

Ministry of higher Education  
and Scientific Research  
University of Babylon  
Collage of Engineering



**Preparation And Study Properties of  
Flame Resistance Rubber Composite  
Materals In Conveyor Belts For Hot  
Products In Factories**

A Thesis

Submitted to the College of Engineering of Babylon  
University in Partial Fulfillment of the Requirements  
for the Degree of Master of Science in Materials Engineering  
( Polymers Engineering)

By

*The Engineer Salih Abbas Habeeb AL-Juthery*

Supervised By

*Assist. Prof. Dr. Mohammed H. Al- Maamory*

2009 A.D

1430 A.H



وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
جامعة بابل / كلية الهندسة

# تحضير ودراسة خصائص مواد مطاطية مركبة مقاومة للهب في الأحزمة الناقلة للمنتجات الساخنة في المعامل

رسالة مقدمة إلى كلية الهندسة بجامعة بابل كجزء من متطلبات نيل  
درجة الماجستير في علوم هندسة المواد  
( هندسة اللدائن )

من قبل المهندس  
صالح عباس حبيب الجوذري

بإشراف  
أ.م.د محمد حمزة المعموري

2009 م

1430 هـ

ههه

﴿وَقُلْ اَعْمَلُوا فَسَيَرَى اللّٰهُ عَمَلَكُمْ وَرَسُولُهُ

وَالْمُؤْمِنُونَ وَسَيَرْدُونَ اِلَى عَالَمٍ

الْغَيْبِ وَالشَّهَادَةِ فَيُنَبِّئُكُمْ بِمَا كُنْتُمْ تَعْمَلُونَ

(التوبة: الآية 105)

صدق الله العلي العظيم

## إقرار المشرف

أشهد أن إعداد هذه الرسالة الموسومة (تحضير ودراسة خصائص مواد مطاطية مركبة مقاومة للهب في الأحزمة الناقلة للمنتجات الساخنة في المعامل) التي تقدّم بها الطالب (صالح عباس حبيب) قد جرى بإشرافي في كلية الهندسة بجامعة بابل/ قسم هندسة المواد وهي جزء من متطلبات نيل درجة الماجستير في علوم هندسة المواد (هندسة اللدائن).

التوقيع:

الاسم: د. محمد حمزة المعموري

المرتبة العلمية: أستاذ مساعد

التاريخ: 2009/ /

### توصية رئيس قسم هندسة المواد

بناءً على التوصيات المتوافرة أرشح هذه الرسالة للمناقشة

التوقيع:

الاسم: د. أحمد عودة جاسم

المرتبة العلمية: أستاذ مساعد

التاريخ: 2009 / /

### إقرار لجنة المناقشة

نحن أعضاء لجنة المناقشة الموقعين أدناه نشهد بأننا قد اطلعنا على الرسالة الموسومة (( تحضير ودراسة خصائص مواد مطاطية مركبة مقاومة للهب في الأحزمة الناقلة للمنتجات الساخنة في المعامل))

وناقشنا الطالب (صالح عباس حبيب) في محتوياتها وفيما له علاقة بها ونعتقد أنها  
جديرة بالقبول لنيل درجة الماجستير في علوم هندسة المواد (هندسة اللدائن)  
وبتقدير ((إمتياز)).

رئيس اللجنة

عضو اللجنة

التوقيع :

الاسم: د. علي حسين الموالي

المرتبة العلمية : أستاذ

التاريخ: / / 2009

التوقيع :

الاسم : د. نجم عبد الأمير سعيد

المرتبة العلمية: أستاذ مساعد

التاريخ: / / 2009

عضو اللجنة

عضو اللجنة (المشرف)

التوقيع :

الاسم: د. نزار جواد هادي

المرتبة العلمية : مدرس

التاريخ: / / 2009

التوقيع :

الاسم: د. محمد حمزة المعموري

المرتبة العلمية : أستاذ مساعد

التاريخ: / / 2009

مصادقة قسم هندسة المواد/ جامعة بابل

مصادقة عمادة كلية الهندسة/ جامعة بابل

التوقيع :

رئيس القسم : د. أحمد عودة جاسم

المرتبة العلمية : أستاذ مساعد

التاريخ: / / 2009

التوقيع :

عميد الكلية/ وكالة : د. عادل عباس علوان

المرتبة العلمية : أستاذ

التاريخ: / / 2009

## **ABSTRACT**

View of the Important Role Which Playing the Conveyor Belts For Different Industrial Applications .Specially Transport hot Materials and Safety Belts From Danger Fire Propagation at Working in this Field. the Rubber Compounds Which Prepared it is Reinforced by Carbon Black Particles for different types of Rubber.

1-Styrene Butadiene Rubber (SBR)

2-Acrylonitrile Rubber (NBR)

3-Poly Chloroprene Rubber Type (WRT)

And Study the Effect of Addition (Partially Hydrated Sodium Borate)-Which Commercially (Borax) As a flame Retardant For above Types of Rubber With Gradually Increased Loading Level (0,5,10,15,20) pphr and During Change in Physical Properties Such as[ **Tensile Strength , elongation at Break , Modulus of elasticity, Wear Abrasion resistance , Tear resistance, Crack Growth resistance , Hardness , Specific Gravity**]..According to Upward test Which had been Determine . The Materials (SBR<sub>3</sub> , NBR<sub>3</sub> , WRT<sub>4</sub>) For best Rubber Materials were giving a better Results for Each Type of Rubber Used and According to the Results of Aging in High Temperatures and Results of Flame Resistance Determined the Compound (WRT<sub>4</sub>) as a better Compound For Manufacturing Cover Layers of Belt .

Which Have Properties of heat and Flame Resistance and also other Properties. And also Used Polymeric Woven Fabrics Type Nylon

## **ABSTRACT.....**

---

(NN) for reinforced the belt and Metal Breaker Consist of Twisted Wires Have the Construction known (Cord) and Manufacturing From (High Carbon Steel Cord) to Produce high tensile strength and protected the fabrics from heat. Over and above Was Prepared the rubber Compound For coated the Fabric Layers and Associated these Layers with Their and Prepare Rubber Compound for Coated Metal Breaker Layer and Associated With above Cover Layer.

We can Procedure the Tests [**Tensile Strength, Elongation at Break, Rebound ,Hardness ,Adhesive Strength , Specific Gravity ,Modulus of Elasticity at 300% Elongation**] For These Compounds. the results of adhesion strength between the rubber and fabric Layers for rubber compounds (SMR<sub>20</sub>/SBR<sub>1502</sub>,SMR<sub>20</sub>,WRT) for belts (SBR,NBR,WRT)were (174.5,190,178.5)N/25mm respectively and Results of adhesion strength between the rubber and metal breaker Layer (440,465,450)N/12.5mm (Min) and respectively .

## Abstract

## الخلاصة

نظراً للدور المهم الذي تلعبه الأحزمة الناقلة ولمختلف التطبيقات الصناعية ولاسيما نقل المواد الساخنة وتأمين الأحزمة من خطر إنتشار الحريق عند العمل في هذا المجال. تم تحضير مواد مطاطية مركبة مقواة بدقائق أسود الكربون ولأنواع مختلفة من المطاط.

1- مطاط ستايرين بيوتادين (SBR)

2- مطاط أكريلونيتريل (NBR)

3- مطاط كلوروبرين نوع (WRT)

ودراسة تأثير إضافة (Partially Hydrated Sodium Borate) والمعروف تجارياً بالبوراكس كمادة معيقة للهب لأنواع المطاط أعلاه وبنسب تحميلية متزايدة تدريجياً (0,5,10,15,20 pphr) من خلال التغيير في المواصفات الفيزيائية مثل (قوة الشد ، والاستطالة عند القطع، معامل المرونة، مقاومة البلى الاحتكاكي، مقاومة التمزق، مقاومة التشقق، الصلادة ، الوزن النوعي).

وعلى ضوء الفحوصات أعلاه تم تحديد المواد ( $SBR_3, NBR_3, WRT_4$ ) كأفضل مواد مطاطية مركبة أعطت أفضل النتائج لكل نوع من أنواع المطاط المستخدم. وعلى ضوء نتائج التعتيق في الدرجات الحرارية العالية ونتائج مقاومة اللهب تم تحديد المادة ( $WRT_4$ ) كأفضل مادة مطاطية لإنتاج الطبقات الغطائية للحزام تتمتع بمواصفات مقاومة اللهب وحرارة المنتجات الساخنة وكذلك المواصفات الأخرى.

وكذلك تم استخدام أنسجة بوليميرية محاكة (Woven Fabrics) نوع نايلون (NN) لتقوية الحزام وإن التقوية المعدنية (Metal Breaker) تتكون من أسلاك مبرومة تمتلك تركيب يسمى (Cord) ومصنوعة من الفولاذ عالي الكربون (High Carbon Steel Cord) للحصول على قوة شد عالية وحماية الأنسجة من الحرارة.

علاوة على ذلك تم تحضير مادة مطاطية مركبة لإكساء الطبقات النسيجية وربط هذه طبقات مع بعضها وتحضير مادة مطاطية مركبة لإكساء طبقة أسلاك التقوية المعدنية وربطها ضمن الطبقة الغطائية العليا. ويمكن إجراء الفحوصات (( قوة الشد ، الإستطالة عند القطع ، الإرتدادية ، الصلادة ، وقوة التلاصق، الوزن النوعي ، معامل المرونة

عند الإستطالة (300%) [ لهذه العجنات حيث كانت نتائج قوة التلاصق بين المواد المطاطية والطبقات النسجية للتراكيب المطاطية (SMR<sub>20</sub>/SBR<sub>1502</sub>, SMR<sub>20</sub>, WRT) للأحزمة (SBR, NBR, WRT) كانت (174.5, 190, 178.6) N/25mm على التوالي ونتائج قوة التلاصق بين المواد المطاطية وطبقة الأسلاك التقوية المعدنية (440, 465, 450) N/12.5mm كحد أدنى وعلى التوالي.

# الأهداء

الغائب الحاضر في ضميري...  
من يراني على الرغم من بعد المسافات واختلاف  
العوالم ..... والدي (رحمه الله)  
والدتي الغالية ..... أمدّ الله في عمرها  
سندي وعصيدي ومن أشد به أزي... أخي  
رفيقة دربي ونصفي الآخر... حباً ووفاءً  
قرة العين وثمره الفؤاد ..... أبنائي الأعزاء  
..... فخراً واعتزازاً  
القلوب والألسن التي كانت تلهج بالدعاء لتوفيقني...  
أخواتي العزيزات ..... عرفانا  
كل قلب نبض بحب العراق...  
أهدي هذا الجهد المتواضع

صالح

## شُكر وامتنان

وأنا في هذا المقام لا يسعني إلا أن أحمدَ اللهَ جَلَّ وعلا وأشكره على نعمائه وإحسانه.

وأشكرُ كلَّ مَنْ مَدَّ يَدَ العون والمساعدة في الإسهام بإخراج هذا الجهد على الشكل الذي يُرى ... وأخص منهم بالذكر الدكتور محمد حمزة المعموري المشرف على البحث لما بذله من جهود علمية وتوجيهات سديدة كان لها الأثر الكبير في تقويم البحث وإنجازه. وأتقدم بوافر الشكر والامتنان إلى عمادة كلية الهندسة وإلى السيد رئيس قسم هندسة المواد وإلى جميع الأساتذة والزملاء في كلية الهندسة وأخص منهم بالذكر السيد جميل عبد الحر

ويسرني أن أتقدم بالشكر والامتنان إلى الزملاء العاملين في المختبرات المركزية وقسم البحث والتطوير في الشركة العامة لصناعة الإطارات/بابل وأخص منهم الأستاذ نافع والأستاذ يوسف والمهندس أحمد والمهندسة آلاء ويسرني أن أتقدم بالشكر والعرفان إلى الأخ المهندس قاسم كاظم لمساهماته المتميزة سائلاً المولى عز وجل أن يوفق الجميع لخدمة المسيرة العلمية.

الباحث

## 1.1 المقدمة Introduction

تعد الأحزمة الناقلة من أهم المنتجات المطاطية بعد إنتاج الإطارات وتلعب دوراً أساسياً كمواد مركبة ذات أساس بوليميري لكونها مؤثرة ومهمة من الناحية الاقتصادية ولاسيما في الصناعات التي تتطلب عمليات نقل مستمرة (Continuous Transport Porcess) [1,2,3].

وتزايد الطلب العالمي عليها مع تطور الصناعات وتنوعها في مختلف المجالات ومع الزيادة والتنوع الواسع في إنتاج أنواع المطاط الذي تستخدم كمادة أساس ومواد التقوية والمركبات الكيماوية الأخرى الداخلة في تحضير مواد مطاطية مركبة لغرض تصنيع الأحزمة الناقلة وحسب شروط الاستخدام والتي تصنف على أساسها الأحزمة الناقلة وكما يلي:

- 1- الأحزمة الناقلة المقاومة للزيوت (Oil Resistance Conveyor Belts)
  - 2- الأحزمة الناقلة المقاومة للحرارة (Heat Resistance Conveyor Belts)
  - 3- الأحزمة الناقلة المقاومة للبلى (Wear Resistance Conveyor Belts)
  - 4- الأحزمة الناقلة المقاومة للهب (Flame Resistance Conveyor Belts). [4,5]
- كذلك تصنف الأحزمة الناقلة حسب تصميم سطح الحزام وزوايا الميلان وكما يلي :
- 1- الأحزمة الناقلة المسطحة (Flat Conveyor Belts): يكون سطح هذه الأحزمة أملس وبدون جدران جانبية وتكون زوايا الميل له قليلة ( $15^{\circ}$ - $18^{\circ}$ ) وهو على نوعين:  
أ- أحزمة مسطحة لنقل المواد (Flat Belts for Transport Materials)  
ب- أحزمة مسطحة لتطبيقات نقل الطاقة (Flat Belts for Power Transmission Applications)
  - 2- أحزمة ناقلة عالية الميلان وذات جدران جانبية مرنة (High Incline Flexible Sidewall Conveyor Belts)
- وتستخدم لنقل المواد الخام وتكون درجة ميلانها أكبر من  $45^{\circ}$ .

### 3- الأحزمة الناقلة ذات المصاعد (Elevators Conveyor Belts) هذه الأحزمة

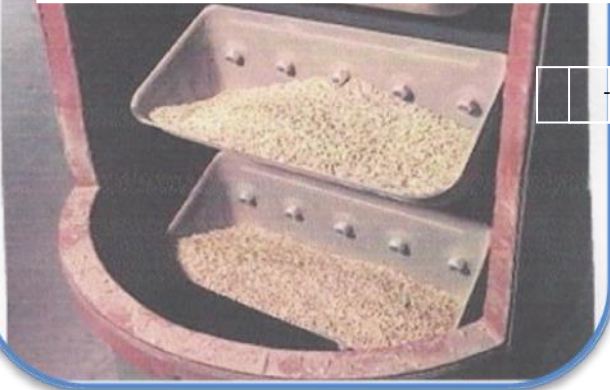
مصممة لنقل الحبوب، الصخور المطحونة، الحصى ويكون نقل المواد بشكل عمودي (بزاوية  $90^\circ$ ) وكما في الشكل رقم (11).

### 4- الأحزمة الناقلة مقولبة السطح (Molded Surface Convert Belts)

يتخذ سطح هذه النوعية من الأحزمة أشكال مختلفة تتناسب وطبيعة المادة المراد نقلها. وتتراوح زوايا الميل ( $30^\circ-45^\circ$ ) ومنها الأحزمة المثبتة بشكل حرف V وحرف U وتقوم بنقل مواد مثل الأكياس، الحقائب، الحصى، الرمل ..... الخ [4,6,7].



والشكل رقم (1-1) يوضح أنواع الأحزمة ذات النقل العمودي والمائل [6]



ولغرض تحضير وإختيار مواد مطاطية مركبة مقاومة للهب وحرارة المنتجات الساخنة تستخدم في إنتاج الطبقات الغطائية للحزام الناقل للمنتجات الساخنة يتم إختيار أنواع مطاط مناسبة كمادة أساس في تحضير وإنتاج الطبقات الغطائية التي تحقق أقل تغيير في الخواص الفيزيائية أثناء تعرض الحزام لحرارة الوسط المستخدم وذلك

من خلال □ إختيار نظام الفلكنة ووقت الفلكنة لإنتاج ترابطات تشابكية مستقرة (Stable Coss-links). أما تحسين مقاومة المواد المطاطية المركبة للهب تأتي من خلال إضافة المواد المعيقة للهب إليها والتي تعمل على منع إنتشار اللهب وحتى إيقافه والذي يأتي من جراء تحسين الخواص الحرارية [8,9] والتي تشمل:

- 1-الموصلية للحرارة (Thermal Conductivity) والتي يجب ان تكون واطئة حيث ان المواد البوليميرية عموما رديئة التوصيل للحرارة ولها موصلية بحدود  $[10,11] (0.3 \text{ w/m.}^\circ\text{C})$ .
- 2-السعة الحرارية (Heat Capacity) حيث تعد هذه الخاصية مقياساً كميّاً للحرارة الممتصة إثناء ارتفاع درجات حرارة المادة وتفضل المادة المركبة ذات السعة الحرارية الأعلى  $(\text{J}/^\circ\text{K})$ .
- 3-قابلية الالتهاب (Flammability) حيث تعد من أهم الخواص الحرارية للمادة المركبة لتقليل خطر إنتشار الحريق وتفضل المادة المركبة ذات أقل قابلية التهاب كذلك تعمل المواد المعيقة للهب على زيادة معامل الحد من الأوكسجين (LOI) والذي يعد □ مقياساً كميّاً لقابلية الإلتهاب المادة المراد تحسين خواصها ووفق أسلوب عمل ذي طابع فيزيائي أو كيميائي سواء كانت المادة المعيقة للهب صلبة أو سائلة أو غازية  $[10,12,13]$ .

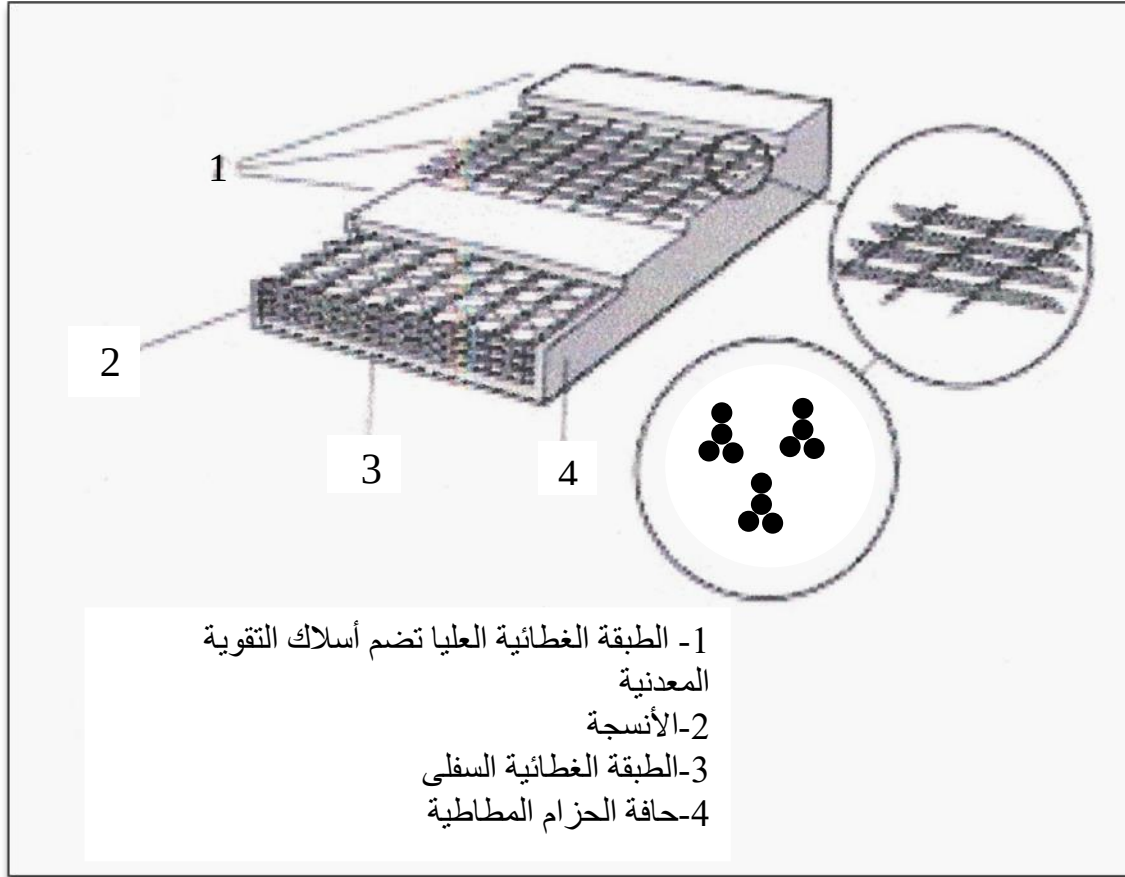
## 1.2 تركيب الحزام الناقل للمنتجات الساخنة

### Construction of Conveyor Belt For Hot Products

في أغلب الأحيان لا تكون الأحزمة المقاومة للهب مقاومة للحرارة المنتجات الساخنة فالأحزمة المقاومة للهب أ ذاتية الإطفاء مصممة لمنع الحريق من الإنتشار بها وإيقافه. أما الأحزمة المقاومة للحرارة المنتجات الساخنة فهي مصممة لحماية نفسها من هجوم هذه المنتجات حتى لا يزداد إستهلاكها .

وهناك تطبيقات خاصة تجمع بين الحالتين أعلاه والتي يجب توفرها في خواص الطبقات الغطائية للحزام مثل العمل في مصانع فحم الكوك والحزام موضوع البحث. فمقاومة اللهب تأتي هنا كوسيلة أمان للحزام خوفاً من حصول لهب مفاجئ من المواد الساخنة. فالتركيب (Construction) هو وسيلة لربط الأنسجة (Carcass) وأسلاك التقوية المعدنية (Metal Breaker) مع الطبقات الغطائية (Covers) وكما موضح في الشكل رقم (2-1). ولغرض الحصول على ربط متناسق. فيجب مراعاة العوامل الآتية:

- 1- الطاقة الضرورية للنقل
- 2- نوع المادة المراد نقلها
- 3- ارتفاع منحدر الحزام
- 4- وزن المادة
- 5- اختيار النسيج المناسب لغرض الحصول على ثباتية جيدة ومقاومة شد عالية. [5]



والشكل رقم (1-2) يوضح تركيب الحزام الناقل للمنتجات الساخنة

### 1.2.1 الطبقات الغطائية Cover Layers

الطبقات الغطائية تشمل الطبقة الغطائية العليا والسفلى ويتم إختيار المطاط المناسب حسب شروط مجال الاستخدام وإن وظيفة هذه الطبقات حماية الأنسجة من المؤثرات الفيزيائية لمجال الاستخدام ومنها مقاومة الاحتكاك الضرورية بين الحزام وبكرة السوق وبين الحزام والمواد وكذلك مقاومة الظروف الجوية واللهب وحرارة المواد الساخنة [4,5,7]. ويتراوح سمك الطبقة الغطائية العليا (4-5)mm وسمك الطبقة الغطائية السفلى (1.5 – 2.0)mm حسب المواصفة ASTM D378 [14].

### 1.2.2 أسلاك التقوية المعدنية Metal Breaker

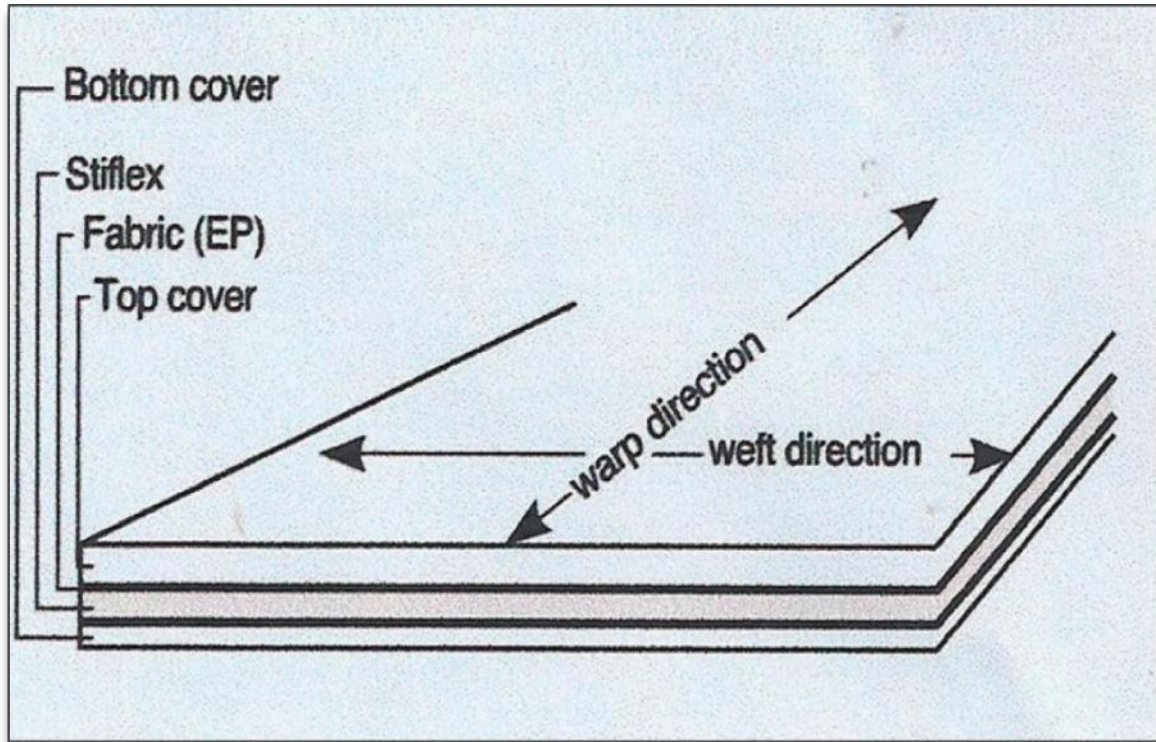
تتمتع الأسلاك المعدنية بمواصفات عالية من حيث قوة الشد ومقاومة الحرارة وتوضع هذه الأسلاك في الطبقة الغطائية العليا للحزام وتوزع الأسلاك بالاتجاهين الطولي (Longitudinal) والعرضي (Cross) لتعطي مدة خدمة أطول للحزام وحماية أفضل

للأنسجة من الاحتراق بواسطة جيوب المواد الساخنة والمتوهجة لحد الإحمرار (Red-) (Hot Pockets) [7].

### 1.2.3 الأنسجة Carcass

تعد □ الأنسجة من مواد التقوية في تركيب الحزام حيث تقوم بنقل وإمتصاص القوى المؤثرة على الحزام وكما يلي:

- 1- نقل قوى الشد من بكرة السوق (Driving pulley).
- 2- امتصاص الصدمة وتكون إلى حد ما ظاهرة عندما تحمل المواد على الحزام وكذلك تقوم بامتصاص الصدمة عندما يتحرك الحزام وهو محمل بالمواد . والأنسجة تتكون من طبقة واحدة أو أكثر وتستخدم لهذه النوعية من الأحزمة أنسجة ذات مواصفات عالية من ناحية قوة الشد ومقاومة عالية للصدمة ونمو التشقق وتمتلك قوة لصق عالية والأنسجة هي نوع (EP) أو (NN) حيث يكون (E) ألياف البوليستر بالاتجاه الطولي أو (Warp Direction) (Weft Direction) وألياف البولي أميد (P) بالاتجاه العرضي (Weft Direction) أما النسيج (NN) فإن كلا الإتجاهين من مادة واحدة وهي النايلون [5] . والشكل رقم (1-3) يوضح إتجاهات ألياف النسيج المحاك داخل تركيب الأحزمة الناقلة ومنها الحزام الناقل للمنتجات الساخنة.



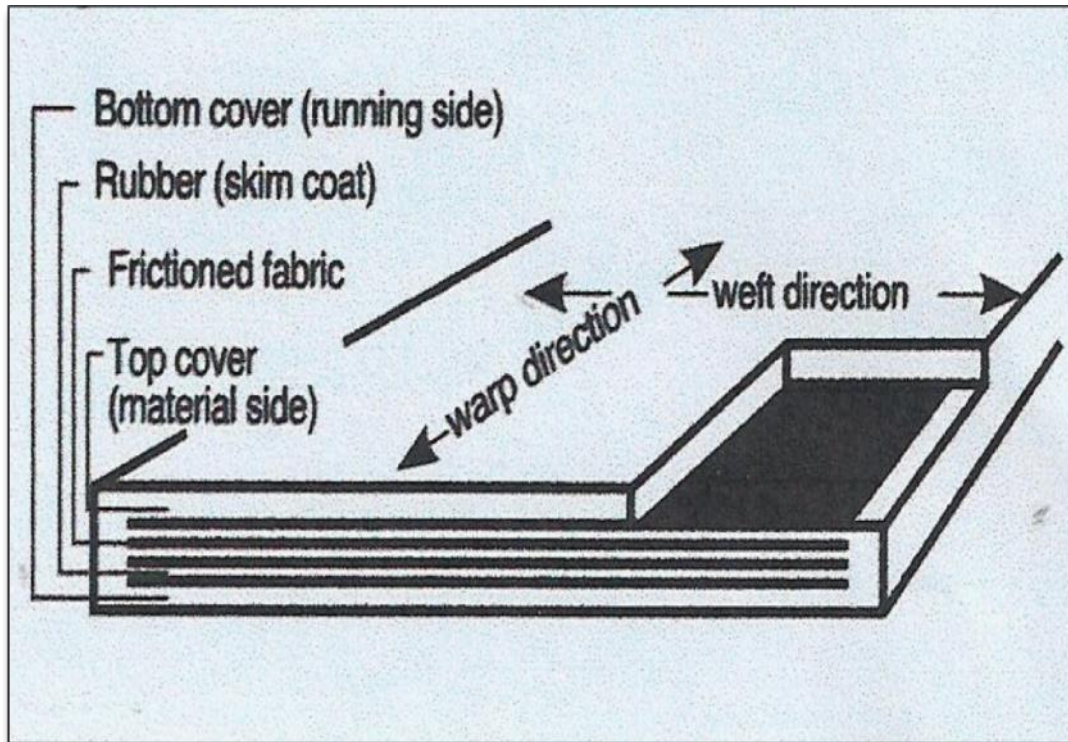
الشكل رقم (1-3) يوضح ترتيب واتجاه الألياف ضمن تركيب الحزام [5].

#### 1.2.4 طبقات الأكساء المطاطية للأنسجة والأسلاك المعدنية

##### **Rubber Coated Layers for Fabrics & Metal Breaker**

هي طبقات مطاطية ذات مواصفات ميكانيكية جيدة توضع بين الطبقات النسيجية أو طبقة أسلاك التقوية المعدنية لغرض تحسين مقاومة الانثناء (Flexing Resistance) ومقاومة الصدمة (Impact Resistance) والتلاصق (Adhesion) وعلى النحو الآتي:

- 1- تعطي تلامصاً ملائماً مع مواد التقوية .
  - 2- نقل وتوزيع الشد (Tension) بين طبقات التقوية .
  - 3- امتصاص وتوزيع الاجهادات المتولدة بواسطة الصدمة [4,7] .
- والشكل رقم (1-4) يوضح الطبقات المطاطية لإكساء الأنسجة في تركيب الأحزمة الناقلة ومنها الحزام الناقل للمنتجات الساخنة .



الشكل رقم (1-4) يوضح الطبقات المطاطية لإكساء الأنسجة في تركيب الحزام [5]

#### Processes Technology

#### 1.3 العمليات التكنولوجية

تشمل العمليات التكنولوجية لإنتاج الأحزمة الناقلة وعلى المستوى الصناعي

- 1- العجن والمزج Mastication and Mixing 2- العصر ( الدرفلة ) Calendaring  
3- التجميع Assmebly 4- الفلكنة Vulcanization [4]

### Mastication and Mixing

### 1.3.1 العجن والمزج

تجرى عملية العجن (Mastication) لأنواع المطاط الطبيعي والصناعي لكونها تملك وزن جزيئي عالي . ولغرض مزج المطاط مع المضافات الأخرى تجرى عملية تكسير للسلاسل الرئيسية للمطاط مما يتطلب إخضاع المطاط إلى جهد ميكانيكي عالي من قبل معدة العجن وهذه العملية تنجز وبشكل ملائم بواسطة عصارات ذات الرولتين (Two roll Mills) أو بواسطة الخلاط الداخلي (Banbury) وان كتلة المواد الممزوجة تسمى (Master Batching) [87] .

### 1.3.2 العصر ( الدرفلة ) Calendaring

بعد إضافة كافة مكونات العجن المطاطية وحصول تجانس جيد للكتلة الممزوجة تضاف المواد المعجلة والمنضجة وتسمى بمرحلة الـ (Batch) حيث يحصل تجانس أكثر مع المحافظة على لزوجة منتظمة عند الانتقال من (Batch – to – Batch) وبنفس النسب الداخلة من خلال السيطرة على تكسير السلاسل المطاطية وضمن شروط درجة الحرارة والوقت . ووفق مفهوم وحدة العمل الداخلة والطاقة المتكاملة تم رفع مستوى مزج العجنات المطاطية لمستوى أكبر عند التحويل من الحالة المخبرية إلى الصناعية والسيطرة على المزج الصناعي من خلال اعتماد الخواص المرنة اللزجة (Viscoelastic) للمطاط الممزوج وعلى طاقة المزج وكيفية إستعمال الرسوم البيانية (Charts) للطاقة المتكاملة لمطابقة مراحل متنوعة من عمليات المزج [88] . وتشمل عملية الدرفلة ثلاث مراحل منفصلة:

#### 1- مرحلة التشكيل الطبقات (Forming Sheets)

وتتم بواسطة درافيل ذات ثلاث رولات مرتبة واحدة فوق الأخرى كما في الشكل رقم A(1-5) وإن الفتحة بين الرولات يمكن تنظيمها وتكون الرولات مجوفة يتم تبريدها وتسخينها وتشغيلها بمختلف السرع .

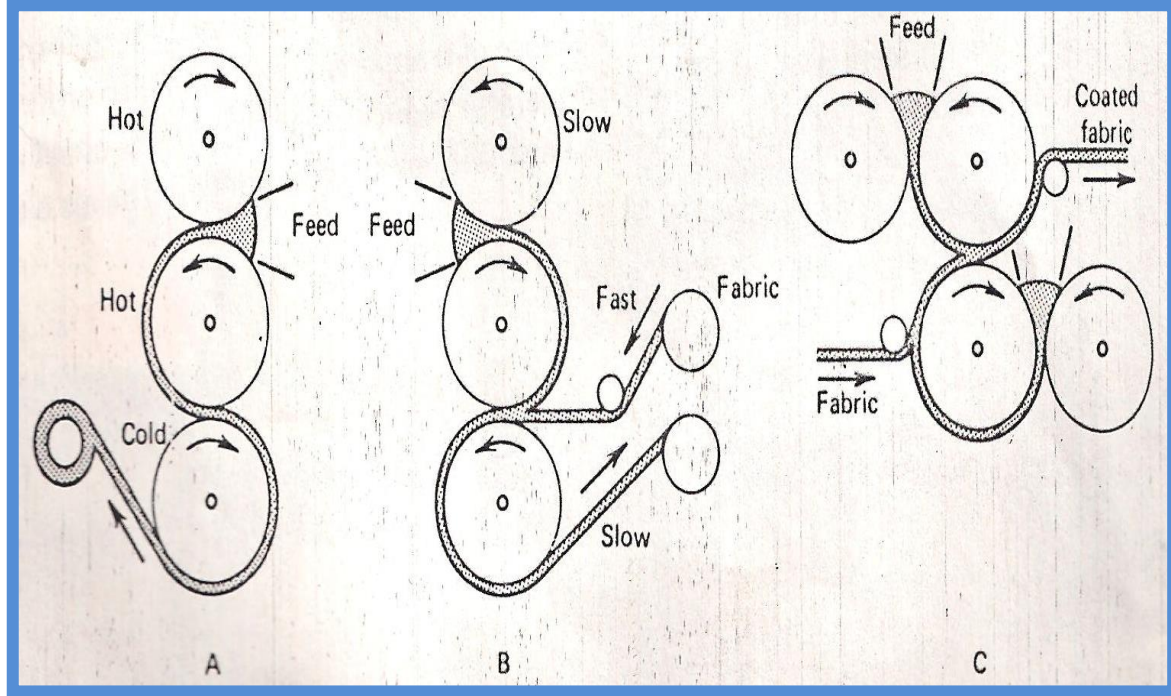
#### 2- مرحلة أكساء الأنسجة (Coated Fabrics)

وتتم بدرافيل ذات ثلاث رولات حيث يتم إكساء النسيج من جهة واحدة والموضحة في الشكل رقم B(1-5). ودرافيل ذات أربع رولات مرتبة بشكل حرف (Z) حيث يتم إكساء النسيج من الجهتين والموضحة في الشكل رقم C(1-5).

#### 3-مرحلة احتكاك النسيج (Friction of Fabric)

حيث تعبر عن إكساء الأنسجة بالمطاط نتيجة للإحتكاك الناشئ بين القوة المسلطة من قبل الدرافيل والمطاط وقد تحصل تصدعات بين ألياف النسيج نتيجة لسرعة الدرافيل ورولة الضغط ويكون الإحتكاك في الرولة الوسطى الساخنة أكبر وأسرع من الرولة العليا والسفلى

ومن مميزات عجنة إكساء الأنسجة اليونة (Soft) والدبق (Sticky) والشكل رقم (1-5) يوضح ترتيب رولات الدرافيل [4]



الشكل رقم (1-5) يوضح ترتيب رولات الدرافيل. [4]

### التجميع Assembly

بعد الإنتهاء من عملية التشكيل للطبقات المطاطية و إكساء الأنسجة بالمطاط أو إكساء الأسلاك المعدنية بالمطاط بواسطة الدرافيل ويتم تجميع هذه الطبقات وفق التصميم المحددة والتي تحقق الشروط المطلوبة اللازمة لتصنيع الحزام وتسمى عملية تجميع الطبقات بالبناء (Building) ولغاية السمك المقرر ضمن التصميم النهائي الحزام [4].

### الفلكنة Vulcanization

بصورة عامة تعتبر الفلكنة أو الإنضاج (Vulcanization or Curing) مصطلحين متبادلين يستخدمان لوصف عملية تفاعل المطاط مع الكبريت أو أي مواد كيميائية لها صلة بالكبريت وبوجود درجة الحرارة والضغط لتحويل الحالة غير الناضجة (Uncured State) إلى حالة مقبولة تسمى (Rubbery or Elastic) لأنواع المختلفة من المطاط [89,90] ويتم إنضاج الأحزمة الناقلة بواسطة الإنضاج المستمر (Continuous Curing) للحصول على الطول المناسب وبدون توصيلات (Splices) وباستخدام (Roto- Cure) حيث يتكون المكبس المعد للإنضاج من طبلة إنضاج دورانية (Rotating Vulcanizing Drum) ذات

قطر (1.5m) يمرر من خلالها تركيب الحزام ويسحب من الجهة الثانية للدخول وبشكل مستمر [4].

