( Ply ) طبقات المطاط .
٣. كعوامل تقوية ( Reinforcing agents ) تستخدم لزيادة الصلادة ( Hardness ) ومقاومة الحرارة ( Heat resistance ) والمحاليل المذيبة ( Solvent ) وكذلك كعوامل مفلكنة ( Vulcanizing agents ) .
٤. تستخدم كعناصر ربط ( Bonding agents ) وهي تحسن التلاصق بين المطاط والأسلاك والمطاط والألياف الصناعية ( Synthetics fibers ) [٢].

### ١-٢-٥-٤-١ راتنج ريزورسينول فورمالديهايد ( RF )

#### Resorcinol formaldehyde resin

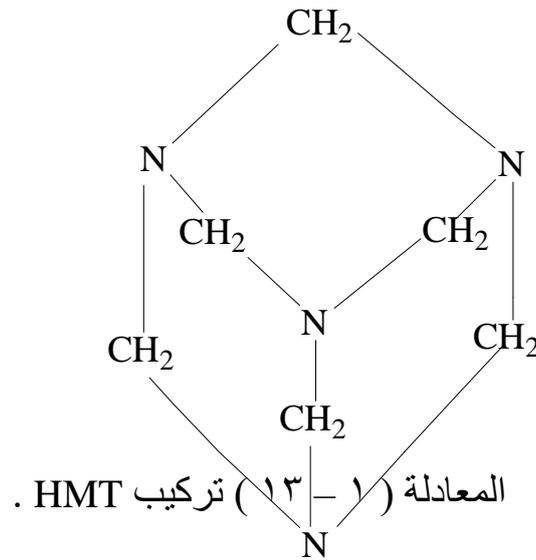
يعدّ الراتنج ( RF ) أحد أهم أنواع الراتنجات التي تستخدم كعناصر ربط ( Bonding agents ) بين المطاط والأسلاك ، والمطاط والألياف الصناعية ، في صناعة الإطارات وكذلك في صناعة الأحزمة الناقلة ( Belting ) وفي صناعة الملابس والأوراق وفي صناعة الزوارق الخشبية .  
إن ( RF ) عبارة عن راتنج متصلب بالحرارة صلد ( Hard thermo setting resin ) يتكون من تفاعل ( Resorcinol ) مع الفورمالدهايد (  $CH_2O$  ) ، وكما هو مبين في المعادلة ( ١ - ١٢ ) .



إن الفائدة من استخدام ( Resorcinol ) هي لامتلاكه مقاومة ربط عالية )

( High strength bond ) مع مقاومة كلل عالية ( Fatigue resistance ) ومقاومة الزحف ( Creep resistance ) مع مقاومة جيدة لمعظم المذيبات .  
 إن مساوي ( Resorcinol ) هو لونه الداكن ويكون حساساً لمهاجمة المحاليل القلوية وامتلاكه مرونة واطئة ( Low flexibility ) [ ١١ ] .  
 إن تأثير الراتنج ( RF ) على التلاصق يكون من خلال إحداث ترابط تشابكي ( Cross linking ) ، وإن التشابك يمكن إحداثه بإضافة الفورمالدهايد أو كما هو شائع بإضافة البارافورمالدهايد أو الهكساميثيلين تترامين ( Hexamethylene tetramine ( HMT ) .

إن ( HMT ) هي مادة صلبة ذات درجة انصهار عالية (  $300^{\circ}C$  ) تمتلك تركيباً قسيفياً تتكون من تفاعل الفورمالدهايد والامونيا، والمعادلة (١ - ١٣) تبين تركيب HMT [ ١١ ] .



يحصل التشابك بين الراتنج ( RF ) و ( HMT ) عن طريق تكوين جسور مثيلينية [ ١١ ] .

## ٥-١ عجانات فحص التلاصق بين المطاط ومواد التقوية

### ١-٥-١ عجنة فحص تلاصق المطاط مع الأسلاك والمعتمدة من قبل الشركة

تستخدم العجنة ( Compound No. IK ٤١٠٠ ) في تحضير مركب المطاط لهذا الجزء من إطار بابل الشعاعي والمنتج في الشركة العامة لصناعة الإطارات في النجف الأشرف .

الجدول ( ١ - ٥ ) يبين المواد المكونة للعجنة مع بيان الدرجة الوزنية لكل مادة بقيمة الجزء لكل مائة جزء من المطاط ( PPHR ) ( Part per hundred rubber ) .

الجدول ( ١ - ٥ ) مكونات العجنة ( IK ٤١٠٠ )

No.	Ingredients	PPHR
١	Natural Rubber (SMR.٢٠) مطاط طبيعي	١٠٠.٠
٢	Zinc Oxide أوكسيد الزنك	٨.٠
٣	Carbon Black (N-٣٢٦) أسود الكربون	٨٥.٠
٤	Phenolic Tack Resin راتنج فينولي لزج	٠.٨٥٠
٥	Cobalt Stearate سترات الكوبلت	١.٠
٦	Anti-Ozinants (٦ppd) مضادات الأوزون	٢.٣
٧	Process Oil زيت العمليات	٧.٠
٨	Accelerator (MBS) المعجلات	٠.٣٤
٩	Retarders (CTP-١٠٠) المبطنات	٠.٤٢٦
١٠	Sulfur كبريت	٢.٥
١١	Stearic acid حامض الستياريك	١.٤٠

### ١-١-٥-١ المطاط الطبيعي

تم التطرق إليه في البند ( ١-١-١ ) .

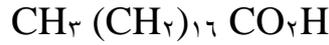
### ٢-١-٥-١ منشطات الفلكنة Vulcanization Activators

تستخدم العناصر المنشطة بصورة عامة في زيادة سرعة الفلكنة وذلك من خلال تنشيط المعجلات ( Accelerators ) ، ويوجد نوعان من المنشطات ، أكاسيد

معنوية ( Metallic oxide ) ، أو أحماض عضوية ( Organic acid ) . ويتم استخدام النوعين من المنشطات في عجنة التلاصق .

### ١-٢-١-٥-١ حامض الستياريك Stearic acid

وهو حامض شمعي ( Fatty acid ) ابيض اللون يستخدم مع أوكسيد الزنك لتنشيط المعجلات خلال عملية الفلكنة وذلك بتكوين مركب وسيط قابل للذوبان من الملح او الصابون Rubber-soluble or soap [٣٥] .  
والمعادلة ( ١٤ - ١ ) تبين التركيب الكيماوي لحامض الستياريك .



المعادلة ( ١٤ - ١ ) التركيب الكيماوي لحامض الستياريك

### ٢-٢-١-٥-١ أوكسيد الزنك Zinc Oxide

أوكسيد معدني على شكل مسحوق ابيض ، يستخدم مع حامض الستياريك لتكوين مركب وسطي يعمل على تنشيط المعجلات وكما ورد في البند ( ١-٥-١-٢-١ ) .

### ٣-١-٥-١ الكبريت Sulfur

تم التطرق إليه بالتفصيل في البند ( ٢-٤-١ ) .

### ٤-١-٥-١ أسود الكربون Carbon Black

تم التطرق إليه بالتفصيل في البند ( ٣-٤-١ ) .

### ٥-١-٥-١ المعجلات Accelerators (MBS)

استخدم المعجل ( MBS ) الذي اسمه الكيماوي ٢-Morpholinothio Benzothiozole .  
يستخدم المعجل ( MBS ) مع الكبريت كمعجل للفلكنة [٢٣, ٣٦] . الفوائد الرئيسية للمعجلات هي إنها تزود الدقة في التحكم في وقت ودرجة حرارة الفلكنة، فضلاً عن الاقتصاد بالحرارة وتحسين الخواص الفيزيائية .

### ٦-١-٥-١ المبطئات Retarders

تضاف المبطئات ومنها المبطئ ( CTP-١٠٠ ) واسمه الكيماوي N- (Cyclohexythio) Phthalimide .  
تضاف المبطئات لمنع الاحتراق ( Scorch ) او الفلكنة المبكرة ( Pre-vulcanization ) وذلك بالتقليل من فعالية المعجلات [٣٧] .

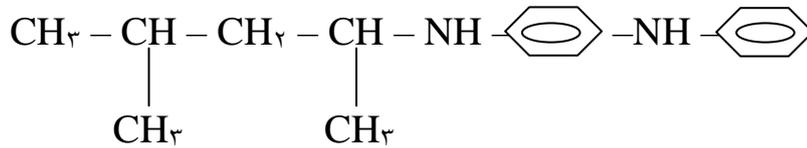
### ٧-١-٥-١ راتنج فينولي لزج Phenolic Tack Resin

هو نوع من الراتنجات المتصلبة بالحرارة ( Thermoset resin ) ذات وزن جزيئي قليل تضاف الي عجنه التلاصق لتحسين فلكنة المطاط [٢, ١٤]، كما إنها تعد عامل تقوية وبمثابة عامل لصق لطبقات المطاط بعضها مع البعض الآخر .

### ٨-١-٥-١ مضادات الأوزون (٦PPD) Anti-ozinants

يمتلك مضاد الأوزون (٦PPD) فعالية مزدوجة فهو مضاد للأوكسجين والأوزون في آن واحد . الاسم الكيماوي له هو N-(١,٣-Dimethyl butyl)-N-Phenyl-P-Phenylenediamine .

أما تركيبه الكيماوي فمبين في المعادلة ( ١٥ - ١ ) [٢٣, ٣٥] .



المعادلة ( ١٥ - ١ ) التركيب الكيماوي لمضاد الأوزون ( ٦PPD )

### ٩-١-٥-١ زيت العمليات Process Oil

تستخدم مساعدات التشغيل Processing aids او الملدنات Softeners مثل زيت العمليات مع المطاط لأسباب عدة منها :

- تقليل اللزوجة .
- تحسين عملية التشغيل Workability .
- تقليل درجة حرارة الخليط ( العجنه ) .
- تقليل الطاقة المستهلكة في عملية الخلط ( Mixing ) .
- تعديل الصفات الفيزيائية لمركب المطاط المفلكن حسب الحاجة [٢٥] .

## ٢-٥-١ عجنة فحص تلاصق المطاط مع نسيج النايلون المعتمدة من قبل الشركة

تستخدم العجنة [ IK No.(٤١٠٥) ] في تحضير مركب المطاط لهذا الجزء من الاطار والمنتج في الشركة العامة لصناعة الإطارات في النجف الاشرف .  
الجدول ( ٦ - ١ ) يبين المواد المكونة للعجنة مع بيان الدرجة الوزنية لكل مادة بقيمة الجزء لكل مائة جزء من المطاط ( PPHR ) ( Part per hundred rubber ) .

الجدول ( ٦ - ١ ) مكونات العجنة ( IK ٤١٠٥ )

No.	Ingredients	PPHR
١	Natural Rubber (SMR.٢٠) مطاط طبيعي	٧٥.٠
٢	Styrene-Butadiene Rubber (SBR١٥٠٢)	٢٨.٠
٣	Reclame مطاط معاد	١٧.٠
٤	Zinc Oxide أكسيد الزنك	٤.٢٥
٥	Carbon Black (N-٣٢٦) أسود الكربون	٤٧.٠
٦	Phenolic Tack Resin راتنج فينولي لزج	٢.٦
٧	Anti-Ozinants (٦ppd) مضادات الأوزون	١.٠
٨	Process Oil زيت العمليات	٧.٥
٩	Accelerator (MBS) المعجلات	٠.٩٥
١٠	Retarders (CTP-١٠٠) المبطنات	٠.١١
١١	Sulfur كبريت	٣.٠
١٢	Stearic acid حامض الستياريك	١.٦