#### 1.4 الدراسات السابقة Literature Preview

فيما يلي بعض الدراسات البحثية التي أجريت في مجال مقاومة المواد البوليميرية للحرارة واللهب ولاسيما المنتجات المطاطية ومنها الأحزمة الناقلة .

❖ في عام (1990) قامت مجموعة شركات ثومسن ( Thomson Corporation Company) في ألمانيا الغربية بإنتاج أحزمة ناقلة مقاومة للهيب تستخدم في مناجم الفحم واستعمل مطاط كلورويرين في الخلطات المطاطية وأضيف له بورات الزنك كمادة معيقة للهيب وأستخدمت في التقوية أنسجة محاكة (Woven Fabrics) نوع بوليستر- بولي أميد (PE) وأسلاك معدنية للتقوية (Metal Breaker) وتم فحص نماذج ذات المقياس العالي (Full Scale) في مختبرات (Gallery) بأبعاد (18m) طولاً و(1-1.4m) عرضاً ووضع (300kg) من الخشب بطريقة جيدة تحت وفوق الحزام وتم إيقاد الخشب إلى أن توقف اللهيب من الحزام والخشب وبشكل واضح ووجد أن الطول المتبقي من الحزام (10m) وهو مطابق لشروط الفحص [15]

❖ في عام 1996 درس الباحثان (Horacek) و (Grabner) مزايا المواد المعيقة للهيب والتي يدخل في تركيبها عنصر النيتروجين مثل الملامين ومشتقاته وإمكانية إعادة تصنيع هذه المواد (Recyclability) ، وإستنتج الباحثان بأن هذه النوعية من معيقات اللهيب تمتلك درجات تفكك عالية مقارنة ببقية المعيقات ولا تظهر ميلاً للتفاعل فضلاً على أنها لا تكون جذور حرة مقارنة مع معيقات اللهيب الهالوجينية [16]

❖ في عام 2000 درس الباحثان (Edward) و (Michael) تأثير حالة المادة المعيقة للهيب على مقاومة رانتج البولي بروبيلين للهيب وثباتيته للأشعة فوق البنفسجية وكانت المادة المعيقة للهيب هي أوكسيد الانتيمون الثلاثي والخماسي والتي تحتوي على حبيبات ذات تركيب غروي (Colloidal) ووجدوا بأن تحسين الخواص الفيزيائية ولاسيما زيادة إعاقه اللهيب تتناسب مع زيادة المستويات التحميلية للمادة المعيقة للهيب [17]

❖ في عام 2000 درس الباحثان (Horacek) و (Pieh) إستخدام المواد المعيقة للهيب ذات النوع النيتروجيني في الطلاء (Paint) لحماية المواد اللدائنية من اللهيب حيث إستخداما مواد (Sodium Silicate) و (Vermcular) كماد معيقة للهيب تضاف للطلاء لتحسين كفاءته لمقاومة اللهيب . وأوضحت الدراسة بان هذه المعيقات تقوم بتكوين رغوة عضوية – لا عضوية أثناء فعل الانتفاخ (Intumescent Action) وبوجود اللهيب تتحول الرغوة العضوية إلى رغوة نقية تحيط بالطبقة السفلى للمادة المراد طلاؤها [18]

❖ في عام 2001 قامت شركة (Metso-Mineral) بتطوير منتجاتها من الأحزمة الناقلة ولاسيما تطوير طريقة نقل المواد حيث تم تصنيع أحزمة ذات النقل العمودي ( Vertical Transport) مقاومة للحرارة واللهب وذات مقاومة عالية للحك (Abrasive) وذلك

بإضافة مصاعد (Elevators) إلى تركيب الحزام حيث صممت الطبقات الغطائية لتحمل الحرارة واللهب الناتج من المواد الساخنة بالإضافة إلى مقاومة الحك وأُستخدِمت أنسجة نوع (PE) لغرض التسليح وتتميز هذه النوعية من الأحزمة بأن سمك الطبقة الغطائية العليا يساوي سمك الطبقة الغطائية السفلى. [19]

❖ في عام 2002 قامت شركة (Metso-Minerals) بتطوير منتجاتها من الأحزمة الناقلة المقاومة للحرارة وكان إعتمادها ليس على الانفعال الحراري فقط وإنما كذلك على الإجهادات الميكانيكية والكيميائية وفق العوامل الآتية:

- 1- طبيعة ونسب مواد الحزام مثل تركيب السطح (Surface Construction) وشكل وحجم الجسيمات
- 2- الإنحدار في معدل تبريد الحزام
- 3- المواد الماسكة التي تؤدي إلى انفصال طبقات الحزام
- 4- طول الحزام وسرعته

وأجريت اختبارات مقاومة الحرارة على الأنواع الآتية من الخلطات المطاطية

- 1- SBR 2- EPDM او (EPM) 3- المطاط البيوتيلي IIR مع EPDM
- 4- CR مع CIIR

وتمت تقوية الأحزمة بواسطة أنسجة البوليستر- بولي أميد (PE) وتقويتها بالأسلاك المعدنية وتم التعتيق عند درجة حرارة 150°C ولمدة يوم واحد وثلاثة أيام وسبعة أيام وكانت أفضل النتائج من حيث التغير القليل في المواصفات بعد التعتيق عن المواصفات الميكانيكية الأولية لنوعية الحزام المصنع من مطاط EPDM. [20]

❖ في عام 2003 درس السيد علي إبراهيم مسلم /جامعة بابل إستخدام مادة ثالث أوكسيد الانتيمون كمادة معيقة للهلب لغرض حماية رانتج البولي أستر الممزوج بالألياف الزجاجية المقطعة من اللهب وأجريت إختبارات التعرية الحرارية (Thermal Erosion Tests) للمادة المركبة. ووجد بأن مقاومة المادة المركبة للهلب تزداد وبصورة أفضل عند إضافة بورات الزنك مع وجود ثالث أوكسيد الانتيمون حيث يلاحظ زيادة المدة الزمنية لمقاومة اللهب ولمختلف مصادر الشعلة الحرارية. [21]

❖ في عام 2004 درس السيد علي عزيز عباس /الجامعة التكنولوجية تحسين الخواص الميكانيكية والحرارية للمادة المركبة وذلك بخلط (Blend) مطاط (NBR) مع النوفولاك لزيادة كفاءة المادة الرابطة أو المادة الأساس (Matrix) وبعد إجراء الفحوصات الحرارية ومنها مقاومة المادة المركبة للهلب وجد بأن زيادة كفاءة المادة المركبة لمقاومة اللهب تزداد مع زيادة النسب التحميلية للنوفولاك من خلال إنخفاض معدل التعرية (Erosion rate) [22] (mm/sec)

❖ في عام 2004 قامت شركة (Kinder) الأسترالية بتصنيع أحزمة ناقلة للمنتجات الثقيلة حيث يتميز قسم من الأحزمة بالمقاومة للحرارة و القسم الآخر بالمقاومة للهب والمقاومة للزيوت وتكون ذات سعة تحميلية عالية لغرض تقليل الكلف التشغيلية وكلف الصيانة وذلك بإضافة جدران جانبية مرنة (Flexible Sidewall) للحزام الناقل وإمكانية الإنتاج كجزء واحد وتكون بدرجة عالية من الميلان لأكثر من (45°) أستخدمت تكنولوجيا التلاصق بدرجة عالية لتجاوز مشاكل الانفصال الحادث في الأحزمة [23]

❖ في عام 2006 توصل فريق من شركة (MSHA) إلى طريقة فحص لمقاومة الأحزمة المستخدمة في مناجم الفحم للهب والتمثلة باتفاقية الفحص المرقمة (2G) والمستويات الصغيرة من الأحزمة (small scale) وتتضمن هذه الاتفاقية ضخ غاز طبيعي كوقود يوفر اللهب المناسب ويسمى بالإيقاد الأولي (piloted-Ignition) وبصورة مباشرة إلى أشربة من الحزام بأبعاد (0.5×6in) محاطة بسياج خاص ويكون إرتفاع اللهب (3in) عن طريق مشعل نوع (Bunsen Burner) وبعد دقيقة من الإيقاد يزال مصدر اللهب ويضخ هواء تزداد سرعته تدريجياً بواسطة مروحة صغيرة وتعطى فترة (3 دقائق) يسجل فيها أي ملاحظة لإستمرار الإيقاد ويكون الحزام ناجح في الفحص إذا كان مجموع معدل زمن الإيقاد لا يتجاوز دقيقة واحدة [24]

❖ في عام 2006 قام الباحثان (LimingYuan) و (Charles.D.litton) من المعهد العالمي المختص بالصحة والأمان في الولايات المتحدة بإجراء دراسة عملية بحثية حول حوادث الحريق التي تتعرض لها الأحزمة الناقلة والمستخدمه في مناجم الفحم لفترة من (1990-1996) وتوصلوا من خلال فحص اللهب للنماذج ذات المقياس الصغير (Small Scale) من الأحزمة إلى ما يلي:

1- قابلية الإلتهاب تعتمد على نوع المواد المعيقة للهب والداخله في تركيب الحزام وطريقة الفحص مقاومة اللهب

2- طاقة الإحتراق للأحزمة غير مقاومة للهب مثل SBR أعلى من طاقة الإحتراق للأحزمة المقاومة للهب مثل PVC حيث تستمر طاقة الإحتراق بالنسبة للـ SBR إلى ما بعد إزالة مصدر اللهب.

3- مدة بدء الإيقاد تكون أقل كلما تكون حرارة مصدر اللهب أعلى [25]

❖ في عام 2007 قام الباحثان (Neil) و (Christine) من شركة (Kinder) الأسترالية بتطوير الأحزمة الناقلة وخصوصاً المقاومة للحرارة واللب وتغيير في طريقة نقل المواد حيث تتغير درجات أو زوايا الميل إلى أكبر من 90° مع وجود جدران جانبية مرنة (Flexible Sidewall) مما يعطي زيادة في السعة التحميلية للحزام حوالي أربعة أضعاف الأحزمة التقليدية وان هذه الأحزمة يتم تسليحها بواسطة أنسجة محاكة (Woven Fabrics). [26]



## Aim of the Research

## 1.5 الهدف من البحث

يسعى هذا البحث إلى تحضير مواد مطاطية مركبة ودراسة خصائصها لغرض إستخدامها في الأحزمة الناقلة للمنتجات الساخنة في المعامل وكما يلي:

❖ دراسة وإختيار مادة مطاطية مركبة مقاومة للهب ذات مواصفات ميكانيكية جيدة ومقاومة حرارة المنتجات الساخنة لإنتاج الطبقات الغطائية للحزام.

❖ دراسة مادة مطاطية مركبة ذات مواصفات ميكانيكية وكفاءة لصق جيدة لإكساء الطبقات النسيجية للحزام.

❖ دراسة مادة مطاطية مركبة ذات مواصفات ميكانيكية وكفاءة لصق جيدة لأكساء طبقة أسلاك التقوية المعدنية للحزام.

## 2.1 المقدمة

### Introduction

سيتم في هذا الفصل دراسة شاملة للمواد المطاطية المركبة والتي تدخل في تركيب الحزام الناقل للمواد الساخنة حيث تتراوح درجة حرارتها  $100-150^{\circ}\text{C}$  ويعتبر هذا الحزام من الأحزمة الناقلة المسطحة (Flat Conveyor Belts) ذو زاوية ميلان قليلة ( $15^{\circ}-18^{\circ}$ ) وعلى النحو التالي :

- 1- دراسة المواد الأساس وأنواع التقوية وطرق الفلكنة وجميع المضافات والمساعدات البوليميرية ومعيقات اللهب للمواد المطاطية المركبة المقاومة للهب وحرارة المواد الساخنة التي يحملها الحزام لغرض استخدامها في إنتاج الطبقات الغطائية وكذلك المواد المطاطية المركبة لإكساء الطبقات النسيجية وطبقة اسلاك التقوية المعدنية .
- 2- دراسة الخصائص الفيزيائية للمواد المطاطية المركبة المقاومة للهب وحرارة المواد الساخنة والتي تشمل ( اللزوجة وخصائص إنضاج،خاصية الشد،الصلادة، الإرتدادية، الوزن النوعي , مقاومة البلى الإحتكاكي ,الموصلية الحرارية , قابلية الإلتهاب , مقاومة الإنثناء (نمو التشقق), التعجيل بالتعتيق ) علماً أن أبعاد النماذج الخاصة بفحص كل خاصية تحدد حسب طريقة الفحص
- 3- دراسة الخصائص الفيزيائية للمواد المطاطية المركبة لإكساء الطبقات النسيجية وطبقة أسلاك التقوية المعدنية للحزام والتي تشمل التلاصق وجميع الخصائص أعلى ماعدا الخصائص (مقاومة البلى الإحتكاكي, الموصلية الحرارية , قابلية الإلتهاب , مقاومة الإنثناء, التعجيل بالتعتيق )

## 2.2 المدخل إلى المواد المركبة

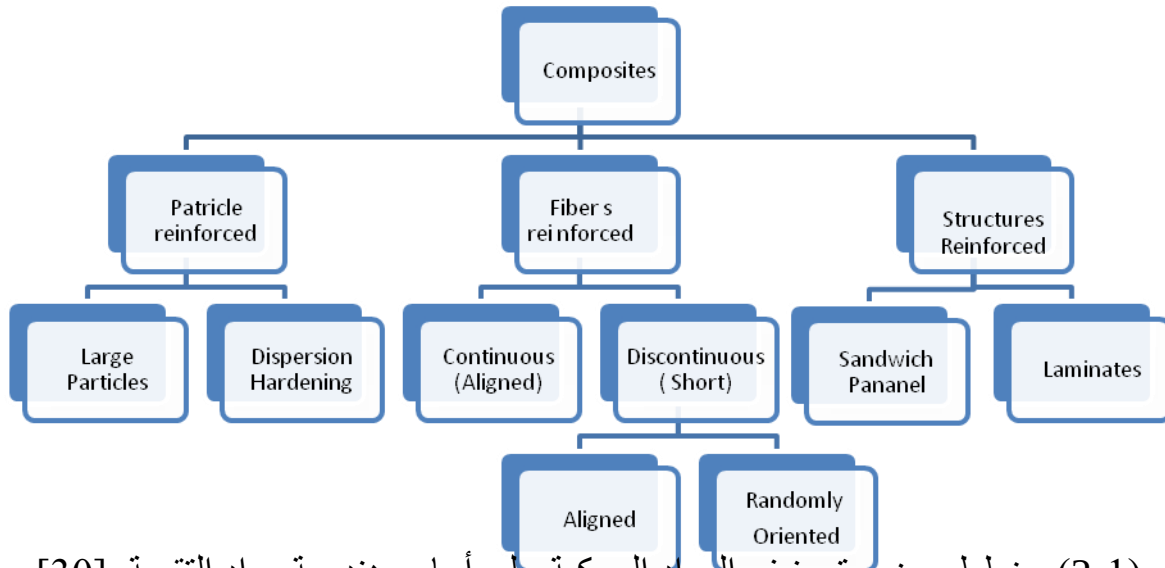
### Introduction to Composites Materials

المواد المركبة : عبارة عن مادة مشكلة من مادتين أو أكثر وبطرق صناعية مختلفة حيث تندمج مع بعضها بشكل كامل وتتكون من طورين:

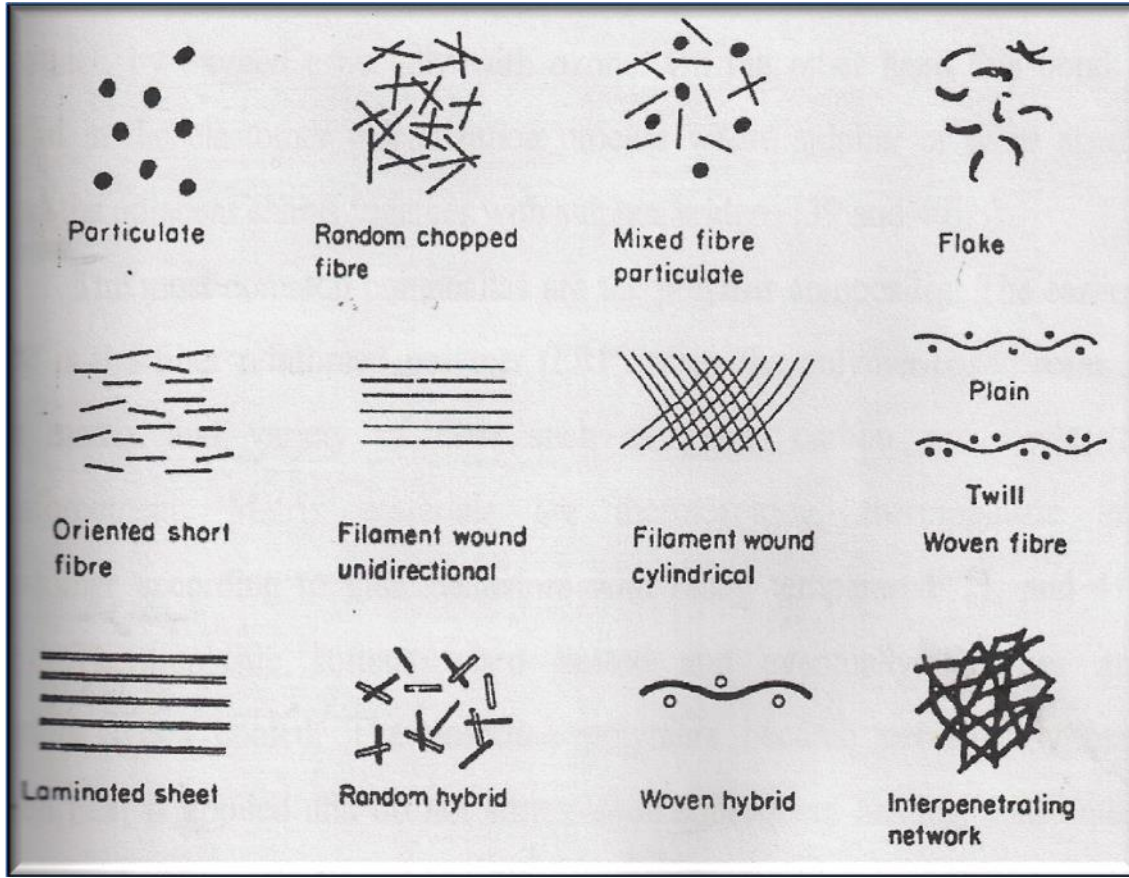
- 1- طور المادة الأساس "Matrix Material"
  - 2- طور مادة التقوية "Reinforcement Material"
- ويمكن تصنيف المواد المركبة وفقاً للمادة الأساس المصنعة منها وكما يلي :-
- أ- مادة مركبة ذات أساس معدني "MMC"
  - ب- مادة مركبة ذات أساس سيراميكي "CMC"
  - ج- مادة مركبة ذات أساس بوليميري "PMC"

أما مواد التقوية فيجب إختيارها بحيث تمتلك أعلى صلابة وصلادة من المادة الأساس [27,28]. إن معظم المواد المركبة تمتلك مواصفات ميكانيكية أفضل من المواد غير المركبة مثل الصلابة ، المتانة ، المقاومة الجيدة في الدرجات الحرارية العالية ، مقاومة الزحف ، مقاومة البلى ، تقليل الإنكماش (Shrinkage) ..... الخ وان مواصفات المواد المركبة دالة للأطوار المتكونة منها. ويحدث التداخل بين المادة الأساس (Matrix) ومادة التقوية "Reinforcement" بالإعتماد على هندسية مادة التقوية سواء كانت مادة التقوية أليافاً أو مائئات والتي تتضمن الشكل ، الحجم ، التوزيع ، التوجيه [29] والشكل (2-1) و (2-2) يوضحان تصنيف المواد المركبة على أساس هندسية مواد التقوية وبعض أنواع تراكيب التقوية الشائعة حيث تظهر ثلاث مجاميع رئيسة تمثل هذا التصنيف وكما يلي:

- 1- التقوية بالدقائق "Particulate -Reinforced"
- 2- التقوية بالألياف "Fibers-Reinforced"
- 3- التقوية بالتراكيب "Structures-Reinforced". [31]



الشكل رقم (2-1) مخطط يوضح تصنيف المواد المركبة على أساس هندسية مواد التقوية [30]



الشكل (2-2) يوضح بعض أنواع تراكيب التقوية الشائعة [31]

### Matrix Material

### 2.3 المادة الأساس

تعد □ المادة المركبة ذات الأساس البوليميري الأكثر شيوعاً وإستخداماً لما تتميز به من خواص ميكانيكية عالية نسبة إلى الكثافة وسهولة التصنيع حيث يعتبر البوليمر المادة الأساس ويقسم إلى: 1- Thermoset 2- Thermoplastic 3- Elastomer (32,33,34).

وتتميز المادة الأساس بخفة الوزن والمتانة العالية الأمر الذي يجعل المادة المركبة الناتجة منها ذات كلفة قليلة وأقل استهلاكاً للطاقة (35,36). ويستعمل مصطلح (Elastomer) كبديل عن المطاط وسابقاً يستخدم مصطلح المطاط حصراً بالمطاط الطبيعي (NR) [37]. وتختلف (Elastomers) عن بقية البوليمرات بسبب مواصفاتها الخاصة حيث ان لها القابلية على التشوه الكبير عند أقل تأثير من إجهادات الضغط وتم تصنيفها حسب المواصفة ASTM D1566 ولها القابلية على إستعادة أبعادها الأصلية بسرعة بعد إزالة الإجهادات.

ويمكن تحسين مواصفاتها الميكانيكية وبشكل كبير مثل المرونة (Elastic) ومقاومة الإذابة والإنتفاخ بوجود الحرارة وظروف الفلكنة المناسبة. و (Elastomers) ليس مواد مرنة

ومطاطية فحسب بل مواد مشتتة للطاقة بسبب الطبيعة اللزجة المرنة (Visoelastic) ومع ذلك فان الفلكنة تقلل اللدونة (Plasticity) وتزيد المرونة (Elasticity) ويصبح المطاط أكثر رجوعية (Resilience). [38] وتقسم المواد المطاطية إلى مجموعتين:

### 1- Thermosetting -2 Thermoplastics

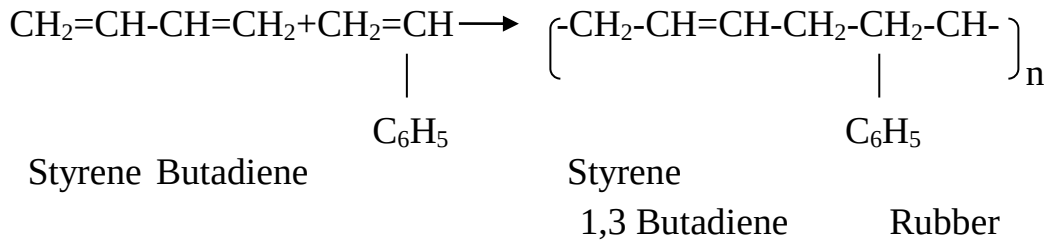
وتكون الترابطات التشابكية في (Thermosetting) ثلاثية الأبعاد ولا يمكن إعادة المادة ثانية بالتسخين البسيط مثل (الإيبوكسي) أما مطاط (Thermoplastics) فيمكن إعادة استخدامها مرة أخرى للعمل مثل مطاط البولي ستايرين، مطاط البولي أثيلين، ومطاط البولي يورثان [39]. وتستخدم أنواع المطاط (Thermosetting) كاستخدامات عامة مثل مطاط (ستايرين - بيوتادايين) (SBR) ومطاط البوتادايين (BR) والمطاط الطبيعي (NR). وأنواع المطاط ذات الاستخدام الخاص مثل مطاط النيوبرين (CR) ومطاط السليكون (MQ) [1].

وفيما يلي عرض للمواد الأساس (Elastomers) التي أستمعت في البحث:

### 3.1. 2 مطاط الستايرين- بيوتادايين

#### Styrene-Butadiene Rubber

يعد □ مطاط (الستايرين-بيوتادايين) من أهم أنواع المطاط الصناعي إستعمالاً وبالأحرى هو البديل عن المطاط الطبيعي ويتم الحصول على هذا البوليمر المشترك من الستايرين والبيوتادايين عن طريق تفاعلات بلمرة المزيج [40]



وتقسم تفاعلات البلمرة لإنتاج (SBR) إلى نوعين

#### 1- البلمرة الساخنة (Hot polymerization)

حيث يحتوي فيها المطاط على تفرعات كثيرة في السلاسل ويمتلك إستقرارية بعدية جيدة وخواص بثق جيدة ويكون أفضل من (SBR) الناتج بطريقة البلمرة الباردة من حيث التفاعل ويمتلك محتوى الستايرين أكبر من 40%.

#### 2- البلمرة الباردة (Cold Polymerization)

حيث تمتلك أصناف (SBR) المنتجة بهذه الطريقة سلاسل خطية ولا تحتاج الدخول في عملية التكسير ولها خواص فلكنة جيدة وتحتوي على نسبة واطئة من محتوى الستايرين بحدود 20%-30% من البوليمر [41] والجدول رقم (1-2) يبين خواص مطاط SBR .



وإن قيم  $m/n$  تعتمد على اتجاه عملية البلمرة ودرجة حرارة البلمرة وتحت ظروف (Azeotropic) وسوف تكون نسب وحدات المونوميرين في البوليمر النهائي بنفس النسب التي دخل فيها المونوميرين للتفاعل وتسيطر نسبة البيوتاديين الى الأكريلونايترايل كثيراً على خواص المطاط [8]. وتتميز كمية الأكريلونايترايل بأن لها التأثير الأكبر على خواص المطاط من كمية البيوتاديين بالإضافة الى ذلك فإنه من البوليميرات القطبية والغير بلورية وتعتبر الإمتزاجية الجيدة بين مطاط (NBR) والملدن ذات أهمية كبيرة في تحسين خاصية المطاط للهب وتختلف الأصناف الرئيسية التجارية للـ (NBR) تبعاً لثلاث عوامل رئيسية

- 1- محتوى الأكريلونايترايل 2- درجة حرارة البلمرة 3- اللزوجة مقاسة بـ (Mooney)

وإن درجة الحرارة السطحية للـ (NBR) ( $-30$  to  $120^{\circ}\text{C}$ ) ومن مميزاته المقاومة الجيدة للزيوت والوقود وقابلية الذوبان القليلة في الهيدروكربونات وقوة الشد الجيدة ومقاومة جيدة ضد الأكسدة والحرارة والإحتكاك والمقاومة الجيدة ضد الحوامض وإمكانية إمتزاجه مع المطاط السيليكوني والجدول رقم (2-2) يوضح أهم مواصفاته [4,8,12,48]

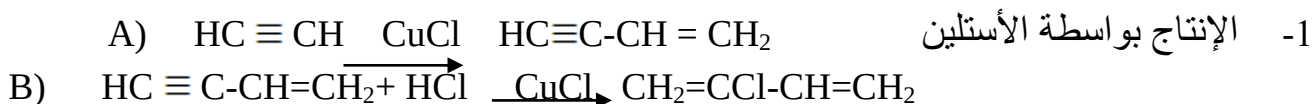
الجدول رقم (2-2) يبين أهم مواصفات المطاط النايترايل المفلكن [8]

| Property                    | Unit                    |
|-----------------------------|-------------------------|
| 1- Density                  | $1*10^3 \text{ kg/m}^3$ |
| 2- Tensile strength         | 28Mpa                   |
| 3- Elongation at Break      | 700%                    |
| 4- Glass TranstionTemp (Tg) | $-55^{\circ}\text{C}$   |
| 5- Max. work Temp           | $100^{\circ}\text{C}$   |
| 6- Electric Resistivty      | $10^2 \text{ ohm.m}$    |
| 7- Dielectric constant      | 13                      |

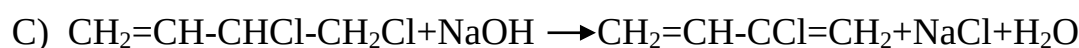
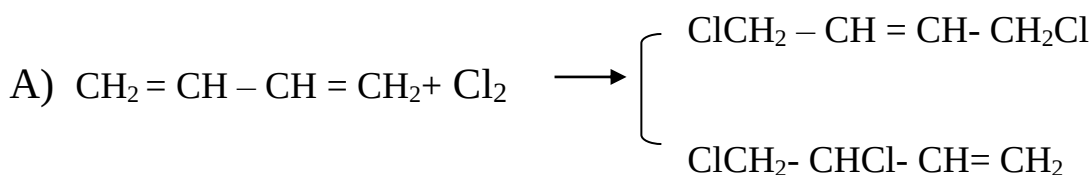
**2.3.3 مطاط البولي كلوروبرين Polychloropren Rubber (CR)**

يسمى تجارياً بالنيوبرين ويعد من أهم أنواع المطاطيات لما له من صفات ميكانيكية جيومقاومة عالية تجاه المواد الكيميائية والمذيبات المختلفة والأكسدة [12]. وينتج الكلوروبرين (2-chloro 1,3 butadiene) بطريقتين رئيسيتين هما طريقة الأستلين وطريقة البيوتاديين

وحديثاً تستعمل طريقة البيوتادابين وكما يلي :



2- الإنتاج بواسطة البيوتادابين



2-chlor-1,3butadiene

وتتم بلمرة الكلوروبرين (2-chloro 1,3 butadiene) المنتج بالطرق أعلاه بلمرة الجذور الحرة وبوجود عامل مساعد وعامل إستحلاب والمحسنات وعوامل حماية حيث تبني سلسلة البوليمر بإضافة مونوميرات على المواقع (1,2 & Trans 1,4) حسب الجدول رقم (2-3)

الجدول رقم (2-3) يبين سلسلة البوليمر بإضافة المونيمرات على المواقع [4]

| Type of addition | Configuration | Approximate percent |
|------------------|---------------|---------------------|
| Trans 1.4        |               | (88 – 92)%          |
| 1,2              |               | 1.5%                |

والإستخدام العام لمطاط (CR) يقع في ثلاثة أصناف رئيسية (Dupont Neoprene Grading) هي T,G,W وكل صنف له مميزاته حيث يختلف عن الآخر من حيث اللزوجة ونسبة التبلور ويعتبر أكسيد الزنك وأكسيد المغنسيوم من العوامل الرئيسية في فلكنة المطاط. يمتلك النوع W إستقرارية جيدة ومقاومة حرارية وتوزيع الوزن

الجزئي بشكل مماثل يعطيه القابلية في التعامل أفضل من النوع G . أما النوع T فتستخدم فيها تكنولوجيا عوامل مساعدة جديدة تعطي للبوليمر قابلية تمدد السلسلة عند الفلكنة وقوة شد عالية ويعد □ ذا قابلية تعامل أفضل من النوعين والجدول رقم (2-4) يوضح أهم مواصفات مطاط (CR) المفلكن حيث تختلف هذه المواصفات حسب نوع وكمية المالى المستخدم.

جدول رقم (2-4) يوضح مواصفات مطاط كلوروبرين المفلكن [8]

| Property               | Value                    |
|------------------------|--------------------------|
| 1- Tensile Strenght    | (7-17)M pa               |
| 2- Hardness            | (40-95)IRHD              |
| 3- Elongation at Break | (200-600)%               |
| 4- Rebound %           | Less than Rebound% of NR |

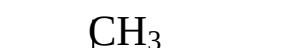
ويمتلك مطاط (CR) المفلكن أيضا مقاومة اللهب ومقاومة عالية للتشقق المرن وإن مطاط (CR) غير المفلكن غير قابل للتشغيل في الدرجات الواطئة بسبب التبلور ونظام الانتقال وتتم السيطرة على عملية التبلور في الدرجات الواطئة من خلال نظام الفلكنة [8] وعموماً فإن الكلوروبرين وبكل أنواعه ذو قوة تلاحق عالية فضلاً على المقاومة الجيدة للمذيبات والزيوت وذو مواصفات جيدة بعد التعتيق [60].

### Natural rubber

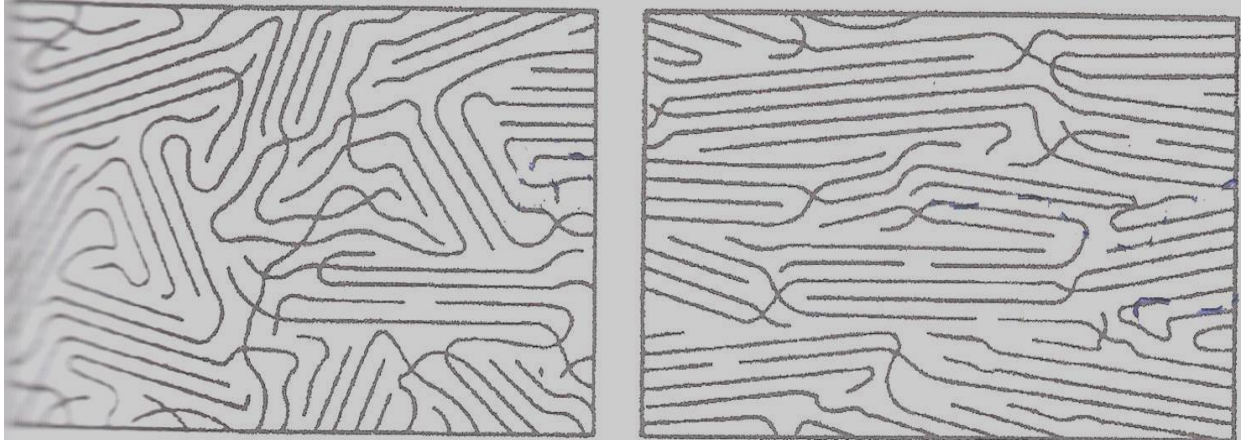
### 2.3.4 المطاط الطبيعي

من أهم أنواع المطاط الشائعة الإستخدام هو المطاط الطبيعي (NR) حيث يمثل 40% من مجموع المطاط المعروف في الأسواق [49].

والمطاط الطبيعي من المركبات الهيدروكربونية ذات الصيغة (C<sub>5</sub>H<sub>8</sub>) ويتميز بتكوين سلسلة منتظمة ومستمرة [50,51].



وان المطاط الطبيعي المفلكن يمتلك مدىً واسعاً من الخواص الجيدة وهناك مواصفات للمطاط الطبيعي تتجاوز مواصفات المطاط الصناعي مثل قوة الشد العالية والرجوعية العالية ومقاومة الانتشاء في الدرجات الواطئة الا أنه ضعيف لمقاومة الحرارة وله الإمكانية للبلورة بعد السحب وتكوين مناطق بلورية في تركيب المطاط من خلال عملية العصر (الدرفلة) والإنضاج وحسب الشكل رقم (2-3).



- A-

-B-

A = تركيب جزئية المطاط قبل السحب

B = التركيب البلوري لجزئية المطاط بعد السحب

### الشكل (2-3) يوضح تكوين التراكيب البلورية لجزئية المطاط الطبيعي بعد السحب [8]

ويستخدم المطاط الطبيعي المتفلكن بصورة عامة في صناعة الإطارات وكذلك مخمد إهتزاز كما في مخففات الصدمة عند عمل المحركات ويستخدم كوسائد للجسور والكازكيت [61,62]. وبسبب إمكانية التثبيت العالية (Superior Building Tack) يستخدم المطاط الطبيعي في تلاحق وربط طبقات نسيج الإطارات والأحزمة الناقلة [4]

## 2.4 أنواع التقوية المستعملة في البحث

### Types of Reinforcements Using in Research

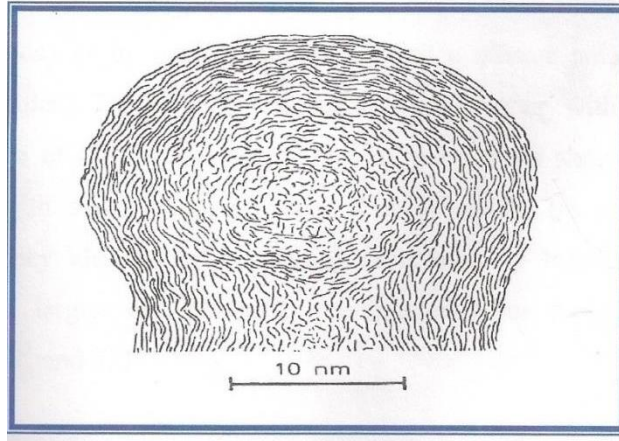
#### Particles Reinforced

#### 2.4.1 التقوية بالدقائق

من الضروري معرفة وبدقة ما هي التقوية (Reinforcement) لأن هذا المصطلح يعطي معاني مختلفة كثيرة. فعندما تطبق على مواد (Thermoplastics) والـ (Thermosetting) أو (Elastomer) فإنها تسبب إرباكاً رئيساً يؤدي إلى حقيقة أن التقوية الكفوءة تزيد من المواصفات الميكانيكية ولكن المواصفات المتوقعة تختلف كثيراً إذا أخذنا بعين الاعتبار الاختلاف في المادة الأساس والتطبيقات فبالنسبة إلى تقوية المواد البلاستيكية فإنها تؤدي إلى زيادة معامل المرونة (Modulus of Elasticity) وزيادة في الصلادة.

حيث يلاحظ تأثير الدقائق في هذه العملية وفي حالة إستبدال جزء من المادة الأساس بتغير معامل المرونة أعلاه ويقل التشوه عند القطع. أما في حالة (Elastomer) فإن إستعمال دقائق التقوية تؤدي إلى زيادة معامل المرونة وزيادة التشوه عند القطع في نفس اللحظة. وان الزيادة في الخاصيتين المتناقضتين في (Elastomer) عند التقوية تكون مجهددة وتؤدي إلى مواصفات فريدة وتسهل في تحقيق نجاحات مهمة في مختلف المجالات التكنولوجية [52].

تتراوح أقطار الدقائق المستعملة في التقوية بين (10 and 100 nm) وتكون التقوية أفضل كلما يكون حجم الدقائق أقل وذلك لسهولة إنتشار الدقائق الصغيرة في المادة الأساس وتعتمد على نوع الدقائق وعند التقوية بالدقائق فان المادة الأساس تتحمل الجزء الأكبر من الحمل المسلط [53,45]. ومن الدقائق المهمة التي تستعمل في تقوية المواد المركبة هو أسود الكربون حيث يتكون من تجمعات حبيبية ويكون جزء من هذا التركيب كرافيتياً وتكون ذرات الكربون في الحبيبة على شكل طبقة مستوية ومتراصة بشكل متوازي ومتداخلة مع بعضها وكما في الشكل رقم (4-2)



ترتيب ذرات الكربون

الشكل (4-2) يوضح

في الحبيبة [ 8 ]

وتكون الطبقة الخارجية أكثر كرافيتية من الطبقة الداخلية ويتراوح قطر الدقائق (10 nm to 400nm) [8]. وان مدى أقطار دقائق الكربون المنتجة بالأفران يتراوح (14 to 90nm) وتصنف حسب نوع الفرن إلى :

1-SAF (Super Abrasion Furance)

2-HAF(High Abrasion Furance)

3-SRF(Semi-Abrasion Furance)

4-GPF(Genral Puurpose Furance)

وأهم المواصفات الخاصة بدقائق أسود الكربون 1- التركيب وحجم التكتلات 2-

حجم الحبيبة 3- فعالية السطح 4- المسامية . [56,57]

وتستخدم حالياً كميات كبيرة من أسود الكربون المنتجة بطريقة الأفران لما لها من خواص قوة الشد العالية ومقاومة التشقق لغرض إستخدامها في مجال تصنيع الأحزمة الناقلة وفي صناعة الخراطيم وصناعة الكيبلات . وقد تم إستخدام الأنواع التالية من أسود الكربون في الطبقات الغطائية للحزام وطبقات إكساء النسيج (Coated Fabric) طبقات إكساء الأسلاك المعدنية (Metal Breaker) والتي تتمتع بمواصفات فيزيائية نموذجية وحسب المواصفة

ASTM D1765 وASTM D1765-04 والمواصفة ASTM D3057-04 وكما في الجدول رقم (2-5) [14,58,59].

الجدول رقم (2-5) يوضح أهم المواصفات لأنواع أسود الكربون [14]

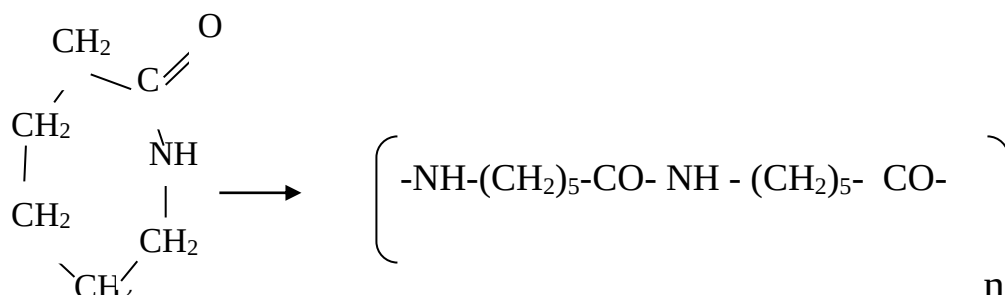
| ASTM    | Type   | Typical Iodine adsorption No.D 1510 | Typical DBP NO D.2414 | Typical pour. density (lb/ft <sup>3</sup> ) D1513 | Minute at 145° c | stress (psi) $\Delta$ at 300% Elongation |
|---------|--------|-------------------------------------|-----------------------|---------------------------------------------------|------------------|------------------------------------------|
| 1- N330 | HAF    | 82                                  | 102                   | 23.5                                              | 15               | +100                                     |
| 2-N660  | GPF    | 36                                  | 91                    | 26.5                                              | 15               | -190                                     |
| 3-N326  | HAF-LS | 82                                  | 71                    | 29                                                | 15               | -450                                     |

## 2.4.2 التقوية بالألياف *Fibers Reinforced*

الألياف عبارة عن تراكيب خيطية filament منتظمة الشكل ذات خواص متميزة تعمل على تقوية المادة الأساس إذ تتحمل الألياف الجزء الأعظم من الحمل المسلط على المادة المركبة وإن خواص المادة المركبة المقواة بالألياف مرتبطة بصورة وثيقة بخواص الليف (قطر الليف، الكسر الحجمي، طول الليف، تركيب الليف) والألياف ممكن أن تكون فلزية أو سيراميكية أو لدائنية و وبصورة عامة الألياف أما طبيعية أو صناعية [63] وقد أستعملت ألياف النايلون في تصنيع الأنسجة البوليميرية نوع (NN) لتقوية الحزام موضوع البحث

### 1- ألياف النايلون *Nylon fibers*

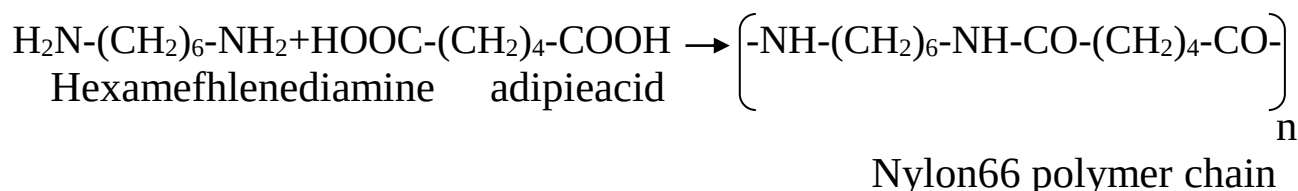
يعتبر النايلون الاسم التجاري للبولي أميدات وهي عبارة عن جزيئات كبيرة محتوية على مجاميع الأمين المتكررة (-NHCO-) وتحضر البولي أميدات التي تعتبر من نظائر البولي أسترات من الحوامض الأمينية ومركباتها الحلقية (الاكتامات) أو من تكثيف الحوامض الثنائية مع الأمينات الثنائية واشتهرت شركة دويون بصناعة هذه النوعية من الألياف وأستحدثت أرقاما لتمييز أنواع النايلون المختلفة ومثال على ذلك نايلون 6 ونايلون 66 ويحضر نايلون 6 ببلمرة الكاربولاكتام وحسب المعادلة الآتية:



## CarProlactam

## Nylon 6 Polymer Chain

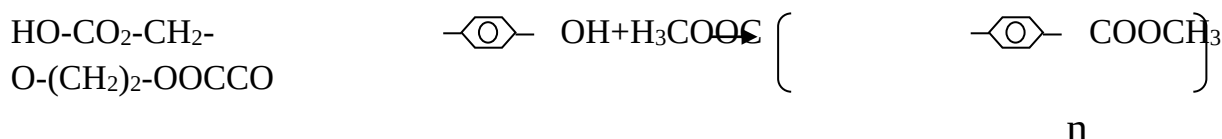
أما نايلون 66 فينتج بتفاعلات التكثيف بين حامض الأدييك (Adipic Acid) وسداسي فنيولين ثنائي أمين (hexa methylene diamine) وحسب المعادلة التالية:



بعد البلمرة تبتق المادة المنتجة عبر ثقوب صغيرة لتكوين شعيرات (Filaments) وتبرم لتكوين (Yarn). تتمتع هذه الألياف بمواصفات ميكانيكية جيدة ومقاومة حرارية جيدة (200 - 250°C) ودرجات إنتقال زجاجية بين (40 - 75°C) وتعتمد درجات الإنصهار على نسبة الجزء المتبلور الذي يعتمد على التراكيب الكيميائية للبولىمر [52,12].

### 2-ألياف البوليستر (Polyester Fibers)

ألياف البوليستر تشبه ألياف النايلون ولكن بمدى أوسع إستخداماً ولاسيما في مجال صناعة الإطارات. وتنتج ألياف البوليستر بالبلمرة التكثيفية لمونوميرات أثيلين كلايكول وثنائي المثيل تريفتالين لتكوين بولي أثيلين تريفتاليت (PET)



Ethylene glycol      Dimethyltarephalate

Polyethylene Terphthalate  
(PET)

بعد بلمرة التكثيف تبتق المادة خلال ثقوب دقيقة لتكوين الشعيرات (filaments) بحدود (0.025mm) وتبرم على شكل (Yarn) وتسحب لتعطي التوجيه والبلورة المطلوبة [52].

### Structures Reinforced

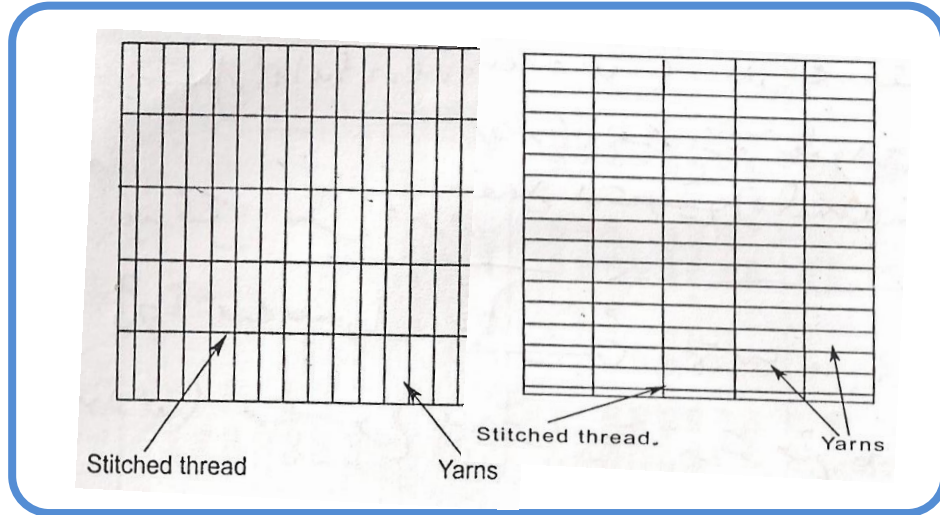
### 2.4.3 التقوية بالتراكيب

يتم تقوية المواد المركبة بواسطة التراكيب التالية:

#### 1- التقوية بالأنسجة الليفية (fabrics-reinforced)

ومن أهم الأنسجة الليفية :

أ- الأنسجة الغير إتجاهية (Unidirectional Fabrics) :- في هذه النوعية من الأنسجة الليفية تقوم خيوط الربط (التطريز) (Stitched Thread) ذات الكمية الصغيرة والمصنوعة من البوليستر بربط مجموعة من الألياف المبرومة (Yarn) ذات الكمية الكبيرة والموضوعة بشكل متوازي مع بعضها البعض وبالاتجاه الطولي (اتجاه الزاوية 0°) وتسمى (Warp Unidirectional Fabrics) ومثال على ذلك هي مزلاجة الماء حيث تمتلك مرونة عالية ومقاومة إنثناء عالية وعندما تربط خيوط التطريز ذات الكمية الصغيرة مجموعة ألياف (Yarn) ذات الكمية الكبيرة والموضوعة بالاتجاه العرضي وإتجاه الزاوية 90° فتسمى (Weft Unidirectional Fabrics) ومن الأمثلة على وضع الألياف بالاتجاه العرضي هي الأنابيب. ومن مميزات هذه الأنسجة إنها مستقيمة وغير مجعدة (Straight and Uncrimped) حيث تعطي أفضل المواصفات الميكانيكية في تركيب النسيج والشكل رقم (5-2) يوضح هذه النوعيات من الأنسجة [64].



a- warp Unidirectional Fabric

b- weft Unidirectional Fabric

الشكل رقم (5-2) يوضح أنواع الأنسجة الغير إتجاهية [64]

### Woven Fabrics

### ب- الأنسجة المحاكاة

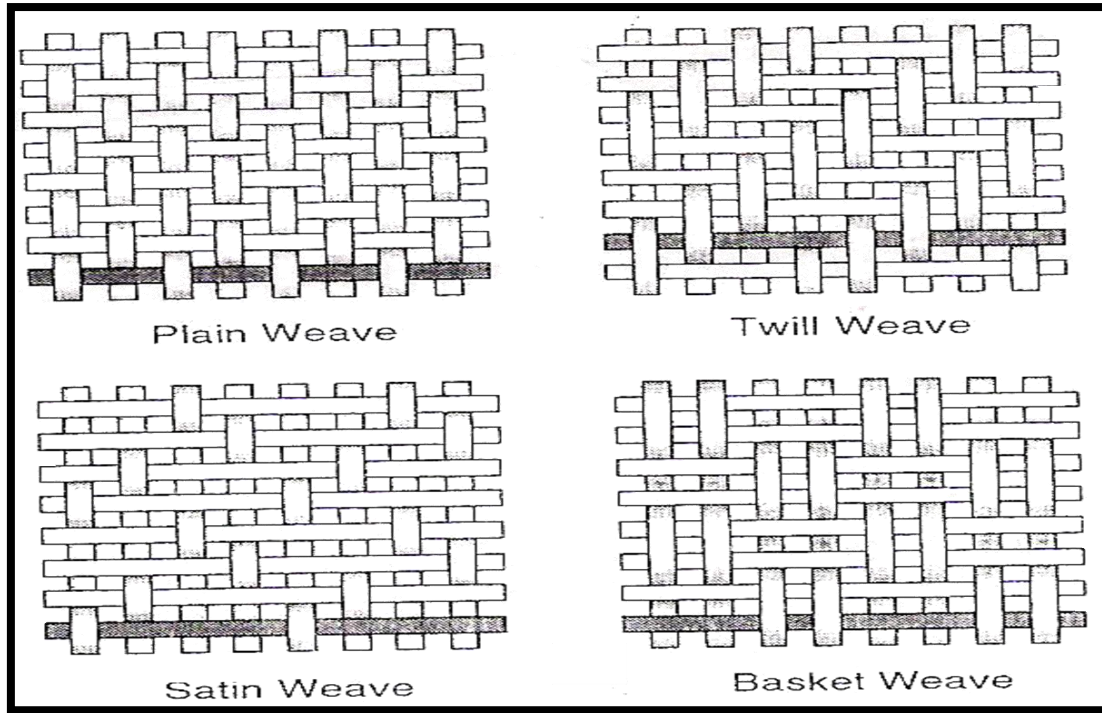
تتكون الأنسجة المحاكاة من بعدين (Two- Dimensional) وتنتج بواسطة ضفر الألياف باتجاه (0°) أي (Warp Direction) وباتجاه (90°) أي (Weft Direction) وتنظم الألياف بتصميم محاك (Weave Style) والذي يسيطر على نعومة وثباتية سطح النسيج وفيما يلي بعض تصاميم الأنسجة المهمة :-

أ- التصميم نوع (Plain) في هذا النوع من الأنسجة يكون كل (Warp Fiber) يمر فوق وتحت كل (Weft Fiber) ويكون النسيج في هذا التصميم متناسق وذو ثباتية جيدة

ونفاذية معقولة لكن هذه النوعية من الأنسجة تواجه صعوبة الإنشاء بسبب التجعد العالي (High Crimp) للألياف مما يعطي مواصفات ميكانيكية واطئة مقارنة مع التصميم الأخرى للأنسجة المحاكاة

ب- التصميم نوع (Twill) في هذا النوع من الأنسجة يكون التناوب واحد أو أكثر من (Warp Fiber) يمر فوق وتحت لإثنين أو أكثر من (Weft Fiber) وبإسلوب متكرر وتتميز هذه النوعية من التصميم بان الألياف أكثر إستقامة وأقل تجعد ولكن على حساب الثباتية

ج- التصميم نوع (Stain) إن هذا النوع من تصميم الأنسجة المحاكاة كان في الأساس (Twill Weave) وطور لإنتاج تشابكات قليلة لل (Warp) و (Weft) ومن مميزات هذا التصميم ذو تجعد قليل وأقل ثباتية وتناسق والشكل رقم (6-2) يوضح أنواع تصميم الأنسجة المحاكاة [64,94] .



شكل رقم (6-2) يوضح أنواع تصميم الأنسجة المحاكاة [94]

ويمكن تحسين المواصفات الميكانيكية للأنسجة أعلاه بواسطة التشبييع المسبق (Prepreg) بواسطة راتنجات (Thermosetting) مثل (Epoxy, Polyster, Bismaleimide, Phenolic), حيث تزداد ثباتية الأنسجة والمتانة وكذلك زيادة قابلية الالتصاق وزيادة المساحة الوزنية للألياف بالنسبة للأنسجة المحاكاة أكثر من الأنسجة غير الإتجاهية [94] وتتمتع الأنسجة المحاكاة المستخدمة في البحث (Plain Woven Fabrics) وهي نسيج نايلون نوع (Nylon Fabric (NN) بالمواصفات الآتية:

- 1- مقاومة شد عالية 2- مقاومة عالية ضد الصدمة 3- مقاومة إنثناء عالية

- 4- قلة التشقق المرن 5- خفيف الوزن 6- قوة التلاصق عالية 7- مقاومة ممتازة ضد الماء

## 2-التقوية بالأسلاك المعدنية ( Metal Breaker )

تعتبر الأسلاك المعدنية ذات الشد العالي مهمة في تقوية المواد المركبة ومنها المنتجات المطاطية مثل الأحزمة الناقلة حيث يتم سحب هذه الأسلاك على البارد وإكسائها بالبراص ليساعد على الإنزلاق ولحدوث مشاكل تأكل تطلّى هذه الأسلاك بالزنك ليساعد على زيادة قوة الترابط مع المطاط .ومن العوامل التي تؤثر على أداء الأسلاك هي إستقرارية الرطوبة ودرجة تغلغل الأسلاك في المطاط وتركيب الأسلاك [8] .

وأستعملت أسلاك معدنية مبرومة (2+2\*0.28mm) على شكل تركيب ( Cord Construction ) مصنوعة من فولاذ عالي الكربون (High Carbon Steel) ذات قوة شد (2750MN/m<sup>2</sup>) ومطالية بسبيكة ( نحاس\_ خارصين) وتتكون من التراكيب الكيماوية النموذجية الموضحة في الجدول رقم (2-6) [86] .

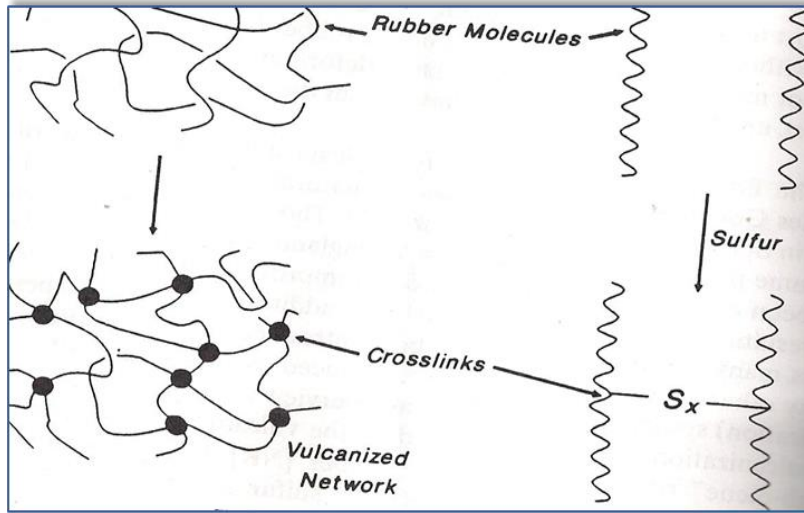
الجدول رقم (2-6) يوضح التراكيب الكيماوية للأسلاك المستخدمة [86]

| Components                   | Percentage Composition |
|------------------------------|------------------------|
| Carbon                       | 0.67-0.73%             |
| Manganese                    | 0.4-0.7%               |
| Silicon                      | 0.15-0.3%              |
| Phosphorous                  | 0.03% Max              |
| Sulphur                      | 0.03%Max               |
| Copper<br>Chromium<br>Nickel | Traces                 |

## 2.5 فلكنة المطاط The Vulcanization of Rubber

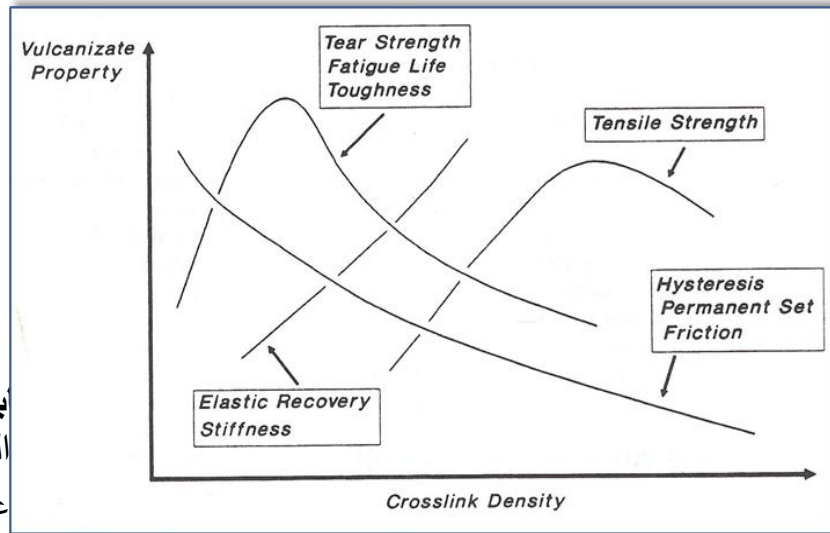
تطبق الفلكنة بصورة عامة على المطاط أو المواد (Elastomer) لغرض تحسين القوى الراجعة للمواد المطاطية وتقليل آثار التشوه المتبقية بعد إزالة القوى المؤثرة وزيادة المرونة (Elasticity) وتقليل اللدونة (plasticity) حيث تستطيع المادة من إستعادة شكلها الأصلي تقريبا من خلال تكوين التشابك الجزئي والموضح في الشكل رقم (2-7) . وتعتمد خواص الفلكنة على كثافة الترابطات التشابكية حيث تزداد مواصفات مقاومة التمزق ومقاومة التشقق والمتانة وقابلية الإسترجاع مع الكميات الصغيرة من التشابكات وهي دالة لطاقة الكسر

وتقل هذه الخواص بزيادة كثافة الترابطات التشابكية كما في الشكل رقم (2-8) [52].



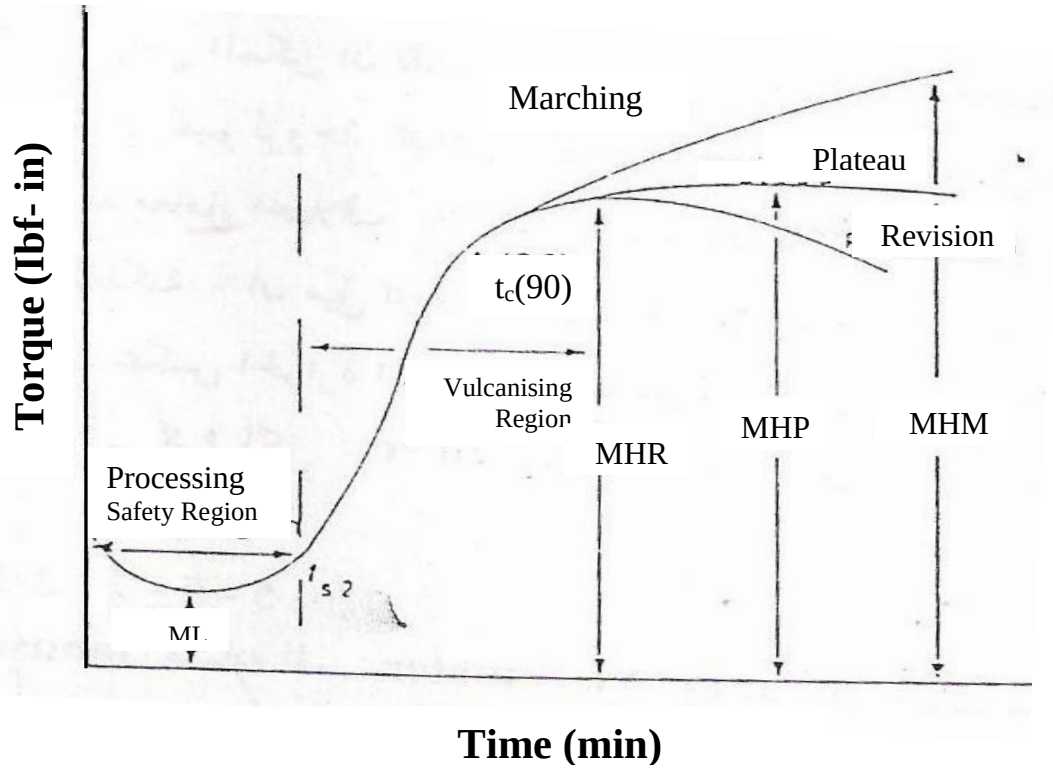
الشكل رقم  
الترابطات

(2-7) يوضح  
التشابكية [52]



الشكل رقم  
وك  
واللدونة والم

الوسطي للمواد بين الحالة السائلة والصلبة.



الشكل  
رقم  
(2-9)

### يوضح العلاقة بين عزم الدوران وزمن الإنضاج [8]

والشكل رقم (2-9) يوضح العلاقة بين عزم الدوران لجهاز (Rheometer) (Ibf-in) وزمن الإنضاج (min) للعجنت المطاطية والذي يسمى بزمن معامل المرونة. وتوجد في الشكل أعلاه منطقتين:

1- منطقة يكون فيها المطاط غير ناضج ويحدث فيها أقل عزم للدوران (ML) وهو مؤشر لأقل قيمة للزوجية وفي هذه المنطقة تحدث مقاومة للإحتراق أو الإنضاج (Scorch Resistance) وضمن المدة الزمنية ( $t_{s2}$ ) وتسمى (Processing Safety Region) بـ

2- المنطقة التي يحدث فيها الإنضاج ويبدأ فيها معامل المرونة (Modulus of Elasticity) بالارتفاع وتحسن الخواص الميكانيكية للمطاط وتكون هذه المنطقة ضمن المدة الزمنية  $t_c(90)$  وتسمى بـ (Vulcanizing Region) [8].

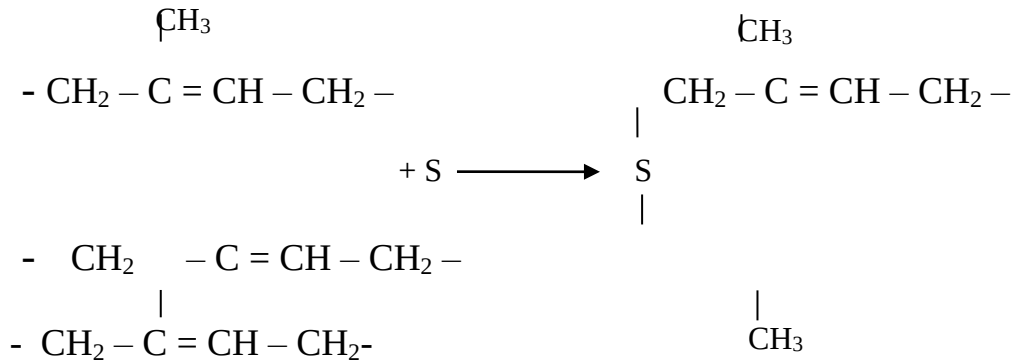
وتقسم الفلكنة إلى ثلاثة أنواع :

### 2.5.1 الفلكنة الكبريتية Sulfur Vulcanization

يعد الكبريت من أهم المواد المستخدمة في فلكنة المطاط ولكن يصبح الإنضاج بطيئاً في حالة عدم وجود معجلات (Accelerators) وكذلك المواد المنشطة. فمثلاً عند إجراء عملية إنضاج للمطاط الطبيعي (NR) تكون نسبة الكبريت المضاف له (8part) لكل (100part) مطاط ويحتاج إلى (5hr) لغرض الإنضاج وتحت درجة حرارة  $140^{\circ}\text{C}$  وعند

إضافة المنشطات مثل (ZnO) يكون وقت الإنضاج (3hr) وعند إضافة (0.5pphr) من المعجلات فيكون وقت الإنضاج (2-5)min وتختلف نسبة إضافة (ZnO) وحامض الستياريك حسب نوع المطاط المستخدم فان كل أنواع المطاط الصناعي يضاف لها نسبة أقل من (ZnO) والحامض الستياريك لأن المطاط الطبيعي وحسب منحنيات الإنضاج ذو منحنى إنضاج مرتد [8,66] (Reverting cure curve)

ومن الأمثلة على تفاعلات الفلكنة الكبريتية تفاعل جزيئين من المطاط الطبيعي مع الكبريت لتكوين جسراً بينهما يؤدي إلى حدوث ترابطات تشابكية تزيد من الصلابة والثبات الحراري وحسب المعادلة الآتية:



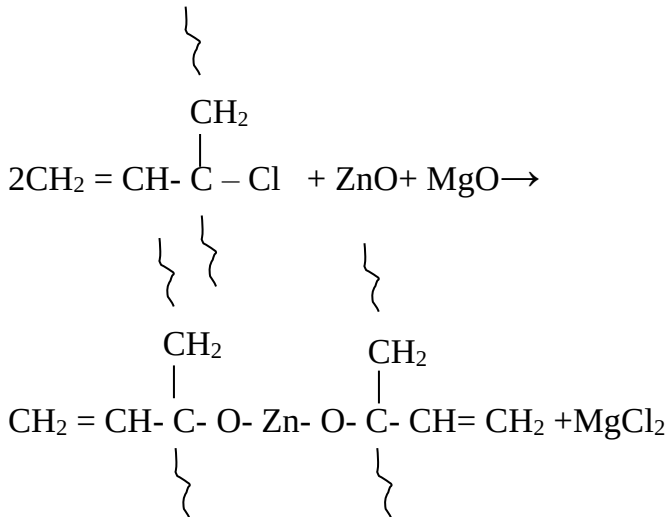
CH<sub>3</sub>

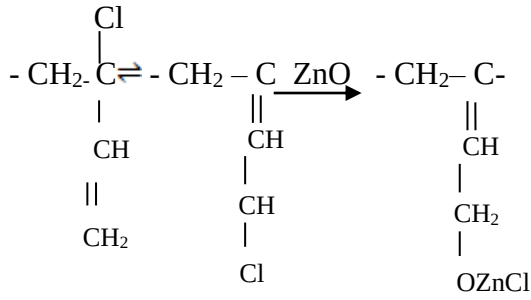
## 2.5.2 الفلكنة بتأثير الأكاسيد المعدنية

### Vulcanization by the Action of metal oxides

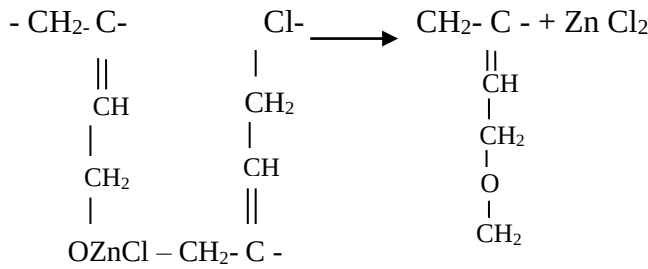
تتم الفلكنة بتأثير الأكاسيد المعدنية مثل أكسيد الزنك وأكسيد المغنسيوم لأنواع المطاط الأوليفيني مثل مطاط الكلوروبرين (CR) لتكون بداية الترابطات التشابكية بواسطة أكسيد الزنك ثم أكسيد المغنسيوم الذي يعد ضرورياً في مقاومة التثبيط أو التأخير في الإنضاج (Scorch Resistance) وفي مطاط الكلوروبرين فان الأصرة المزدوجة سوف تتحرك بواسطة ذرات الكلور المجاورة ولذلك تكون الفلكنة بالكبريت غير ممكنة ويمكن الوصول إلى فلكنة أسرع بواسطة استخدام معجلات عضوية مثل اثيلين ثايو يوريا (Ethylene Thiourea) [8,65]. وتحدث فلكنة الكلوروبرين بتأثير أكسيد الزنك والمغنسيوم حسب ميكانيكية التفاعل [67] الآتية:-

أولاً: يمكن إيجاز كل التفاعل





ثانياً: يمكن ان يتمثل بـ:



### 2.5.3 الفلكنة بالبيروكسيدات

#### *Vulcanization by peroxides*

معظم أنواع المطاط يمكن فلكنتها بتأثير



البيروكسيدات العضوية مثل (Diacyl Peroxids) و (Dialkyl Peroxides) حيث تؤثر هذه المواد على تكون الترابطات التشابكية وتقوم المواد مثل (Di-t-Butyl Peroxide) و (Dicumyl peroxide) بتوفير فلكنة جيدة للخلطات المطاطية لكن كون (Di-t-Butyl Peroxide) سائل فانه يكون غير مناسب بسبب التطاير ويبقى (Dicumyl Peroxide) عامل فلكنة جيد [66].

### 2.6 المضافات المساعدة البوليميرية

#### *The Adlitives and Auxilliaries*

إن البوليمرات ومن ضمنها المطاط بشكلها الخام تفشل في أحيان كثيرة في ان تكون ذات أهمية صناعية وإقتصادية لذا يضاف لها مواد معينة ذات طبيعة خاصة لتحسين صفاتها الإستخدامية أو تسهيل عملية تصنيع النماذج المطلوبة وتدخل المضافات والمساعدات في المطاط بشكل مزيج فمثلا الملدنات والمواد النافخة تؤثر عند إضافتها على المواصفات الميكانيكية وتؤدي إضافة مضادات الأكسدة والمثبتات الحرارية و مواد إمتصاص الأشعة فوق البنفسجية ومعوقات الإلتهاب إلى إطالة العمر الإستخدامي للمطاط وفيما يلي بعض المضافات والمواد المساعدة البوليميرية التي استخدمت في البحث [12]

#### 2.6.1 معاملات التلدين والموسعات

#### *Processing Aids and Extenders*

لغرض اختيار معاملات التلدين والموسعات في الخلطات المطاطية فيجب عليها ان

تحقق العوامل الاتية: الامتزاجية، الكلفة، الكفاءة، المواصفات في الدرجات الواطنة ولأجل حصول على إمتزاج جيد بين المطاط وعوامل التلدين يجب أن تكون الذوبانية متشابهة في كلا النوعين وكما في الجدول (2-6).

**الجدول (2-6) يوضح أنواع المطاط المستخدم وعوامل التلدين المناسبة [66]**

| No | Rubber | $\delta$ (cal/cc) <sup>1/2</sup> | Highly Compatiple Oil | $\delta$ (cal/cc) <sup>1/2</sup> |
|----|--------|----------------------------------|-----------------------|----------------------------------|
| 1  | SBR    | 8.54                             | Aromatic Oil          | 8.9                              |
| 2  | NBR    | 9.25                             | Highly Aromatic Oil   | 8.9 or above                     |
| 3  | CR     | 9.38                             | Highly Aromatic Oil   | 8.9 or above                     |

وفي حالة عدم وجود إمتزاج فتحصل حالة نزف للزيت إلى سطح النموذج المطاطي تسبب تدبق السطح ( Stick Surface ) وضعف الخواص الفيزيائية و منها ضعف التلاصق وخصوصا عندما يكون التلاصق مع المعادن أو الأسلاك المعدنية وعموماً فإن التداخل بين عوامل التلدين وأنواع المطاط التي تحمل مجاميع قطبية سوف تكون قوية بسبب تأثير قطبية عامل التلدين وفي هذه الحالة يكون الترابط الهيدروجيني ذا تأثير مهم عندما تسمح التراكيب الجزيئية بذلك وإن الزيوت المستخدمة كعوامل تلدين وكموسعات من الممكن تصنيفها إلى زيوت برافينية ونفثينية وأورماتية تبعا لقيمة ثابت الوزن النوعي - اللزوجة (vgc)

$$V_{gc} = \frac{g - 0.24 - 0.022 \log_{10} (V_2 - 35.5)}{0.75}$$

حيث أن  $g$  = الوزن النوعي عند درجة حرارة  $15.5^\circ\text{C}$   
 $V_2$  = اللزوجة بوحدات السايبولت عند درجة حرارة  $99^\circ\text{C}$  فإذا كانت  $V_{gc}$  (0.8)  
 فإنه زيت برافيني وعندما تكون  $V_{gc}$  تساوي (1) فإنه أروماتي [8,66].

## 2.6.2 مضادات الأكسدة Antioxioidants

هذه المواد تعد □ من الفقرات المهمة في الخلطة المطاطية لما لها من أهمية في المحافظة على الخواص الفيزيائية للمنتج أثناء الخزن أو الخدمة حيث تعمل على حماية المنتج من الأكسدة بواسطة الأوكسجين الجوي أو الأوزون وتعتمد على طبيعة المطاط المستخدم وعلى التطبيقات .  
 الأكسدة تتعاضم بواسطة الحرارة ، الضوء ، الإنشاء ، أثر المعادن التي تعد □ عاملاً مساعداً للأكسدة . وهناك عدة عوامل يمكن من خلالها السيطرة على عملية الأكسدة :

- 1- شروط الخدمة
- 2- طبيعة المطاط
- 3 - نوع الفلكنة
- 4- الإختيار المناسب لمضادات الأكسدة.

وتصنف المواد المستخدمة كمضادات أكسدة على نوعين:

1- مواد مشتقة من الأمينات مثل ، الداى فنيل أمين والداى مثيل بيوتيل (6PPD) و (TMQ)

2- مواد مشتقة من الفينول حيث تعد □ ذات تأثير لوني أقل من الأمينات [8,66]

### Flame Retardants

### 2.6.3 معوقات اللهب

تعرف المواد المعيقة للهب على أنها مواد كيميائية لها القدرة على تحمل اللهب المباشر حيث تعمل على منع نفاذه داخل المادة وكذلك منع إنتشاره (Spread) وحتى إخماده بشكل كامل وتضاف إلى مواد ليس لها القدرة على مقاومة اللهب لتحسين خواصها الحرارية [9]. ومن المواد التي تضاف لها معوقات اللهب هي اللدائن (Plastics) والأنسجة (Textiles) والدوائر الالكترونية والمواد المطاطية [68].

وتضاف المواد المعيقة للهب إثناء تصنيع المواد المراد حمايتها من الإحتراق أو بعد تصنيعها. ان تطور معوقات اللهب سمح بالاستعمال الامن للمواد التي لها القابلية للإشتعال عن طريق خفض قابليتها للإشتعال وخفض معدل إحتراقها وتحتوي معظم معوقات اللهب على عناصر مثل الفسفور والكلور والبروم والبورون والنتروجين ويعد □ معامل الحد من الأوكسجين (LOI) (Limiting Oxygen Index) مقياساً كميّاً جيداً لقابلية التهاب المواد .

وتقاس كميته من الضغط الجوي الإعتيادي بأقل حجم من الأوكسجين اللازم لبدء التهاب المادة . ويعبر عنه كنسبة مئوية لمزيج (الأوكسجين + نيتروجين) حسب المعادلة التالية:

$$LOI = \frac{VO_2}{VO_2 + VN_2} \times 100$$

VO<sub>2</sub>, V N<sub>2</sub> حجم كل من الأوكسجين والنتروجين.

وتعد □ المواد التي لها معامل حد من الأوكسجين أقل من 22.5 مواد قابلة للإشتعال والتي أعلى منه مواد معيقة للهب أما المادة التي لها قيمة (LOI) أعلى من 27 فتعد □ مواد ذاتية الإطفاء (Self Extinguishing) ولا تعتمد قابلية الإحتراق على تركيز الأوكسجين فقط ولكن على درجة الأتقاد الخارجية والذاتية وسرعة □ متصاص الحرارة وطبيعة نواتج التحلل الحراري وطبيعة □ نصهار المادة [12].

### 2.6.3.1 أسلوب عمل معوقات اللهب

#### Mode Action of flame Retardants

ان عملية إعاقه اللهب أو حتى إيقافه تعتمد على طبيعة المادة المعيقة للهب . حيث يمكن أن تعمل معوقات اللهب كيميائياً أو فيزيائياً في الحالة الصلبة أو السائلة أو الغازية. إذ تتداخل المادة المعيقة للهب مع عملية الإحتراق (Combustion Process) خلال مراحل مختلفة من

هذه العملية وبطريقة أخرى أثناء التسخين (Heating) والتفكك أو التحلل (Decomposition) أو الانتقاد (Ignition) أو انتشار اللهب (flames Spread) وفيما يلي عرض لكل من الفعل الكيميائي والفيزيائي لإعاقة اللهب [13].