## ٦-١ مراجعة الأدبيات

- قام الباحثان Gyung Soo, Gon Seo [١٩] ، بدراسة تأثير درجة حرارة الفلكنة على قوة التلاصق بين المطاط والأسلاك المطلية بالبراص ، إذ قاما بدراسة درجات حرارة فلكنة مختلفة (  $190^{\circ}\text{C}$ ,  $160^{\circ}\text{C}$ ,  $145^{\circ}\text{C}$ ,  $130^{\circ}\text{C}$  ) ولأزمان فلكنة تعتمد على كل درجة حرارة فلكنة ، واستنتجا أن أفضل قوة تلاصق ظهرت عند درجة حرارة فلكنة تبلغ (  $130^{\circ}\text{C}$  ) ولزمن فلكنة (٢٥) دقيقة.
- قام الباحثان Gyung Soo, Gon Seo [٢٠] بدراسة تأثير زمن الفلكنة على قوة التلاصق بين المطاط والأسلاك المطلية بالبراص ، إذ قاما بدراسة تأثير النسبة المئوية لزمن الفلكنة الأصلي والبالغ ( ١٧ ) دقيقة ، ولدرجة حرارة فلكنة (  $160^{\circ}\text{C}$  )، حيث كانت النسب المئوية ( ٢٠٠٪, ١٠٠٪, ٥٠٪, ٢٥٪, ٤٠٠٪ ) من وقت الفلكنة الأصلي ، واستنتجا أيضاً أن أعلى قوة تلاصق كانت عند النسبة المئوية ( ١٠٠٪ ) من زمن الفلكنة الأصلي .
- قام الباحثان Gyung Soo, Gon Seo [٣٨] بدراسة تأثير النسب الوزنية لستيرات الكوبلت أيضاً على قوة التلاصق بين المطاط والأسلاك المطلية بالبراص ، إذ قاما بدراسة نسب وزنية مختلفة ( ٤.٠ PPHR, ٢.٠, ٠.٥, ٠ )، وأظهرت النتائج ان أفضل قوة تلاصق كانت عند النسبة الوزنية ( ٢.٠ PPHR ) .
- قام الباحثان Gyung Soo, Gon Seo [١] بدراسة تأثير سمك الطلاء على قوة التلاصق بين المطاط والأسلاك المطلية بالبراص ، إذ قاما بدراسة تأثير سمك الطلاء ، حيث كان سمك الطلاء بالنحاس يتراوح بين ( ٣٢-٩٠ nm ) ، واستنتجا ان أعلى قوة تلاصق تمّ التوصل إليها عند سمك ( ٣٢ nm ) .
- قام الباحثان Gyung Soo, Gon Seo [٣٩] بدراسة تأثير عنصر الربط P-Hydroxy-benzoic acid على قوة التلاصق بين المطاط والأسلاك المطلية بالبراص، إذ قاما بدراسة نسب وزنية مختلفة من هذا المركب ( ٤.٠ PPHR, ٢.٠, ١.٠, ٠.٥, ٠ ) ، واستنتجا ان أفضل قوة تلاصق كانت عند النسبة الوزنية ( ١.٠ PPHR ) .
- قامت الباحثة ( درويش ) [٤٠] بدراسة تأثير الكبريت على التلاصق بين المطاط حيث اختارت نسب كبريت وزنية مختلفة ( ٢.٠, ١.٥, ١.٠, ٠.٥, ٠.٥ PPHR ) ، وأظهرت النتائج ان أفضل قوة تلاصق كانت عند نسبة ( ٢.٠ PPHR ) .
- قامت الباحثة ( درويش ) [٤١] بدراسة تأثير أسود الكربون على التلاصق بين المطاط ونسيج النايلون ، حيث قامت بدراسة تأثير نسب وزنية مختلفة من أسود الكربون ( ٨٠.٠ PPHR, ٦٠.٠, ٤٠.٠, ٢٠.٠, ١٠.٠, ٠ ) ، توصلت إلى أن أفضل قوة تلاصق كانت عند نسبة ( ٢٠.٠ PPHR ) .

- قامت الباحثة ( درويش ) [ ٤٢ ] بدراسة تأثير عناصر الربط على التلاصق بين المطاط ونسيج النايلون ، حيث أوضحت ان هناك نظاماً للترابط يتكون من ثلاثة مركبات وهي Resorcinol, Hexamethylenetetramine, Hydrated silica ، حيث قامت الباحثة باستبدال مادة Resorcinol بأربعة مركبات أخرى وهي O-aminophenol, N-aminophenol, P-aminophenol, M-methylene diamine ومقارنتها مع نظام الربط المحتوي على الـ ( Resorcinol ) ، وأظهرت النتائج ان المركبات أعلاه أعطت قوة تلاصق أدنى مقارنة باستخدام الـ ( Resorcinol ) .

## المقدمة

لم تخضع العجنات التي يتكون منها مركب المطاط الداخلة في صناعة أجزاء الإطار يوماً إلى قوانين ثابتة تحدد مكوناتها والنسب الوزنية لتلك المكونات ، فيما يعتمد من مواد بدرجات وزنية محددة لعجنة مطاط الإطار في مكان ما في العالم لا يعتمد بالضرورة في مكان آخر . ذلك لان صناعة الإطار عالمياً تستند بالأساس على الظروف السائدة في ذلك المكان ( The condition prevailing in the territory ) [٤٣] .

وتشمل تلك الظروف طبيعة المناخ السائد ونظام العمل ( system of work ) المستخدم والظرف الاقتصادي الحاكم ، فضلاً عن الخبرة الصناعية المتراكمة ولهذا فان شركة دنلوب العالمية لا توصي أحياناً باستخدام عجنات ( Recipe ) قياسية وجاهزة لبعض أجزاء الإطار في بلد معين وإنما تفضل إنشاء تكوين عجنات أخرى ( To be establish in territory ) [٤٤] ، تلائم ظروف ذلك المكان ، مبقية على العجنة القياسية وما تمتلكه من خصائص فيزيائية للقياس والمقارنة ليس إلا .

## ٢ - ١ العجنة التجريبية لاختبار تلاصق المطاط مع

### الأسلاك

تم تحضير عجنة فحص التلاصق من العجنة ( IK٤١٠٠ ) المشار إليها في البند ( ١-٥-١ ) ، حيث تمت عمليات الخلط ( Mixing ) والمجانسة ( Homogenization ) للمواد الداخلة فيها باستخدام العصاراة المخترية نوع ( Comerio Ercole Busto Arsizio ) إيطالية الصنع ، إذ تحتوي على رولتين ( ٢-Roll laboratory mill ) ، وهي موجودة في المختبرات المركزية في الشركة ، أما قطر الرولة الواحدة فكان ( ١٥٠ mm ) وطولها ( ٣٠٠ mm ) ، ونسبة الدوران التفاضلي للدرايفيل في حدود ( ١/١.٤ ) وذلك لتسهيل عملية المجانسة للمواد المراد عجنها بواسطة قوى القص ( Shear force ) الناتجة عن اختلاف دوران الرولتين .

جرت عمليات الخلط والمجانسة لعجنة فحص التلاصق وفق الجدول ( ١ - ٢ ) وعلى مرحلتين :

الوقت ( دقيقة )	خطوات الخلط - المرحلة الأولى	ت
٢	إمرار المطاط بين الرولتين عدة مرات مع تصغير الفتحة بين الرولتين لتقليل السمك ، تمت هذه المعاملة بدرجة حرارة $70^{\circ}C$ .	١
١	إضافة راتنج فينولي لزج Phenolic tack resin ومجانسة الخليط جيداً .	٢
١	لف المطاط حول الرولتين مع رفع درجة الحرارة بين $(100-110^{\circ}C)$ .	٣

٤	إضافة حامض الستاريك Stearic acid .	١
٥	إضافة اوكسيد الزنك Zinc oxide .	١
٦	إضافة مضادات الاكسدة والاوزون ( ٦ PPD ) .	٣
٧	لف المطاط حول الرولتين وقطع ( 3/4 ) وجانبي المطاط بوقتتين متعاقبين .	٣
٨	إضافة نصف كمية اسود الكربون مع نصف كمية زيت العمليات .	٤
٩	إضافة سترات الكوبلت Cobalt stearate .	٣
١٠	إضافة ما تبقى من اسود الكربون مع باقي زيت العمليات مع لف العجينة حول الرولتين .	٤
١١	لف العجينة على الرولات بفتحة (٠.٣) وقطع (3/4) من جانبي شريط المطاط.	٣
	<b>المرحلة الثانية</b>	
١٢	تبريد العجينة إلى درجة حرارة الغرفة .	غير محدد
١٣	إضافة الكبريت إلى العجينة .	١
١٤	إضافة المعجل ( MBS ) Accelerator .	١
١٥	إضافة المبطئ ( CTP-١٠٠ ) Retarder .	١
١٦	لف العجينة حول الرولتين مع تصغير الفتحة (٠.٢٨") لغرض المجانسة النهائية	٥
١٧	تبريد العجينة إلى درجة حرارة الغرفة .	غير محدد
	<b>المجموع</b>	٣٤

## ١-١-٢ الاختبارات Tests

جرت للعجنت المخبترية فحوصات مخبترية متعددة . الجدول ( ٢-٢ ) يبين أنواع هذه الفحوصات والأجهزة المستخدمة [٤٥] .

الجدول ( ٢ - ٢ ) أنواع الاختبارات والأجهزة المستخدمة .

نوع الفحص	الجهاز المستخدم
زمن الاحتراق ( ts٢ ) ( دقيقة ) زمن الفلكنة ( t٩٠ ) ( دقيقة ) العزم الأقصى ( باوند-انج )	جهاز قياس الانسيابية Monsanto ODR (oscillating Disc Rheometer)
مركب الكثافة والوزن النوعي	جهاز قياس الكثافة والوزن النوعي Monsanto-Densitron
مركب مقاومة الشد ( ميكاباسكال ) مركب المرونة عند نسبة استطالة ( ٣٠٠% ) مركب الاستطالة عند القطع ( % )	جهاز الشد Monsanto T١٠ Tensometer
مركب الصلادة المقياس العالمي لصلادة المطاط	جهاز اختبار الصلادة Wallance Dead Load hardness tester

كذلك فان الهدف من وراء هذه الفحوصات هو تحسين وتطوير عملية تركيب المطاط ( Rubber compound ) مع المواد الأخرى الداخلة في العجنة ، كما يمكن انتقاء الصفات المرغوبة التي تلائم كل عجنة حسب استخداماتها في أجزاء الإطار المختلفة . هذا وقد جرى الفحص وفق المواصفة القياسية الأمريكية لفحص المواد ASTM. D٢٠٨٤-٨٩ [٢٩] .

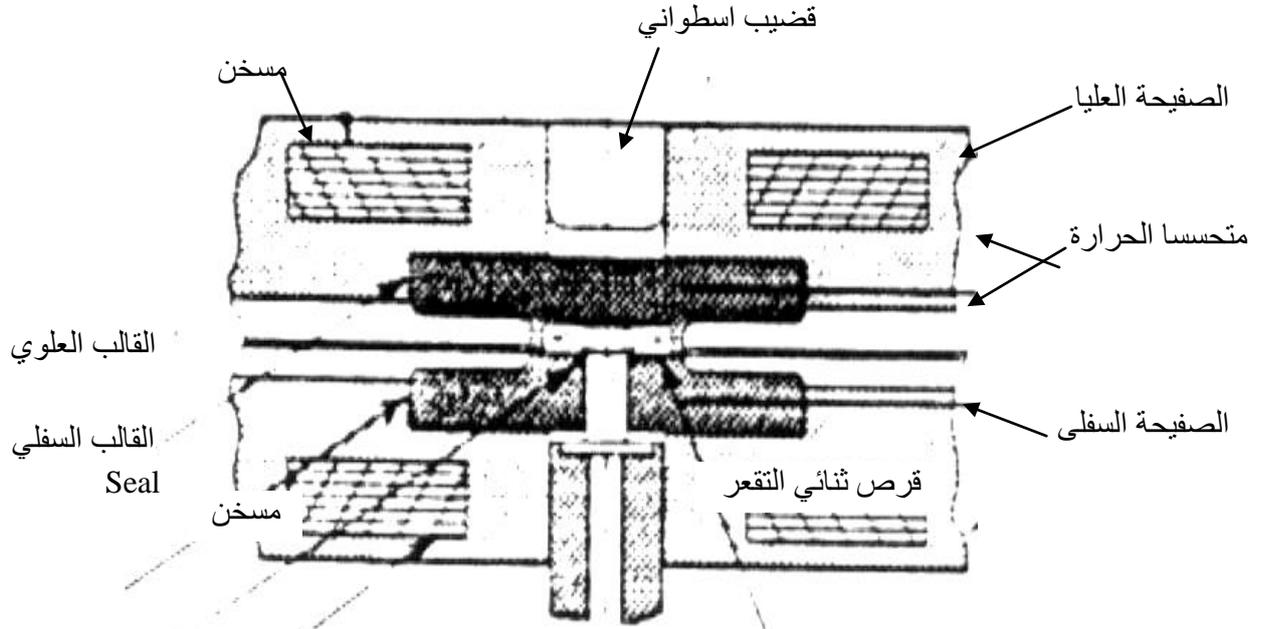
تم اختيار عدة نماذج بعد تحضيرها بأشكال قرصية ذات أقطار مقدارها ( ٣٠ mm ) تم فحص كل نموذج في جهاز الريوميتر بوضعه فوق قرص متذبذب الحركة ، مدى حركته زاوية مقدارها ( ٣ ) ثلاث درجات وقد أحيط النموذج بفكي القالب العلوي والسفلي لجهاز الفحص ، وبضغط ثابت ودرجة حرارة ثابتة مقدارها ( ١٨٥ C° ) .