### الفعل الفيزيائي Physical Action

ويحصل بعدة طرق:

أ- التبريد (Cooling): المواد المضافة تعمل على تبريد الطبقة الأساس للمادة (Substrate) إلى درجة حرارية أقل من درجة الإحتراق ومثال على ذلك هيدروكسيد الألمنيوم.

ب- تكوين طبقة حماية (Formation of Protective Layer) يتم تكوين طبقة حماية (طبقة شبه زجاجية عازلة) حيث تعمل طبقة الحماية على طرد الأوكسجين اللازم لاستمرار عملية الإحتراق مما يؤدي إلى إعاقة إنتشار الإحتراق ومثال على ذلك المركبات الحاوية على الفسفور مثل بولي فوسفات الامونيوم والمركبات اللاعضوية الحاوية على البورون [13,69]

ج- التخفيف (Dilution) ان اندماج المواد الخاملة (الحشوات) والمضافات التي تبعث غازات خاملة عند تحللها حراريا تعمل على تخفيف الوقود في كل من الحالة الصلبة والغازية بحيث لا يتم تجاوز الحدود الدنيا لإشتعال خليط الغاز ومثال على ذلك هيدروكسيد الألمنيوم [69].

### الفعل الكيميائي Chemical Action

ويحصل بطريقتين رئيسيتين هما التفاعل في الحالة الغازية والحالة الصلبة .

أ- التفاعل في الحالة الغازية (Reaction in the Gas Phase): يتم إيقاف ميكانيكية الجذر الحر (Free Radical Mechanism) والحاصلة في الحالة الغازية بواسطة المواد المعيقة للهب . مما يؤدي إلى توقف العمليات الباعثة للحرارة (Exothermic Process) ومن ثم يبرد النظام . كما يتم خفض نسبة الغازات القابلة للإشتعال وحتى منعها نهائيا ومثال على ذلك المركبات الهالوجينية [69]

ب- التفاعل في الحالة الصلبة (Reaction in the Solid Phase) يتم تكوين طبقة كاربونية على سطح البوليمر حيث تقوم المادة المعيقة بإزالة الماء مما يولد أواصر مزدوجة في البوليمر فان الأواصر المزدوجة هي التي تكون الطبقة الكاربونية بواسطة الترابط التشابكي ومثال على ذلك المركبات الفسفورية [13,69]

### 2.6.3.2 تصنيف المواد المعيقة للهب

### Classification of flame Retardants

وتصنف المواد المعيقة للهب إلى المجاميع الآتية:

1- المواد المضافة Additive Materials يتم دمج هذه المواد ميكانيكيا مع اللدائن أثناء البلمرة أو قبلها وتستخدم المواد المضافة بشكل خاص مع المواد المطاوعة للحرارة

[70] (Thermoplastic Materials)

2- **المواد المتفاعلة (Reactive Materials)** تربط هذه المواد كيميائيا داخل جزيئة البوليمر سوية مع مركبات الصنيع الأخرى. إن عملية الربط هذه تحمي معيقات اللهب من النضوح خارج البوليمر وتطايرها. تستخدم المواد المتفاعلة بشكل خاص مع المواد المتصلدة بالحرارة [68] (Thermosetting Materials).

### 3.6.3.3 أنواع المواد المعيقة للهب Types of flame Retardants

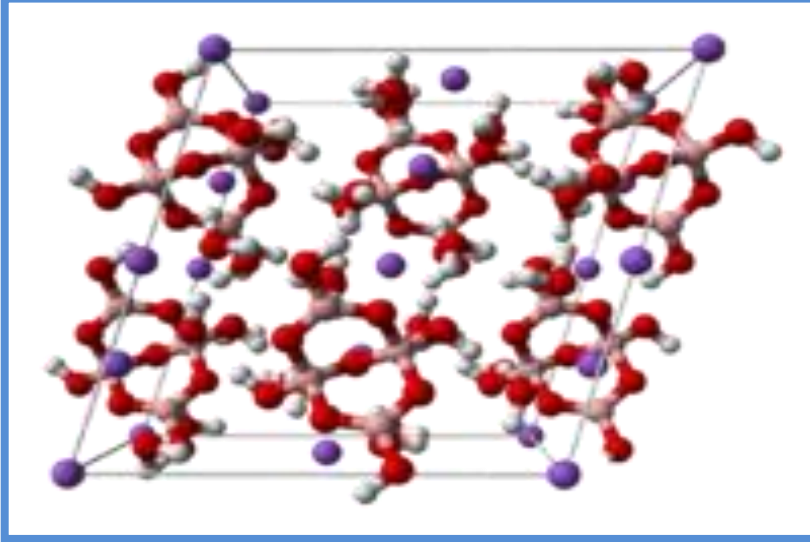
وتقسم المواد المعيقة للهب إلى أربعة أنواع :-

#### 1- معيقات اللهب غير العضوية Inorganic Flame Retardants

المركبات غير العضوية التي تستعمل كمعوقات لهب للمواد اللدائنية تكون قليلة ومنها ثالث أكسيد الأنتميون وهيدروكسيد الألمنيوم الذي يعمل ضمن مدى ( $180 - 200^{\circ}\text{C}$ ) ويتحول إلى أكسيد الألمنيوم بتفاعلات ماصة للحرارة (Endothermic Reactions) ويتميز بسهولة دمجه وكلفته الواطئة وكبريتيد الزنك وهيدروكسيد المغنسيوم والذي يعمل ضمن مدى

(300-330)

عمل المواد غير العضوية في الدرجات العالية مما تحرير غازات للاشتعال مثل وثنائي أكسيد وثنائي أكسيد وكلوريد



حراري  $^{\circ}\text{C}$  وتعتمد آلية المعيقة للهب على تفككها الحرارية يؤدي بها إلى غير قابلة بخار الماء الكربون الكبريت

الهيدروجين ضمن تفاعلات ماصة للحرارة (Endothermic Reactions) هذه الغازات تعمل على تخفيف مزيج الغازات القابلة للاشتعال ومن ثم عزل سطح المادة اللدائنية عن الإتصال بالأوكسجين وتكوين طبقة شبه زجاجية حامية للطبقة الأساس للمادة اللدائنية [68,69]. وأستعملت في البحث (Hydrate Sodium Borate) ذات الصيغة الكيميائية ( $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$ ) والمعروف تجاريا بالبوراكس والموضح تضامه التركيبي في الشكل رقم (2-10) حيث تتحول هذه المادة وبسهولة إلى حامض البوريك والبورات الأخرى وإذا تركت هذه المادة معرضة وبيطء إلى الهواء الجاف فإنها تفقد ماء (Water Hydrate) وتتحول إلى مسحوق طباشيري أبيض اللون ( $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ) [71] والجدول رقم (2-7) يوضح أهم مواصفات البوراكس.

الشكل (2-10) النظام التركيبي للبوراكس [73].

الجدول رقم (2-7) يوضح أهم مواصفات البوراكس [73]

| No | Properties    | Value                  |
|----|---------------|------------------------|
| 1- | Molar Mass    | 381.37                 |
| 2- | Density       | 1.73 g/cm <sup>3</sup> |
| 3- | Melting Point | 741°C                  |
| 4- | Boiling Point | 1575°C                 |
| 5- | Flash Point   | Non-Flammable          |

والذي يلعب دوراً مهماً في تحسين الخواص الحرارية للمطاط الى جانب معيقات اللهب الغير عضوية الأخرى مثل بورات الزنك ومن أهم الخواص الحرارية:

1- السعة الحرارية حيث تعد □ مقياساً لكمية الحرارة الممتصة من قبل المطاط وإن السعة الحرارية لأي جسم تعتمد على احتمالات الحركة الممكنة للجزيئات حيث تعتبر السعة الحرارية للسوائل دائماً أكبر من المواد الصلبة [12]

2- مقاومة اللهب حيث تؤمن المنتجات المطاطية من خطر إنتشار الحريق ووفق التأثير الفيزيائي (Physical Action) وكما يلي:

أ- ان معيقات اللهب غير العضوية ومنها مسحوق البوراكس تعمل على تخفيف (Dilution) غازات الإحتراق من خلال تفككها في الدرجات الحرارية العالية أثناء الفحص وتحرير بخار الماء غير القابل للإشتعال.

ب- تكوين طبقة حماية شبه زجاجية لسطح المطاط المفكك لمنع وصول الإوكسجين اللازم لإستمرار عملية الإحتراق وبذلك يؤدي الى إعاقه إنتشار اللهب [68].

ومن مميزات مسحوق البوراكس:

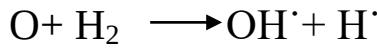
1- خفيفة الوزن حيث تمتلك وزن نوعي (1.7) مقارنة ببورات الزنك وان شفافيتها بين بلورات شفافة إلى نصف شفافة وذات بريق زجاجي [72,71]

2- أن مادة البوراكس غير سامة [73]

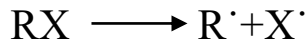
3- عند مزج محلول (بوراكس - ماء) مع غراء (PVA) (غراء الخشب) تتكون عجينة مرنة نتيجة للترابطات التشابكية في البوليمر. [74]

## 2- معوقات اللهب الهالوجينية Halogenated Flame Retardants

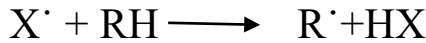
إن ميكانيكية السلسلة الجذرية (Radical Chain Mechanism) التي تحصل في طور الغازي خلال عملية الإحتراق والتي من خلالها يتم تحرير الجذور الحرة مثل الهيدروجين والهيدروكسيد عاليًا الطاقة سوف تعوق من قبل معوقات اللهب الهالوجينية وخاصة التي تحوي عنصري البروم والكلور ومن ثم إيقاف العمليات الباعثة للحرارة وتبريد النظام لأن هذه المعوقات تحرر غازات لها القدرة على تقليل الغازات الملتهبة وإكمال الإخماد النهائي وحسب المعدلات الآتية :



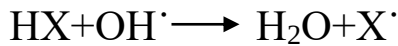
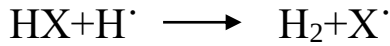
في بداية العملية يتفكك الهالوجين كما مبين في المعادلة



حيث [X] اما جزيئة كلور أو بروم ثم يتفاعل جذر الهيدروجين ليكون هاليد الهيدروجين :



هاليد الهيدروجين المتكون يتداخل مع ميكانيكية السلسلة الجذرية



[X<sup>•</sup>] : الجذور الحرة المتكونة بواسطة سلسلة من التفاعلات تكون واطئة الطاقة [69]

ولغرض الوصول إلى مقاومة اللهب المطلوبة من معوقات اللهب الهيدروجينية فيجب أن تكون نسبة البروم (4%) ونسبة الكلور (20% to 30%) [12].

وإستعمل في البحث مطاط الكلوروبرين نوع (WRT) الذي يعد من معوقات اللهب

الهالوجينية حيث يمتلك محتوى كلورين (35% to 40%) حسب المواصفة ASTM D161

3- معوقات اللهب الفسفورية (Phosphorus flame Retardants) تضم بشكل عام أسترات

الفسفور (Phosphate Esters) وأرثو فوسفات الأمونيوم (Ammonium

Orthophosphates) وبولي فوسفات الأمونيوم (Ammonium

polyphosphates) والفسفور الأحمر (Red phosphorous) [75].

4- معوقات اللهب النتروجينية (Nitrogen flame Retardants) وتعرف أيضا بمعوقات

اللهب العضوية (Organic flame Retardants) والغازات الخارجة من هذه المعوقات

تجعل المادة المراد حمايتها من اللهب تنتفخ (swell) مما يؤدي إلى تكوين طبقة سطحية

عازلة ومن أهم مركبات المجموعة الملامين ومشتقاته [18].

## 2.7 الموصفات الفيزيائية للمطاط المفلكن

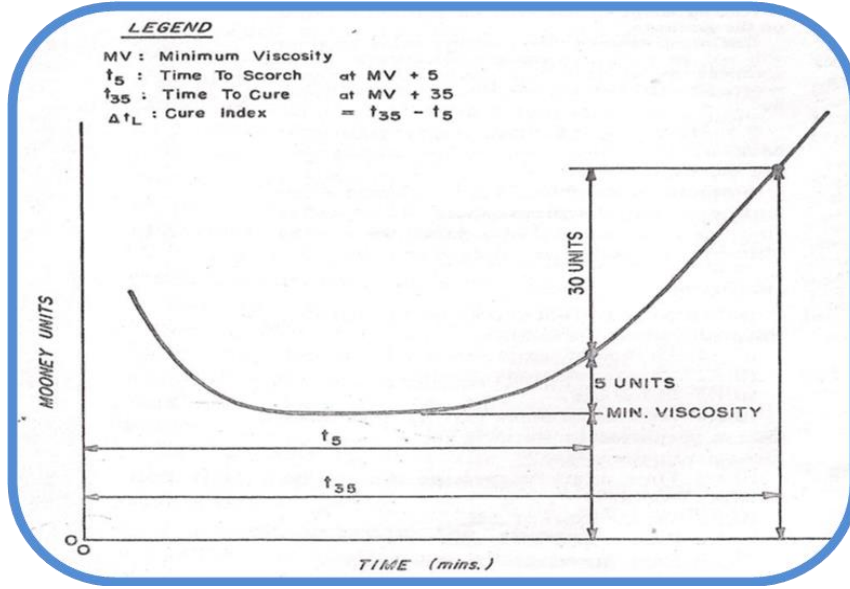
### Physical properties of Vulcanized Rubber

فيما يلي أهم الخصائص الفيزيائية للمواد المطاطية المركبة المقاومة للهب وحرارة المواد الساخنة وكذلك الخصائص الفيزيائية للمواد المطاطية الخاصة بإكساء الطبقات النسيجية وطبقة أسلاك التقوية المعدنية المستخدمة في الحزام الناقل للمواد الساخنة

#### 2.7.1 اللزوجة وخصائص الإنضاج

#### Viscosity and Curing Characteristics

تعتبر خاصية اللزوجة من الخصائص المهمة للمواد المطاطية المركبة وخصوصاً في مرحلة العجن والمزج حيث يتم تحديد لزوجة العجنة مطاطية بواسطة جهاز (Rheometer) من نوع (Monsanto) حسب المواصفة (ASTM D1646-68) [14]. والشكل رقم (2-11) يوضح العلاقة النموذجية بين تغير اللزوجة مع الزمن خلال درجة حرارة ثابتة وباستعمال جهاز اللزوجة (Large- Rotor)

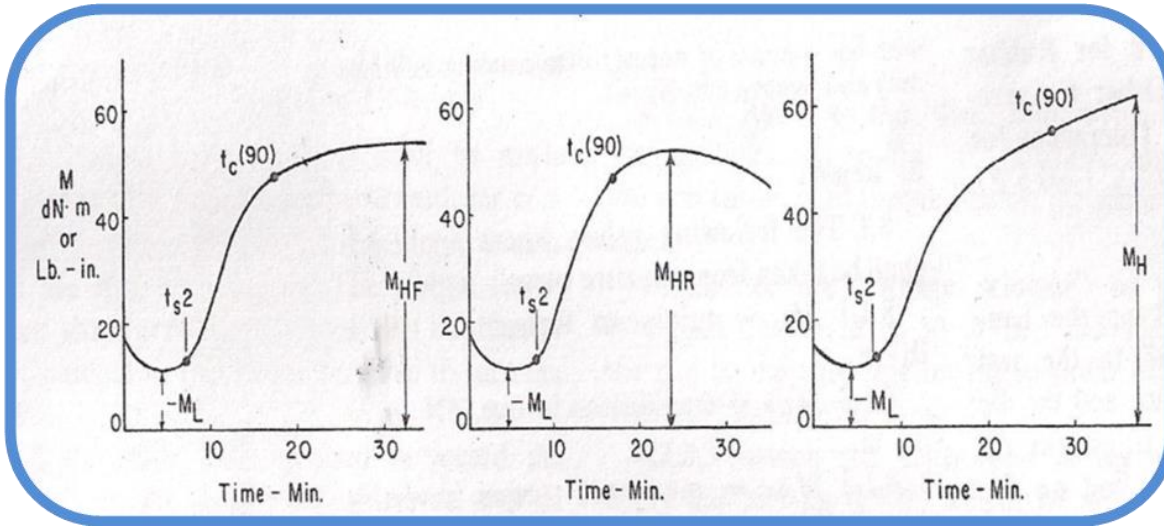


الشكل رقم (2-11) يوضح العلاقة النموذجية بين اللزوجة وزمن

Mv=أوطاً نقطة للزوجة (Min. Viscosity),  $t_5$  = وقت التثبيت (scorch time) عند (Mv+5)

$t_{35}$  = وقت الإنضاج (Cure time) عند (Mv+35),  $t_i$  = مؤشر إنضاج (Cure Index) عند  $\Delta t_i = t_{35} - t_5$

أما تحديد سلوك عجنه المواد المطاطية المركبة أثناء الإنضاج يتم من خلال تحديد نوع منحنى الإنضاج الذي تسلكه العجنه وحسب المواصفة ASTM D2705 وباستعمال قرص متذبذب ( Oscillating dick ) بداخل الجهاز (Rheometer) نوع (Mansanto). حيث توضع كمية صغيرة من العجنه المراد تحيد لزوجتها فوق القرص المتذبذب وعند غلق الجهاز يعمل الجزء المتحرك على تدوير القرص ومع تزايد الترابطات التشابكية (Cross links) تزداد قيم قوى العزم (Torque) وتتناسب طرديا مع صلابة (Shear Modulus) ويتم الإنضاج بدرجة حرارة  $185^{\circ}\text{C}$  ولفترة (6min) ويرتبط بجهاز الـ (Rheometer) كمبيوتر معلومات يقوم برسم العلاقة بين قوى العزم (Ibf-in) وزمن الانضاج (min) على شكل منحنى يسمى بمنحنى الانضاج (Cure Curve) والشكل رقم (2-12) يوضح أنواع منحنيات الإنضاج النموذجية وحسب نوع المطاط المستخدم



A B C  
والشكل رقم (2-12) يوضح أنواع منحنيات الإنضاج النموذجية [14]

A=

cure to equilibrium Torque

B= cure to max. Torque with Revision.

C= Cure to no equilibrium to max. Torque

ML=Minimum Torque(Ibf-in)

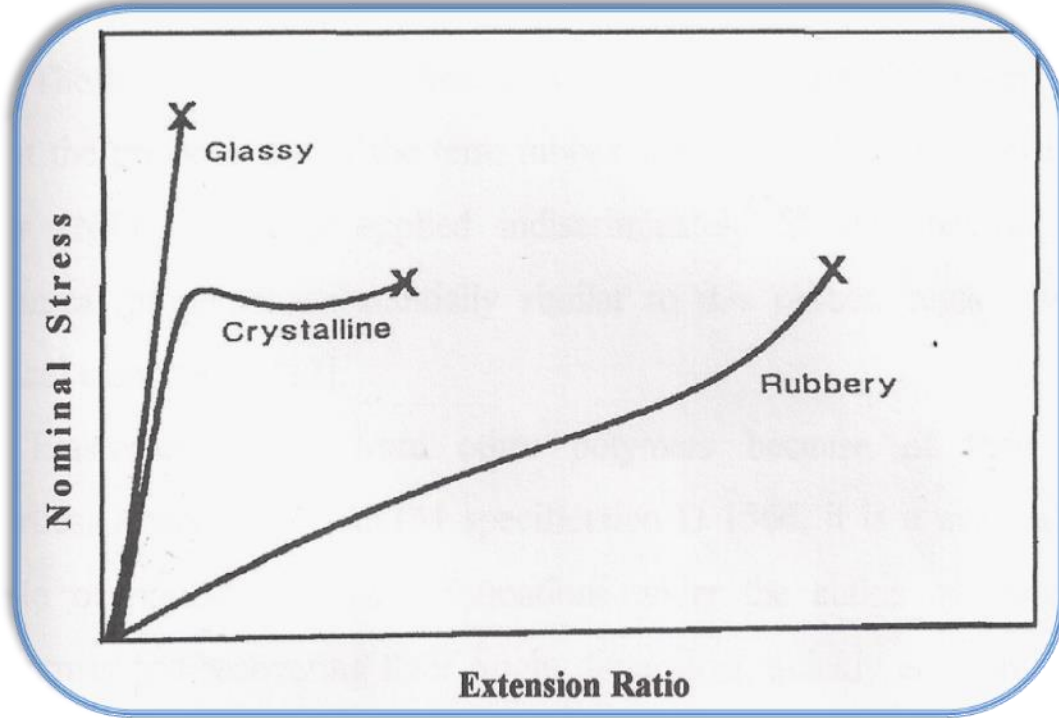
MHF=equilibrium Torque(Ibf-in)

MHR=Max. Torque (reversing curve)(Ibf-in)

MH=highest Torque(Ibf-in) ,  $ts_2$ =mints to 2(Ibf-in) rise above ML  
used with 3°arc , T90=cure time(90 percent)

## 2.7.2 خاصية شد (إجهاد – انفعال) *Tensile stress-strain*

تعد □ خاصية شد (إجهاد – انفعال) من الخواص الفيزيائية المهمة للمطاط المفكك وإن فحص هذه الخاصية يعطي المصمم معلومات واضحة حول مقاومة المادة وأقصى إستطالة ويمثل الشكل (2-13) العلاقة بين الإجهاد – الإنفعال للمواد البوليميرية



(2-13)

الشكل

### العلاقة بين الإجهاد – الإنفعال للمواد البوليميرية [1]

وحسب منحنى الإجهاد – الإنفعال فإن الإجهاد المستخدم لفحص العينة المطاطية هو الإجهاد الطولي (Longitudinal Stress) ويعبر عنه بالعلاقة الآتية:

$$\sigma = \frac{P}{A}$$

حيث P= القوة المسلطة (N)

A= مساحة المقطع لعينة الفحص ( $m^2$ )

ويعبر عن الإنفعال المستخدم في المنحنى أعلاه بالعلاقة التالية

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0}$$

حيث:  $\varepsilon$  = الانفعال،  $\Delta L = L - L_0$

L= الطول النهائي (m)

$L_0$  = الطول الأصلي (m)

ومن منحني الإجهاد – الإنفعال يمكن حساب الخواص التالية:

- 1- مقاومة التوتر عند القطع (Mpa)
- 2- معامل المرونة (Mpa) عند إستطالة 100%, 200%, 300% والمتمثل (Mod100, M od200, M od300) على التوالي .
- 3- النسبة المئوية للإستطالة عند القطع [76]

وعليه فان مصطلح معامل المرونة (Modulus Elasticity) والذي يعبر عنه بمقدار قوة السحب لكل متر مربع لعينة الفحص ليعطي الاستطالة أو بتعبير آخر مقاومة التمدد. أما مقاومة الشد (Tensile Strength) فإنها القوة لكل وحدة مساحة مقطع للعينة وخلال فترة تمزق العينة القياسية .

يوصف مصطلح الإستطالة (Elongation) بأنه إمكانية المطاط على السحب بدون تمزق (Breaking) إلى ان يصل إلى الإستطالة القصوى (Ultimate Elongation) . تقاس بالنسبة المئوية للطول الأصلي [4].

ويتم قياس الخواص أعلاه حسب المواصفة ASTM D412-68 وباستعمال جهاز الشد (Tensometer 10) من إنتاج شركة (Monsanto) الانكليزية [14]. أما خاصية قوة القطع (Breaking Strength) لنموذج الحزام نوع (Flat Conveyor Belt) بعد الإنتاج فيتم قياسها حسب المواصفة ASTM D387 وباستخدام جهاز الشد العمودي (Verticals Tensile Machine) ذو سعة 50KN كحد أدنى حيث يمكن حساب قوة القطع وبالاتجاهين لكل وحدة عرض ولكل طبقة نسيج وكما يلي:-

أ- قوة القطع باتجاه (Warp Direction)

$$T(\text{Warp Direction}) = LPC/7.5WZA$$

ب- قوة القطع باتجاه (Filling Direction)

$$T(\text{Filling Direction}) = LPD/7.5WZP$$

حيث أن:

$$L = \text{قوة القطع للعينة (KN)}$$

$$P = \text{عدد طبقات النسيج في الحزام}$$

$$C = \text{عدد (Warp Yarn) لكل طبقة نسيج تمثل 75mm من نموذج الحزام}$$

$$W = \text{عرض نموذج الحزام (m)}$$

$$Z = \text{عدد الطبقات النسيجية لنموذج الحزام}$$

$$A = \text{العدد الكامل (Warp Yarn) لكل طبقة من نموذج الفحص}$$

$$D = \text{عدد (Filling Yarn) لكل طبقة نسيج تمثل 75mm من عرض نموذج الحزام}$$

$$B = \text{العدد الكامل (Filling Yarn) لكل طبقة من نموذج الفحص}$$

### Tear resistance

### 2.7.3 مقاومة التمزق

مقاومة التمزق في المطاط يمكن أن توصف على إنها مقاومة نمو القطع (Growth Cut) أو نمو الحز (Growth Nick) عندما تسط قوة شد على العينة التي يجري لها قطع أولي بواسطة معدة قطع خاصة ويعبر عن مقاومة التمزق بـ (النيوتن/ ملم ) من سمك النموذج [4]

ويتم قطع العينة القياسية بمعدة نوع (Wallace) والتي تكون مطابقة للمواصفة القياسية الخاصة بفحص مقاومة التمزق BS 903&ASTM D 624&ISO 34

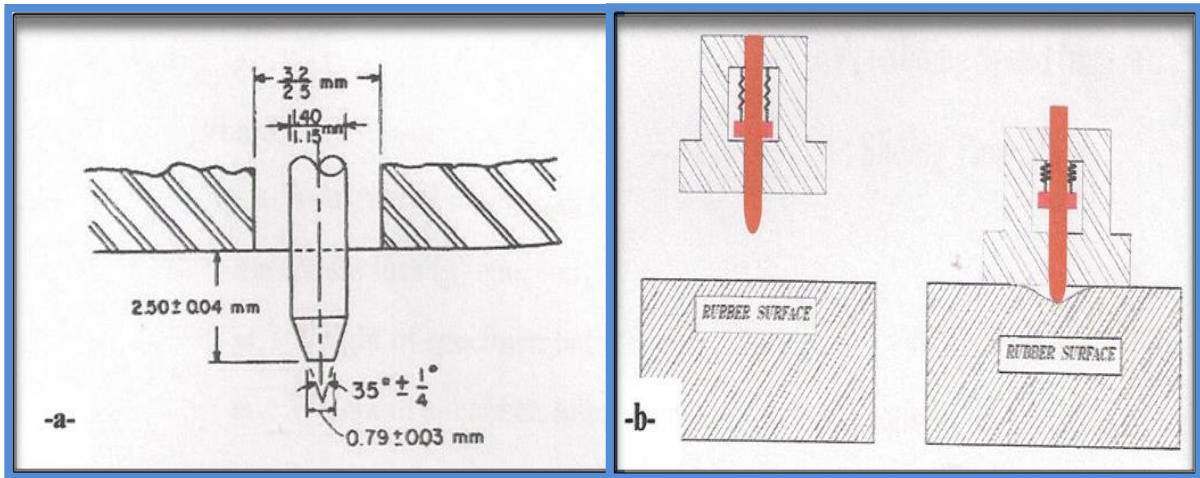
### Hardness

### 2.7.4 الصلادة

الصلادة هي مقاومة السطح للقطع، الثلم، الإختراق وان صلادة المواد عموماً تعتمد على نوع الترابطات الجزيئية أو الذرية (Intermolecular Bonds) أو (Interatomic Bonds) وكذلك شروط السطح ودرجة الحرارة [28].

وهناك نوعان من أنظمة قياس الصلادة وكما يلي:

- 1- نظام قياس صلادة نوع (Shore) ويقسم إلى نوعين:
    - أ- نظام قياس صلادة (Shore A) ويستعمل للمطاط المرن Soft Rubber ومداه (0-100) Shore A
    - ب- نظام قياس الصلادة (Shore D) ويستعمل للمواد البوليميرية التي مداه أعلى من 100 Shore A ومنها المطاط الصلب
  - 2- نظام قياس صلادة نوع (IRHD) ومداه من (0-100) IRHD والشكل رقم (2-14) يوضح رسم تخطيطي لمقدار الإختراق أو الثلم لسطح المطاط وباستخدام أجهزة الصلادة نوع (IRHD & Shore A) [77].
- وتجري فحوصات الصلادة ضمن المواصفة ASTM D2240 و ASTM D1415.



الشكل (2-14) يوضح رسم تخطيطي لمقدار الإختراق أو الثلم لسطح المطاط الذي تسببه أجهزة الصلادة المتمثلة بـ (Shore A&IRHD) [76]

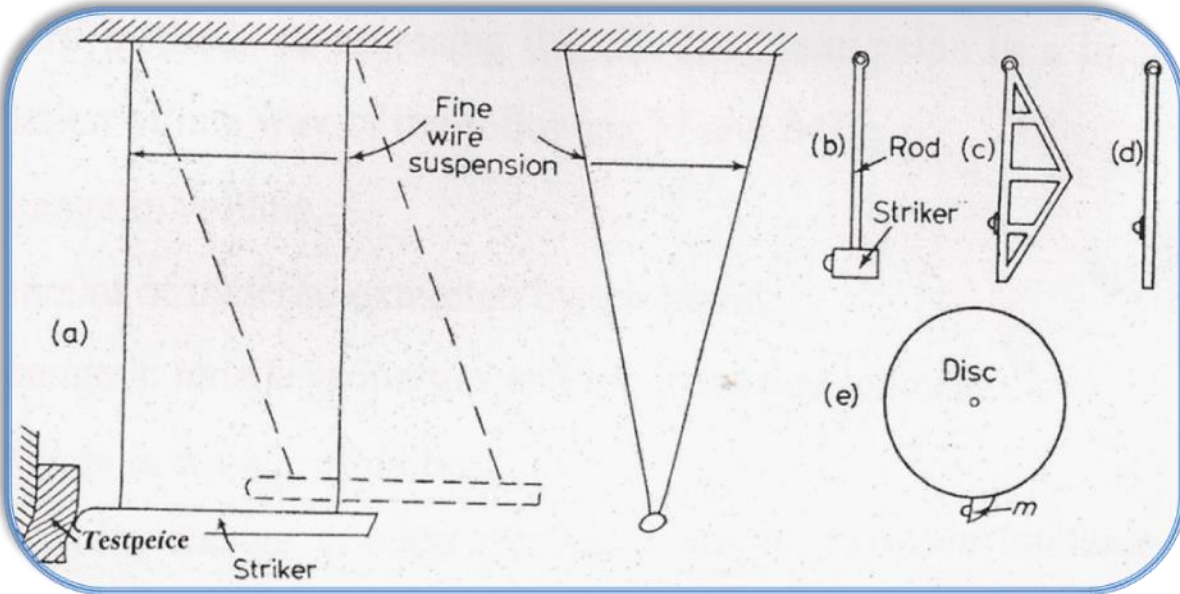
### Rebound Resilience

### 2.7.5 الإرتدادية

(Rebound Resilience) هي النسبة المئوية للطاقة المعادة خلال الصدم إلى الطاقة الداخلة (طاقة الصدم) اللازمة لحصول تشوه في المركب المطاطي. وفي المواد الغير مطاطية فإن مقاومة الصدمة تعني الطاقة اللازمة لحصول تشقق (Cracking) لكل وحدة مساحة مقطع أما في المطاط فان الأمر مختلف حيث إن طاقة الصدم لا تسبب تشقق المطاط وان معظم هذه الطاقة المعادة تكون على شكل طاقة ميكانيكية والمتبقي يتبدد كحرارة في المطاط [8,78].

وان الإرتدادية هي أحد أشكال المقاومة للمطاط وتبين قابلية المطاط المفلكن على إمتصاص وإعادة طاقة الصدم والتي تعتمد على نوعية المطاط وشروط الفلكنة وعوامل الإنضاج ودرجة حرارة الفلكنة وكمية المالنات المستخدمة. وتعد الإرتدادية خاصية مهمة جداً في التنبؤ بتخميد الإهتزاز في التطبيقات النوعية [38,79].

وان فحوصات الإرتدادية تعد من الفحوصات الديناميكية بتعرض العينة لصدمة واحدة فقط ومعظم الفحوصات القياسية لتحديد الإرتدادية تتم عن طريق تأرجح البندول من النموذج والشكل رقم (2-15) يوضح تصاميم متنوعة من البندول [8]



والشكل رقم (2-15) يوضح تصاميم متنوعة من البندول [8]

وان فحص إرتدادية البندول يعتمد على قياس زاوية الإرتداد (Angle of Rebound) للكتلة الساقطة والتي تصدم عينة المطاط ويمكن حساب الارتدادية حسب المعادلة الآتية :

$$R = \frac{1 - \cos (\text{Angle of Rebound})}{1 - \cos (\text{Angle of Fall})} \times 100$$

وبصورة عامة يمكن فحص الإرتدادية وفق المواصفة ASTM D1054 [76] وقد

تم إستعمال المواصفة BS903 وبإستعمال جهاز الإرتدادية نوع (Wallace Dunlope Transometer) [14].

### 2.7.6 الكثافة والوزن النوعي Density and specific gravity

الكثافة هي الكتلة لكل وحدة حجم من المادة. بينما الوزن النوعي يعبر عن قياس نسبة كتلة معلومة الحجم من المادة إلى نفس الحجم من الماء بدرجة حرارة 23°C ولتحديد الوزن النوعي فإنه يخضع لقاعدة أرخميدس والتي تنص على أن الفقدان الظاهري في وزن المادة المغمورة في سائل تساوي إلى وزن السائل المزاح عندما يكون وزن المادة ووزن معلوم مساو □ لحجم الماء لذلك يمكن تحديد الوزن النوعي عن طريق تعريف نسبة وزن مادة معلومة الحجم لكل وزن مساو □ لحجم الماء والذي يتمثل بالعلاقة الآتية

$$\text{الوزن النوعي للمادة} = \frac{\text{وزن المادة في الهواء} - \text{وزن الجسم الطافي في الماء}}{\text{الوزن النوعي للماء}}$$

ويمكن إجراء فحص الوزن النوعي ضمن المواصفة D792 ASTM أو ASTM D1817-66 [14,80].

### 2.7.7 مقاومة البلى الاحتكاكي wear Abrasion Resistance

يمكن تعريف مقاومة البلى الاحتكاكي (Wear Abrasion Resistance) بأنها قابلية المطاط على مقاومة إزالة الجزيئات الصغيرة من سطحه نتيجة الاحتكاك بـ سطح مادة أخرى ويمكن أن يكون الاحتكاك بين سطح المطاط الثابت و سطح قرص مادة الإحتكاك والذي يكون مناسباً وطبيعية الإستخدام ويتحرك بسرعة معينة. وهناك عدة طرق لفحص مقاومة البلى الإحتكاكي ومنها (Pico Lambourn, Goodyear, Williams) وتعتمد قابلية البلى الإحتكاكي على نوع البوليمر (Elastomer) ونوع أسود الكربون ويمكن تحديد معدل البلى للنماذج المطاطية بإستخدام فحص (Pin-on-disk) وحسب المعادلة الآتية [76,81,82].

$$K_c = \frac{\Delta M}{\rho c \cdot v \cdot s \cdot t} = \frac{M_1 - M_2}{\rho c \cdot v \cdot s \cdot t}$$

حيث ان

$K_c$  = معدل البلى للمادة ( $\text{mm}^3/\text{mm}$ )

$\Delta M$  = الفقدان في الوزن ( $M_1 - M_2$ )

$M_1$  = وزن العينة قبل الفحص (g)

$M_2$  = وزن العينة بعد الفحص (g)

$\rho$  = كثافة عينة الفحص ( $\text{g}/\text{mm}^3$ )

$V_s$  = سرعة الانزلاق ( $\text{mm}/\text{sec}$ )

t= زمن الانزلاق (sec)

أما بالنسبة إلى الأحزمة الناقلة فيتم تحديد مؤشر البلى الاحتكاكي ومعدل الحجم المفقود باستخدام المواصفة ASTM D2228 وبإستعمال طريقة (Pico Abrasion) وحسب المعادلة الآتية:

$$\text{Standard Volume Loss (mm}^3\text{)} = \frac{L_1 * 81 + L_2 * 90 + L_3 * 99 + L_4 * 112 + L_5 * 135}{500}$$

حيث ان  $L_1, L_2, L_3, L_4, L_5$  تمثل الحجم المفقود للعينات (1,2,3,4,5) وان الثوابت

(81,90,99,112,135) تمثل مؤشر بيكو المسموح به (Permissible Pico Index)

[14] ويمكن حسابه من العلاقة الآتية :

$$\text{Pico Abrasion Index} = \frac{\text{standard volume loss}}{\text{volume loss}} * 100$$

## 2.7.8 الموصلية الحرارية Thermal Conductivity

تعرف الموصلية الحرارية بأنها معدل إنسياب الحرارة عبر وحدة مساحة خلال وحدة الزمن عند وجود إنحدار حراري بين سطحين مقدارة درجة مئوية واحدة وتختلف آلية التوصيل الحراري باختلاف حالات المادة (صلبة, سائلة , غازية) والذي من خلاله تصنف المادة على أنها عازلة أم موصلة للحرارة حيث تعتمد الموصلية الحرارية للمعادن على إنتقال الإلكترونات الحرة . أما المواد البوليميرية فتعتمد الموصلية الحرارية على توجيه الجزيئات (Molecular Orientation) , الحجم البلوري (Crystalline Size) , ودرجة النقاوة (Purity Degree) ويمكن إستخدام قانون (Fourier) لحساب معامل الموصلية الحرارية (K) وكما يلي :

$$Q = -K * A * \frac{\Delta T}{\Delta X}$$

حيث أن :

Q = كمية الحرارة المنسابة خلال وحدة الزمن (W)

K = معامل الموصلية الحرارية (W/m.°C)

A = المساحة المقطعية لإنسياب الحرارة (m<sup>2</sup>)

$$\frac{\Delta T}{\Delta X} = \text{التدرج الحراري بالنسبة للمسافة (} ^\circ\text{C/m)} \text{}$$

ويتم قياس التدرج الحراري خلال العينة بواسطة محارير إلكترونية مثبتة على جهاز قياس الموصلية الحرارية والمصنع من قبل شركة (P.A.Hilton Ltd England) حيث يعتمد مبدأ عمل الجهاز على تسليط قدرة كهربائية لتسخين عينة إسطوانية الشكل والموجودة داخل الجهاز ومن ثم حساب معامل الموصلية الحرارية ومن العوامل المهمة التي تؤثر على الموصلية هي (النفاذية , الكثافة , درجة الحرارة , الضغط) حيث تنخفض الموصلية الحرارية مع زيادة درجة الحرارة المحيط ونفاذية المادة ويفضل قياس التعرية الحرارية للمواد المطاطية التي تتعرض لحرارة اللهب المباشر [10,21] .

## 2.7.9 قابلية الإلتهاب Flammability

تعد □ قابلية الإلتهاب (flammability) من الخواص الحرارية المهمة للعوازل المطاطية حيث يفضل استعمال المطاط الذي يمتلك أقل قابلية للاشتعال أو الإلتهاب لتقليل خطر الحرائق وكذلك خاصية الموصلية الحرارية (Thermal Conductivity) والتي يجب أن تكون قيمتها واطئة والسعة الحرارية (Heat capacity) والتي تعد مقياساً كمياً للحرارة الممتصة أثناء ارتفاع درجات الحرارة ويفضل العازل المطاطي ذي السعة الحرارية العالية [10,83].