ان درجة اللزوجة للنموذج المفحوص تتغير اعتماداً على التفاعلات الكيماوية التي تحدث أثناء عملية الفلكنة والتي ينتج عنها تكوين الترابط التشابكي ( Cross-linking ) من متحسسات الانفعال ( Gage strain ) في الجهاز وترسم النتائج على ورق بياني يمثل تغير العزم ( Torque ) مع زمن الفلكنة ( Vulcanization time ) .

وتثبت أيضاً البيانات الخاصة بكل من الأمور التالية :

Max Torque (MH) LB-IN	العزم الأقصى باوند – انج
Min Torque (ML) LB-IN	العزم الأدنى باوند – انج
Scorch Time (Min)	زمن الاحتراق او التهيئة للفلكنة ( دقيقة )
cure Time (Min)	زمن الفلكنة ( دقيقة )
Viscosity (ML* ٢.٧١)	اللزوجة

هذا وتعدّ نتائج جهاز الانسيابية ( Rheometer ) دقيقة كونه يعمل بالحاسوب وفيه برنامج رقيب يقوم بضبط النتائج كلما لزم الأمر ذلك .  
والشكل ( ٢ - ١ ) يوضح جهاز قياس الانسيابية ( ODR ) .



الشكل ( ٢ - ١ ) الاجزاء الرئيسة لجهاز قياس الانسيابية ( ODR )

## ١-١-١-٢ فحوصات جهاز الشد Monsanto T١٠ Tensometer

### ١-١-١-١-٢ تحضير نموذج الفحص Preparation of Test Sample

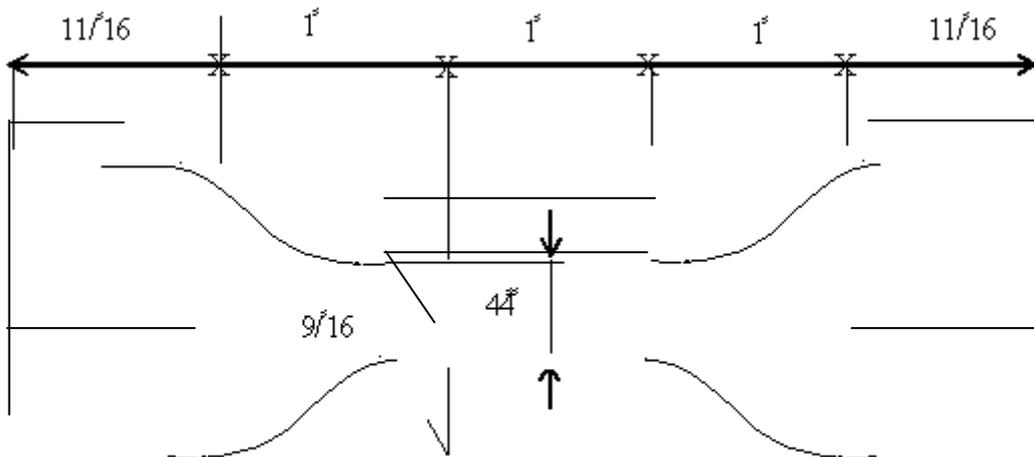
جرى تحضير نموذج الفحص من العجنة المختبرية ( IK٤١٠٠ ) بواسطة العصاراة المختبرية على شكل شريحة sheet بسمك ( ٢.٥mm ) وتمت الفلكنة باستخدام ما يلي :

- ◆ قالب أبعاده ١٥٠mm × ١٥٠mm وبعمق  $١٩.٥ \pm ٠.٥$  .
- ◆ مكبس حراري بضغط ٥٠٠ Psi وبدرجة حرارة  $١٤٥C^{\circ}$  .
- ◆ الوقت اللازم لاتمام الفلكنة ٤٥ دقيقة . استخدم هذا السياق وفق تعليمات فحص المواد ASTM-D٣١٨٢ و ASTM-D٣١٩٢ بعد انتهاء فترة الفلكنة ، ثم فتح القالب واخراج الشريحة ، حيث تم وضعها في ماء بارد وتركها ( ١٢ ) ساعة قبل استخدامها لأغراض الفحص .

تمّ قطع ثلاثة نماذج فحص ( Dumbell Specimen ) وهي المشار إليها بالشكل ( ٢-٢ ) من الشريحة المفلكنة ، جرى القطع لها بواسطة قالب خاص وتم اختبارها وفق سياقات ( ASTM-D٤١٢ ) حيث كانت الخصائص التي تضمنها الفحص كما يلي :

### ١. مقاومة الشد Tensile strength

وتمثل القوة المسلطة على وحدة المساحة للمقطع العرضي الأساسي لعينة الاختبار ( Dumbell Specime ) والتي تسبب الكسر (القطع او التمزق للمطاط ) rupture تقاس مقاومة الشد الميكانيكية بالميكاسباسكال ( MPa ) ، والشكل ( ٢-٢ ) يوضح نموذج الاختيار لهذا الفحص والفحصين اللاحقين .



## ٢- معامل المرونة ( Modulus ) ( MPa )

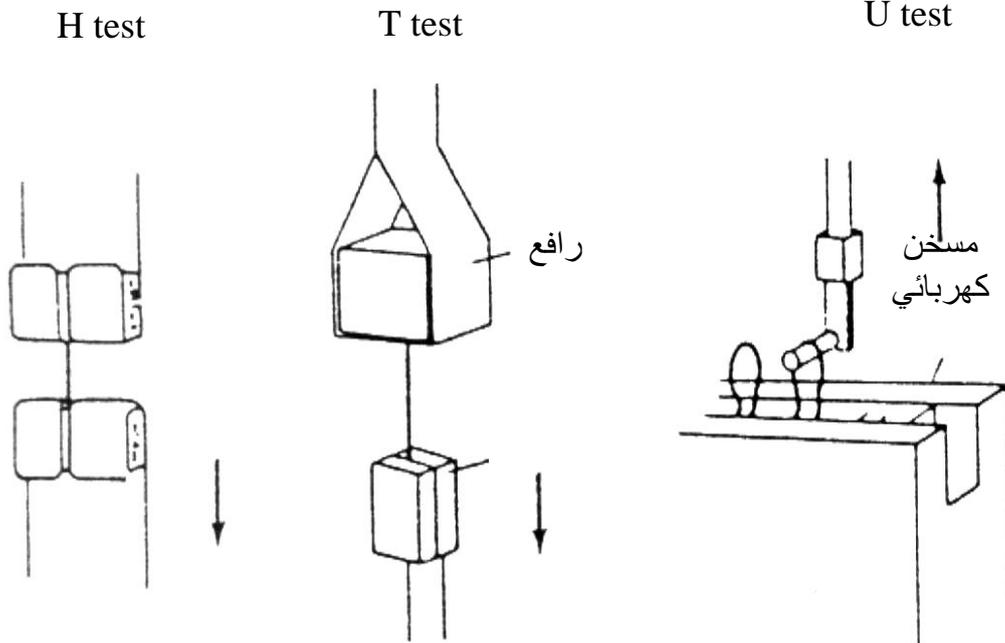
تمثل معامل المرونة في المواد المعدنية نسبة الإجهاد ( Stress ) الى الانفعال ( Strain ) ، أما في المواد المطاطية فإنه الإجهاد اللازم لحدوث الاستطالة عند نسبة مئوية محددة من طول المطاط الأصلي وغالبا ما تتراوح هذه النسبة بين ( ١٠٠-٣٠٠ % ) . وفي الدراسة الحالية تم اعتماد ( ٣٠٠ % ) لحساب معامل المرونة ( Modulus ) .

## ٣- الاستطالة ( Elongation (%) )

وهي قابلية المطاط المفلكن للسحب دون ان ينقطع ، وتسمى الاستطالة بالقصوى ( Ultimate elongation ) عندما تحتسب لغاية نقطة القطع او التمزق ( Point of rupture ) وقد تمّ اعتماد الاستطالة القصوى في هذا البحث موصفة بالنسبة المئوية ( % ) من الطول الأصلي .

يستفاد من هذه الفحوص لأغراض متعددة في صناعة المطاط منها عملية تحليل وتطوير تركيب المطاط ( Rubber compound ) [٤٦] ، وتساعد أيضا في السيطرة على عملية التصنيع . كذلك فإنها تحدد بدقة مدى تحسس مركب المطاط لكل من التعتيق الطبيعي والاصطناعي ( Natural and artificial aging ) [٢٦] . والشكل ( ٢ - ٣ ) يبين أنواع فحوصات الشد .

وتستخدم الشركة النوع الأول في الفحص ( H test ) .



الشكل ( ٢ - ٣ ) أنواع فحوصات الشد.

## ٢-١-١-٢ اختبار الصلادة Hardness Test

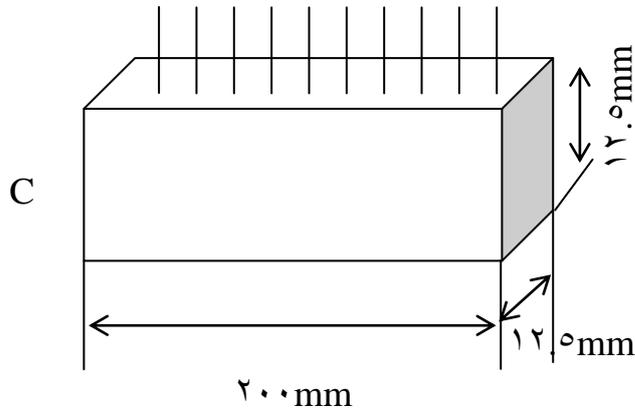
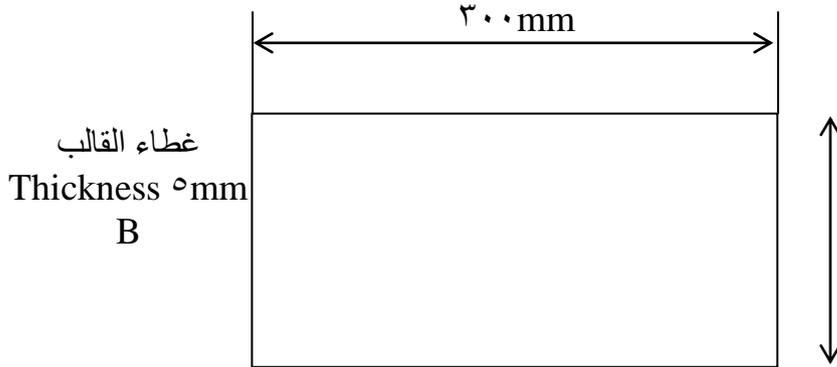
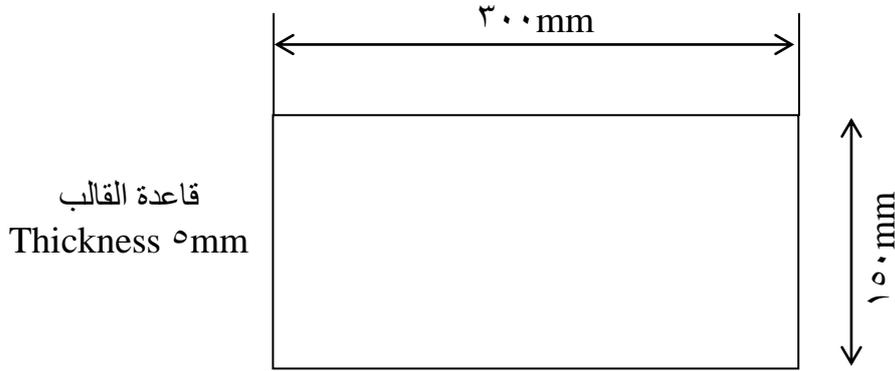
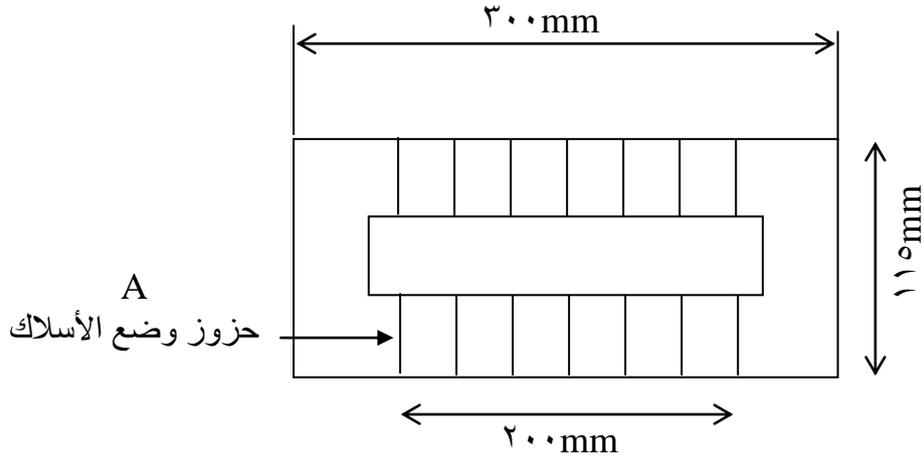
تعدّ الصلادة (Hardness) خاصية من خواص عجناط المطاط ، وتمثل مقدار المقاومة التي يبديها سطح نموذج الفحص للاختراق ( Indentation ) التي تسببها القوة المسلطة بواسطة الجهاز ، وتمت قراءة مقاديرها على الجهاز بوحدات ( I.R.H.D. ) ( International Rubber Hardness Degree ) وعلى مقياس مايكرومترى تعتمد دقة القراءة في جهاز الفحص على معدل سرعة التحميل ( Rate of loading ) الفترة الزمنية لتسليط الحمل (Duration of loading) ، والشكل ( ٤-٢ ) يوضح جهاز فحص الصلادة .

الشكل ( ٤ - ٢ ) جهاز فحص الصلادة .

## Preparation of Adhesion نماذج التلاصق ٣-١-١-٢ Samples

جرى عمل بلوكة ( نموذج ) المطاط من العجينة النهائية التي ذكرت تفاصيلها في البند ( ٢ - ٢ ) وفحوصاتها في البند ( ٢ - ٣ ) ، حيث تم عمل القالب لها وفق الخطوات التالية :

١. عمل شريحة كبيرة ذات سمك ( ٧ mm ) .
  ٢. تم تقطيع الشريحة إلى قطعتين وبالأبعاد ( ٢٠٢ × ١٢ × ٧ mm ) .
  ٣. تم وضع القطعة الأولى في الجزء الأول من القالب ( Steel die ) ، الشكل ( ٢ - ٥ - a ) .
  ٤. وضعت الأسلاك في الأماكن المخصصة لها في القالب والتي هي عبارة عن حروز صغيرة بعرض ( ٢ mm ) وعددها ( ١٥ ) حزاً بحيث يكون طول السلك المغمور Embedded في المطاط يساوي ( ١٢ mm ) .
  ٥. بعد ذلك تم وضع القطعة الثابتة على الأسلاك وعلى القطعة الأولى سابقاً .
  ٦. وضع غطاء القالب الشكل ( ٢ - ٥ - b ) .
  ٧. كبس القالب في المكبس الهيدروليكي الخاص بذلك نوع ( Moore ) إنكليزي الصنع ذات تحمل ( ٥٠ ton ) وبظروف الفلكنة الآتية :
    - درجة حرارة الفلكنة ( ١٤٥°C ) Cure temperature .
    - زمن الفلكنة ( ٣٠ min ) Cure time .
    - القوة المسلطة خلال الكبس ( ١٠ ton ) .
  ٨. بعد إنهاء وقت الفلكنة تم إخراج القالب من المكبس ورفع البلوكة المطاطية المحتوية على الأسلاك وتركها لتبرد حيث كانت أبعادها ( ٢٠٠ × ١٢ × ١٢ mm ) شكل ( ٢ - ٦ - C ) .
  ٩. تم الفحص بعد مرور ( ٢٤ - ١٦ hrs ) .
- والشكل ( ٢ - ٥ ) يوضح القالب الفولاذي لعمل نموذج التلاصق .



الشكل ( ٢ - ٥ ) القالب الفولاذي لعمل نموذج التلاصق  
A و B القالب الفولاذي  
C نموذج التلاصق

## ١-٣-١-١-٢ اختبار التلاصق Adhesion Test

تعرف قوة التلاصق ( Adhesion force ) بأنها القوة اللازمة لفصل السلك عن المطاط ويعبر عنها بالنيوتن ( N ) .

جرى فحص التلاصق حسب نظام ( ASTM-D-٢٢٢٩ ) وبنفس جهاز الشد للأسلاك حيث تم تنظيف البلوكة أولاً من المطاط الخارجي الناتج من عملية الكبس السابق ، بعد ذلك تقوى هذه البلوكة بصفحة معدنية ، وتثبت بالماسك العلوي لجهاز الشد والنهائية الحرة للأسلاك بالماسك السفلي. تم تثبيت سرعة الفحص بـ ( ٥٠ mm/min ) وحسب النظام أعلاه ، بعد ذلك تم فحص كل سلك من الأسلاك بصورة منفصلة عن الآخر وتسجل قوة التلاصق الناتجة .

## ٢-١-٢ ظروف الفلكنة Cure Condition

### ١-٢-١-٢ درجة حرارة الفلكنة Cure Temperature

تم اختيار خمس درجات حرارة فلكنة مختلفة ، وكما هو موضح في الجدول ( ٣ - ٢ ) لبيان تأثير درجة حرارة الفلكنة على خواص التلاصق وقد احتسب زمن الفلكنة لكل درجة حرارة بالاعتماد على درجة حرارة الفلكنة المعتمدة من قبل الشركة لعجينة تلاصق المطاط مع الأسلاك اعتماداً على ان زيادة درجة حرارة الفلكنة عشر درجات مئوية فأن زمن الفلكنة ينخفض إلى ٥٠% من زمن الفلكنة [٤٦] .

الجدول ( ٣ - ٢ ) درجات حرارة الفلكنة مع أزمان الفلكنة

درجة حرارة الفلكنة (م)	١٣٠	١٤٥	١٦٠	١٧٥	١٩٠
Cure Temperature					
زمن الفلكنة ( دقيقة )	٩٠	٣٠	١٣	٨	٣
Cure time ( min )					

جرى تحضير نماذج لتلاصق المطاط مع الأسلاك وكما ورد في البند ( ٣-١-١-٢ ) .

### ٢-٢-١-٢ زمن الفلكنة Cure Time

تم تغيير زمن الفلكنة لدرجة حرارة الفلكنة المعتمدة من قبل الشركة لعجينة تلاصق المطاط مع الأسلاك وبنسب مئوية ( ٢٠٠% , ١٥٠% , ١٠٠% , ٥٠% ) من وقت الفلكنة المعتمد من قبل الشركة لبيان تأثير زمن الفلكنة على خواص التلاصق .

جرى تحضير نماذج لتلاصق المطاط مع الأسلاك وكما ورد في البند ( ٣-١-١-٢ ) .



### ٣-١-٢ الكبريت Sulfur

تم تحضير عينات مختبرية من العجنة ( IK٤١٠٠ ) الوارد ذكرها سابقاً مع تغيير النسبة الوزنية للكبريت في كل عجنة لبيان تأثير الكبريت على خواص التلاصق ، بالنسب الوزنية لكل مائة جزء من المطاط ( PPHR ) ، وكما موضح في الجدول ( ٢ - ٤ ) .

الجدول ( ٢ - ٤ ) يبين النسبة الوزنية للكبريت في كل عجنة

Ingredient	Recipe (No. ١)	Recipe (No. ٢)	Recipe (No. ٣)	Recipe (No. ٤)	Recipe (No. ٥)	Recipe (No. ٦)
Natural rubber	١٠٠.٠	١٠٠.٠	١٠٠.٠	١٠٠.٠	١٠٠.٠	١٠٠.٠
Zinc oxide	٨.٠	٨.٠	٨.٠	٨.٠	٨.٠	٨.٠
Stearic acid	١.٤٠	١.٤٠	١.٤٠	١.٤٠	١.٤٠	١.٤٠
Carbon black	٨٥.٠	٨٥.٠	٨٥.٠	٨٥.٠	٨٥.٠	٨٥.٠
Phenolic tack resin	٠.٨٥٠	٠.٨٥٠	٠.٨٥٠	٠.٨٥٠	٠.٨٥٠	٠.٨٥٠
Coblat st.	١.٠	١.٠	١.٠	١.٠	١.٠	١.٠
Antiozinants ( ٦ppD)	٢.٣	٢.٣	٢.٣	٢.٣	٢.٣	٢.٣
Process oil	٧.٠	٧.٠	٧.٠	٧.٠	٧.٠	٧.٠
Accelerator	٠.٣٤	٠.٣٤	٠.٣٤	٠.٣٤	٠.٣٤	٠.٣٤
Retarders	٠.٤٢٦	٠.٤٢٦	٠.٤٢٦	٠.٤٢٦	٠.٤٢٦	٠.٤٢٦
Sulfur	٠.٥	١.٠	١.٥	٢.٠	٢.٥	٣.٠

جرت عمليات الخلط والمجانسة وتحضير نماذج تلاصق المطاط مع الأسلاك ، وكما ورد سابقاً في البند ( ٣-١-٢ ) .

### ٤-١-٢ أسود الكربون Carbon-Black

تم تحضير خمس عينات مختبرية من العجنة ( IK٤١٠٠ ) والمستخدمه لفحص تلاصق المطاط مع الأسلاك مع تغيير النسبة الوزنية لأسود الكربون في كل عجنة لبيان تأثير الكربون على خواص التلاصق .

والجدول ( ٢ - ٥ ) يبين النسبة الوزنية لكل عجنة بالنسبة الوزنية المئوية للمطاط ( PPHR ) .

الجدول ( ٢ - ٥ ) النسبة الوزنية للكربون في كل عجنة

Ingredient	Recipe (No. ١)	Recipe (No. ٢)	Recipe (No. ٣)	Recipe (No. ٤)	Recipe (No. ٥)
Natural rubber	١٠٠.٠	١٠٠.٠	١٠٠.٠	١٠٠.٠	١٠٠.٠
Zinc oxide	٨.٠	٨.٠	٨.٠	٨.٠	٨.٠
Stearic acid	١.٤٠	١.٤٠	١.٤٠	١.٤٠	١.٤٠
Carbon black	٢٥.٠	٤٥.٠	٦٥.٠	٨٥.٠	١٠.٠
Phenolic tack resin	٠.٨٥٠	٠.٨٥٠	٠.٨٥٠	٠.٨٥٠	٠.٨٥٠
Coblat st.	١.٠	١.٠	١.٠	١.٠	١.٠
Antiozinants ( ٦ppD)	٢.٣	٢.٣٠	٢.٣٠	٢.٣٠	٢.٣٠
Process oil	٧.٠	٧.٠	٧.٠	٧.٠	٧.٠
Accelerator	٠.٣٤	٠.٣٤	٠.٣٤	٠.٣٤	٠.٣٤
Retarders	٠.٤٢٦	٠.٤٢٦	٠.٤٢٦	٠.٤٢٦	٠.٤٢٦
Sulfur	٢.٥	٢.٥	٢.٥	٢.٥	٢.٥

جرت عمليات الخلط والمجانسة وتحضير عجنات تالاصق المطاط مع الأسلاك وكما ورد سابقا في البند ( ٣-١-٢ ) .

## ٥-١-٢ ستيارات الكوبلت Cobalt Stearate

تم تحضير خمس عجنات مختبرية من العجنة ( IK٤١٠٠ ) والوارد ذكرها سابقا مع تغيير النسبة الوزنية لستيارات الكوبلت ( Cobalt stearate ) في كل عجنة لبيان تأثيرها على التالاصق مع الأسلاك ، وكما هو موضح في الجدول ( ٦ - ٢ ) .

الجدول ( ٦ - ٢ ) النسبة الوزنية لستيارات الكوبلت في كل عجنة

Ingredient	Recipe (No. ١)	Recipe (No. ٢)	Recipe (No. ٣)	Recipe (No. ٤)	Recipe (No. ٥)
Natural rubber	١٠٠.٠	١٠٠.٠	١٠٠.٠	١٠٠.٠	١٠٠.٠

Zinc oxide	٨.٠	٨.٠	٨.٠	٨.٠	٨.٠
Stearic acid	١.٤٠	١.٤٠	١.٤٠	١.٤٠	١.٤٠
Carbon black	٨٥.٠	٨٥.٠	٨٥.٠	٨٥.٠	٨٥.٠
Phenolic tack resin	٠.٨٥٠	٠.٨٥٠	٠.٨٥٠	٠.٨٥٠	٠.٨٥٠
Coblat st.	٠	٠.٥٠	١.٠	١.٥	٢.٠
Antiozinants (٦ppD)	٢.٣	٢.٣	٢.٣	٢.٣	٢.٣
Process oil	٧.٠	٧.٠	٧.٠	٧.٠	٧.٠
Accelerator	٠.٣٤	٠.٣٤	٠.٣٤	٠.٣٤	٠.٣٤
Retarders	٠.٤٢٦	٠.٤٢٦	٠.٤٢٦	٠.٤٢٦	٠.٤٢٦
Sulfur	٢.٥	٢.٥	٢.٥	٢.٥	٢.٥

جرت عمليات الخلط والمجانسة وتحضير عجنت التلاصق وكما ورد في  
البند (٣-١-١-٢).