إن تحسين خاصية قابلية الإلتهاب للمطاط تتم عن طريق إضافة معوقات اللهب (flame Retardants) مثل إضافة ثالث أكسيد الانتيمون إلى مطاط البولي كلوروبرين حيث يستخدم كمالي حتمي لتقليل خطر الحرائق أو البوريت حيث يعمل مع العوامل المدنة على لتكوين كاربون متفحم كثيف على سطح الخارجي المطاط يمنع من وصول الأوكسجين [8].

ويتم تحديد قابلية المطاط للإلتهاب عن طريق □ جراء فحص التعرية الحرارية وبموجب المواصفة ASTM No.E285-80 حيث يتم حساب معدل التعرية الحرارية (Thermal Erosion Rate) من خلال تسليط شعلة من الغازات الملتهبة على سطح النموذج المطاطي وحسب المعادلة الآتية:

$$\text{Erosion rate} = \frac{d}{b}$$

حيث ان:- (Er) معدل التعرية (mm/Sce)

d :- سمك النموذج (mm)

b :- الزمن اللازم لاختراق غازات الشعلة للنموذج المطاطي أو اشتعال النموذج بالكامل (sec)

[93].

### 2.7.10 مقاومة الإنثناء (مقاومة نمو التشقق) *Flexible Resistance*

تعرف مقاومة الإنثناء بأنها قابلية المنتجات المطاطية على المحافظة على المرونة دون أن تتطور إلى تشققات حادة أو حدوث فصل في الطبقات وان هذه الخاصية هي الخاصة الوحيدة المميزة لدى المنتجات المطاطية سواء كانت هذه المنتجات مقواة بالتراكيب (Structures) مثل الأحزمة الناقلة أو الإطارات أو التقوية بدون تراكيب فان عملية تكرار الإنثناء يؤدي إلى الفشل التدريجي ففي المنتجات المقواة بالتراكيب و يحدث فصل بالطبقات (ply Separation) والمنتجات غير المقواة بالتراكيب فيكون الفشل هو نمو التشقق (Crack Growth) . [4]

ولغرض المحافظة على المرونة دون نمو التشقق فهذا يرتبط بإختيار معجلات للإنضاج مثل إختيار نظام الترابط بالكبريتات الأحادية مثل (TMTD) يعطي مقاومة جيدة للتشقق وإختيار معجلات مثل MBS,CBS,MBT ذات نظام ترابط بالكبريتات المتعددة يعطي مقاومة جيدة جداً للتشقق [8]

ويمكن تحديد مقاومة التشقق من خلال تحديد نمو التشقق المسموح به ضمن دورات ثني معينة حسب المواصفة ASTM D813-59 وبإستعمال جهاز الإنثناء نوع (Wallace-Dematta flexing Machine) ومقاومة فصل الطبقات للأحزمة الناقلة حسب المواصفة ASTM D430 بإستعمال جهاز الإنثناء (Scott flexing Machine) . [14]

### 2.7.11 تلاحق المطاط *Adhesion of Rubber*

من الخواص المهمة للمطاط هو تثبيت (Tack) ويشير إلى إمكانية لصق (Adhere) قطعتين مماثلتين من المطاط لبعضهما البعض. أما الدبق (Stickiness) فتشير إلى لصق مطاط إلى مادة أخرى غير متشابهة مثل الأجزاء المعدنية ويمكن قياس كل من (Tack) و (Stickiness) مباشرة .

إن العجنة المطاطية يمكن أن تملك الإمكانية الكافية للتثبيت (Tack) لأغراض عمليات البناء وان لا تتجاوز حدود الدبق حتى لا تؤثر على مراحل العمليات الأخرى . [84] يستعمل كلا النوعين من المطاط (الصناعي والطبيعي) في تحضير اللواصق لمختلف التطبيقات . حيث تستخدم هذه اللواصق لربط الأنسجة ،الورق، الجلود. أما مع نفسها أو مع مواد أخرى. وان اللواصق المطاطية تكون على نوعين:

- 1- لواصل ذات الربط الجاف (Dry combining Adhesives) .
- 2- لواصل ذات الربط الرطب (Wet combining Adhesives)

ففي الربط الجاف كلا المادتين تربطان ويكون إكساء كل مادة على إنفراد بينما المثبت ساكن .ويضغطان سوياً بتمريرهما بين رولات ويكون المطاط الطبيعي أكثر إستعمالاً لهذا النوع بسبب إمتلاكه تثبيت (Tack) أكثر من الصناعي .

أما اللواصق ذات الربط الرطب فيتضمن تطبيقات تلاحق لمادة واحدة تبدأ بالربط (محلول مطاطي) أما المادة الثانية فتكون مادة تقوية بالطبقات (Laminated) ويمرر كلاهما على رولات جافة ويستعمل لهذا النوع مطاط (SBR) . ويستعمل في اللواصق ذات الربط الجاف أنسجة معاملة بطريقة التشبع المسبق (prepreg) مثل

(RFL) (Resorcinol-Formaldehyde Latex) ليساعد في التصاق المطاط بالنسيج ويتم فحص قوة التلاصق (S.A) (Strength of Adhesion) بين طبقات النسيج والمطاط حسب المواصفة ASTM D413-39 ويعبر عن قوة التلاصق بوحدات (N/25mm width of strip) وباستخدام جهاز الشد (Tansometer 10) [14].

### 2.7.12 التعجيل بالتعتيق Accelerated Aging

يعرف (Aging) بأنه التغير في الخواص الفيزيائية مع الزمن . أما Accelerated Aging فانه التغير في الخواص الفيزيائية عند تعرض المطاط إلى درجات حرارية عالية ولأوقات معينة.

وعليه فيجب إختيار نظام الفلكنة ووقت الفلكنة لإنتاج ترابط مستقر. ومثال على ذلك نظام الترابط بالكبريتات المتعددة مثل MBT, CBS حيث يظهر خواص مقاومة التشقق جيدة فضلاً على خواص عمر جيدة [8]

وان الفحوصات المختبرية لخاصية التعجيل بالتعتيق تقوم على أساس التنبؤ بالعمر الكامن للمنتجات المطاطية وتعقب خطوات الفلكنة العامة تحت الشروط الثابتة Static Conditions) وفي بعض الحالات الشروط الفعالة (Dynamic Conditions) لمعرفة قوى التحلل لدرجة أعلى من الحالة الحقيقية في الخدمة وملاحظة النتيجة بواسطة الفحوصات الفيزيائية وبعد إنتهاء الفترات الزمنية

وان العلاقة بين نتائج التعجيل بالتعتيق والتعتيق الطبيعي هي صعبة في معظم الحالات ومع ذلك فان فحوصات التعجيل بالتعتيق هي واسعة الإنتشار وتعطي مؤشراً حول تقادم المنتج ووفق الظروف التطبيقية والتعجيل بالتعتيق يتم بعدة طرق:

1- طريقة التعتيق بالحرارة

2- طريقة التعتيق بضغط الأوكسجين [4]

وفي مجال البحث تم إستخدام طريقة التعتيق بالحرارة وبواسطة فرن تجفيف حيث يقوم بتدوير هواء ساخن داخل الفرن وحسب المواصفة ASTM D573 وباستعمال فترات زمنية محدودة لمدة يومين وأربعة أيام وسبعة أيام وبدرجة حرارة 121 °C ثم يعاد قياس الخواص الفيزيائية ثانية مثل (الاستطالة عند القطع ، مقاومة الشد) وطبقاً للمواصفة ASTM D412 وإعادة فحص الصلادة حسب المواصفة ASTM D1415 وكذلك إعادة فحص مقاومة البلى الاحتكاكي (Wear

Abrasion Resistance) حسب المواصفة ASTM D2228 [14] وعموماً فان التعتيق ولاسيما التعتيق بالأفران يؤدي إلى فقدان الخواص الميكانيكية للمطاط تدريجياً والعديد من هذه التغيرات تحدث على المستوى الجزيئي وتكون غير عكسية تتضمن السلاسل وتكوين ترابطات تشابكية ونقل لمواقع الترابطات التشابكية أخرى وعليه يتم حساب التغير في المواصفات حسب المعادلة الآتية:

$$\text{Percentage Change (PC)} = - \left( \frac{O-A}{O} * 100 \right)$$

Where:

O = Original value , A = Value after Aging . [48]

### 3.1 تصميم المواد المطاطية المركبة للحزام الناقل للمنتجات الساخنة

#### Design of Rubber composite Materials for Hot Products Conveyor Belt

- 1- تصميم مواد مطاطية مركبة للطبقات الغطائية (السفلى والعليا) والموضحة تفاصيلها في الجدول رقم (3-2). حيث تم استخدام المواد الأساس لغرض تحقيق شروط مقاومة اللهب وحرارة المواد الساخنة التي يقوم بنقلها الحزام والموضحة مواصفاتها في الجدول رقم (3-1) بموجب المواصفة ASTM D1418 Designation .
- جدول رقم (3-1) يوضح المواصفات التي تتمتع بها أنواع المواد الأساس المستخدمة [66]

| No | Property             | Chloroprine Rubber (WRT) | Acrelonitrile Rubber (NBR) | Styrene-Butadiene Rubbr (SBR <sub>1502</sub> ) | Natural Rubber (SMR <sub>20</sub> ) |
|----|----------------------|--------------------------|----------------------------|------------------------------------------------|-------------------------------------|
| 1  | Flame Resistance     | Good                     | Poor                       | Poor                                           | Poor                                |
| 2  | Heat Resistance      | Good                     | V. Good                    | Good                                           | Good                                |
| 3  | Oxidation Resistance | Good                     | Excellent                  | Good                                           | Good                                |
| 4  | Ozone Resist         | V. Good                  | Poor                       | Poor                                           | Fair                                |
| 5  | Abrasion Resist      | Good                     | Good                       | Good                                           | Excellent                           |
| 6  | Resist . at Hot Temp | V. Good                  | Good                       | Good                                           | Excellent                           |

- 2- تصميم مواد مطاطية لغرض إكساء الأسلاك المعدنية والموضحة تفاصيلها في الجدول رقم (3-3).
- 3- تصميم مواد مطاطية مركبة لغرض إكساء الأنسجة والموضحة تفاصيلها في الجدول رقم (3-4). علماً بأنه تم إضافة المادة المعيقة للهب (البوراكس) الى جميع العجنات المطاطية التي تؤدي الى إنتاج مواد مطاطية مركبة وبنسب معينة حسب تصميم كل عجنة وبحجم

حبيبي يتراوح (150µm-180µm). وان المواد التي تم إختيارها على ضوء ما ذكر أعلاه تعطي عجنت مطاطية تتميز بالخصائص الآتية:

- أ. خالية من الإنكماش المفرط (Excessive Shrinkage)
- ب. لا تخضع إلى حالة الدبق (Sticky) عند درجات حرارة الدرفلة
- ج. تمتلك تثبيت كافي (Sufficient Tack) عند عمليات البناء المتعاقبة (تلاصق الطبقات) وأستعملت أنواع العجنت (WRT, NBR, SBR<sub>1502</sub>) في الطبقات الغطائية لأنواع الأحزمة (WRT, NBR, SBR) أما في طبقات إكساء الأسلاك المعدنية والأنسجة تم إستعمال أنواع العجنت , (WRT, SMR<sub>20</sub>/SBR<sub>1502</sub>, SMR<sub>20</sub>) وكما يلي:

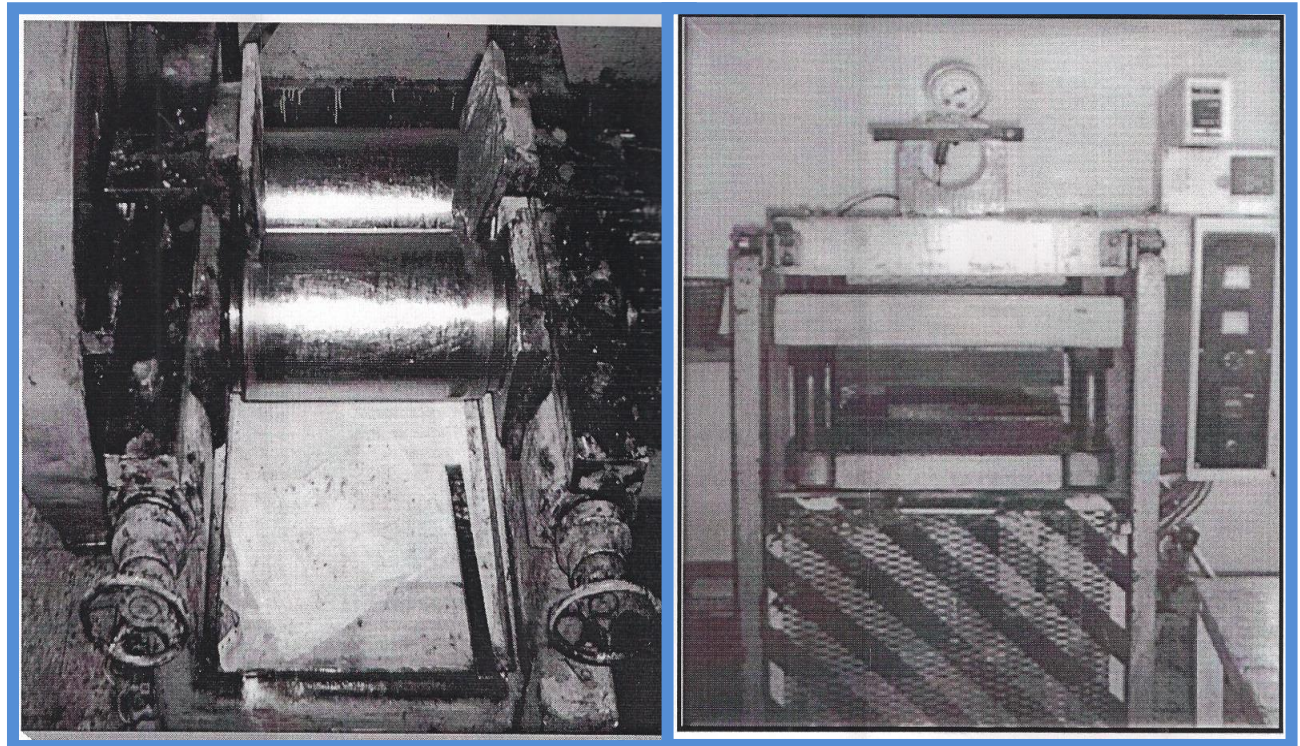
1- تم إستعمال العجنة التلاصق (WRT) لغرض إكساء الأسلاك المعدنية والأنسجة في تركيب الحزام نوع (WRT).

2- تم إستعمال العجنة (SMR<sub>20</sub>/ SBR<sub>1502</sub>) لغرض أكساء الأسلاك المعدنية والأنسجة في تركيب الحزام نوع (SBR).

3- تم إستعمال العجنة (SMR<sub>20</sub>) لغرض أكساء الأسلاك المعدنية والأنسجة في تركيب الحزام نوع (NBR) وكذلك تم إختيار المعجلات لكل نوع من أنواع المطاط بمواصفات جيدة في مقاومة الحرارة بتكوين ترابطات تشابكية مستقرة [60].

وتم فحص جميع المواد المستخدمة في الشركة العامة لصناعة الإطارات - بابل وفق

المواصفات المعتمدة من شركة دنلوب العالمية لتحديد صلاحيتها للعمل والملحق رقم (1) [86] يوضح مواصفات أهم المواد المستعملة في البحث. وجرى العمل على عصارة مختبرية (Two roll Mill) سعة (1kg) لتحضير عجنت مختبرية بوزن (500gm) وجرت عمليات العجن والمزج على هذه المعدة وحسب المواصفة ASTM D15 والتي تتضمن درجة حرارة العمل



A. Two roll Mill Laboratory

B. Press Laboratory

الشكل رقم (1-3) يوضح العصارة المختبرية والمكبس المختبري

$50 \pm 5$  °c وتسلسل إضافة المواد إلى العصاراة والفترة الزمنية اللازمة للتجانس وبشكل جيد لكل مادة ولجميع أنواع العجنات وبعد الحصول على طبقات متجانسة السمك تم قولبة وإنضاج النماذج المختبرية اللازمة للفحوصات المطلوبة بواسطة مكبس مختبري. والشكل رقم (3-1) يوضح العصاراة المختبرية والمكبس المختبري.

جدول (3-2) يوضح العجنات المطاطية المستخدمة للطبقات الغطائية وظروف الإنضاج المختبرية لعينات الفحص

| Item | Materials                | Loading level (pphr) | Loading level (pphr) | Loading level (pphr) |
|------|--------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| 1    | SBR <sub>1502</sub>      | 100                  | -                    | -                    |
| 2    | NBR                      | -                    | 100                  | -                    |
| 3    | WRT                      | -                    | -                    | 100                  |
| 4    | Carbon Black(N330)       | 50.0                 | 50.0                 | 50.0                 |
| 5    | Borax(flame Retardant)   | (0,5,10,15,20)       | (0,5,10,15,20)       | (0,5,10,15,20)       |
| 6    | Stearic acid (Activator) | 1.5                  | 1.0                  | 1.0                  |
| 7    | Zinc oxide (Activator)   | 5.0                  | 3.0                  | 5.0                  |
| 8    | Magnesium oxide          | -                    | -                    | 4.0                  |
| 9    | MBTS (Accelerator)       | 1.5                  | 1.5                  | -                    |
| 10   | ETU (Accelerator)        | -                    | -                    | 0.5                  |
| 11   | Process oil              | 7.0                  | 8.0                  | 12.0                 |
| 12   | TMQ (Antioxidant)        | 0.4                  | 0.4                  | 0.3                  |
| 13   | 6PPD (Antiozonant)       | 0.8                  | 0.8                  | 0.7                  |
| 14   | Sulphur                  | 1.5                  | 1.5                  | -                    |

| Curing condition | Time =15,30,60<br>min<br>temp = 150c° | Time = 20,40,80<br>min<br>temp = 150c° | Time = 15,30,60<br>min<br>temp = 150c° |
|------------------|---------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------|
|------------------|---------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------|

جدول (3-3) يوضح العجنت المطاطية لأكساء الأسلاك المعدنية وظروف الإنضاج لنماذج الفحص

| Item                 | Materials                              | Leading level<br>(pphr)  | Leading level<br>(pphr)  | Leading level<br>(pphr)  |
|----------------------|----------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1                    | SMR <sub>20</sub>                      | -                        | 100                      | -                        |
| 2                    | SMR <sub>20</sub> /SBR <sub>1502</sub> | 70/30                    | -                        | -                        |
| 3                    | WRT                                    | -                        | -                        | 100                      |
| 4                    | Znic Oxide                             | 8                        | 8                        | 5.0                      |
| 5                    | Magnesium Oxide                        | -                        | -                        | 4.0                      |
| 6                    | PCTP-50                                | 0.1                      | 0.1                      | -                        |
| 7                    | Stearic acid                           | 1.45                     | 1.45                     | 1.20                     |
| 8                    | 6PPD                                   | 2.0                      | 2.0                      | 2.0                      |
| 9                    | Carbon black<br>( N326)                | 72.0                     | 72.0                     | 72.0                     |
| 10                   | Coabalt Stearate                       | 1.0                      | 1.0                      | 1.0                      |
| 11                   | DCBS                                   | 0.8                      | 0.8                      | -                        |
| 12                   | CTP-100                                | 0.4                      | 0.4                      | -                        |
| 13                   | Phenolic Tack<br>Resin                 | 0.8                      | 0.8                      | 1.2                      |
| 14                   | Sulphure                               | 4.50                     | 4.50                     | -                        |
| 15                   | Process oil                            | 4.126                    | 4.126                    | 7.0                      |
| 16                   | Borax                                  | 5.0                      | 5.0                      | 5.0                      |
| 17                   | ETU                                    | -                        | -                        | 0.8                      |
| Conditions of Curing |                                        | T = 20min<br>temp= 145c° | T = 25min<br>temp= 145c° | T = 45min<br>temp= 145c° |

الجدول رقم (3-4) يوضح العجانات المطاطية الخاصة باكساء الأنسجة لأنواع المطاط المستخدم. وظروف الإنضاج المختبرية لعينات الفحص

| Item              | Materials                                 | Loading level (pphr)         | Loading level (pphr)          | Loading level (pphr)          |
|-------------------|-------------------------------------------|------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| 1                 | SMR <sub>20</sub> /SBR <sub>1502</sub>    | 70/30                        | -                             | -                             |
| 2                 | SMR <sub>20</sub>                         | -                            | 100                           | -                             |
| 3                 | WRT                                       | -                            | -                             | 100                           |
| 4                 | Carbon Black (N660)                       | 45                           | 45                            | 40                            |
| 5                 | Borax                                     | 5.0                          | 5.0                           | 5.0                           |
| 6                 | Stearic acid                              | 1.0                          | 1.0                           | 2.0                           |
| 7                 | Zinc Oxide                                | 4.0                          | 4.0                           | 5.0                           |
| 8                 | Magnesium Oxide                           | -                            | -                             | 4.0                           |
| 9                 | Process oil                               | 6.0                          | 6.0                           | 7.0                           |
| 10                | Phenolic tack Resin                       | 2.5                          | -                             | 4.0                           |
| 11                | Sulphur                                   | 2.6                          | 2.5                           | -                             |
| 12                | CBS                                       | 0.9                          | 0.9                           | 0.9                           |
| 13                | Reclaim                                   | 30.0                         | -                             | -                             |
| 14                | TMQ                                       | -                            | -                             | 0.4                           |
| 15                | 6PPD                                      | -                            | 1.0                           | 0.8                           |
| 16                | HMT                                       | -                            | 1.2                           | -                             |
| 17                | Resorcinol $\times$ (3/2)<br>Stearic Acid | -                            | 3.3                           | -                             |
| Curing conditions |                                           | Time = 25min<br>Temp = 145°C | Time = 25 min<br>Temp = 145°C | Time = 45 min<br>Temp = 145°C |

### 3.2 الفحوصات المختبرية Laboratory Tastes

هذه الفقرة تغطي جميع الفحوصات المختبرية للمواد المطاطية المركبة المقاومة للهب وحرارة المواد الساخنة الخاصة بالطبقات الغطائية وكذلك المواد المطاطية المركبة لإكساء الطبقات النسيجية وطبقة أسلاك التقوية المعدنية لغرض تصنيع أحزمة ناقلية للمنتجات الساخنة نوع (Flat Conveyor) وحسب المواصفة ASTM D378 وكما يلي:

#### 3.2.1 فحص اللزوجة وخصائص الإنضاج

##### Viscosity and Curing Characteristics Test

بعد تحويل العجنات المطاطية من مرحلة (Master Batch) إلى مرحلة (Batch) يتم فحص نموذج من كل عجنة مطاطية بواسطة جهاز فحص خصائص الإنضاج ذات القرص المتذبذب (Oscillating dick Rheometer) من نوع (Monsanto) لتحديد سلوك العجنة المطاطية خلال مدة الإنضاج ويتم فحص لزوجة العجنة حسب المواصفة (ASTM D1646-68) [14].

أما تحديد سلوك العجنة المطاطية أثناء الإنضاج يتم من خلال تحديد نوع منحنى الإنضاج الذي تسلكه العجنة وحسب المواصفة ASTM D2705 وباستعمال قرص متذبذب (Oscillating dick) بداخل الجهاز (Rheometer) نوع (Mansanto) وكما في الشكل (2-3). ويرتبط بجهاز الـ (Rheometer) كمبيوتر يقوم برسم العلاقة بين قوى العزم (Ibf-in) وزمن الانضاج (min) على شكل منحنى يسمى بمنحنى الانضاج (Cure Curve).



الشكل رقم (3-2) يوضح جهاز (Rheometer)

### 3.2.2 فحص الشد Tensile Test

بعد تحديد لزوجة وسلوك إنضاج العجينة المطاطية تترك النماذج لمدة 24 ساعة ثم تجرى عليها جميع الفحوصات الفيزيائية ومنها فحص الشد والذي يتضمن

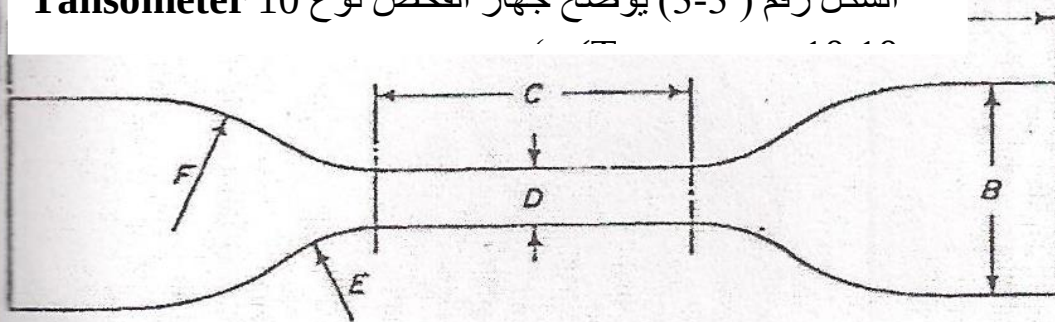
- 1- فحص قوة الشد عند القطع Tensile Strength at Break (Mpa)
- 2- الإستطالة عند القطع (Elongation at Break%)
- 3- معامل المرونة عندما تكون الاستطالة (%100, %200, %300)
- 4- مقاومة التمزق Tear-Resistance(N/mm)

بالنسبة إلى الفقرات (1، 2، 3) يتم فيها الفحص وفق المواصفة (ASTM D413) [14] وبدرجة حرارة الغرفة وعلى جهاز الشد (Tensometer 10) والموضح بالشكل (3-3) والذي ترتبط به الملحقات الآتية:-

- 1- جهاز قياس السمك نوع (Wallace) ذو دقة في السمك (0.01mm)
- 2- طابعة معلومات نوع (Epson.fx-850) راسمة بيانية (Tk161/E) نوع (mansanto) . حيث يتم تقطيع شيت بسمك  $(19 \pm 0.1 \text{ mm})$  بواسطة آلة قطع النماذج (Specimen Cutting Press) نوع (Wallace) إلى نموذج (dumbell) والموضحة أبعادها في الشكل (3-4) .



الشكل رقم ( 3-3 ) يوضح جهاز الفحص نوع 10 Tansometer



A 115 mm

B  $25 \pm 1 \text{ mm}$

C  $33 \pm 2 \text{ mm}$

D  $6 \pm 0.4 \text{ mm}$

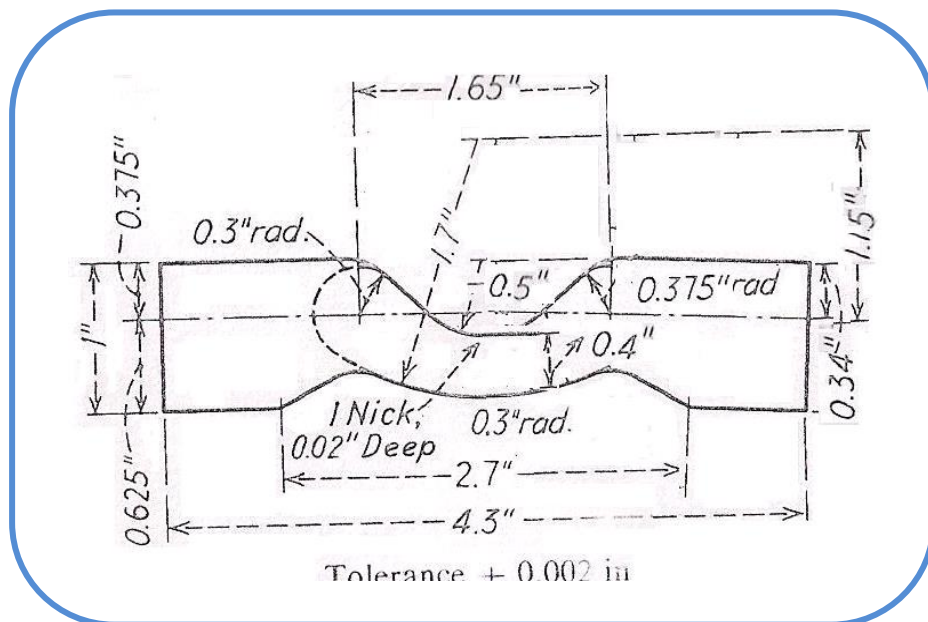
E  $14 \pm 2 \text{ mm}$

F  $25 \pm 1 \text{ mm}$

م

الشكل رقم ( 3-4 ) يوضح الأبعاد القياسية لنموذج الفحص [14]

يجرى فحص السمك بواسطة جهاز فحص السمك المذكور ويتم الفحص على جهاز الشد (Tansometer10) بسرعة (500mm/min) يعطي نتائج ( قوة الشد، الاستطالة عند القطع، معامل المرونة ) أما الفقرة رقم ( 4 ) فيتم فحصها وفق المواصفة ASTM D624-54 وعلى جهاز الشد (Tansometer10) وبسرعة (500mm/min) بعد تهيئة نموذج الفحص (dumbell) بواسطة آلة قطع النماذج وعمل حز في منطقة التخصر للنموذج بواسطة آلة قطع (Nicking cutter) نوع (Wallace) والشكل رقم (3-5) يوضح أبعاد النموذج (dumbell). ثم يتم الفحص بواسطة جهاز الشد (Tansometer10) ليعطي نتائج الفحص (N/mm)

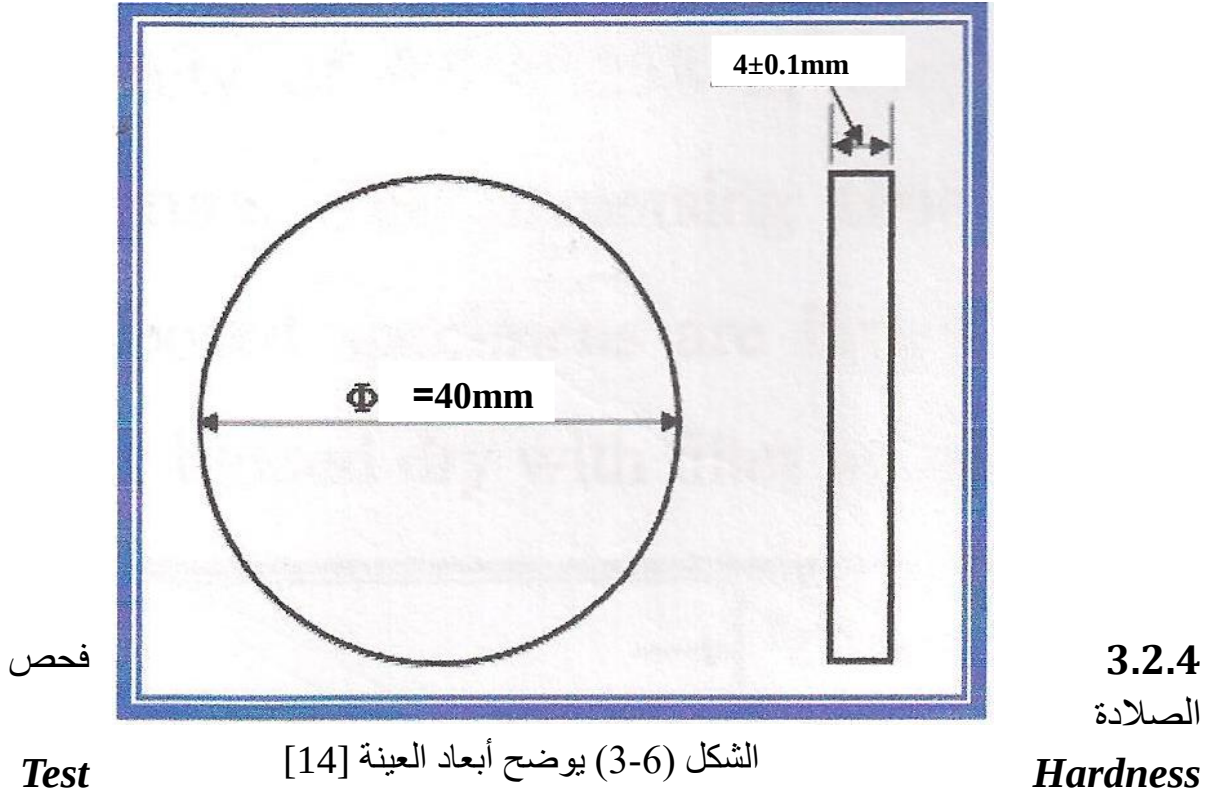


الشكل رقم (5-3) يوضح الأبعاد القياسية لنموذج فحص مقاومة التمزق [14]

### 3.2.3 فحص الوزن النوعي *Specific Gravity Test*

يجري فحص الوزن النوعي على جهاز (Densitron) نوع (Mansanto) وفق المواصفة ASTM D1817 وهو جهاز فحص أوتوماتيكي للوزن النوعي ويعمل على مبدأ وزن العينة في الهواء والماء ويتم حساب الوزن النوعي للعينة المطاطية من هذه الأوزان حيث يرتبط بالجهاز طابعة لتسجيل النتائج ويتسع الجهاز إلى (30) عينة يمكن فحصها بفترة (20) دقيقة وبشكل متعاقب ويتم الفحص ضمن الشروط الآتية:

- 1-مدى قياس الجهاز للوزن النوعي (1.01 to 1.999)
- 2-يجب أن يكون شكل العينة بشكل القرص (disc shape) ويكون وزنها gm (4 to 8) وحجمها  $\text{cm}^3$  (5 to 9) وكذلك يكون السمك mm (4 to 6.5) وذات قطر mm (35 to 45)
- 3-السائل المستخدم هو الماء ذو كثافة  $(1.0 \text{ gm/cm}^3)$
- 4- ضغط الهواء المجهز  $(4 \text{ kg/cm}^2)$  والشكل رقم (3-6) يوضح أبعاد العينة المستخدمة في الفحص.



يتم فحص الصلادة بموجب المواصفة ASTM D1415 وباستعمال جهاز الفحص (Wallace Bead Load Hardness) والموضح بالشكل رقم (3-7) حيث يعمل هذا الجهاز وفق ثلاث مديات للصلادة وحسب سمك النموذج المطلوب

- 1-الصلادة الواطئة (Low Hardness) ولمدى صلادة (10 to 30 IRHD)
- 2-الصلادة الطبيعية (Normal Hardness) ولمدى صلادة (30 to 85 IRHD)
- 3-الصلادة العالية (High Hardness) ولمدى صلادة (85 to 100 IRHD)



على  
الطبيعي

وتم العمل  
المدى  
للصلادة  
وباستعمال

الشكل (7-3) يوضح جهاز الصلادة (IRHD)

نموذج

- 1- وضع العينة في المكان المخصص في الجهاز وتنزيل العتلة الحاملة لمؤشر تدريجات الصلادة (Gage) حتى يلامس قرص العتلة سطح النموذج المطاطي
- 2- تدوير مؤشر تدريجات الصلادة (Gage) لغاية التدريجة (100 IRHD) مع تشغيل الهزاز (Vibrator) حيث يبدأ مؤشر التدريجات بالهبوط تدريجياً من (100 IRHD) إلى أن يستقر ويتوقف الهزاز. تسجل القراءة ويعاد الفحص 4 مرات ويؤخذ المعدل.

### 3.2.5 فحص الرجوعية Resilience Test

يتم فحص الرجوعية وفق المواصفة (BS903) بإستعمال جهاز (Wallace Dunlop Tripsometer) والمرتبط بجهاز كومبيوتر معلومات رقمي "Wrpra -wallace Rebound Resilience Data Computer" يقوم بتسجيل النسبة المئوية للإرتدادية والشكل رقم (8-3) يوضح أجهزة الفحص .

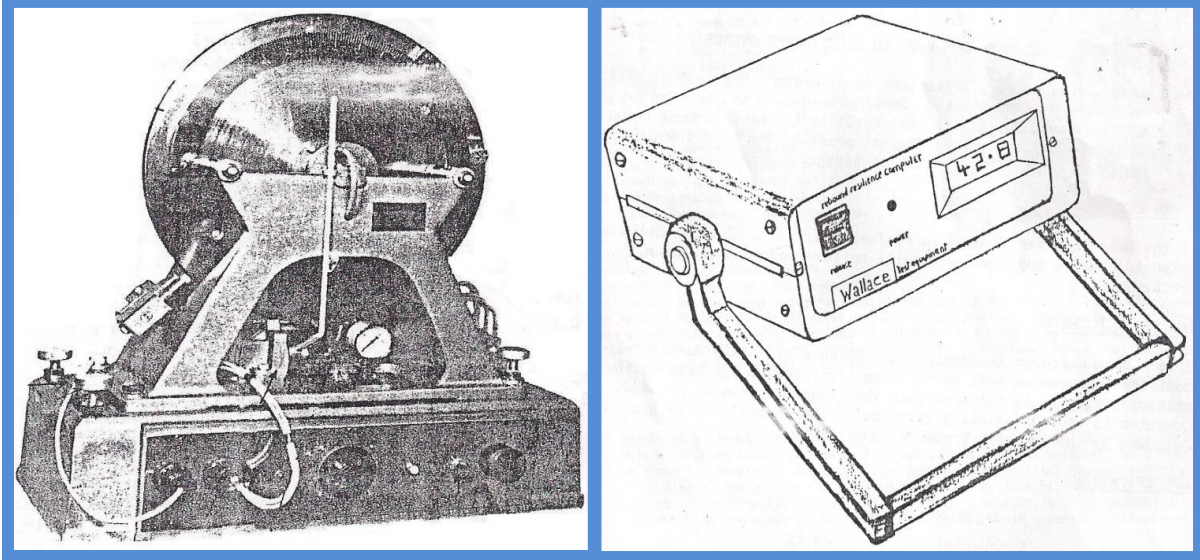
ويتم الفحص ضمن الخطوات الآتية:

- 1- تسخين النماذج بداخل فرن تجفيف صغير لغاية  $50^{\circ}\text{C}$  والموضحة أبعادها في الشكل (3-6)

- 2- وضع النموذج داخل المكان المخصص له في جهاز الفحص
- 3- تسديد قرص البندول المصنوع من الصلب الفولاذي (Solid Steel Disc) بقطر (419mm) نحو النموذج المطاطي ليرتطم به
- 4- يقوم كومبيوتر المعلومات بتحويل إشارة الارتطام إلى معلومات عن قيمة الإرتدادية بالنسبة المئوية (Rebound%)

### Crack Growth Test

### 3.2.6 فحص نمو التشقق



A- Trinsometer

B- Data computer

الشكل (3-8) يوضح الجهازين [14]

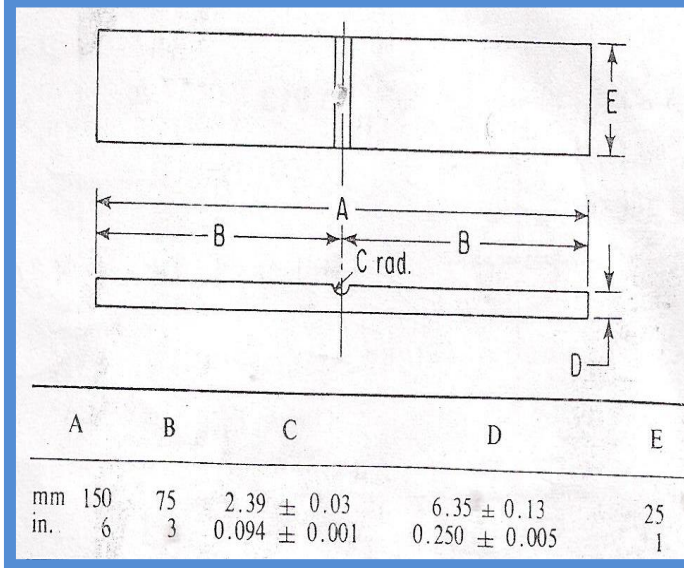
يتم في هذا الفحص تحديد مقدار النمو في تشقق المطاط الناضج وفق المواصفة ASTM D813 [14] وباستعمال (wallace-Dematta Flexing Machine) وحسب خطوات العمل الآتية:

- 1- عمل شق أولي في أخدود النموذج وبالاتجاه العرضي للنموذج لمسافة  $(2+0.1)\text{mm}$  بواسطة معدة تنقيب تحتوي على شفرة مسطحة
- 2- وضع النموذج داخل الجهاز وربطه بواسطة كلاليب.
- 3- تشغيل الجهاز وبسرعة ثابتة (300 c.p.m) ولعدد من الدورات (5000,3000,1000) دورة مع تسجيل الفترة الزمنية عند نهاية كل (5000,3000,1000) دورة.
- 4- ملاحظة مقدار الزيادة في نمو التشقق الطولي مع ملاحظة تطور التشقق بالاتجاه العرضي . ويجب أن لا يزيد النمو في التشقق عن (10.5mm) بالاتجاه الطولي ولا يزيد عن 2mm بالاتجاه العرضي عند الدورة رقم 5000 .