## ٦-١-٢ الظروف الجوية

### ١-٦-١-٢ التعتيق Aging

تمّ تحضير ثلاثة نماذج مختبرية من العجينة ( IK٤١٠٠ ) وتم وضعها في فرن بدرجة حرارة  $90^{\circ}\text{C}$  ولمدة ( ٥, ١٠, ١٥ ) يوم بعد فلكنتها ، إضافة إلى تحضير ثلاثة نماذج لفحص التلاصق بين المطاط والأسلاك ، وتمّ وضعها بالفرن وبنفس درجة الحرارة أي  $90^{\circ}\text{C}$  ولمدة ( ٥, ١٠, ١٥ ) يوم ، لبيان تأثير التعتيق على الخواص الفيزيائية لمركب المطاط إضافة إلى تأثيره على خواص التلاصق بين المطاط والأسلاك المطلية بالبراص .

### ٢-٦-١-٢ الرطوبة Moisture

تمّ تحضير ثلاثة نماذج من العجينة ( IK٤١٠٠ ) والأسلاك المطلية بالبراص ، ووضعها في وعاء الرطوبة الذي هو عبارة عن وعاء زجاجي مغلق محكم الإغلاق يحتوي على فتحة صغيرة يتم من خلالها إدخال بخار الماء إلى الوعاء بواسطة جهاز يضخ بخار الماء وكانت نسبة الرطوبة ( ٨٥% ) عند وضع العينات وبدرجة حرارة الغرفة حيث وضعت النماذج لفترات زمنية ( ٥, ١٠, ١٥ ) يوم ، لبيان تأثير الرطوبة على قوة التلاصق ومقارنتها بقوة التلاصق في حالة عدم التعرض إلى الرطوبة .

## ٧-١-٢ الراتنج ( RF )

تمّ تحضير خمس عجنت مختبرية من العجينة ( IK٤١٠٠ ) والوارد ذكرها سابقاً مع إضافة ( RF resin ) إلى كل عجنة مع تغيير نسبته في كل عجنة مع إضافة نسبة وزنية من ( HMT ) إلى كل عجنة ، وكما هو موضح في الجدول ( ٧-٢ ) .

الجدول ( ٧ - ٢ ) النسب الوزنية لراتنج RF و HMT في كل عجنة

Ingredient	Recipe (No. ١)	Recipe (No. ٢)	Recipe (No. ٣)	Recipe (No. ٤)	Recipe (No. ٥)
SMR(٢٠)	١٠٠.٠	١٠٠.٠	١٠٠.٠	١٠٠.٠	١٠٠.٠
Zinc oxide	٨.٠	٨.٠	٨.٠	٨.٠	٨.٠
Stearic acid	١.٤٠	١.٤٠	١.٤٠	١.٤٠	١.٤٠
Carbon Block	٨٥.٠	٨٥.٠	٨٥.٠	٨٥.٠	٨٥.٠
( ٦ppD)	٢.٣٠	٢.٣٠	٢.٣٠	٢.٣٠	٢.٣٠
Process oil	٧.٠	٧.٠	٧.٠	٧.٠	٧.٠
Phe. tack resin	٠.٨٥٠	٠.٨٥٠	٠.٨٥٠	٠.٨٥٠	٠.٨٥٠
RF resin	-	٠.٥	١.٠	١.٥	٢.٠
HMT	-	١.٠	١.٠	١.٠	١.٠
Coblat St.	١.٠	١.٠	١.٠	١.٠	١.٠
Sulfur	٢.٥	٢.٥	٢.٥	٢.٥	٢.٥
MBS	٠.٣٤	٠.٣٤	٠.٣٤	٠.٣٤	٠.٣٤
CTP-١٠٠	٠.٤٢٦	٠.٤٢٦	٠.٤٢٦	٠.٤٢٦	٠.٤٢٦

جرت عمليات الخلط والمجانسة وتحضير عجانات التلاصق مع الأسلاك المطلية بالبراص وكما ورد سابقاً في البند ( ٣-١-١-٢ ) .

## ٢ - ٢ العجنة التجريبية لاختبار تلاصق المطاط مع نسيج

### النايلون

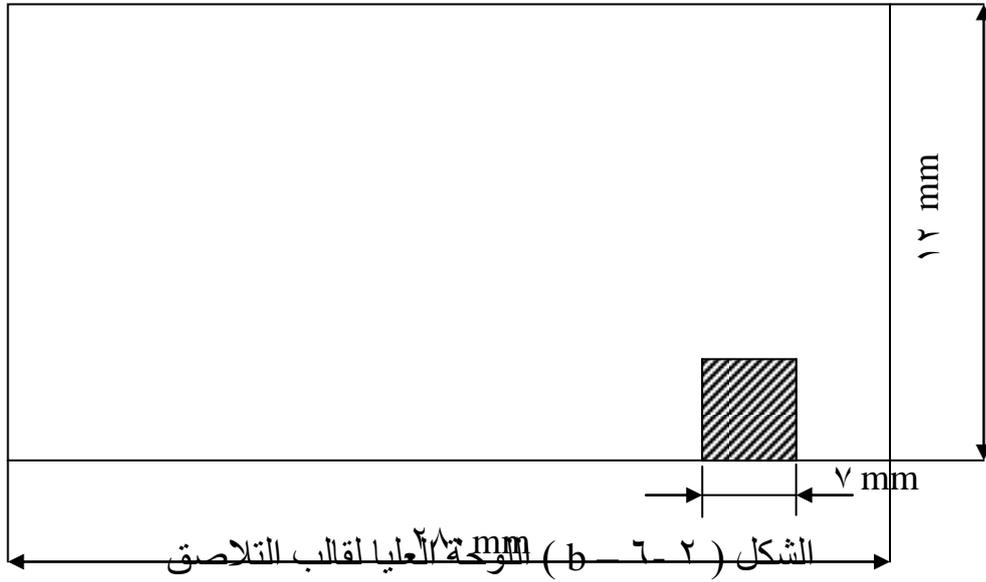
### ١-٢-٢ تحضير نموذج التلاصق Preparation of Adhesion Sample

جرى عمل بلوكة ( نموذج ) المطاط من العجنة النهائية التي ذكرت تفاصيلها ، حيث تم عمل القالب لها وفق الخطوات الآتية :

١. تم عمل شريحتين من المطاط بالأبعاد ( ٢٣٥ × ٧٦ × ٢.٨ mm ) .
٢. تم وضع الشريحة الأولى في القالب ( Steel die ) الشكل ( ٢ - ٦ - a ) .
٣. يوضع نسيج النايلون بأبعاد ( ٢٣٥ × ٧٦ mm ) فوق الشريحة الأولى .
٤. يوضع ورق السيلوفين ( Cellophane ) بأبعاد ( ٢٣٥ × ٧٦ mm ) فوق الشريحة بعد ترك مسافة ( ٦٥ mm ) من النهاية العليا للشريحة .
٥. توضع الشريحة الثانية من المطاط وباستعمال ضغط يدوي لضمان حصول تلاصق بين الشريحتين .
٦. وضع غطاء القالب الشكل ( ٢ - ٦ - b ) .
٧. كبس القالب في المكبس الهيدروليكي :
- درجة حرارة الفلكنة ( ١٤٥ C° ) Cure Temperature
- زمن الفلكنة ( ٤٥ ) دقيقة Cure Time
- القوة المسلطة خلال الكبس ( ٢ Ton )
٨. بعد انتهاء وقت الفلكنة ، تم إخراج القالب من المكبس ورفع البلوكة المطاطية المحتوية على النسيج وتركت لتبرد .
٩. تم الفحص بعد مرور ( ١٦ - ٢٤ ) ساعة .

جرى اختبار التلاصق باستخدام نفس جهاز الشد Tensometer .





## ٢-٢-٢ الكبريت Sulfur

تمّ تحضير ست عجناات مختبرية مع تغيير نسبة الكبريت في كل عجنة ،  
 بقيمة الجزء لكل مائة جزء من المطاط (PPHR) Part Per Hundred Rubber ،  
 وكما هو موضح في الجدول ( ٢ - ٨ ) .

الجدول ( ٢ - ٨ ) النسب الوزنية في الكبريت في كل عجنة

Ingredient	Recipe (No. ١)	Recipe (No. ٢)	Recipe (No. ٣)	Recipe (No. ٤)	Recipe (No. ٥)	Recipe (No. ٦)
SMR٢٠	٧٥.٠	٧٥.٠	٧٥.٠	٧٥.٠	٧٥.٠	٧٥.٠
SBR ١٥.٢	٢٨.٠	٢٨.٠	٢٨.٠	٢٨.٠	٢٨.٠	٢٨.٠
Reclme	١٧.٠	١٧.٠	١٧.٠	١٧.٠	١٧.٠	١٧.٠
Zinc oxide	٤.٢٥	٤.٢٥	٤.٢٥	٤.٢٥	٤.٢٥	٤.٢٥
Stearic acid	١.٦	١.٦	١.٦	١.٦	١.٦	١.٦
PCTP-٥٠	٠.١٥	٠.١٥	٠.١٥	٠.١٥	٠.١٥	٠.١٥
Carbon black	٤٧.٠	٤٧.٠	٤٧.٠	٤٧.٠	٤٧.٠	٤٧.٠
Process oil	٧.٥	٧.٥	٧.٥	٧.٥	٧.٥	٧.٥
Phenolic tack resin	٢.٦	٢.٦	٢.٦	٢.٦	٢.٦	٢.٦
٦PPD	١.٠	١.٠	١.٠	١.٠	١.٠	١.٠
MBS	٠.٩٥٠	٠.٩٥٠	٠.٩٥٠	٠.٩٥٠	٠.٩٥٠	٠.٩٥٠
Sulfur	١.٠	١.٥	٢.٠	٢.٥	٣.٠	٣.٥
CTP-١٠٠	٠.١١٠	٠.١١٠	٠.١١٠	٠.١١٠	٠.١١٠	٠.١١٠

جرت عمليات الخلط Mixing والمجانسة Homogenization وكما ورد في البند ( ١-٢ ) ، وتحضير نماذج التلاصق وكما ورد في البند ( ١-٢-٢ ) .

## ٣-٢-٢ أسود الكربون

جرى تحضير عينات مختبرية من العجنة ( IK٤١٠٥ ) والمستخدم من قبل الشركة مع تغيير النسبة الوزنية لاسود الكربون في كل عجنة ، وكما هو في الجدول ( ٢-٩ ) .

الجدول ( ٢-٩ ) النسب الوزنية لاسود الكربون .

Ingredient	Recipe (No. ١)	Recipe (No. ٢)	Recipe (No. ٣)	Recipe (No. ٤)	Recipe (No. ٥)	Recipe (No. ٦)	Recipe (No. ٧)
SMR٢٠	٧٥.٠	٧٥.٠	٧٥.٠	٧٥.٠	٧٥.٠	٧٥.٠	٧٥.٠
SBR ١٥٠٢	٢٨.٠	٢٨.٠	٢٨.٠	٢٨.٠	٢٨.٠	٢٨.٠	٢٨.٠
Reclame	١٧.٠	١٧.٠	١٧.٠	١٧.٠	١٧.٠	١٧.٠	١٧.٠
Zinc oxide	٤.٢٥	٤.٢٥	٤.٢٥	٤.٢٥	٤.٢٥	٤.٢٥	٤.٢٥
Stearic acid	١.٦	١.٦	١.٦	١.٦	١.٦	١.٦	١.٦
PCTP-٥٠	٠.١٥	٠.١٥	٠.١٥	٠.١٥	٠.١٥	٠.١٥	٠.١٥
Carbon black	٠.٠	٧.٠	١٧.٠	٢٧.٠	٣٧.٠	٤٧.٠	٥٧.٠
Process oil	٧.٥	٧.٥	٧.٥	٧.٥	٧.٥	٧.٥	٧.٥
Phe. tack resin	٢.٦	٢.٦	٢.٦	٢.٦	٢.٦	٢.٦	٢.٦
٦PPD	١.٠	١.٠	١.٠	١.٠	١.٠	١.٠	١.٠
MBS	٠.٩٥٠	٠.٩٥٠	٠.٩٥٠	٠.٩٥٠	٠.٩٥٠	٠.٩٥٠	٠.٩٥٠
Sulfur	٢.٩٣٨	٢.٩٣٨	٢.٩٣٨	٢.٩٣٨	٢.٩٣٨	٢.٩٣٨	٢.٩٣٨
CTP-١٠٠	٠.١١٠	٠.١١٠	٠.١١٠	٠.١١٠	٠.١١٠	٠.١١٠	٠.١١٠

جرت عمليات الخلط Mixing والمجانسة Homogenization وكما ورد في البند ( ١-٢ ) ، وتحضير نماذج التلاصق وكما ورد في البند ( ١-٢-٢ ) .