5- يحسب معدل التشقق للنموذج (mm/ Kcycle). والشكل (3-9) يوضح أبعاد النموذج والجهاز المستخدم في الفحص.

### Wear Abrasion Test

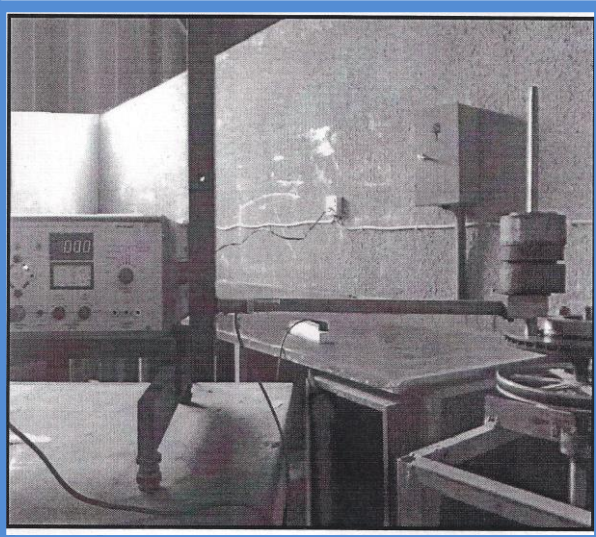
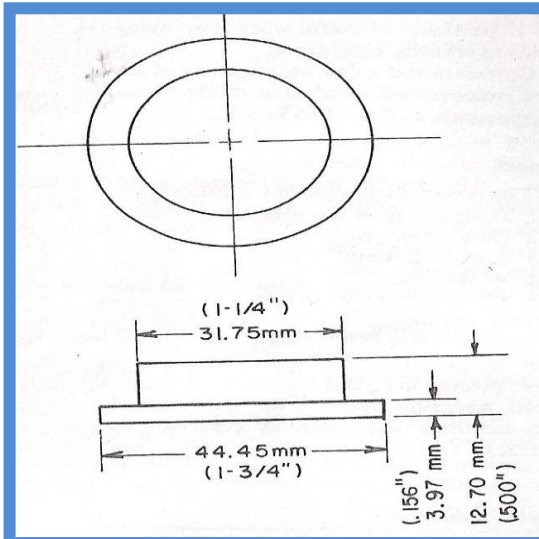
### 3.2.7 فحص البلى الإحتكاكي



الشكل (3-9) يوضح أبعاد النموذج والجهاز المستخدم في الفحص

[14].

- يتم هذا الفحص بموجب المواصفة (ASTM D2228) [14] وباستخدام طريقة بيكو (Pico Method) لتحديد حجم الكمية المفقودة من سطح النموذج المطاطي نتيجة الإحتكاك بين سطح النموذج وسطح قرص التجليل (Grinder) وحسب الخطوات الآتية:-
- 1- بعد تنظيف النموذج يوزن بميزان حساس ذي دقة في الوزن (0.0001g)
  - 2- سرعة الإحتكاك بين قرص التجليل وسطح النموذج (112rpm)
  - 3- الوزن اللازم لتثبيت النموذج على ضوء سرعة الإحتكاك (9kg)
  - 4- يشغل السطح الدوار (Turn table) وبالإتجاهين لغاية 80 دورة (40 لكل إتجاه)
  - 5- تعاد العملية لخمس مرات ويؤخذ معدل الفقدان في الوزن
  - 6- يحسب معدل الحجم المفقود من خلال كثافة النموذج (gm/cm<sup>3</sup>) وبعد ذلك يحسب



الشكل (3-10) يوضح أبعاد النموذج والجهاز المستخدم في الفحص [14].

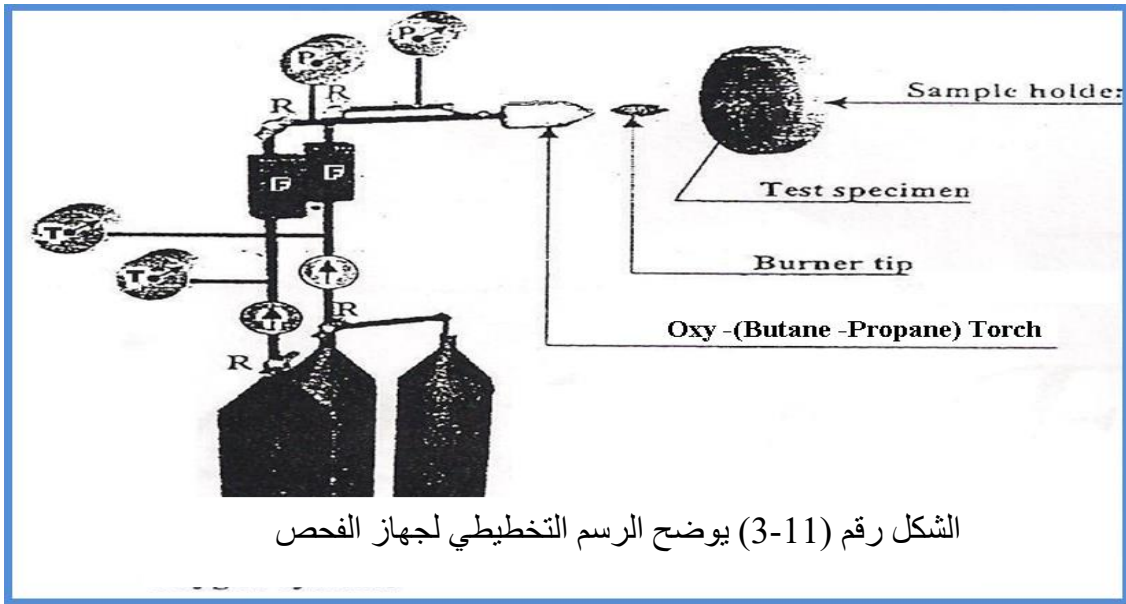
مؤشر البلى الإحتكاكي وبطريقة بيكو (PicoWear Abrasion Index) والشكل رقم (3-10) يوضح أبعاد النموذج والجهاز المستخدم للفحص.

### 3.2.8 فحص التعرية الحرارية Thermal Erosion Test

يتم فحص التعرية الحرارية وفق المواصفة (ASTM E285-80) وبإستعمال الشعلة الحرارية (الشعلة الغازية) والتي تبلغ درجة حرارتها (2000°C) والملحق رقم (2) [91] يوضح درجات حرارة الشعلة المتولدة لعدد من الغازات.

❖ خطوات العمل:-

- 1- تنظيف النموذج المطاطي من الأوساخ وتجفيفه.
- 2- تثبيت النموذج والموضحة أبعاده في الشكل رقم (3-6) على مسافة (1.87cm) من (Burner tip).
- 3- وضع الشعلة الحرارية بصورة عمودية وبزاوية (90°) نحو مركز النموذج بعد إستقرار غازات الشعلة وبشكل مخروطي أزرق (Blue Conical Shape).
- 4- يسجل الزمن اللازم لاختراق غازات الشعلة النموذج أو إشتعال النموذج بالكامل.
- 5- يحسب معدل التعرية (Erosion rate) mm/sce والشكل رقم (3-11) يوضح الرسم التخطيطي لجهاز الفحص.



2.9

3

فحص

التعج

يل

(R) regulator pressure, (F) flow meter, (P) pressure gauge, (T) thermometer

الشكل رقم (3-15) يوضح الرسم التخطيطي لجهاز الفحص

### Accelerating Aging Test

بالتعتيق

يتم فحص التعتيق وفق المواصفة (ASTM D573-67) وباستخدام طريقة الفرن (Oven Method) لغرض تحديد مقاومة المطاط المفلكن وبشكل نسبي للتحلل الناتج من جراء التعرض للدرجات الحرارية العالية.

❖ خطوات العمل:

- 1- وضع نماذج الفحص الخاصة بالصلادة وقوة الشد والإستطالة ونماذج مقاومة البلى الإحتكاكي في فرن تجفيف مزود بمروحة لغرض توزيع الهواء داخل الفرن بشكل متجانس وإن أقل أبعاد مسموح بها لأفران التجفيف (300\*300\*300)mm.
- 2- درجة حرارة الفحص (121°C) .
- 3- فترات التعتيق (2,4,7) يوم.
- 4- بعد إنتهاء كل فترة يتم إخراج النماذج من الفرن وتترك عند درجة حرارة الغرفة لمدة لا تقل عن (16h) ولا تزيد عن (96h) ثم يعاد الفحص.
- 5- تحديد نسبة التغير في الخواص أعلاه.

**Adhesion Strength Test**

**3.2.10 فحص قوة التلاصق**

يتم فحص قوة التلاصق للطبقات النسيجية المكسية بالمطاط وفق المواصفة (ASTM

D413-39 [14].

والجدول رقم (3-4) يوضح النسب التحميلية لكل نوع من العينات المستخدمة والملحق رقم (4) [86] والملحق رقم (5) [92] يوضحان مواصفات النسيج المستخدم والمواصفات الميكانيكية لألياف النايلون 66 المصنعة منها الأنسجة المستخدمة.

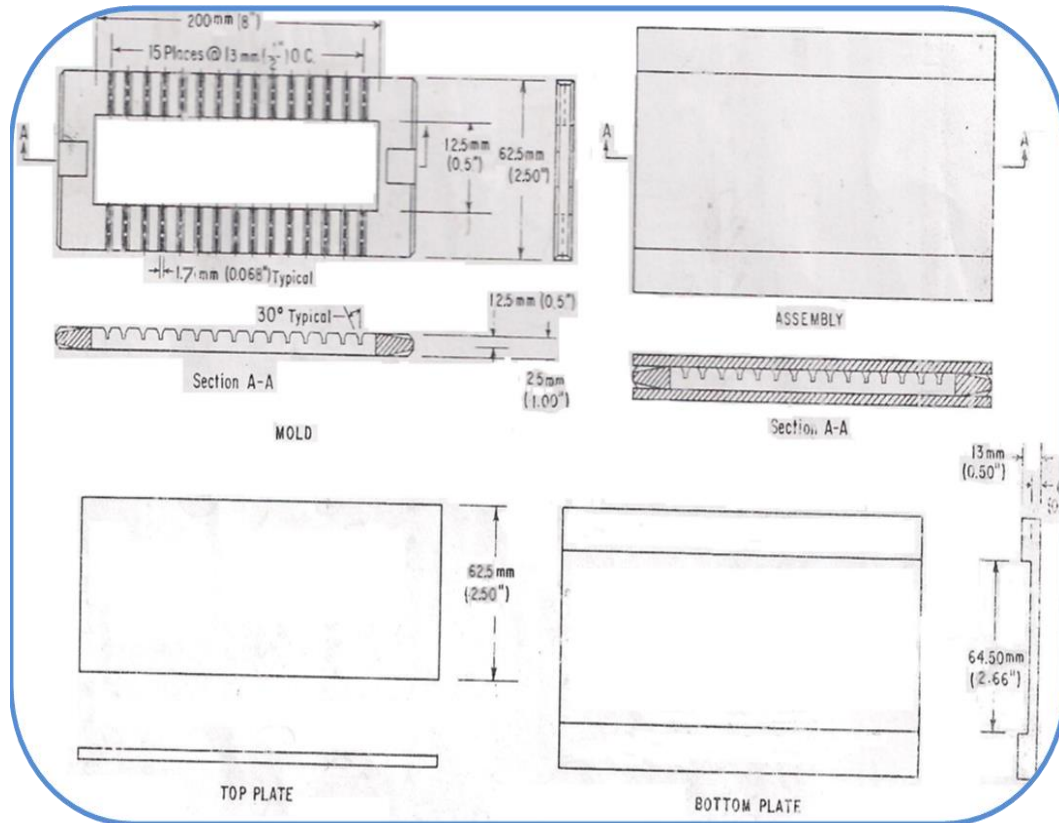
❖ خطوات العمل:

- 1- تهيئة قالب الخاص بالإنضاج بأبعاد داخلية (230\*200\*6)mm ووضع طبقة مطاطية بسمك (3mm) في القالب
- 2- وضع طبقة من النسيج المستخدم ثم وضع طبقة مطاطية أخرى بسمك (3mm) فوق الطبقة النسيجية
- 3- ينضج النموذج وفق الظروف المبينة في الجدول (3-4) ويترك لمدة (24hr) بعد الإنضاج في درجة حرارة الغرفة
- 4- يقطع النموذج إلى أشرطة (straps) بعرض (25.4+0.1)mm وطول 100mm
- 5- يتم فحص قوة التلاصق بإستخدام جهاز الشد (Tansometer 10) وبسرعة سحب 50mm/min وتكون الزاوية اللازمة لفصل النسيج عن المطاط تقريباً (180°) ويؤخذ معدل القراءة خلال مسافة الفحص وتقاس قوة التلاصق (S.A) (N/25mm).  
أما فحص قوة التلاصق للأسلاك المعدنية المكسية بالمطاط فتتم وفقاً للمواصفة المعتمدة من قبل شركة دنلوب العالمية والمرقمة (IN/S2/TMI /V2) والجدول رقم (3-3) يوضح النسب التحميلية لكل عينة مطاطية والملحق رقم (3) [86] يوضح مواصفات الأسلاك المطاطية بسبيكة النحاس والقصدير والتي إستخدمت في البحث.

❖ خطوات العمل:-

- 1- بعد تهيئة قالب الخاص باكساء أسلاك التقوية المعدنية (Metal Breaker) بالمطاط بالأبعاد (200\*12.5\*25)mm
- 2- وضع طبقة مطاطية في القالب بسمك (12.5mm) وحسب أبعاد القالب ثم وضع أسلاك التقوية المعدنية في الحروز أو الأخاديد المحفورة في القالب والتي يتراوح قطرها (1.7 - 1.8)mm وبعدد 15 حز (أخدود)

- 3- وضع طبقة ثانية من المطاط وبالسلك السابق نفسه
- 4- ينضج النموذج وفق ظروف الإنضاج المبينة في الجدول رقم (3-3) ثم يترك النموذج بعد إنضاج لمدة (24hr)
- 5- يتم فحص قوة التلاصق لكل سلك وبعدد 15 سلكاً حيث يؤخذ المعدل وعلى جهاز الشد (Tansometer 10) وبسرعة سحب مقدارها 100mm/min وتكون وحدات قوة التلاصق (N/12.5mm) حيث تمثل (12.5mm) مسافة غمر السلك بالمطاط والشكل رقم (3-12) يوضح أبعاد القالب المستخدم.



الشكل (3-12) يوضح أبعاد القالب المستخدم [14].

## Introduction

### 4.1 المقدمة

سيتم في هذا الفصل مناقشة النتائج التالية:

- 1- الفحوصات المختبرية نتيجة تأثير إضافة مادة بورات الصوديوم (البوراكس) وبنسب تحميله (0,5,10,15,20) pphr إلى عجنت المواد المطاطية الخاصة بالطبقات الغطائية والممثلة بـ (WRT, NBR, SBR<sub>1502</sub>) والموضحة في الجدول رقم (2-3). لكي يتم اختيار العجنة الأفضل بعد الإضافة لتكون العجنة الخاصة بالمواد المطاطية المركبة للطبقات الغطائية (العليا والسفلى) للحزام الناقل وحسب نوع المطاط المستخدم .
  - 2- فحص التلاصق لإعتماد قوة التلاصق المناسبة بالنسبة لطبقات النسيج المكسية بالمطاط . ولكل نوع من أنواع المطاط. والجدول رقم (4-3) يوضح العجنت المطاطيه الخاصة بإكساء الأنسجة بالمطاط. وكذلك نتائج الفحص الخاصة بقوة التلاصق للأسلاك المعدنية المكسية بالمطاط والموضحة عجنتها في الجدول رقم (3-3).
  - 3- في ضوء النتائج أعلاه سوف يتم اختيار المواد المطاطية المركبة المقاومة للهب وحرارة المواد الساخنة والمواد المطاطية المركبة الأخرى الخاصة بإكساء طبقات التلاصق النسيجية وطبقة إكساء الاسلاك المعدنية.
- 4.2 نتائج إضافة البوراكس على خواص المطاط

## Results Addition of Borax on Properties of Rubber

- بعد إضافة البوراكس إلى العجنت المطاطية الداخلة في تركيب الحزام الناقل وفق مديات الإضافة الموضحة في الملحق رقم (6) [15] والتي تشمل: -
- 1- العجنت الخاصة بالمواد المطاطية المركبة للطبقات الغطائية
  - 2- العجنت الخاصة بالمواد المطاطية المركبة لإكساء الطبقات النسيجية
  - 3- العجنت الخاصة بالمواد المطاطية المركبة لإكساء طبقة الأسلاك المعدنية
- فيما يلي عرض لنتائج إضافة البوراكس لأنواع المطاط المستخدمة في إنتاج الطبقات الغطائية للحزام.

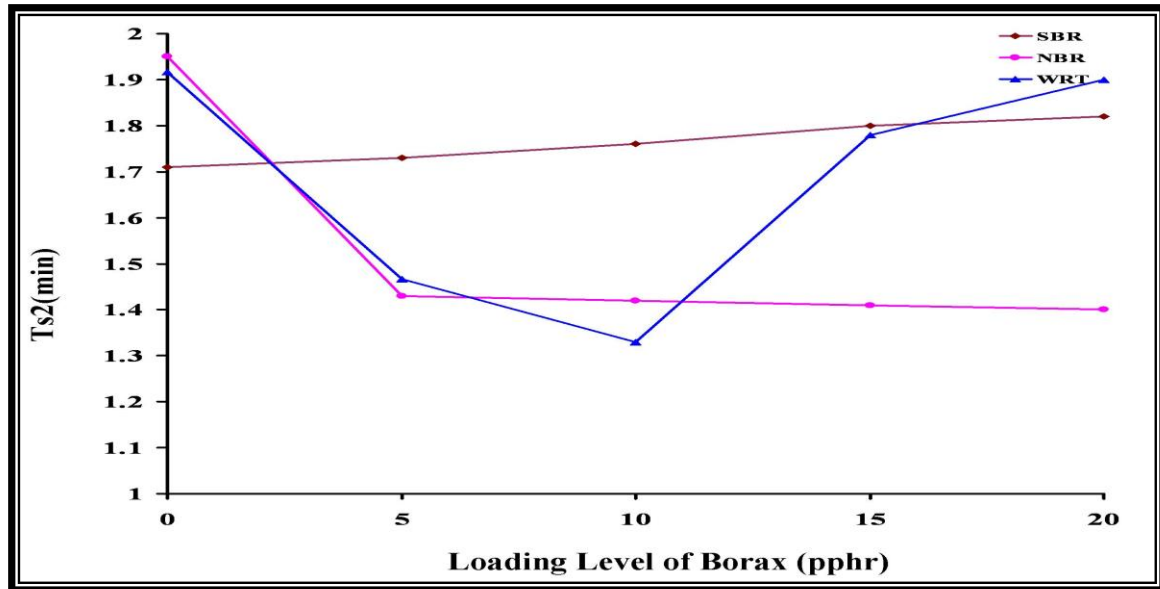
### 4.2.1 نتائج إضافة البوراكس على خواص الفلكنة

## Results of Addition Borax on Vulcanization Properties

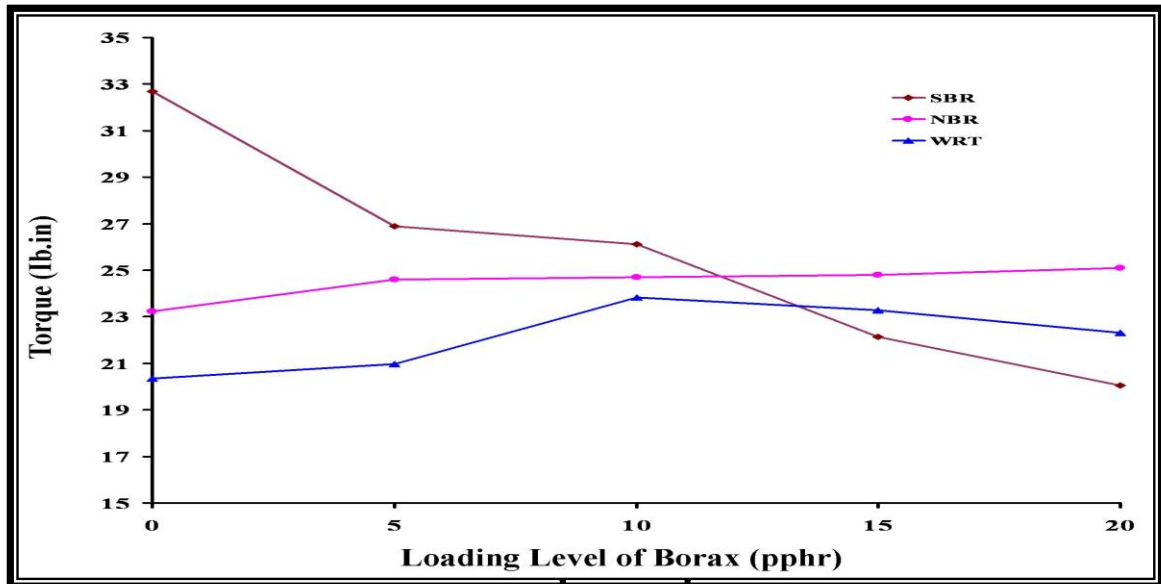
من خلال الشكل رقم (1-4) يمكن توضيح نتائج الفحص التي أجريت على العجنت المطاطية بعد إضافة مادة البوراكس وبنسب تحميلية متزايدة ووجد بأن □ .

تغير خصائص الإنضاج يمكن ملاحظتها من خلال تغير (ts<sub>2</sub>) والذي يعد Scorch Time مضاف له الوقت اللازم لرفع أقل عزم للدوران (ML) ما مقداره 2(Ibf-in) عندما يزداد ميل منحنى الإنضاج (3°) ، حيث يزداد (ts<sub>2</sub>) مع زيادة نسب التحميل بالنسبة لعجنة (SBR) وتنخفض قيمة ts<sub>2</sub> بالنسبة إلى عجنة (NBR) مع زيادة نسب التحميل أما في عجنة (WRT) فان قيمة (ts<sub>2</sub>) تنخفض في البداية وبشكل سريع إلى أن تصل إلى أدنى مستوياتها عند نسبة (10pphr) ثم ترتفع ويعود السبب الى أن مطاط (SBR) يعد من

البوليميرات غير البلورية والقطبية وإن مطاط (NBR) من البوليميرات القطبية ولكن ليس ببلوري أما مطاط (WRT) فأنة من البوليميرات القطبية والبلورية وأن طاقة التداخلات بين الجزيئات في البوليميرات القطبية هي أضعاف طاقة التداخلات بين الجزيئات للبوليميرات غير القطبية [8,12] والشكل رقم (4-1) يوضح العلاقة بين ( $ts_2$ ) ونسب التحميل للبوراكس. أما تغير خاصية اللزوجة فيمكن الاستدلال عليها من خلال تغير عزم الدوران (Ibf-in) مع زيادة النسب التحميلية للبوراكس والتي يمكن ملاحظتها من خلال الشكل رقم (4-2) حيث تنخفض اللزوجة والممثلة بعزم الدوران مع زيادة نسب التحميل بالنسبة لمطاط (SBR) وتزداد وبشكل بسيط مع زيادة نسب التحميل بالنسبة لمطاط (NBR) أما في حالة مطاط (WRT) فإن اللزوجة تزداد ولغاية 10pphr ثم تنخفض ولنفس السبب أعلاه. وعلى ضوء ما ذكر واستناداً الى الشكل رقم (2-9) والذي تم التطرق إليه في الجانب النظري فإن اتساع منطقة (Processing Safety Region) تعتمد على زيادة قيمة ( $ts_2$ ) وإنخفاضها وان إضافة البوراكس إلى العجنات المطاطية بصورة عامة أدى إلى زيادة لدونة مطاط (SBR) أي اتساع منطقة (Processing Safety Region) وإنخفاضها في مطاط (NBR) و (WRT) أي اتساع (Vulcanizing Region) وهذا يدل على زيادة المرونة.



الشكل (4-1) يوضح العلاقة ما بين  $ts_2$  (min) والنسب التحميلية للبوراكس (pphr)

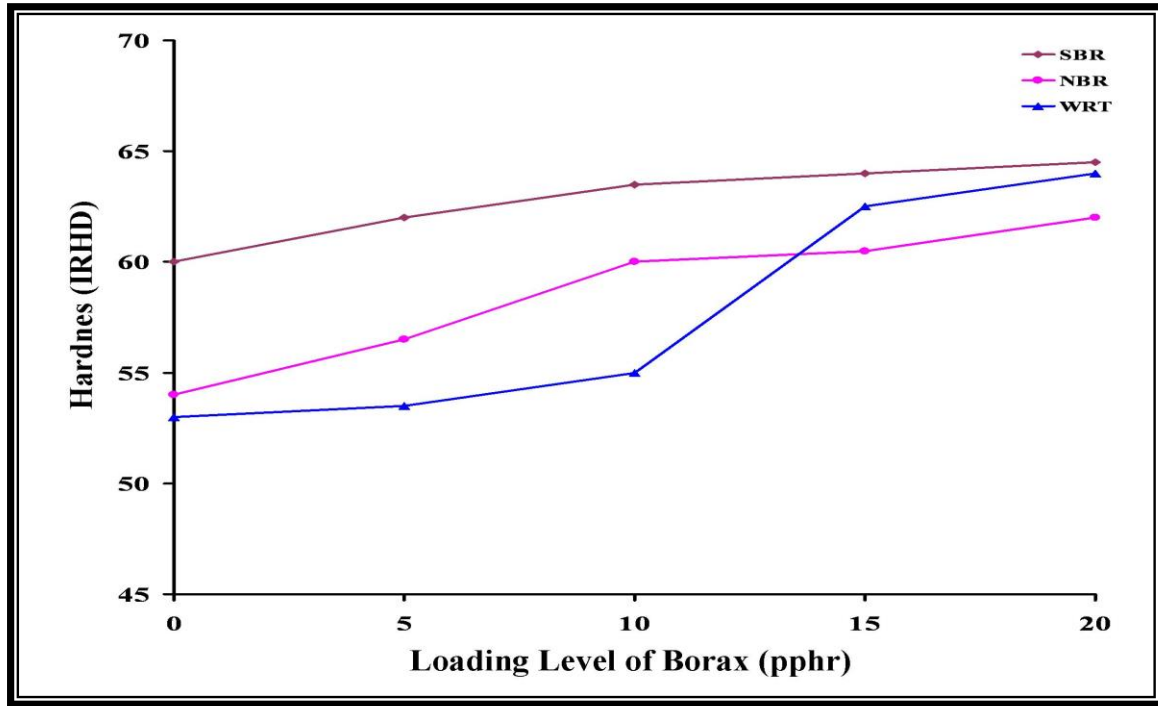


الشكل (4-2) يوضح العلاقة بين عزم الدوران (Ib-in) والنسب التحميلية للبوراكس (pphr)

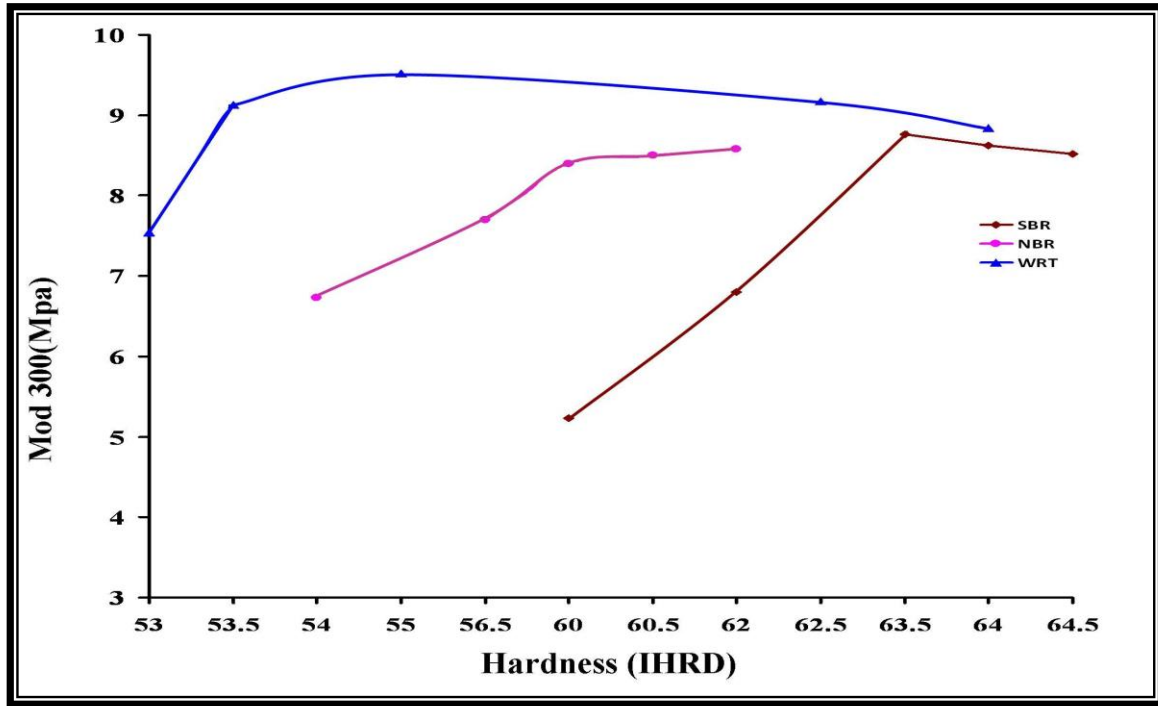
#### 4.2.2 نتائج إضافة البوراكس على خاصية الصلادة

##### Results Addition of Borax on Hardness Property

من خلال الشكل رقم (4-3) نلاحظ بأن جميع العجنات المطاطية ترتفع فيها خاصية الصلادة مع زيادة النسب التحميلية المضافة من مسحوق البوراكس ولكن هذه الزيادة تختلف من مطاط لآخر ففي مطاط (SBR) تكون الزيادة في الصلادة بسيطة وتكون أكبر في مطاط (NBR) و (WRT) ولنفس السبب السابق. وعلى العموم فإن إضافة المائات غير العضوية ومنها البوراكس تعمل على جعل الصلادة ضمن المدى المتوسط وتعمل على تخفيف قوة الشد ومقاومة الحك [8]. والشكل رقم (4-3) يوضح العلاقة بين الصلادة والنسب التحميلية المضافة.



الشكل (4-3) يوضح العلاقة ما بين الصلادة (IRHD) والنسب التحميلية للبوراكس (pphr) أما في الشكل رقم (4-4) نلاحظ زيادة الصلادة مع زيادة معامل المرونة (Mod300) بالنسبة إلى عجنة NBR وفي عجنة SBR فأنها تزداد مع زيادة معامل المرونة (Mod300) لغاية (IHRD) 63.5 ثم تنخفض قليلاً وكذلك عجنة (WRT) فان الصلادة تزداد مع زيادة معامل المرونة لغاية (55IHRD) ثم تنخفض قليلاً حيث أن الصلادة ومعامل المرونة تعتمد على تركيب المائي وكثافة الترابطات التشابكية (Cross-link Density) [66].

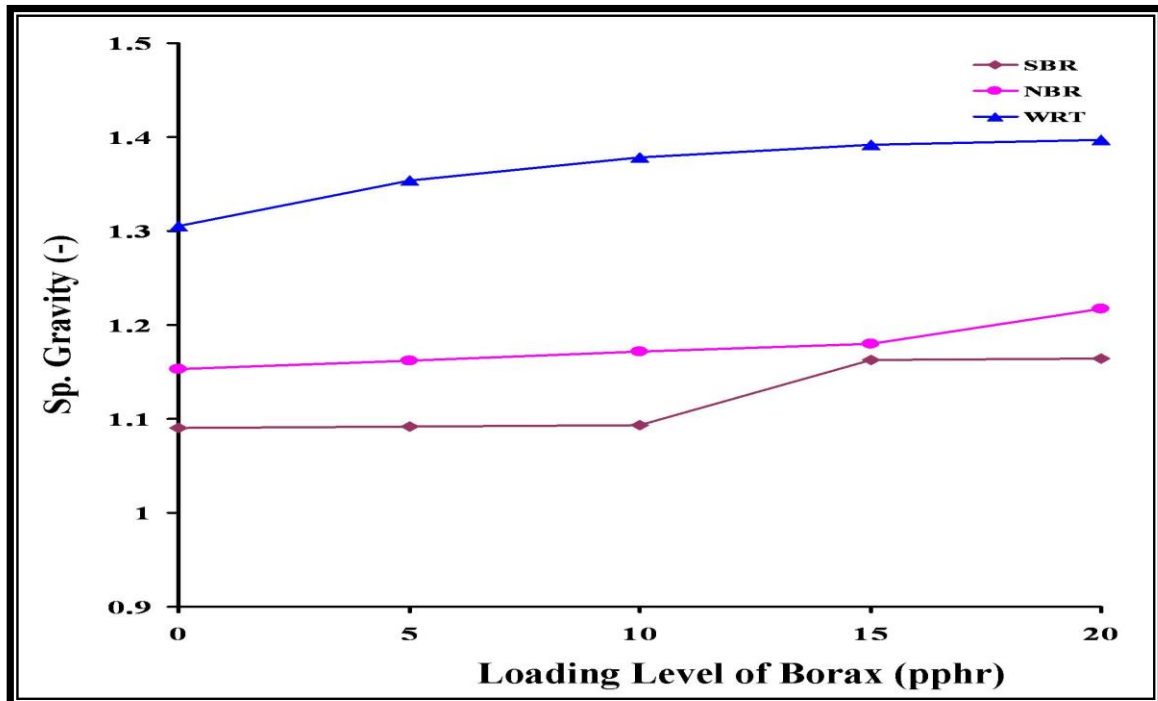


الشكل (4-4) يوضح العلاقة بين معامل المرونة والصلادة

#### 4.2.3 نتائج إضافة البوراكس على خاصية الوزن النوعي

##### Results Addition of Borax on Specific Gravity Property

من خلال الشكل رقم (4-5) نلاحظ إن الزيادة في الوزن النوعي للعجائن المطاطية مع زيادة النسب التحميلية للبوراكس كانت متقاربة جداً ويعود السبب الى أن البوراكس من المواد العضوية ذات الوزن النوعي المنخفض (1.73) مقارنة بمعيقات اللهب غير العضوية مثل بورات الزنك (3.64) [71] وإن هذه القيمة مقاربة للأوزان النوعية لمعظم مكونات العجائن المطاطية المستخدمة والشكل رقم (4-5) يوضح العلاقة بين الوزن النوعي والنسب التحميلية للبوراكس.



الشكل (4-5) يوضح العلاقة الوزن النوعي والنسب التحميلية للبوراكس (pphr)

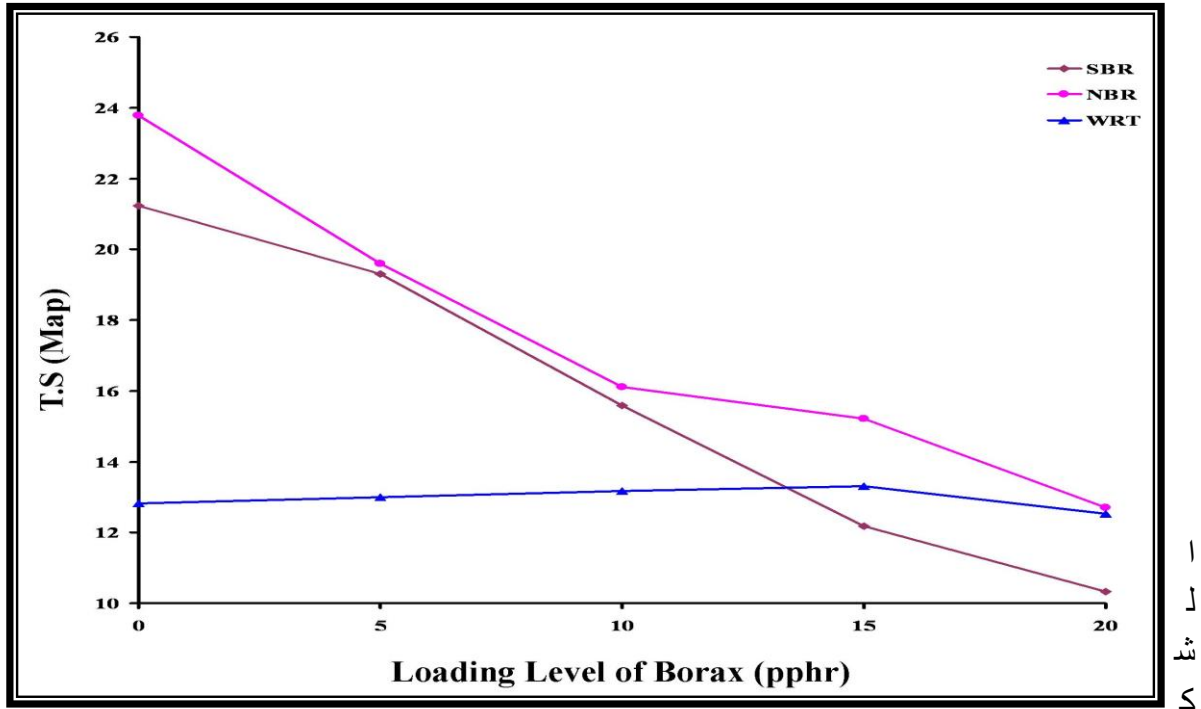
#### 4.2.4 نتائج إضافة البوراكس على خواص الشد

##### Results Addition of Borax on Tensile Properties

إستناداً إلى نظرية مرونة المطاط (Theory of Rubber Elasticity) فإن قوة السحب (Retractive Force) تقاوم التشوه المناسب لعدد السلاسل الداعمة للشبكة البوليميرية لكل وحدة حجم من المطاط وان السلسلة الداعمة (Supporting Chain) هي جزء من السلسلة الرئيسية (Back Bone) وتتكون بين وصلات ربط الشبكة (Network Junctionures) وان الزيادة في عدد وصلات الربط تعطي زيادة في السلاسل الداعمة والشكل (2-8) والذي تمت الإشارة إليه في الجزء النظري يوضح العلاقة بين خواص الفلكنة وكثافة الترابطات التشابكية [8,52] وبناءً على ما ذكر أعلاه يمكن توضيح نتائج فحص الشد التي تضم:

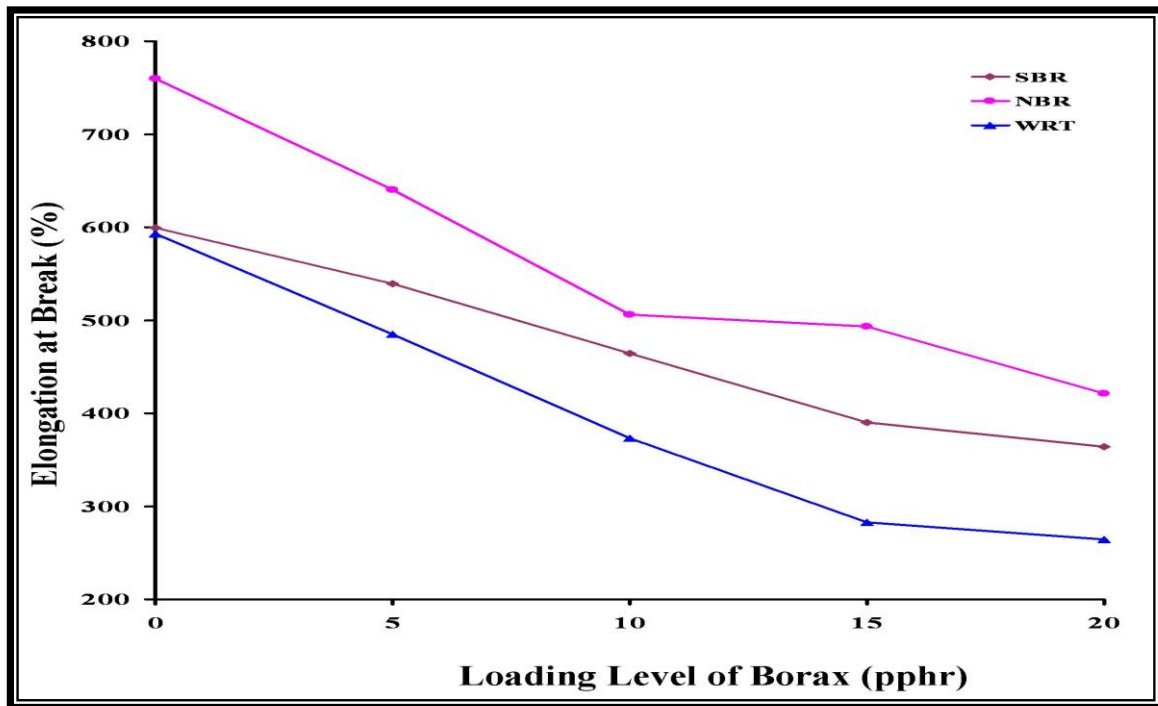
- 1- قوة الشد عند القطع 2- الاستطالة عند القطع
  - 3- معامل المرونة عند استطالة 300% 4- مقاومة التمزق.
- وكما يلي:

- 1- من خلال الشكل رقم (4-6) نلاحظ تأثير إضافة النسب التحميلية من البوراكس على قوة الشد عند القطع (Mpa) (Tensile Strength) حيث نجد بأن قوة الشد تنخفض كثيراً مع زيادة النسب التحميلية المضافة الى العجنة (SBR) وكذلك في عجنة (NBR) وبنسبة إنخفاض أقل أما العجنة (WRT) فإن إضافة البوراكس اليها تؤدي الى زيادة قوة الشد (13.31Mpa) عند (15pphr) ويكاد أن يكون الإنخفاض ثابتاً عند (20pphr). وهذا يدل على أن مادة البوراكس التي تعد من المائتات غير العضوية تعمل على خفض قوة الشد حيث تؤثر هذه الإضافات وبصورة واضحة على أنواع المطاط الغير قطبية وغير البلورية مثل (SBR) ويكون تأثيرها أقل في أنواع المطاط القطبية وغير البلورية مثل (NBR) أما مطاط (WRT) والذي يعد من أنواع المطاط القطبية والبلورية والتي تحمل مجموعة الكلور فإن تأثير الإضافة تؤدي الى زيادة قوة الشد ثم تستقر تقريباً [8,12] من ناحية أخرى فإن جميع المائتات المعدنية ومنها السليكا تعد من المواد المقوية (Reinforcement) لأنواع المطاط القطبية والبلورية مثل (CR) أكبر من انواع المطاط الغير قطبية وغير البلورية مثل (SBR) [52] والشكل رقم (4-6) يوضح العلاقة بين قوة الشد والنسب التحميلية للبوراكس.



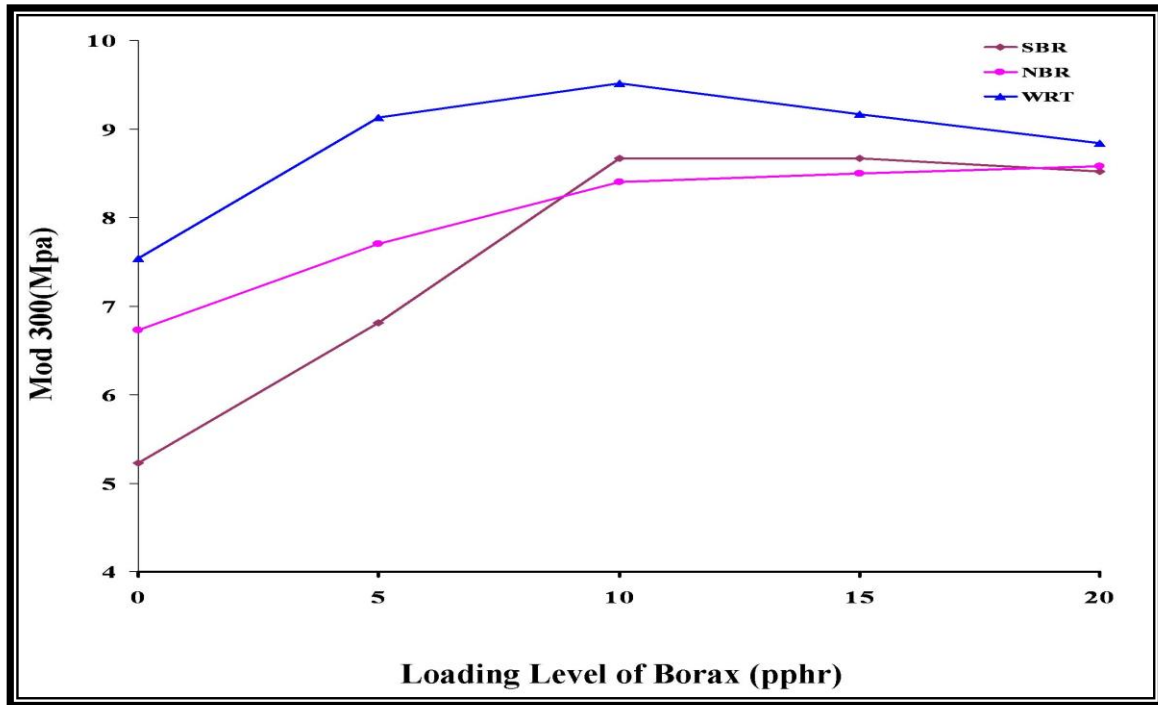
ل رقم (4-6) يوضح العلاقة بين قوة الشد (Mpa) والنسب التحميلية للبوراكس (pphr)

2- من خلال الشكل رقم (4-7) نلاحظ تأثير إضافة البوراكس على الإستطالة عند القطع (%) للعجائن المطاطية ووجد بأن جميع أنواع العجائن المطاطية تنخفض إستطالتها مع زيادة نسب التحميل حيث تكون عجنة (SBR) أكثر إنتظاماً من العجائن الأخرى وللسبب المذكور آنفاً . والشكل رقم (4-7) يوضح العلاقة بين الاستطالة والنسب التحميلية.



الشكل رقم (4-7) يوضح العلاقة بين الاستطالة عند القطع (%) والنسب التحميلية للبوراكس (pphr)

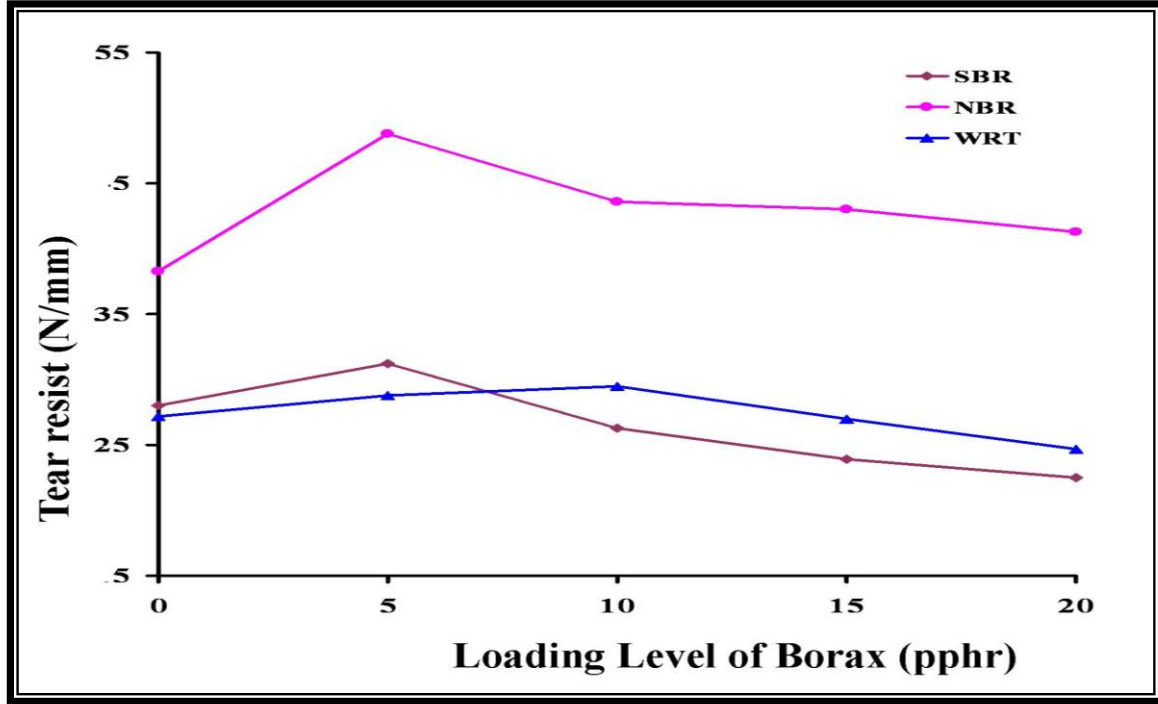
3- من خلال الشكل رقم (4-8) نلاحظ تأثير إضافة البوراكس على معامل المرونة عند إستطالة 300% (Mod300) والذي يقاس بوحدات (Mpa) حيث يرتفع معامل المرونة (Mod300) مع زيادة نسب التحميل للعجنات (SBR, WRT) لغاية (10pphr) ثم ينخفض قليلاً حيث يلاحظ أن معامل المرونة لعجنة (WRT) أكبر من معامل المرونة لعجنة (SBR) وعند نفس المستوى التحميلي للبوراكس أما عجنة (NBR) فإن الزيادة مستمرة مع زيادة النسب التحميلية للبوراكس ويعود السبب إلى أن مطاط (NBR) تزداد فيه قابلية المرونة (Flexibility) ولحدود معينة مع زيادة إضافة المائات الغير عضوية [4] والشكل رقم (4-8) يوضح العلاقة بين معامل المرونة ونسب الإضافة.



الشكل (4-8) يوضح العلاقة بين معامل المرونة عند الاستطالة 300% (Mpa) والنسب التحميلية للبوراكس (pphr)

4- من خلال الشكل رقم (4-9) نلاحظ تأثير إضافة البوراكس على مقاومة التمزق (Tear Resistance) والتي تقاس بوحدات (N/mm). حيث نجد أن جميع العجنات المطاطية تزداد فيها مقاومة التمزق مع زيادة النسب التحميلية ولغاية مستويات تحميلية معينة ثم تنخفض قليلاً ففي عجنة (NBR) نلاحظ الزيادة في مقاومة التمزق أكبر من الزيادة في مقاومة التمزق لعجنة (SBR) ولغاية (5pphr) من البوراكس المضاف ثم تنخفض تدريجياً أما عجنة (WRT) فإن الزيادة تصل إلى (10pphr) ثم تنخفض تدريجياً وهذا يدل على أن البوراكس يعمل على تحسين الخواص الميكانيكية لمطاط

(WRT) أفضل من مطاط (NBR,SBR) فضلاً على ذلك أن خاصية مقاومة التمزق تكون أفضل في حالة الترابطات التشابكية القليلة والتي تمت الإشارة إليها في الشكل رقم (2-8) [8,52] والشكل رقم (4-9) يوضح العلاقة بين مقاومة التمزق والنسب التحميلية للبوراكس.

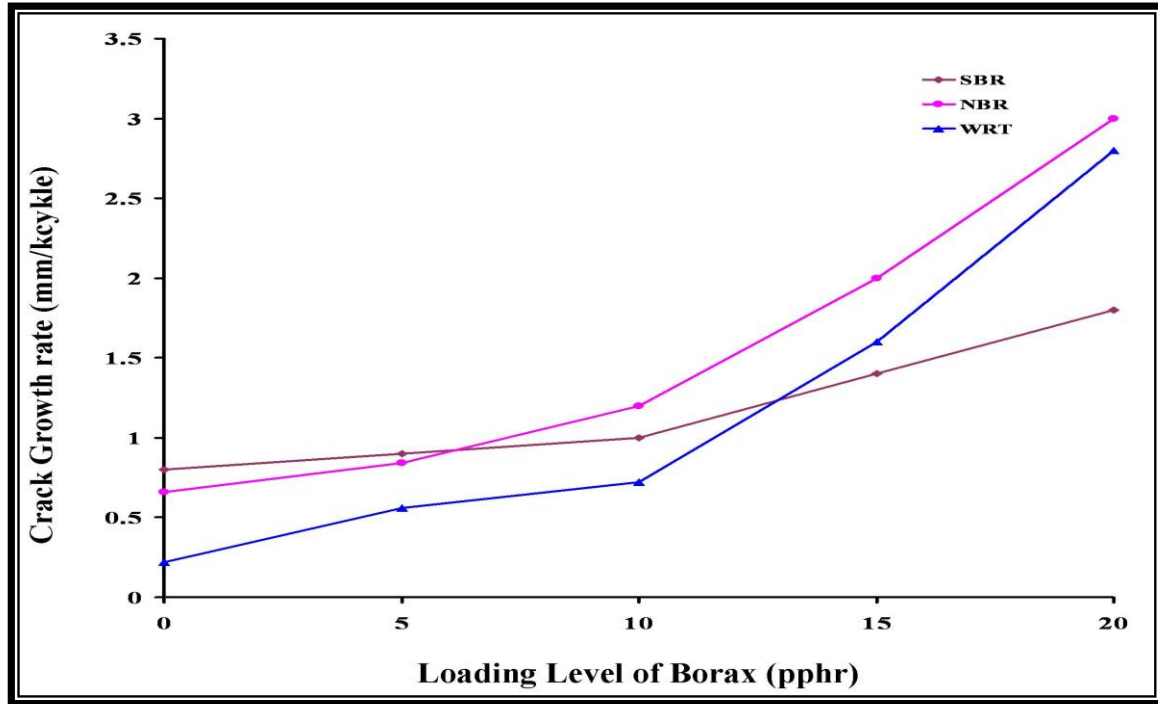


الشكل (4-9) يوضح العلاقة بين مقاومة التمزق (Mpa) والنسب التحميلية للبوراكس (pphr)

#### 4.2.5 نتائج إضافة البوراكس على مقاومة نمو التشقق.

##### Results Addition of Borax on Crack Growth Resistance

من خلال الشكل رقم (4-10) نلاحظ بأن جميع العجائن المطاطية يزداد فيها معدل نمو التشقق (mm/Kcycl) مع زيادة النسب التحميلية المضافة من البوراكس (pphr) إلى أن يصل إلى حالة الفشل عندما يكون معدل نمو التشقق mm/Kcycl (3) وتحدث هذه الحالة عند إضافة 20 pphr من البوراكس إلى عجائن (WRT,NBR) أما عجنة (SBR) فإن معدل نمو التشقق يبقى ضمن الحد المسموح به مع إكمال نسب الإضافة وهذا يدل بأن (SBR) أكثر لدونة وإن (WRT,NBR) أكثر مرونة فضلاً على أن خواص المتانة ومقاومة التمزق ومقاومة نمو التشقق أو (Fatigue Life) تزداد مع الكميات الصغيرة من الترابطات التشابكية وتنخفض مع زيادة الترابطات التشابكية وهذه الخواص لها علاقة بطاقة الكسر (Breaking Energy) والموضحة بالشكل رقم (2-8) [8,52] والشكل رقم (4-10) يوضح العلاقة بين معدل نمو التشقق والنسب التحميلية للبوراكس.



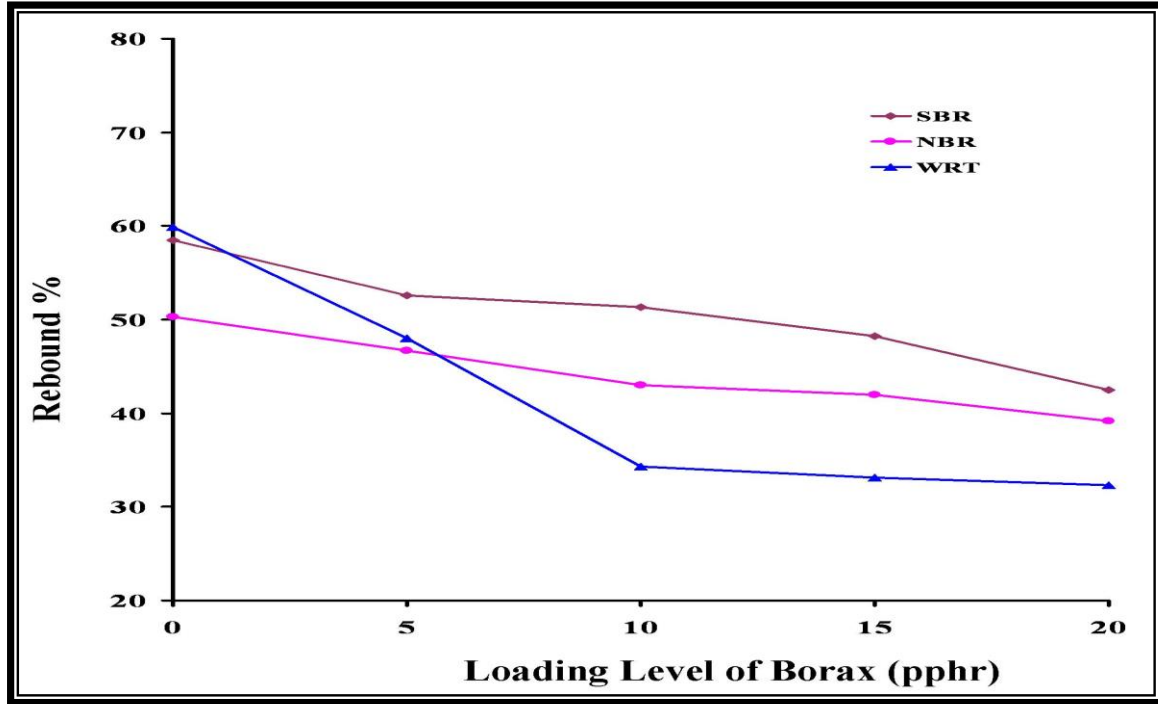
الشكل (4-10) يوضح العلاقة بين معدل نمو التشقق (mm/kcycle) والنسب التحميلية للبوراكس (pphr)

#### 4.2.6 نتائج إضافة البوراكس على خاصية الارتدادية

##### Results Addition of Borax on Rebound Property

من خلال الشكل رقم (4-11) نلاحظ إنخفاض النسبة المئوية للإرتدادية ولجميع العجائن المطاطية مع زيادة إضافة البوراكس ففي عجنة (SBR) يكون تأثير إضافة البوراكس أقل على إنخفاض النسبة المئوية للإرتدادية . أما عجنة (WRT) فيكون تأثير إضافة البوراكس أكبر على النسبة المئوية للإرتدادية وإن قيم النسبة المئوية للإرتدادية لمطاط (NBR) قبل الإضافة تكون أقل مما عليه في عجائن (SBR,WRT) ويعود السبب الى أن قيم النسبة المئوية للإرتدادية لمطاط (NBR) أقل مما عليه في (SBR,WRT) وتزداد الإرتدادية مع إنخفاض محتوى الأكريلونايترايل في المطاط وعموماً فإن الإرتدادية تكون أفضل مع الإنضاج القليل [4] وإشارة إلى الشكل (2-8).

فان خاصية الإرتدادية تزداد في حالة الترابطات التشابكية القليلة وتنخفض مع زيادتها [8,5] والشكل رقم (4-11) يوضح العلاقة بين النسبة المئوية للارتدادية والنسب التحميلية للبوراكس.

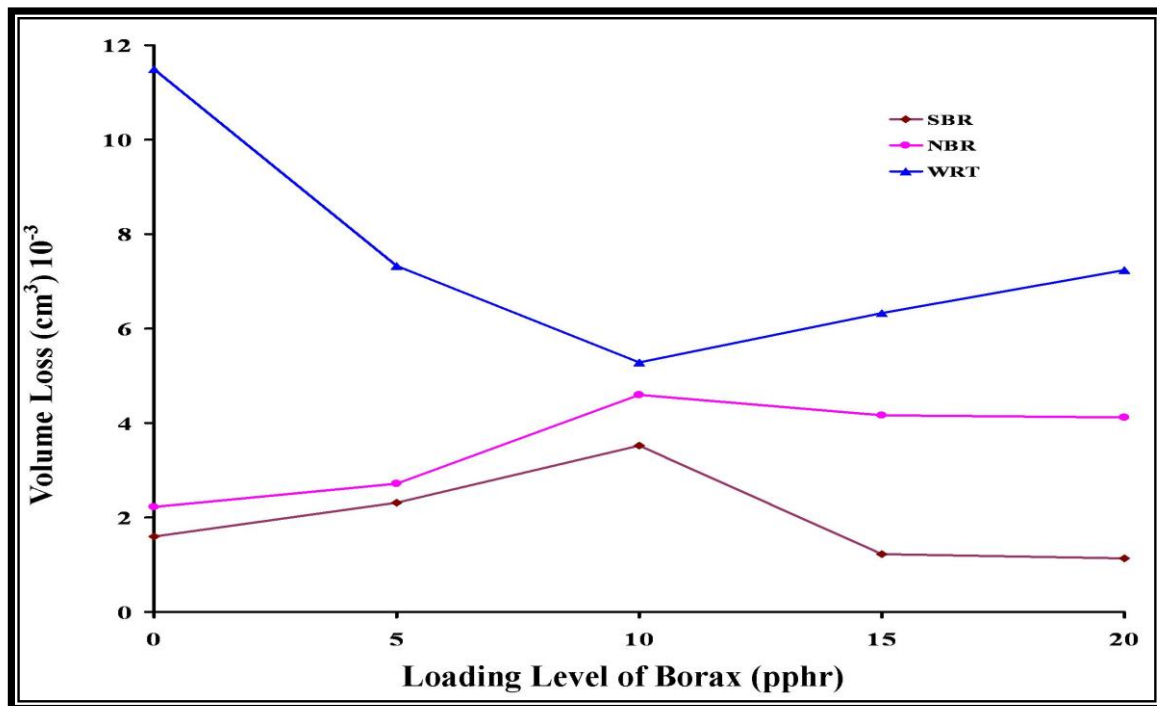


الشكل (4-11) يوضح العلاقة بين الارتدادية (%) والنسب التحميلية للبوراكس (pphr)

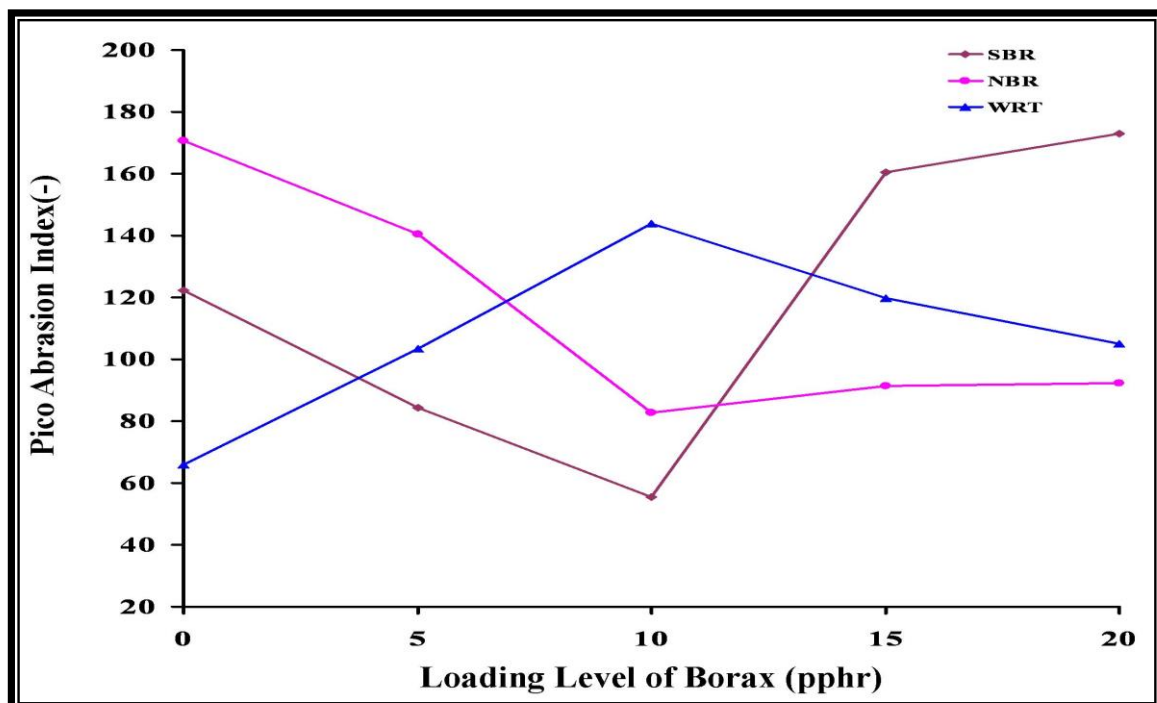
#### 4.2.7 نتائج إضافة البوراكس على مقاومة البلى الإحتكاكي

##### Results Addition of Borax on Wear Abrasion Resistance

من خلال الشكل رقم (4-12) نلاحظ بأن حجم المطاط المفقود ( $\text{cm}^3$ ) يزداد مع زيادة النسب التحميلية للبوراكس ولغاية (10pphr) بالنسبة إلى عجنتا (SBR, NBR) أما عجنة (WRT) فإن حجم المطاط المفقود يقل مع زيادة النسب التحميلية للبوراكس لغاية (10pphr) ثم يزداد تدريجياً. وهذا يدل بأن هناك علاقة مباشرة بين قوة الشد ومقاومة المطاط للإحتكاك حيث تزداد مقاومة المطاط للإحتكاك عندما تزداد قوة الشد وهذا يعني أن المطاط الذي يمتلك قوة شد عالية يمتلك قوة ترابط بين الجزيئات عالية مما يؤدي إلى انخفاض كمية المطاط المفقودة من جراء الإحتكاك بسطح آخر ومن خلال الشكل رقم (4-13) نلاحظ تغير مؤشر الحك (Abreasion Index) مع زيادة النسب التحميلية للبوراكس ففي عجنة (WRT) وجد بأن مؤشر الحك يصل إلى أعلى قيمة له عند 10pphr وهذا يعني بأن المطاط يفقد أقل كمية من سطحه وعلى العكس من ذلك وعند نفس المستوى التحميلي يحدث مع عجنة (NBR) ولكن بتأثير أقل من عجنة (SBR) وعلى ضوء ما ذكر أعلاه فإن إضافة المالتات غير العضوية تعمل على تخفيف قوة الشد ومقاومة الحك [8] ولكون مطاط (WRT) من البولييميرات القطبية والبلورية [8,12] لذلك يعمل البوراكس عند إضافته على تحسين المواصفات الميكانيكية ومنها مقاومة الحك والأشكال المرقمة (4-12) و (4-13) توضح العلاقة بين حجم المطاط المفقود والنسب التحميلية للبوراكس وكذلك العلاقة بين مؤشر الحك والنسب التحميلية.



الشكل (4-12) يوضح العلاقة بين حجم المطاط المفقود ( $\text{cm}^3$ ) والنسب التحميلية للبوراكس (pphr)



الشكل (4-13) يوضح العلاقة بين مؤشر الحك (%) والنسب التحميلية للبوراكس (pphr)

#### 4.2.8 نتائج إضافة البوراكس على قابلية الإلتهاب للمطاط

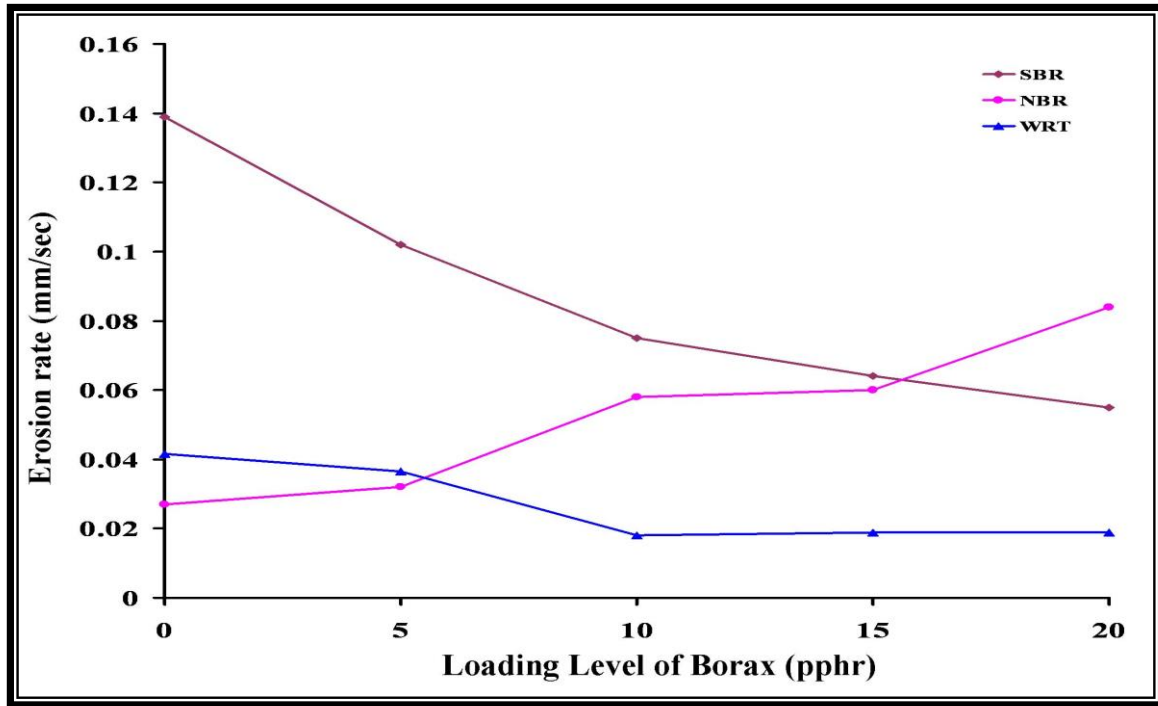
### Results Addition of Borax on Flammability of Rubber

من خلال الشكل رقم (4-14) نلاحظ ما يلي :-

1- تنخفض قابلية إلتهاب مطاط (SBR) مع زيادة نسب تحميل مسحوق البوراكس ولكن بنسب قليلة مقارنة مع الانخفاض في قابلية الإلتهاب لمطاط (WRT) ولا تصل الى مرحلة الإطفاء الذاتي بعد ازالة مصدر اللهب عنها وتكوين طبقة حماية كاربونية وتظهر هذه الحالة عند المستويات التحميلية (10,15,20 pphr) للبوراكس في العجنات (SBR<sub>3</sub>, SBR<sub>4</sub>, SBR<sub>5</sub>) .

2- تنخفض قابلية الإلتهاب بالنسبة إلى مطاط (WRT) وبشكل كبير مع زيادة النسب التحميلية لمسحوق البوراكس من خلال إنخفاض معدل التعرية الحرارية حيث يلاحظ الإطفاء الذاتي (Self Extinguishing) في مطاط العجنة (WRT<sub>1</sub>) والتي لا تحتوي على مسحوق البوراكس في تركيبها وهذا يدل على أن مطاط البولي كلوروبرين ذوقابلية إلتهاب واطئة والتي تمت الإشارة إليه في الجانب النظري ويعتبر من المواد ذات الإطفاء الذاتي ويبلغ (LOI) حوالي 36% حسب المواصفة ASTM D2863 [15] . حيث يعمل نوعين من معيقات اللهب في عجنات مطاط الكلوروبرين وهما معيقات اللهب الهالوجينية المتمثلة بمطاط الكلوروبرين الحاوي على الكلور ومعيقات اللهب غير العضوية المتمثلة بإضافة البوراكس الحاوي على عنصر البورون وإن معدل التعرية الحرارية إستقر تقريباً عند المستويات التحميلية (10,15,20) وتعتبر العجنات (WRT<sub>3</sub>, WRT<sub>4</sub>, WRT<sub>5</sub>) ذات مقاومة لهب عالية بالإضافة إلى ان جميع عجنات مطاط WRT أثناء الاحتراق تكون طبقة حماية كاربونية تعمل على إعاقة إنتشار اللهب ومحاولة إيقافه وان معدل فترات الإطفاء بعد إزالة اللهب تنخفض من (5sec) إلى (1sec)

3-تزداد قابلية الإلتهاب لمطاط (NBR) مع زيادة النسب التحميلية للبوراكس حيث يلاحظ زيادة معدل التعرية الحرارية (mm/sce) ويستمر النموذج بالإشتعال بعد إزالة مصدر اللهب عنه وتعتبر العجنة (NBR<sub>1</sub>) والتي لا تحتوي على البوراكس في تركيبها ذات قابلية إلتهاب أقل من بقية العجنات وهذا يدل على أن تركيب مطاط (NBR) لا يتجانس مع الملدن المستعمل وإن التجانس يعتمد على محتوى الأكريلونائتريل في المطاط [66] ويمكن تحسين مقاومة المطاط للهب عن طريق إختيار عامل التلدين المناسب [8] وتمت ملاحظة هذا السلوك خلال الفحص حيث يكون إختراق غازات الشعلة الحرارية بصورة أسرع كلما زادت نسب تحميل البوراكس وكذلك الأنحدار في المواصفات الميكانيكية مع زيادة نسب التحميل. والجدير بالذكر أن مقدار طاقة حرارة المصدر اللازمة للأتقاد Ignition Source Power (kw) لها تأثير مباشر على سرعة الأتقاد فمثلا أن الشعلة الاوكسي ستيلينية تكون أسرع من الشعلة الغازية في إختراق سمك نموذج الفحص وكذلك بعد وقرب المسافة بين النموذج وغازات الشعلة لها تأثير مباشر على سرعة الأتقاد [21].



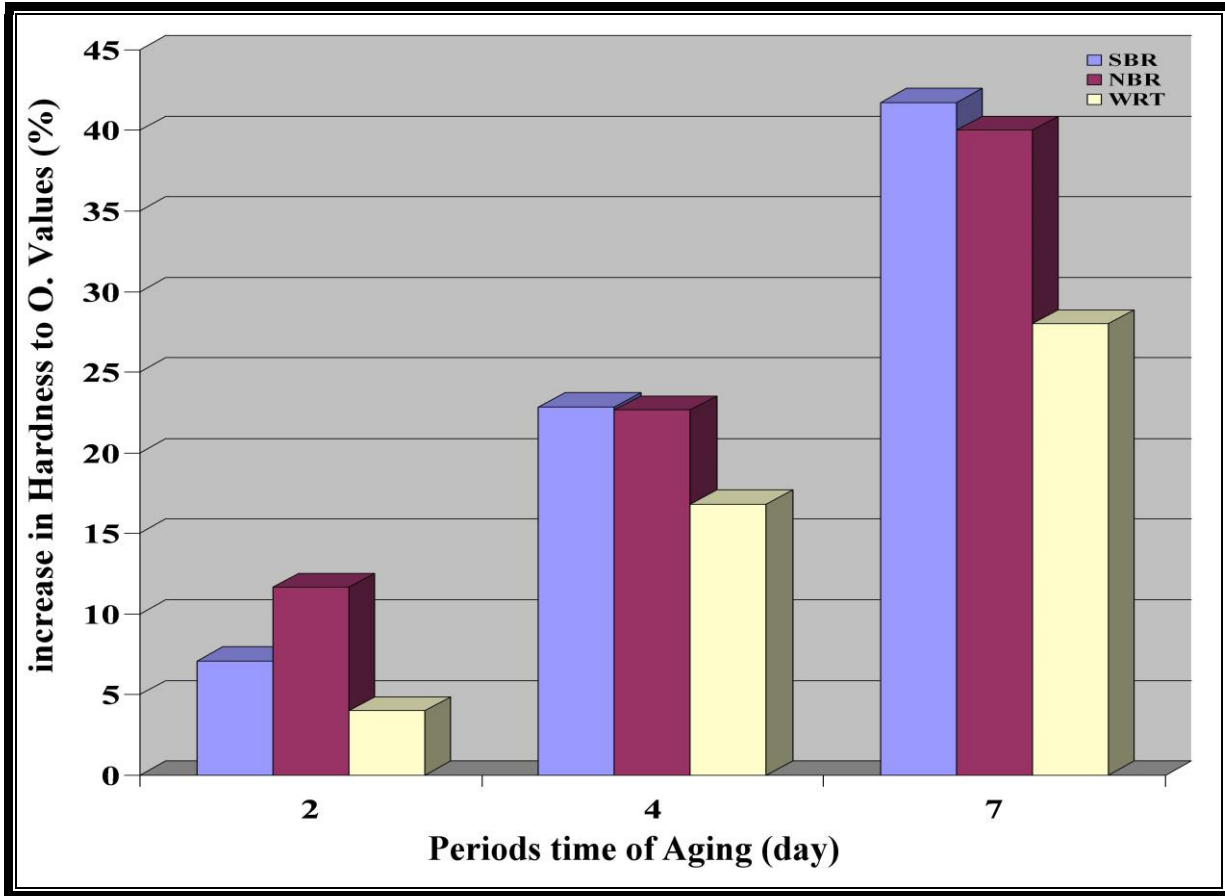
والشكل رقم (4-14) يوضح العلاقة بين معدل التعرية (mm/sec) والنسب التحميلية للبوراكس (pphr).