## ٢-٢-٤ الظروف الجوية

### ١-٤-٢-٢ التعتيق

جرى تحضير أربعة نماذج مختبرية لتلاصق المطاط مع النسيج وتمّ وضعها في فرن كهربائي بدرجة حرارة ( ٩٠C° ) ، وحسب المواصفات الأمريكية ASTM-D-٥٧٣-٩ ولفترات زمنية ( ٢, ٤, ٦, ٨ ) أيام ، ومقارنتها بالنموذج غير المعرض إلى التعتيق لبيان تأثير التعتيق على قوة التلاصق بين المطاط والنايلون .

### ٢-٤-٢-٢ الرطوبة

جرى تحضير ثلاثة نماذج مختبرية لتلاصق المطاط مع النسيج ووضعها في وعاء زجاجي محكم الغطاء يحتوي على فتحة صغيرة يتم عن طريقها إدخال بخار الماء إلى داخل الوعاء حيث كانت نسبة الرطوبة ( ٨٥% ) ، وبدرجة حرارة الغرفة ولفترّة تتراوح بين ( ٢ - ٨ ) أيام .

## ٥-٢-٢ الراتنج ( RF )

جرى تحضير خمس عجنات مختبرية من العجنة ( IK٤١٠٥ ) والمستخدمه لفحص تلاصق نسيج النايلون مع المطاط مع تغيير النسبة الوزنية للراتنج ( RF ) في كل عجنة مع إضافة ( HMT ) إلى كل عجنة ، وكما هو موضح في الجدول ( ١٠ - ٢ ) .

الجدول ( ١٠ - ٢ ) النسب الوزنية لراتنج RF مع HMT

Ingredient	Recipe (No. ١)	Recipe (No. ٢)	Recipe (No. ٣)	Recipe (No. ٤)	Recipe (No. ٥)
SMR(٢٠)	٧٥.٠	٧٥.٠	٧٥.٠	٧٥.٠	٧٥.٠
SBR	٢٨.٠	٢٨.٠	٢٨.٠	٢٨.٠	٢٨.٠
Reclame	١٧.٠	١٧.٠	١٧.٠	١٧.٠	١٧.٠
Zinc oxide	٤.٢٥	٤.٢٥	٤.٢٥	٤.٢٥	٤.٢٥
Stearic acid	١.٦	١.٦	١.٦	١.٦	١.٦
Carbon black	٤٧.٠	٤٧.٠	٤٧.٠	٤٧.٠	٤٧.٠
Process oil	٧.٥	٧.٥	٧.٥	٧.٥	٧.٥
( ٦ppD )	٢.٣٠	٢.٣٠	٢.٣٠	٢.٣٠	٢.٣٠
Phe.tack resin	٢.٦	٢.٦	٢.٦	٢.٦	٢.٦
RF resin	٠	٠.٥	١.٠	١.٥	٢.٠
HMT	٠	٠.٥	٠.٥	٠.٥	٠.٥
٦PPD	١.٠	١.٠	١.٠	١.٠	١.٠
Sulfur	٢.٩٣٨	٢.٩٣٨	٢.٩٣٨	٢.٩٣٨	٢.٩٣٨
MBS	٠.٩٥٠	٠.٩٥٠	٠.٩٥٠	٠.٩٥٠	٠.٩٥٠
CTP-١٠٠	٠.١١٠	٠.١١٠	٠.١١٠	٠.١١٠	٠.١١٠

جرت عمليات الخلط (Mixing) والمجانسة (Homogenization) وكما ورد في البند (١-٢) ، وتحضير نماذج التلاصق وكما ورد في البند (١-٢-٢).

## المقدمة

بات معروفاً أن تقوية مطاط الإطار بالأسلاك أو بالنايلون أو حتى بأسود الكربون تلعب دوراً في إكسابه المقاومة ( Strength ) والقدرة على التحمل ، ورغم ذلك فإن عدم توفر قدرٍ كافٍ من قوة الترابط ( Bonding ) بين عناصر التقوية والأرضية ( Matrix ) فإن هذه الإضافات تصبح عبئاً على مطاط الإطار ، ويمكن أن تعمل المناطق الضعيفة الترابط كفجوات ( Cavities ) تقلل من جودة الإطار . إذ كثير ما يتسبب ذلك في توليد انتفاخات بارزة في جدران الإطار تجعله غير صالح للاستعمال ، وإضافة للتحميلية اللازم توفرها للإطار ، فإنه ينبغي إكسابه سمات وخصائص أخرى لمقاومة ظروف الاستخدام .

### ١-٤ عجنة التلاصق ( IK٤١٠٠ )

هذه العجنة ( IK٤١٠٠ ) تؤلف جزء من الإطار الذي يقوى بالأسلاك ، والجدولان (١-٣) و (٢-٣) يبينان الموصفات المعتمدة من قبل الشركة للمجموعة الأولى والثانية على التوالي . نجد استخدام العجنات التقليدية المقواة بأسلاك الفولاذ المطلية ( Coated ) بالبراص والمفلكنة عند درجة حرارة ( ١٤٥C° ) ولزمن الفلكنة ( ٣٠ min ) . هذه القيم معتمدة لدى الشركة في إنتاجها النمطي اليومي .

والشكل ( ١ - ٣ ) يبين العلاقة بين درجة حرارة الفلكنة وقوة التلاصق . ونلاحظ من خلال الشكل ان قوة التلاصق تزداد بازدياد درجة حرارة الفلكنة وتصل إلى أعلى قيمة لها عند درجة حرارة فلكنة ( ١٤٥C° ) ثم تبدأ بالانخفاض مع ازدياد درجة حرارة الفلكنة .

وهذا يرجع إلى إن الفلكنة في درجات الحرارة المنخفضة تؤدي إلى زيادة مفرطة في نمو طبقة ( Layer ) كبريتيد النحاس ( Cu<sub>2</sub>S ) عند سطح التلاصق ، أما عند درجة حرارة فلكنة ( ١٤٥C° ) فإن الزيادة في قوة التلاصق تعزى إلى تكوين ( Cu<sub>2</sub>S ) عند سطح التلاصق البيني بسمك مناسب إضافة إلى الخواص الفيزيائية الجيدة لمركب المطاط وخاصة مقاومة الشد .

أما الانخفاض في قوة التلاصق عند درجات حرارة الفلكنة العالية فهذا يرجع إلى ان عند درجات الحرارة العالية تؤدي إلى محدودية انتشارية عنصر الكبريت لمركب المطاط ويؤدي إلى تكوين طبقة ضعيفة الحدود ( Weak boundary layer ) للمطاط قرب السطح البيني وهذا يرجع إلى حقيقة ان تكوين السطح البيني للتلاصق يكون أسرع من عملية تكوين الترابط التشابكي لمركب المطاط . ففي درجات الحرارة العالية فإن الكبريت الموجود في مركب المطاط قرب سطح التلاصق يستهلك ( Consumed ) في تكوين طبقة التلاصق

( Adhesion layer ) ، وبالتالي حدوث نقص في كمية الكبريت قرب السطح البيني

وبالنظر لارتفاع درجة الحرارة فإن عملية انتشار ( Diffusion ) الكبريت من باقي مناطق مركب المطاط لتعويض النقص في الكبريت سوف تمنع ( Hindering ) بسبب سرعة تكوين الترابط التشابكي لارتفاع درجة الحرارة ومن ثم تكوين منطقة ضعيفة الحدود من المطاط قرب سطح التلاصق البيني ، وبعد ذلك امتلاكها خواص فيزيائية غير جيدة وخاصة مقاومة الشد مما يؤدي إلى انخفاض في قوة التلاصق [ ١٩ ] .

ومن الشكل ( ٣ - ٢ ) نلاحظ عند استخدام زمن فلكنة ( ٥٠ % ) من وقت الفلكنة الأصلي ان قوة التلاصق تكون قليلة ، وهذا يرجع إلى عدم اكتمال عملية الفلكنة لمركب المطاط وعدم نمو كبريتيد النحاسوز بصورة مناسبة عند سطح التلاصق البيني ، وعند زيادة زمن الفلكنة إلى ( ١٠٠ % ) من الوقت الأصلي فإن قوة التلاصق تكون أعلى ما يمكن ، وهذا يرجع إلى تكوين سطح تلاصق بيني مناسب ( Adhesion interface ) ، فضلاً عن الخواص الجيدة لمركب المطاط ، وعند زيادة وقت الفلكنة لفترات أطول نلاحظ انخفاض القوة مرة أخرى وهذا يرجع إلى النمو المفرط في كبريتيد النحاسوز عند سطح التلاصق البيني ، كذلك فإن زمن الفلكنة الطويل يؤدي إلى حدوث الفلكنة اللاحقة ( Post vulcanizations ) سواء في مركب المطاط بصورة عامة او في المطاط عند سطح التلاصق البيني ، لكن انتشار الكبريت الضروري للفلكنة من مركب المطاط إلى سطح التلاصق البيني سوف يكون صعباً بسبب منعه لتكوين الترابط التشابكي الذي يتزايد بسبب الفلكنة اللاحقة لذلك فإن مدى تأثير الفلكنة للمطاط عند سطح التلاصق البيني خلال زمن الفلكنة الطويل يكون اقل مقارنة عند التعرض إلى زمن فلكنة قصير مما يؤدي إلى تكوين طبقة ضعيفة الحدود قرب سطح التلاصق البيني ، وبالتالي تؤدي إلى فشل التلاصق

ومن الشكل ( ٣ - ٣ ) نلاحظ عند القيم المنخفضة للنسب الوزنية للكبريت ان قوة التلاصق تكون منخفضة وهذا يرجع إلى عدم كفاية الكبريت للانتشار ( Diffusion ) من مركب المطاط وتكون طبقة التلاصق ( Adhesion layer ) بصورة مناسبة عند سطح التلاصق البيني فضلاً عن انخفاض الخواص الفيزيائية لمركب المطاط وخاصة مقاومة الشد . وبزيادة نسبة الكبريت نلاحظ ان قوة التلاصق تبدأ بالزيادة إلى ان تصل إلى أعلى قيمة عند نسبة كبريت وزنية تساوي ( ٢.٥ PPHR ) ، وهذا يرجع إلى تكوين ترابط تشابكي متعدد الكبريتيد ( Polysulfidic cross linking ) والذي يتكون خلال عملية الفلكنة ( Curing process ) وهي التي تحتوي على الكمية المناسبة من الكبريت للانتشار وتكون طبقة التلاصق بسمك مناسب والذي يعطي افضل خواص للتلاصق فضلاً عن الخواص الفيزيائية الجيدة لمركب المطاط وخاصة مقاومة الشد .

أما عند نسبة كبريت ( ٣ PPHR ) فإننا نلاحظ انخفاضاً في قوة التلاصق مرة أخرى ، وهذا يرجع إلى تكوين ترابط تشابكي متعدد الكبريتيد حلقي

( Cyclic polysulfidic cross linking ) في مركب المطاط والذي لا يساهم في عملية تكوين سطح التلاصق البيئي أو حتى في عملية الفلكنة نفسها [٤٠] .  
ومن الشكلين ( ٣ - ٤ ) و ( ٣ - ٥ ) نلاحظ ان مقاومة الشد وقوة التلاصق تزداد طردياً بازدياد النسبة الوزنية لاسود الكربون وتصل إلى أعلى قيمة لها عند ( PPHR ٨٥ ) لاسود الكربون سواءً بالنسبة لمقاومة الشد أو بالنسبة إلى قوة التلاصق وعند زيادة النسبة الوزنية لاسود الكربون ( PPHR ١٠٥ ) ، نلاحظ ان مقاومة الشد وقوة التلاصق تبتداءً بالانخفاض وهذا يرجع إلى حقيقة أن الزيادة في النسبة الوزنية لاسود الكربون سوف تقلل الجزء الحجمي ( Volume fraction ) للبوليمر الموجود في المركب ( Composite ) عندما لا يكون المطاط في الأرضية ( Matrix ) كافياً لحمل جسيمات اسود الكربون مع بعضها البعض فان مقاومة الشد سوف تنخفض وبالتالي ينعكس ذلك على قوة التلاصق والتي تنخفض أيضاً [٤١] .

ومن الجدولين ( ٣ - ٥ ) و ( ٣ - ٦ ) ، نلاحظ انه ليس هناك تأثير لستيارات الكوبلت على الخواص الفيزيائية لمركب المطاط ومنها مقاومة الشد حيث نلاحظ ان الفروقات في الخواص الفيزيائية بين العجنتان تكون قليلة ، وهذا دليل على عدم تأثير ستيارات الكوبلت على الخواص الفيزيائية .

أما تأثير ستيارات الكوبلت على التلاصق ، فكما تم الإشارة إليه سابقاً أن تكوين طبقة كبريتيد النحاسوز عند السطح البيئي يكون أسرع من عملية الترابط التشابكي لمركب المطاط .

يستهلك الكبريت في بداية عملية الفلكنة لتكوين كبريتيد النحاسوز مما يؤدي الى انخفاض تركيزه قرب السطح البني لمركب المطاط ، وان سرعة انتشار الكبريت من باقي مناطق مركب المطاط الى السطح البيئي تبعاً لدرجة ميله التركيبي ( Concentration gradient ) سوف يتناقص بسبب عملية الترابط التشابكي التي تحدث أثناء الفلكنة ، مما ينتج عنه خواص ميكانيكية ضعيفة لمركب المطاط قرب السطح البيئي ، ومنها انخفاض معامل المرونة ( Poor modulus ) .

ان ستيارات الكوبلت ( Cobalt stearate ) تعمل كمجهد للكبريت أثناء عملية الفلكنة ، إذ تؤدي الى نمو طبقة كبريتيد النحاسوز فضلاً عن زيادة عملية الترابط التشابكي لمركب المطاط قرب السطح البيئي ، وان جزيئات ستيارات الكوبلت تكون صغيرة ، لذا فهي تتركز عند السطح البيئي بين مركب المطاط وأسلاك الفولاذ ، فتعمل على زيادة سرعة الترابط التشابكي لمركب المطاط قرب السطح البيئي ، مما ينتج عنه خواص فيزيائية جيدة .

ومن الشكل ( ٣ - ٦ ) نلاحظ ان قوة التلاصق تزداد بازدياد النسبة الوزنية لستيارات الكوبلت وتصل إلى أعلى قيمة لها عند النسبة الوزنية ( ١.٠ PPHR ) لستيارات الكوبلت . أما زيادة نسبة ستيارات الكوبلت إلى أعلى من ( ١.٠ PPHR ) فان قوة التلاصق تبدأ بالانخفاض وهذا يرجع إلى الزيادة المفرطة في نمو طبقة كبريتيد النحاسوز [٣٤] .

ومن الشكل ( ٣ - ٧ ) يظهر أن للتعتيق تأثيراً كبيراً على الخواص الفيزيائية لمركب المطاط خاصة مقاومة الشد والتي تؤثر مباشرة على خواص التلاصق حيث نلاحظ الانخفاض الشديد في مقاومة الشد عند التعتيق لفترة ( ١٥ ) يوماً ، حيث بلغت مقاومة الشد ( ٤ Mpa ) مقارنة بـ ( ٢١ Mpa ) عند عدم التعرض إلى درجة الحرارة .

أما تأثير التعتيق على خواص التلاصق ، فمن ملاحظة الشكل ( ٣ - ٨ ) ، نلاحظ ان قوة التلاصق تبدأ بالانخفاض عند زيادة التعرض إلى درجة الحرارة وهذا يرجع إلى حقيقة ان التعرض إلى درجة الحرارة يؤدي إلى زيادة مفرطة في نمو كبريتيد النحاسوز والزيادة في نمو أكسيد الزنك حيث نلاحظ إن قوة التلاصق تساوي ( ١٥٠ N ) عند التعرض ( ١٥ ) يوماً إلى درجة الحرارة مقارنة بـ ( ٤٦٠ N ) عند عدم التعرض إلى الحرارة .

ومن الشكل ( ٣ - ٩ ) يظهر أن تأثير الرطوبة يكون كبيراً على خواص التلاصق من خلال التأثير المباشر على خواص سطح التلاصق البيئي ، إذ أن إزالة الزنك (Dezinfication) في البراص تتسارع في الظروف الرطبة ، إذ يصبح الزنك سهل الذوبان بوجود الماء وتصبح ذرة النحاس الموجودة في البراص (Active) لفقدان ذرة الزنك وبالتالي الزيادة المفرطة في نمو كبريتيد النحاسوز خلال التعرض للرطوبة وبالتالي الانخفاض الكبير في مقدار قوة التلاصق [١].

والجدول ( ٣ - ٨ ) يبين تأثير إضافة نسب مختلفة من الراتنج ( RF ) إلى العجنة الأساس . إن نظرة متأنية لهذا الجدول توضح أهمية هذا الراتنج إذ ان النسب القليلة جداً منه ( ٠.٥ PPHR ) تعطي زيادة عالية للعزم مقارنة بالعجنة الأساس ولا تسبب كلفاً إضافية عالية ، او ان المبالغة في الإضافة يرافقها تدنٍ بالخواص وكما تجعل العجنة غير مطابقة للمواصفات ، العجنتان ( ٢ - ٥ ) في الجدول نفسه .

ومن الجدول ( ٣ - ٩ ) نلاحظ ان الصلادة تزداد وكذلك معامل المرونة في العجنتان التي تم إضافة راتنج (RF) لها مقارنة مع العجنة التي لم يتم إضافة الراتنج ( RF ) وكذلك نلاحظ من خلال نفس الجدول ان مقاومة الشد والاستطالة حتى القطع قد قلت مقارنة مع العجنة التي لم يتم إضافة الراتنج ( RF ) لها وهذا يرجع إلى حقيقة إن الراتنج ( RF ) يتفاعل مع ( HMT ) لتكوين ترابطاً تشابكياً تداخلياً ( Inter penetrating network structure ) ، تؤدي إلى جعل المطاط صلباً ( Harder ) ، لذلك تزداد الصلادة ومعامل المرونة وتنخفض مقاومة الشد والاستطالة حتى القطع .

ومن الشكل ( ٣ - ١٠ ) نلاحظ إن قوة التلاصق تزداد بإضافة الراتنج ( RF ) إلى العجنة وخاصة عند قيم منخفضة حيث تصل قوة التلاصق ( ٦١٥ N ) مقارنة ( ٤٦٠ N ) عند عدم إضافة الراتنج ( RF ) وهذا يرجع إلى حقيقة إن

الراتنج ( RF ) و ( HMT ) تهاجر ( Migrated ) إلى السطح البيني بين المطاط والبراص والتفاعل مع بعضها البعض لتكوين ترابط تشابكي عالي ( Highly cross linking network ) يعمل على مسك طبقة كبريتيد النحاسوز بقوة وبالتالي زيادة ملحوظة في قوة التلاصق بين المطاط والأسلاك المطلية بالبراص أي تبلغ الزيادة في قوة التلاصق مقارنة بالعجنة الأساس ١٣٦% [٤٧].

## ٢-٤ عجنة التلاصق ( IK٤١٠٥ )

من الشكل ( ٣ - ١١ ) نلاحظ ان هنالك تفاوتاً في قيم التلاصق بين مركب المطاط والنايلون المستخدم في هذه الدراسة اعتماداً على النسبة الوزنية للكبريت الموجود في كل عجنة .

ومن الشكل السابق نلاحظ ان القيمة القصوى لقوة التلاصق كانت عند نسبة كبريت تساوي ( ٣ PPHR ) ، ويمكن ان يرجع ذلك الى انه عند هذه النسبة يؤدي الى تكوين ترابط تشابكي متعدد الكبريتيد ( Poly sulfides ) أثناء عملية الفلكنة ، وهي النسبة المطلوبة من الكبريت والكافية لانتشار الكبريت من مركب المطاط الى النسيج وعمل فلكنة لكليهما ( Covulcanize ) . أما العجنات التي تحتوي على نسبة كبريت أقل من ( ٣ PPHR ) فانها تؤدي الى انخفاض قوة التلاصق ، لأن نسبة الكبريت غير كافية لعمل فلكنة مشتركة بين المطاط والنسيج.

أما عند نسب كبريت أعلى من ( ٣ PPHR ) ، فإننا نلاحظ انخفاض قوة التلاصق مرة أخرى ، وهذا يرجع الى تكوين تركيب تشابكي متعدد الكبريتيد حلقي ( Cyclic poly sulfides cross link ) ، وهذا التركيب لا يساهم في عملية التلاصق أو حتى في عملية الفلكنة نفسها [٤١].

ومن الشكل ( ٣ - ١٢ ) نلاحظ ان قوة التلاصق بين المطاط والنايلون تزداد بازدياد النسبة الوزنية لأسود الكربون ، وتصل الى أعلى قيمة لها عند نسبة كربون وزنية تبلغ ( ٤٧ PPHR ) . أما عند النسب الوزنية الأعلى من ( ٤٧ PPHR ) ، فنلاحظ انخفاضاً في قوة التلاصق ، وهذا يرجع الى تناقص نسبة الأرضية ( البوليمر ) في العجنة ، وبذا تكون السلاسل البوليمرية مفصولة عن بعضها البعض بصورة كبيرة مما يؤدي الى انخفاض في قوة التلاصق [٤٢].

ومن الشكل ( ٣ - ١٣ ) نلاحظ ان قوة التلاصق بين المطاط والنايلون تزداد بازدياد التعرض الى درجة الحرارة ، وتصل الى أعلى قيمة لها عند زمن تعرض ( ٢ ) يوم . بعد ذلك نلاحظ استقرار في قوة التلاصق بعد زمن تعرض ( ٤ ) يوم ، وترجع الزيادة في قوة التلاصق الى تكوين رابط تشابكي أحادي وثنائي الكبريتيد (

( Mono and disulfides cross link ) في مركب المطاط مما يؤدي الى الزيادة في قوة التلاصق [ ٤١ ] .

ومن الشكل ( ٣ - ١٤ ) نلاحظ انخفاضاً كبيراً في قوة التلاصق بين المطاط والنايلون ، ويرجع ذلك الى امتصاص الرطوبة من قبل المطاط مسبباً تدهوراً في قوة التلاصق . والجدول ( ٣ - ١٤ ) يوضح قيم الصلادة ومعامل المرونة في العجنات التي تم إضافة الراتنج ( RF ) لها مقارنة مع العجنة التي لم يتم إضافة الراتنج ( RF ) لها ، وكذلك نلاحظ من الجدول نفسه ، أن مقاومة الشد والاستطالة حتى الانكسار قد قلت مقارنة مع العجنة التي لم تحصل بها الإضافة وهذا يرجع إلى حقيقة إن الراتنج ( RF ) يتفاعل مع ( HMT ) لتكوين ترابطاً تشابكياً تداخلياً يؤدي إلى جعل المطاط صلباً ، لذلك تزداد الصلادة ومعامل المرونة ، وتنخفض مقاومة الشد والاستطالة .

ومن الشكل ( ٣ - ١٥ ) يبين أن قوة التلاصق تزداد بإضافة الراتنج ( RF ) إلى العجنات حيث تصل إلى أعلى قيمة لها عند نسبة راتنج تبلغ ( ٠.٥ PPHR ) ، إذ تصل قوة التلاصق إلى ( ١٤٠ N ) مقارنة بـ ( ٨٠ N ) عند عدم إضافة الراتنج ، وهذا يرجع إلى حقيقة إن الراتنج ( RF ) و ( HMT ) تهاجر ( Migrated ) إلى السطح البيني بين المطاط والنسيج ويتفاعلان مع بعضهما لتكوين ترابطاً تشابكياً عالياً ( Highly cross linking net work ) أثناء عملية الفلكنة يعمل على ترابط سطح التلاصق بقوة ، مما يؤدي إلى الزيادة الكبيرة في قوة التلاصق والبالغة ( ٧٥% ) [ ٤٧ ] .

إن قوة التلاصق بين أسلاك الفولاذ والمطاط أكبر كما في حالة النايلون والمطاط بأكثر من خمسة أضعاف ويرجع ذلك إلى اختلاف العجنة وطبيعة وموقع التسليح للإطار .

## الاستنتاجات Conclusions

١. أظهرت هذه الدراسة إمكانية زيادة قوة التلاصق بين أسلاك الفولاذ وعجنة الإطار بنسبة ( ٣٦% ) دون الإضرار ببقية الخواص .
٢. أما قوة التلاصق بين عجنة الإطار ونسيج النايلون فقد ارتفعت بنسبة ( ٧٥% ) مقارنة بالقيمة المعتمدة لدى الشركة .
٣. في العجنت التقليدية المستعملة في الإنتاج النمطي لدى الشركة كان التحسن في قوة التلاصق بدون الإضافات طفيفا.
٤. تتحكم في قوة التلاصق العوامل شتى وتشمل الكبريت وزمن الفلكنة ودرجة الحرارة ونسبة أسود الكربون والرطوبة ومكونات العجنة الأخرى ، وكان تأثير التغير في نسبة المكونات على قوة التلاصق قليلاً ضمن المجال المستخدم مقارنة بالقيم المعتمدة .

## التوصيات Recommendations

١. طلاء أسلاك الفولاذ بالنحاس وبأسماك مختلفة ومقارنتها بالأسلاك المطلية بالبراص في حالة توفر الإمكانية في المستقبل .
٢. دراسة تأثير نوعية المطاط على قوة التلاصق بين المطاط والأسلاك .
٣. دراسة تأثير السليكا المهدرجة ( Hydrated silica ) على التلاصق .
٤. دراسة إمكانية استخدام أسلاك من مواد أخرى بديلة .

## المصادر References

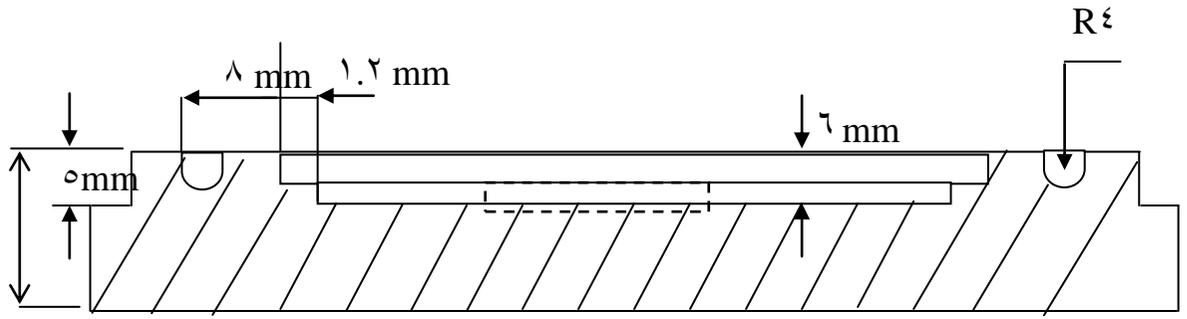
١. Gon Seo, Gyung Soo, "Adhesion between rubber compound and copper-Film-plated steel cord", J. Adhesion, Vol. ٧٠, PP. ٢٤١-٢٥٨, published by license under the Gordon and Breach Science, (١٩٩٩).
٢. S. Loganathan, "Rubber engineering", Tata McGraw Hill Publishing, ١٩٩٨.
٣. R. H. Moul, "Handbook of adhesives", (١. Sket, ed.) Reinhold, New York, ١٩٦٢.
٤. عبد آل آدم كوركيس ، " تكنولوجيا وكيمياء البوليمرات " ، جامعة البصرة ، ١٩٨٣ .
٥. د. محمود عبد الله ، د. قاسم جبار سليمان ، د. عبد الله عبد عباس وسهام عبد علي المدفعي ، " الكيمياء الهندسية " ، قسم الهندسة الكيمياءوية ، كلية الهندسة ، جامعة بغداد ، ١٩٨٣ .
٦. مصطفى الجراح ، " مفاضلة بين الطرق التكنولوجية في إنتاج مطاط SBR " ، مركز بحوث النفط ، ١٩٨٩ .
٧. H. W. Pollock, "Material science and metallurgy", Reston Publishing Co., ١٩٨١.
٨. D. C. Blacky, "Synthetic rubber", Applies Science Publisher, ١٩٨٣.
٩. فريد بلمبير ، أساسيات علم البوليمر ، ترجمة د. صلاح محسن عليوي ، جامعة الموصل ، ١٩٨١ .

١٠. ستيدمان . دبل يو . سنارد ، " الكيمياء للهندسة والعلوم التطبيقية " ،  
ترجمة : د. دايع عبد علي زويني ، الكلية الفنية العسكرية ، ١٩٨٧ .
١١. مالكلولم ب ستيفنس ، " كيمياء البلمرة " ، ترجمة : د. قيس عبد الكريم  
ابراهيم ، د. كاظم غياض اللامي ، قسم الكيمياء ، مطبعة كلية العلوم ،  
جامعة البصرة ، ١٩٨٤ .
١٢. T. S. Solomon, "Handbook of adhesives", ٣<sup>rd</sup> ed., ١. Skeist  
(ed.), P.٥٨٣, Reinhold Pub., New York, ١٩٩٠.
١٣. "Friction and wear of material", Johan Wiley and Sons Inc.,  
New York, Chap. ٩, P. ٢٢١, ١٩٦٥.
١٤. Steven Blow, "Hand book on testing identifications of  
rubber", Galgotia Publications, ١٩٩٨.
١٥. Donald H. Buckley, "Surface effects in adhesion friction,  
wear and lubrication", Amsterdam - Oxford - New York,  
١٩٨١.
١٦. William C. Wake, "Adhesion and formation of Adhesives",  
Applied Science Publishers limited, London, ١٩٧٦.
١٧. Charles V. Cagle, "Handbook of adhesive Bonding",  
McGraw Hill Book Company, ١٩٧٣.
١٨. Stuart J. R. Baum, "Chemistry a life science approach",  
Second Edition, Macmillan Publishing Co., New York,  
١٩٨٠.
١٩. Gon Seo, Gyung Soo, "Influence of cure conditions on the  
Adhesion of rubber compound to brass plated steel cord",  
Part I cure temperature", J. Adhesion, Vol. ٧٦, PP. ٢٠١-  
٢٢١, Published by license under the Gordon and Breach  
Science, (٢٠٠١).

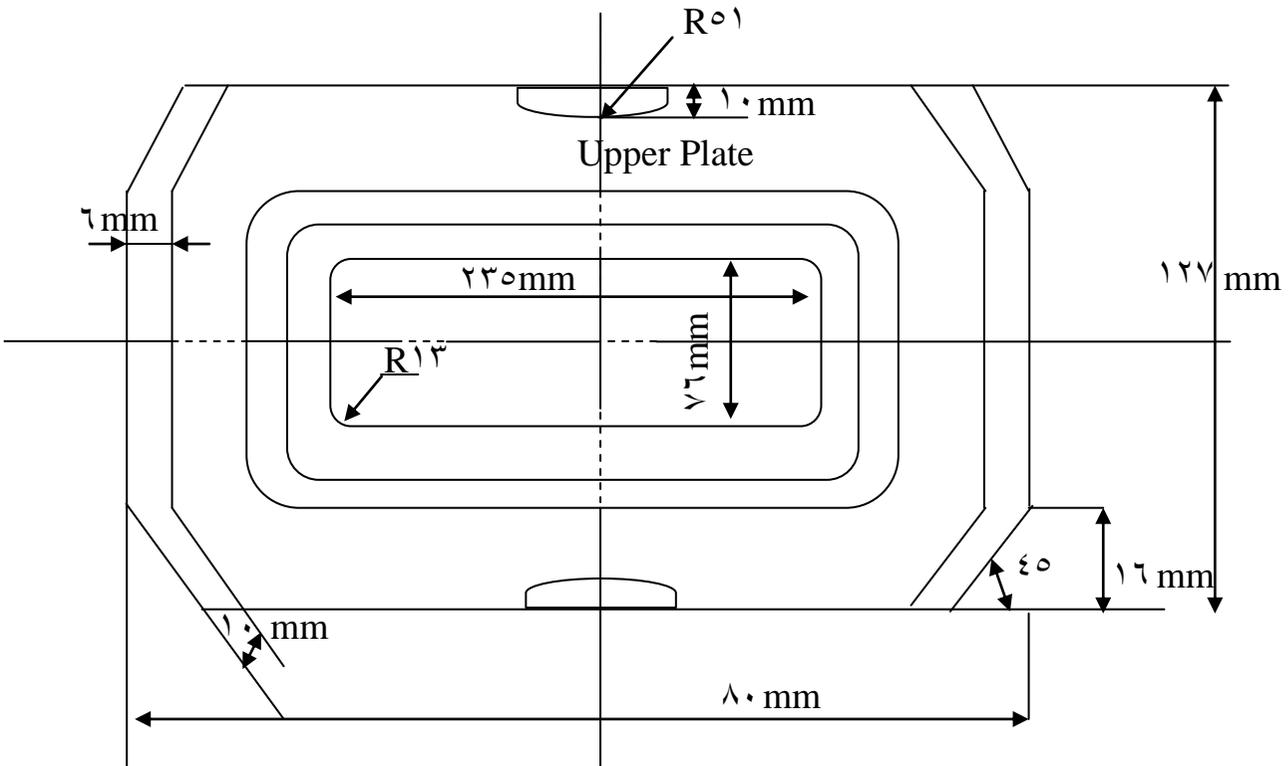
٢٠. Gon Seo, Gyung Soo, "Influence of cure conditions on the Adhesion of rubber compound to brass plated steel cord", Part II cure temperature", J. Adhesion, Vol.٧٦, PP. ٢٢٣-٢٤٤, Published by license under the Gordon and Breach Science, (٢٠٠١).
٢١. Tidd, "Chemical Analysis of Rubber vulcanizates", Plastic and Rubber Journal, Vol. ٢, No. ٣, PP. ١٠٠-١٠٤, Aug., ١٩٧٧.
٢٢. J. C. Kuriacose, J. Rajarm, "Chemistry in Engineering and Technology", Vol. ٢, Tata McGraw-Hill Publishing Company Limited, New Delhi, ١٩٨٤.
٢٣. "Raw Materials Specifications", Manual of Dunlop Co., No. ٣-٣, ١٩٨٩.
٢٤. Awhelan and K. S. Lee, "Development of Rubber Technology", Applied Science Publishers Ltd., ١٩٧٩.
٢٥. C. A. Harper, "Hand Book of Plastic and Elastomer", McGraw Hill Co., ١٩٧٥.
٢٦. "Rubber Compounding", Encyclopedia of Chemical Tech., John Wiley & Sons. ١٩٨٢.
٢٧. "Alexandria Carbon Black Co. Annual Book", Cairo, Egypt, ١٩٩٤.
٢٨. C. Hepburn, "Plastic and Rubber". Int. ٩, ٢, ١٩٨٤.
٢٩. B. B. Boonstra, "Filler carbon blacks rubber technology", Edited by: M. Morton Reinhold, ١٩٧٣.
٣٠. H. G. Kilian, "Rubber Chem. and Tech.", ٣١-١٧, ١٩٩٣.
٣١. A. D. Opoulou and D. L. Feke, "Rubber Chem. and Tech.", ٥٨, ١٦, ١٩٩٣.

٣٢. "Annual book of ASTM standards", Philadelphia, ١٩٨٩.
٣٣. E. M. Dannerberg, "Carbon black and handbook of Vander built rubber", ١٩٧٨.
٣٤. "Report from Department of Applied Chemistry", Chonnam University, Cwangju, South Korea, ٢٠٠٢.
٣٥. موجد هادي الحاتمي ، " تحسين خواص الجزء الملامس للأرض لإطار بابل " ، رسالة ماجستير ، جامعة بابل ، ١٩٩٩ .
٣٦. "Bayer Products of rubber industry and Latex users", Bayer AG level Kusien rubber group, ١٩٨٦.
٣٧. R. Anand and C. Blackey, "(N<sup>o</sup> cyclohexylthio) P thalimide as retarder for sulphenamide Accelerator sulfur vulcanization".
٣٨. Gon Seo, Gyung Soo, "Adhesion between rubber compound and copper-Film-plated steel cord and rubber compound containing adhesion promoter", J. of the Korean Institute of Chemical Engineering, Vol. ٣٧, No. ٦, PP. ٨٣٤-٨٣٨, Dec. (١٩٩٩).
٣٩. Gon Seo, Gyung Soo, "P-Hydroxy benzoic acid as an adhesion promoter for rubber compound to brass plated steel cord", J. Adhesion, Sci. Technol. Vol. ١٥, No. ٤ PP. ٤٨٣-٤٩٨, published by license under the Gordon and Breach Science, (٢٠٠١) .
٤٠. N. A. Darwish, "Effect f non-oiled sulfur concentration on the adhesion between nitrile rubber and nylon cord", Egypt, ١٩٩٩.

٤١. N. A. Darwish, "Effect of Carbon Black concentration on the adhesion between nitrile rubber and nylon cord", Polymer, Plast. Technol. Eng., ٣٩ (٥) ٧٩٣-٨٠٦, ٢٠٠٠.
٤٢. N. A. Darwish, "Effect of bonding systems on the adhesion between nitrile rubber and nylon cord", Egypt, ٢٠٠٠.
٤٣. "Compound quality control limited", Section ٢-٥-٣ Document No. IN / S٣ / Tm٢ / V١ / Dunlop Co., ١٩٨٩.
٤٤. "Compound critical physical properties", Section ٢-٣-٣ Document No. IN / S٢ / M٢ / V١, ١٩٨٩.
٤٥. "Manual of compound physical properties tests and equipment", Dunlop Co. File No. ٣-٢-٢., ١٩٨٩.
٤٦. M. Morton, "Rubber tech." John Wiley & Sons, ١٩٧٣.
٤٧. Gon Seo, Gyung Soo, "Adhesion between rubber compound and copper-Film- plated steel plated", J. Adhesion, Vol. ٧٣, PP.٤٣-٦٣, published by license under the Gordon and Breach Science, (٢٠٠٠).



Section on CL



الشكل ( ٢ - ٦ - a ) اللوحة السفلى لقالب التلاصق