#### 4.3 نتائج التعجيل بالتعتيق

##### Results of Accelerated Aging

##### 1- نتائج التغير في الصلادة بعد التعتيق

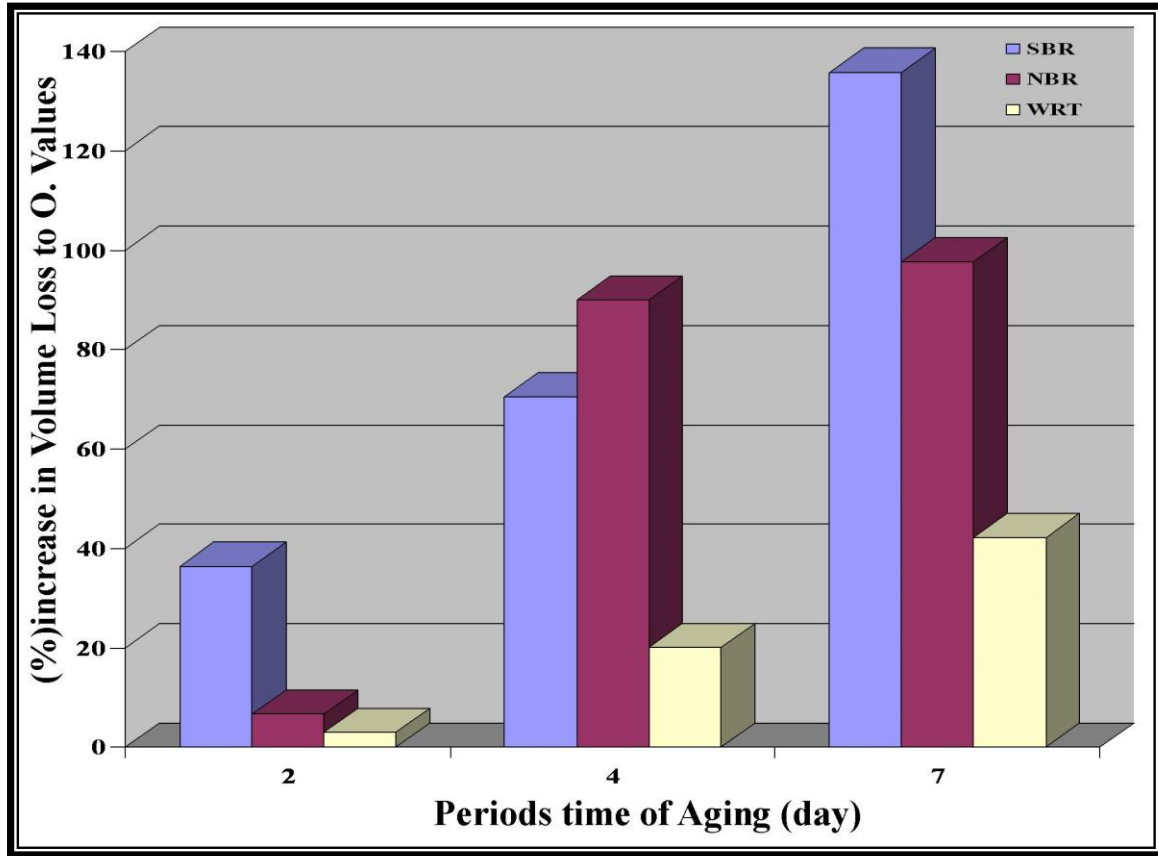
من خلال الشكل رقم (4-15) نلاحظ حدوث تغيير كبير في زيادة النسبة المئوية للصلادة للنماذج المطاطية ( $SBR_3, NBR_3, WRT_4$ ) والتي تم إختيارها لكونها أعطت أفضل النتائج بعد إضافة البوراكس وبنسب (0,5,10,15,20 pphr) الى العجنات المطاطية الموضحة في الجدول رقم (2-3) وخصوصا بعد (7 days) من التعتيق حيث نجد أن مطاط ( $SBR_3$ ) تزداد فيه الصلادة نسبة (41.73%) وكذلك مطاط ( $NBR_3$ ) حيث تصل نسبة الزيادة في الصلادة إلى (40%) وان أقل مطاط تتأثر صلاته بدرجات الحرارة هو ( $WRT_4$ ) حيث تصل نسبة الزيادة إلى (28%) ويعود السبب الى إنحدار الخواص الميكانيكية تدريجياً عند التعجيل بالتعتيق ولاسيما التعتيق بالأفران مع زيادة الفترات الزمنية للتعتيق [48]. بالإضافة الى أن مطاط الكلوروبرين ذو مواصفات جيدة ضد التعتيق والتي تمت الإشارة إليها في الجانب النظري والشكل رقم (4-15) يوضح العلاقة بين النسبة المئوية لزيادة في الصلادة عن قيم الصلادة قبل التعتيق والفترات اللازمة للتعتيق.



والشكل رقم (4-15) يوضح العلاقة بين الزيادة بالنسبة المئوية للصلادة مع الفترات الزمنية للتعتيق

## 2- نتائج التغير في حجم المطاط المفقود بعد التعتيق

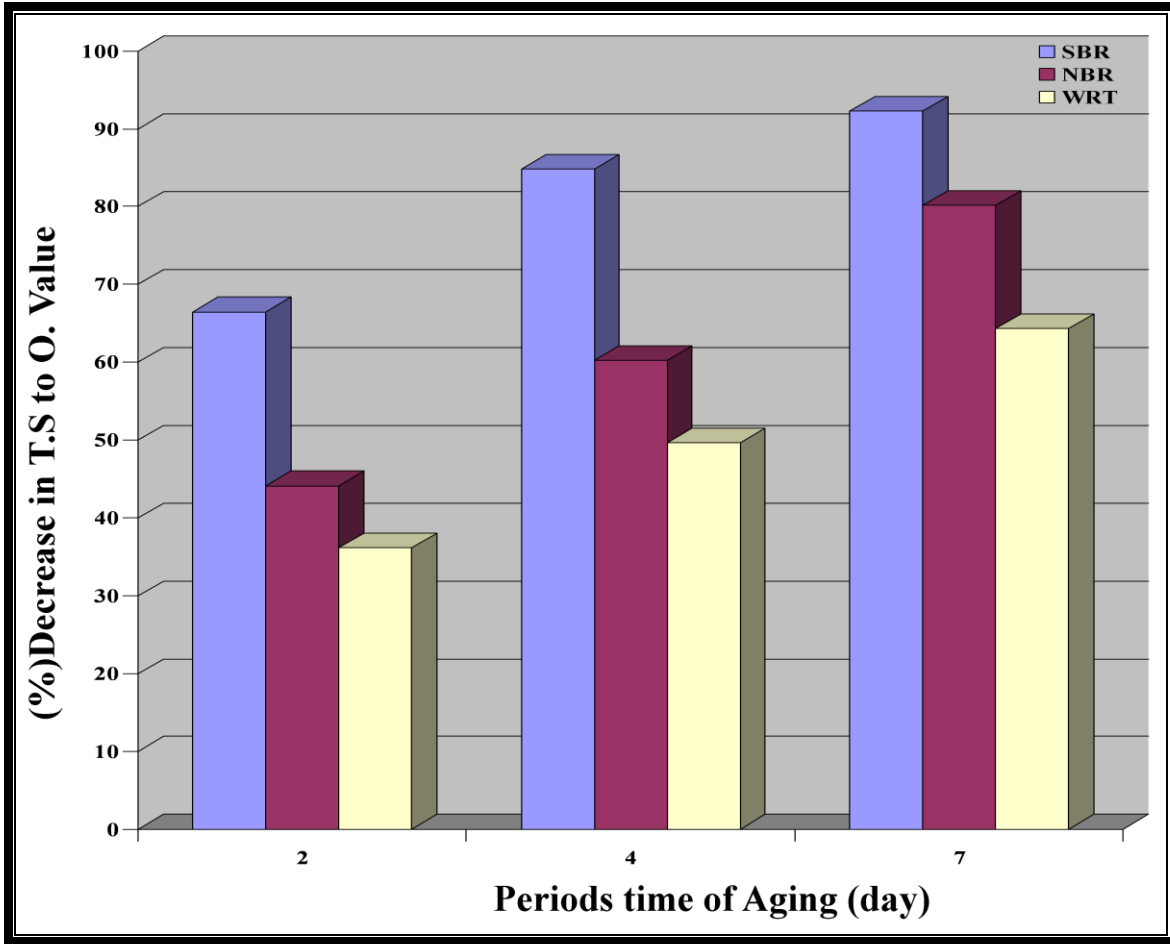
من خلال الشكل رقم (4-16) نلاحظ الزيادة بالنسبة المئوية لحجم المطاط المفقود مع الفترات الزمنية للتعتيق بعد تعرض النماذج المطاطية التي تم تعتيقها بالحرارة للإحتكاك بسطح آخر. وإن قيمة الزيادة في النسبة المئوية لحجم المطاط المفقود لمطاط (SBR<sub>3</sub>) بـ (135.79%) بعد (7days) من التعتيق وزيادة النسبة المئوية لحجم المطاط المفقود لمطاط (NBR<sub>3</sub>) بـ ((89.71%) ونسبة زيادة أقل لمطاط (WRT<sub>4</sub>) ومقدارها (42.18%) وللسبب المذكور آنفاً والشكل رقم (4-16) يوضح العلاقة بين الزيادة بالنسبة المئوية لحجم المطاط المفقود والفترات الزمنية اللازمة للتعتيق.



الشكل رقم (4-16) يوضح العلاقة بين الزيادة في النسبة المئوية لحجم المفقود من المطاط والفترات الزمنية اللازمة للتعتيق

3- نتائج التغير في قوة الشد بعد التعتيق

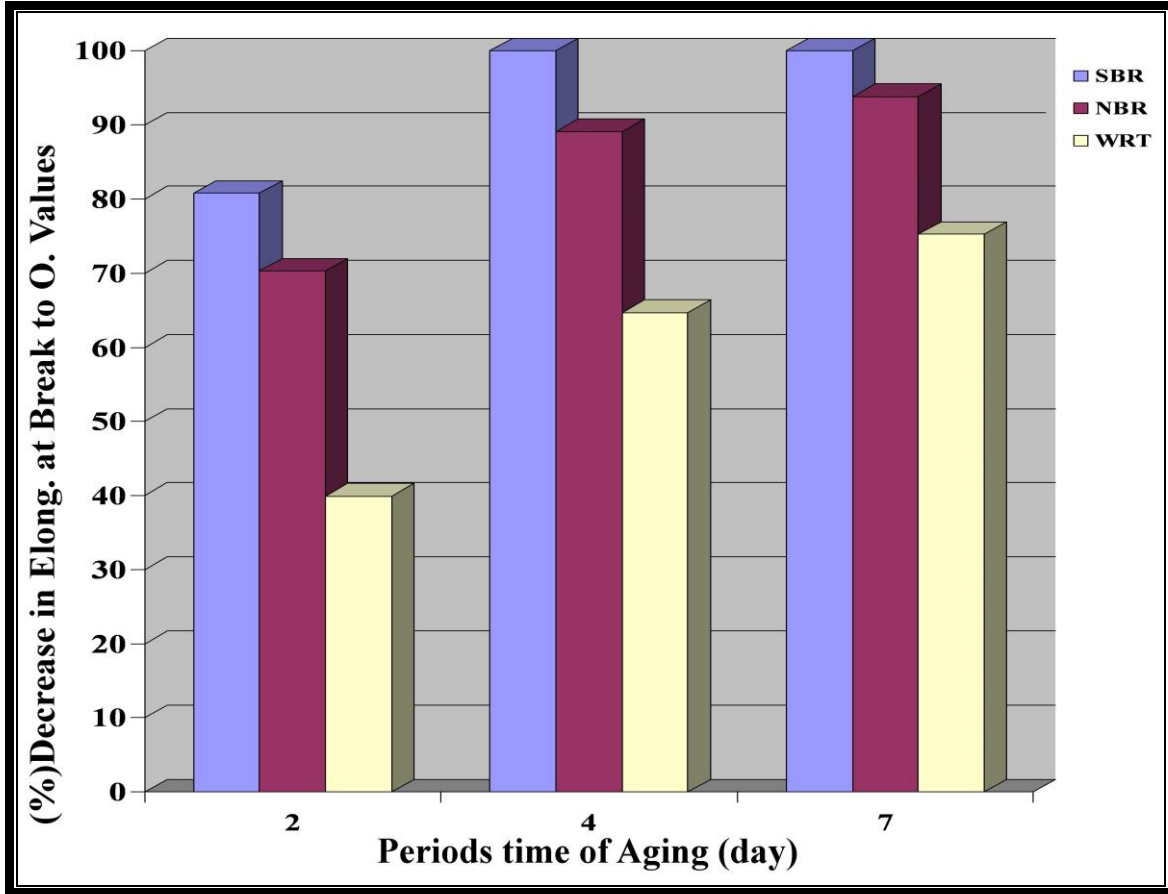
من خلال الشكل رقم (4-17) نلاحظ إنخفاض بالنسبة المئوية لقوة الشد مع الفترات الزمنية للتعتيق حيث يحصل إنخفاض في خاصية قوة الشد (Mpa) وخاصة بعد (7 days) من التعتيق حيث يلاحظ نسبة الإنخفاض في قوة الشد لمطاط (SBR<sub>3</sub>) -92.297% والمطاط (NBR<sub>3</sub>) ب(-80.13) وأقل نسبة في إنخفاض قوة الشد بعد التعتيق لمطاط (WRT<sub>4</sub>) بنسبة (-64.31%) وللسبب المذكور آنفاً. والشكل رقم (4-17) يوضح العلاقة بين الإنخفاض في النسبة المئوية لقوة الشد مع الفترات الزمنية للتعتيق.



الشكل رقم (4-17) يوضح العلاقة بين الانخفاض في النسبة المئوية لقوة الشد مع الفترات الزمنية للتعتيق

#### 4- النتائج التغير في الاستطالة عند القطع بعد التعتيق

من خلال الشكل رقم (4-18) نلاحظ الإنخفاض بالنسبة المئوية للإستطالة عند القطع بعد تعرض النماذج المطاطية للتعبيل بالتعتيق وان أكثر أنواع المطاط تأثراً هو مطاط (SBR3) حيث يلاحظ وصوله الى نسبة إنخفاض في إستطالة مقدارها (-100%) وعند الفترة الزمنية (4 days) أما مقدار الانخفاض في الاستطالة لمطاط (NBR<sub>3</sub>) بعد (7 days) من التعتيق (-93.8%) ومطاط (WRT<sub>4</sub>) بـ75.26- وللأسباب المذكور آنفاً. والشكل رقم (4-18) يوضح العلاقة بين الإنخفاض في النسبة المئوية للاستطالة والفترات الزمنية للتعتيق.



الشكل رقم (4-18) يوضح العلاقة بين الانخفاض في النسبة المئوية للاستطالة والفترات الزمنية للتعتيق

ومن خلال النتائج أعلاه نلاحظ ان مطاط (WRT<sub>4</sub>) يكون أفضل أنواع المطاط المستخدمة في مقاومة اللهب وحرارة المنتجات الساخنة التي يحملها الحزام موضوع البحث . حيث تم مراعاة الأمور التالية في استخدام المواد الأولية لغرض الحصول على عجنت مطاطية تقاوم اللهب وحرارة المنتجات الساخنة:-

1- إختيار المادة الأساسية الجيدة في العجنة المطاطية لتعطي خواص تعتيق جيدة مثل مطاط الكلوروبرين [60] ومطاط (NBR) ذات مقاومة جيدة للحرارة والتي تمت الإشارة إليها في الجانب النظري.

2- الأختيار الجيد لنظام وشروط الفلكنة وتحديد الكميات المناسبة من المواد المنشطة والمالئات ومواد الإنضاج ومواد التعجيل حيث يستخدم المعجل (MBTS) مع مطاط (SBR , NBR) وتكون نسبته مساوية إلى نسبة الكبريت وكذلك يستعمل المعجل (ETU) مع الأكاسيد المعدنية عند إنضاج مطاط (WRT) وان حدود إضافة معجل (ETU) (0.5 – 1.0 pphr) لتعطي ترابطات تشابكية مستقرة تجاه درجات الحرارة العالية [4]

#### 4.4 نتائج قوة التلاصق

##### Results of Adhesion Strength(S.A)

النتائج الخاصة بقوة تلاصق المطاط بالأنسجة وكذلك قوة تلاصق المطاط بأسلاك التقوية المعدنية وجميع المواصفات الميكانيكية ولكل نوع من أنواع عجنت التلاصق موضحة في الجدول رقم (1-4) بعد إعتداد التصاميم الخاصة بالعجنت المطاطية الموضحة في الجداول المرقمة (3-4) و(3-3) ولغرض الحصول على أفضل النتائج لقوة التلاصق وبمواصفات ميكانيكية جيدة تم مراعاة العوامل الآتية:

- 1- إختيار المطاط المناسب الذي يتميز بخاصية التثبيت (Tack) والدبق (stickness) بنسبة لا تؤثر على الخواص الميكانيكية للمطاط [84] والمطاط الطبيعي يتمتع بهذه الخاصية حيث يعد من أفضل أنواع المطاط لأغراض التلاصق [85] وبما أن المطاط (NBR) ذو مواصفات تلاصق ضعيفة [8] لذلك تم إختيار المطاط الطبيعي (SMR<sub>20</sub>) ليكون المادة الأساس في عجنة تلاصق الأنسجة والأسلاك الخاصة بالحزام (NBR) وكذلك مزج (Blend) مطاط SMR<sub>20</sub> مع SBR<sub>1502</sub> لتعزيز تلاصق SBR<sub>1502</sub> وإستخدامه في عجنة تلاصق الأنسجة ولأسلاك في حزام SBR وكذلك تم إختيار مطاط (WRT) ليكون المادة الأساس في عجنت تلاصق الأنسجة والأسلاك المعدنية الخاصة بالحزام نوع (WRT) لكونه يأتي بعد المطاط الطبيعي من حيث خاصية التثبيت
  - 2- إختيار أنسجة معاملة بطريقة التشبع المسبق بمادة (RFL) وأسلاك معدنية مطلية بسبيكة بالنحاس والقصدير لتعزيز التلاصق وتكوين ترابطات تشابكية جيدة والملاحق رقم (3) ورقم (4) توضح مواصفات الأنسجة المعاملة بمادة (RFL) والتي أستخدمت في البحث ومواصفات الأسلاك المطلية بسبيكة النحاس والقصدير.
  - 3- إختيار عوامل الربط (Bonding Agents) تتمتع بكفاءة ربط عالية مثل (فينولك تاك رزن) وستيارات الكوبلت.
  - 4- إختيار المالى المناسب من أصناف أسود الكربون وهو (N660,N326)
  - 5- زيادة نسبة المواد المنشطة مثل أكسيد الزنك لتصل إلى (8pphr) وزيادة مواد الإنضاج مثل الكبريت إلى (5pphr) والجدول رقم (1-4) يوضح نتائج قوة التلاصق والمواصفات الميكانيكية لعجنت إكساء للأنسجة والأسلاك المعدنية
- الجدول رقم (1-4) يوضح نتائج قوة التلاصق والمواصفات الميكانيكية لعجنت إكساء للأنسجة والأسلاك المعدنية

| Rubber compounds for fabrics coated |            |                                            |                   |     | Rubber compounds for steel cord coated     |                   |     |
|-------------------------------------|------------|--------------------------------------------|-------------------|-----|--------------------------------------------|-------------------|-----|
| No                                  | Properties | SMR <sub>20</sub> /<br>SBR <sub>1502</sub> | SMR <sub>20</sub> | WRT | SMR <sub>20</sub> /<br>SBR <sub>1502</sub> | SMR <sub>20</sub> | WRT |

|   |                               |           |            |            |                   |                   |                   |
|---|-------------------------------|-----------|------------|------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 1 | Strength of Adhesion (N/25mm) | 174.8     | 190        | 178.6      | 440(min) N/12.5mm | 465(min) N/12.5mm | 450(min) N/12.5mm |
| 2 | Tensile strength (Mpa)        | 13 (min)  | 17 (min)   | 12 (min)   | 12 (min)          | 15 (min)          | 14 (min)          |
| 3 | Elo.at Break (%)              | 350       | 375        | 375        | 450               | 400               | 430               |
| 4 | Mod 300 (Mpa)                 | 10 (min)  | 10 (min)   | 8 (min)    | 7 (min)           | 10 (min)          | 9 (min)           |
| 5 | Hardness (IRHD)               | (51–54)   | (58–60)    | (50–52)    | (50–55)           | (52–59)           | (50–53)           |
| 6 | Specific gravity              | 1.11–1.13 | 1.10–1.123 | 1.35–1.359 | 1.12–1.14         | 1.12-1.15         | 1.36-1.38         |
| 7 | Rebound%                      | 66        | 72         | 44         | 60                | 36                | 46                |

## 5.1 الاستنتاجات Conclusions

بعد إجراء كافة الفحوصات الضرورية لتحضير مواد مطاطية مركبة مقاومة للهب وحرارة المواد الساخنة التي ينقلها الحزام ومواد مطاطية مركبة لإكساء الطبقات النسيجية وطبقة الأسلاك المعدنية نستنتج الملاحظات الآتية:

- استناداً لنتائج الفحص الخاصة بمقاومة الهب وحرارة المنتجات الساخنة ونتائج فحص المواصفات الميكانيكية يمكن إختيار العجنة (WRT4) كعجنة خاصة بالمواد المطاطية المركبة لإنتاج الطبقات الغطائية للحزام الناقل للمنتجات الساخنة لكون مطاط البولي كلوروبرين من المواد ذات الإطفاء الذاتي وله الكفاءة في إعاقلة الهب بسبب المحتوى العالي للكلور حيث تعد من معوقات الهب الهالوجينية.
- نظراً لتحقيق عجنة (WRT) الخاصة بإكساء الطبقات النسيجية وإكساء طبقة أسلاك التقوية المعدنية المواصفات المطلوبة والمشتر إليها في نتائج الفحص يمكن إعتبارها العجنة الخاصة بالمواد المطاطية المركبة لإكساء الطبقات النسيجية وطبقة إكساء أسلاك التقوية المعدنية للحزام الناقل للمنتجات الساخنة
- استناداً لنتائج الفحص التعريية الحرارية التي أجريت يمكن استعمال مادة البوراكس مادة معيقة للهب في الأحزمة الناقلة للمنتجات الساخنة لكون هذه المادة غير سامة ولا سيما عند الإستعمال في الأجواء الساخنة فضلاً عن كونها خفيفة الوزن حيث تعد من المائات الغير عضوية وتعمل على تخفيف قوة الشد وتقليل مقاومة الإحتكاك بالنسبة لأنواع المطاط الغير قطبية والغير بلورية مثل (SBR) وبنسبة أقل لأنواع المطاط القطبية والغير بلورية مثل (NBR) ويعمل على زيادة قوة الشد ولحدود معينة لأنواع المطاط القطبي والبلوري مثل (WRT) مع إبقاء الصلادة ضمن المدى المتوسط.
- نظراً لعدم تحقيق عجنة مطاط (SBR) مواصفات التعتيق بالدرجات الحرارية العالية لذا يمكن إستخدامها في إنتاج الطبقات الغطائية للأحزمة الناقلة للمواد الإنشائية
- نظراً لتحقيق عجنة (SMR20/SBR1502) المواصفات الميكانيكية وكفاءة تلاصق جيدة لكل من الطبقات النسيجية وطبقة أسلاك التقوية المعدنية لذا يمكن إستخدامها في إكساء الطبقات النسيجية وطبقة أسلاك التقوية المعدنية الخاصة بالأحزمة الناقلة للمواد الإنشائية

- نظرا لعدم تحقيق عجنة مطاط (NBR) مواصفات مقاومة اللهب ولما هو معروف عن مقاومة المطاط للزيوت لذا يمكن إستخدامها في إنتاج الطبقات الغطائية للأحزمة الناقلة المقاومة للزيوت.
- نظرا لتحقيق عجنة (SMR20) المواصفات الميكانيكية وكفاءة تلاصق جيدة لكل من الطبقات النسيجية وطبقة أسلاك التقوية المعدنية لذا يمكن إستخدامها في إكساء الطبقات النسيجية وطبقة أسلاك التقوية المعدنية الخاصة بالأحزمة الناقلة المقاومة للزيوت.

## Recommendations

## 5.2 التوصيات

نظراً لكون الأحزمة الناقلة من المنتجات المطاطية الكبيرة والتي تحتاج إلى مصانع ذات خطوط إنتاجية متكاملة لإنتاجها ولكونها منتجات متعددة الأجزاء لا يمكن تحديد مواصفاتها بدقة إلا حين تكون ذات تركيب متكامل ومتناسق. ولذا يتطلب إجراء فحوصات عليها بعد إنتاجها.

وعليه نوصي بإجراء الفحوصات الآتية:

- 1- فحص إزالة الشحنات الكهربائية المستقرة Anti-Statics Electricity Test  
يجرى هذا الفحص وفق المواصفة (284(1975) ISO ومن شروط الفحص أن لا تتجاوز الموصلية الكهربائية للحزام ( $3 \times 10^8$  ohms).
- 2- فحص التعجيل بالتعتيق (Accelerated Aging Test)  
يتم في هذا الفحص تعريض نموذج الحزام إلى الفحوصات التالية لغرض التعجيل في تغير مواصفات قابلية الإلتهاب ومن شروط هذا الفحص أن يكون مؤشر إنتشار الحريق (Fire Propagation Index) ( $FPI \leq 7.0$ ) ولغرض التعجيل في تغير مواصفات قابلية الإلتهاب  
تعريض نماذج الأحزمة الناقلة للمنتجات الساخنة إلى الفحوصات الآتية:  
أ- الأشعة فوق البنفسجية (UV) لمدة (8hr) وبدرجة حرارة ( $50 \pm 3^\circ C$ ) وبطول موجي (313nm) وتعرضها إلى الماء لمدة أسبوعين وبنفس الدرجة ويتم الفحص وفق المواصفة ASTM G53.  
ب- تعرض النموذج إلى الإجهاد الميكانيكي وحسب المواصفة BS871.
- 3- فحص مقاومة انتشار اللهب (Flame Spread Resistance Test)  
يتم فحص مقاومة انتشار اللهب بعد تعرض نموذج الحزام لفحص التعجيل بالتعتيق والمشار إليه في الفقرة رقم (2) ووفق المواصفة BS3289.
- 4- فحص قوة القطع (Breaking Strength Test).  
يجرى هذا الفحص لنموذج حزام نوع (Flat Conveyor) وفق المواصفة ASTM D387

- وبإستخدام جهاز الشد العمودي (Verticals Tensile Machine) ذو سعة (50kN) كحد أدنى لنموذج الأبعاد القياسية
- 5- فحص فصل الطبقات (Ply-Separation Test) جهاز (Scott flexing machine) يجري هذا الفحص لنموذج الحزام القياسي المواصفة ASTM D430 وباستخدام
- 6- فحص التعجيل بالتعتيق الحراري " Thermal Accelerated Aging Test " يجري فحص التعتيق بدرجات الحرارة العالية لقياس التغير في المواصفات الفيزيائية (الصلادة، قوة الشد، مقاومة البلى الاحتكاكي، الاستطالة عند القطع) لنماذج الأحزمة في أفران تجفيف وبدرجة حرارة 150°c ولمدة يوم واحد وثلاثة أيام وسبعة أيام وحسب المواصفة ASTM D53508 .



# الفصل الأول

المقدمة والدراسات السابقة





# الفصل الثاني

الدراسة النظرية





# الفصل الثالث

الجزء العملي



# الفصل الرابع

النتائج والمناقشة

# الفصل الخامس

الاستنتاجات والتوصيات

## المصادر

# الملاحق

### قائمة الرموز

| الرمز      | الاسم الكامل للرمز                         | Meaning                                                    | وحدة القياس              |
|------------|--------------------------------------------|------------------------------------------------------------|--------------------------|
| LOI        | معامل الحد من الأوكسجين                    | (Limiting Oxygen Index)                                    | %                        |
| k          | معامل الموصلية الحرارية                    | (Thermal Conductivity)                                     | w/m .°c                  |
| $\delta$   | الذوبانية                                  | Solubility parameters                                      | $(cal/cc)^{\frac{1}{2}}$ |
| R          | الارتدادية                                 | Rebound Resilience                                         | %                        |
| ER         | معدل التعرية                               | Erosion Rate                                               | mm/see                   |
| S.A/25mm   | مقدار قوة التلاصق لكل (25mm)(عرض الشريط)   | Strength of Adhesion per 25mm(width of strap)              | N/25mm                   |
| S.A/12.5mm | مقدار قوة التلاصق لكل 12.5mm(سمك المطاط)   | Strength of Adhesion per 12.5mm(depth of Rubber)           | N/12.5mm                 |
| T          | قوة القطع لكل وحدة عرض حزام ولكل طبقة نسيج | Breaking strength per unit width of belt per ply of fabric | KN/m.ply                 |
| Mod        | معامل المرونة                              | Modulus of Elasticity                                      | (Mpa)                    |
| C.G.R      | معدل نمو التشقق                            | Crack Growth Rate                                          | mm/kcycle                |
| T.R        | مقاومة التمزق                              | Tear Resistance                                            | N/mm                     |
| T.S        | قوة الشد                                   | Tensile Strength                                           | Mpa                      |
| E.B        | الاستطالة عند القطع                        | Elongation at Break                                        | %                        |
| V.L        | الحجم المفقود                              | Volume Loss                                                | cm <sup>3</sup>          |
| H          | الصلادة                                    | Hardness                                                   | IRHD                     |
| $\rho$     | الكثافة                                    | Density                                                    | g/cm <sup>3</sup>        |

قائمة المصطلحات والمختصرات

| Symbol | Description                                        | الوصف                                       |
|--------|----------------------------------------------------|---------------------------------------------|
| ASTM   | American Society for Testing Material              | الجمعية الأمريكية لفحص المواد               |
| pphr   | Part per hundred rubber                            | جزء لكل مئة جزء مطاط                        |
| EPF    | (polyester –polyamide) fabric                      | نسيج محاك من (البولي أستر – بولي أمايد)     |
| NNF    | (Nylon-Nylon)fabric                                | نسيج محاك (نايلون-نايلون)                   |
| EPDM   | Ethylene-Propylene Diene Momonemers                | أثيلين-بروبلين ثنائي المونومير              |
| EPM    | Ethylene-propylene Monemers                        | أثيلين-بروبلين أحادي المونومير              |
| CIIR   | Chlorinated Butyl Rubber                           | مطاط البيوتيل الكلور                        |
| CR     | Chloroprene Rubber                                 | مطاط الكلوروبرين                            |
| IIR    | Butyl Rubber                                       | المطاط البيوتيلي                            |
| PVC    | Poly Venyl Chloride                                | بولي كلوريد الفانيل                         |
| MMC    | Metal Maxtrix Composite                            | مادة مركبة ذات أساس معدني                   |
| CMC    | Ceramic Maxtrix Composite                          | مادة مركبة ذات أساس سيراميكي                |
| PMC    | Polymer Maxtrix Composite                          | مادة مركبة ذات أساس بوليميري                |
| -      | ThermoSetting                                      | المواد المتصلدة بالحرارة                    |
| -      | Thermoplastic                                      | المواد المطاوعة للحرارة                     |
| MQ     | Silicon Rubber                                     | المطاط السيليكوني                           |
| GPF    | General purpose furnace                            | الكاربون المنتج بطريقة الفرن للأغراض العامة |
| ETU    | Ethylene Thiourea                                  | معجل عضوي من (الأثيلين-وثايو يوريا)         |
| TMQ    | polymerised 2,24-trimethyl-1,2-dihydroquinoline    | مادة مانعة للاكسدة                          |
| 6PPD   | N-(1,3-dimthyl butyl)-N´-phenyl-p-phynylenediamine | مادة مانعة للأوزنة                          |
| BS     | Britsh Standard                                    | المواصفة البريطانية لتقييس المواد           |
| ISO    | International Standard Organization                | المنظمة العالمية للتقييس                    |

|      |                                                |                                    |
|------|------------------------------------------------|------------------------------------|
| IRHD | International Rubber Hardness Degree           | المقياس العالمي لدرجة صلادة المطاط |
| TMTD | Tetramethylthiuram disulphide                  | معجل فكلنة                         |
| MBTS | 2,2'-dibenzothiazyl disulphide                 | معجل فكلنة                         |
| DCBS | N,N -dicyclohexyl-2-benzothiozole sulphenamide | معجل فكلنة                         |
| MBS  | 2-(Morpholiniothio) benzothiozole              | معجل فكلنة                         |
| UV   | Ultra Violet light                             | الأشعة فوق البنفسجية               |
| SMR  | Standard Malaysian Rubber                      | مطاط طبيعي ماليزي المنشأ           |

## المصادر

- 1- A. N. Gent , " **Engineering with Rubber How to Design Rubber Components** " , Hanser publisher ,Oxford University ,(1993).
- 2- W. Bolten, "**Engineering materials Technology**", 3<sup>rd</sup> edition Butter worth Heinemann BH, INC, (1998).
- 3- C. A. Harper, "**Hand book of plastics**", the MC Graw Hill, INC, (2006).
- 4- O. B abbit,Robert "**Rubber Hand book**" , R. T Vanderbilt company, INC. 30 Winfield street, Norwalk, CT, 06855,(1978).
- 5- Roulunds Korea limited, "Rubber conveyor belt", [www.roulunds.co.kr](http://www.roulunds.co.kr)
- 6- Kider and Co. pty. ltd, "**High Incline Flexibl Sisde Wall Conveyor Belt**", [www.kider.com.au](http://www.kider.com.au) , (2004).
- 7- Metso minerals, "**Trellex conveyor belts with textile reinforcement**", [www.metsominerals.com](http://www.metsominerals.com) Sweden , (2002).
- 8- C. M. Blow, "**Rubber Technology and manufacturing**", published by institute of Rubber Industry IRI, (1981).
- 9- A. Dewit,Cynthia "**Brominated flame retardants**", Swedish Environmental protection agency, (2000).
- 10- المهندس عدنان ريكان موسى، المهندس حيان عبد الغني عبد الزهرة "مبادئ التبريد والتكييف"، دار الحكمة للطباعة والنشر-الموصل (1990)
- 11- حازم فالج حسن "تحسين النوفولاك المنتج محليا ودراسة بعض خواص الحرارية والميكانيكية وقابلية مقاومته للاحتراق"، رسالة ماجستير- قسم المواد، الجامعة التكنولوجية، (2007)

- 12- أكرم عزيز محمد، "كيمياء اللدان" جامعة الموصل، (1992).
- 13- T. Roitzsch Jurgan .H "**Over view of flame Retardants**", chemical oggi/ chemistry today, volume16, January / February 1998.
- 14- **Annual Book of ASTM standard**, part28, (1971).
- 15- Thomson Corporation Company, "**XD -modified poly chloroprene grades for mining conveyor belting**", Lippincott and Peto, Inc, west Germany, June (1990).
- 16- H. H Oracek and R.G Ranbner "**Advantages of flame Retardants based on nitrogen compounds**", Degradation and stability 54 , 1996.
- 17- Edward A. Myszak, JR. and Michael T. Sobus "**flame Retardant Developments for poly propylene**" Nyacol Nano Technologies, Inc, (2000).
- 18- Heinrich Horacek and Stefan Pieh "**The Importance of Intunescent systems for fire protection of plastic Materials**", polymer International, 49, (2000).
- 19- Metso minerals, "**Trellex conveyor belts with Textile reinforcement** ", [www.metsominerels.com](http://www.metsominerels.com) , Sweden, (2001).
- Email: [minerals.info@metso.com](mailto:minerals.info@metso.com)
- 20- Metso minerals, "**Trellex Heat Resistant Conveyor Belts**" [www.metsominerals.com](http://www.metsominerals.com) Sweden ,(2002)
- Email: [minerals.info@metso.com](mailto:minerals.info@metso.com)

- 21- علي إبراهيم مسلم، "دراسة استخدام مادة اوكسيد الانتيمون الثلاثي كمادة معيقة للهب" رسالة ماجستير، كلية الهندسة/جامعة بابل. آذار 2003
- 22- علي عزيز عباس، "دراسة الخواص الحرارية والميكانيكية للمطاط المحور ومركباته"، رسالة ماجستير/الجامعة التكنولوجية 2004
- 23- kinder and CO. pty. Ltd, "**High Incline Flexible Side Wall Conveyor Belts**", [www.kinder.com.au](http://www.kinder.com.au), Victoria, Australia, (2004).
- 24- MSHA , "**Appendix w-conveyor Belt flame Resistance Testing**" , [www.msha.gov/FATALS /2006/Aracoma/Appendix](http://www.msha.gov/FATALS /2006/Aracoma/Appendix).
- 25- Liming Yuan and Charless D. Littton, "**Experimental study of flame spread on conveyor belts in small-scale Tunnel**", [www.cdc.gov/niosh/mining](http://www.cdc.gov/niosh/mining) National Institute for Occupational Safety and Health, Pittsburgh, PA 1523, VSA .
- 26- Neil and Christine, "**Conveyor Belts Equipment from kinder and go**", No.1 website (hitwise 2007), [www.perret.com.an/c/kinder-company/conveyor-belts-equipment-from-kinder-co-p](http://www.perret.com.an/c/kinder-company/conveyor-belts-equipment-from-kinder-co-p) 15350
- 27- G . Platti, "**Advance in composite materials**" Applied Science publishers Ltd , Delhi , (1978).
- 28- S. L. Kakani , "**Material Science**", 1<sup>st</sup> edition , Age International publish, Ltd , London , (2004).
- 29- K. K. C Hawla, "**composite materials**", springer Nether Land Inc New York , (1987).
- 30- W . D Callister, " **material Science and Engineering**", 6<sup>th</sup> edition- University of Utah , John Wiley and sons-Inc (2003).
- 31- R.P . Sheldon, "**composite polymeric material**", school of material Science publishing, London, (1982)

- 32- علي هوبي حليم "تحسين خواص المواد اللدائنية المقساة" رسالة ماجستير , جامعة بابل , (1999)
- 33- Martin Grayson, "**Encyclopedia of composite materials and component**", (1983).
- 34- F.W . Billmeyer , "**Text book of polymer Science**", wiley, Inc, New York, (1971).
- 35- زيد عاصم اسماعيل "دراسة الخواص الفيزيائية لخلائط بوليميرية مدعمة" رسالة ماجستير , الجامعة المستنصرية , (2004 )
- 36- D. R. Paul and S. Newman, "**Polymer Blends**", vol. I, Academic press, Inc, New York, (1978)
- 37- L. R. G. Treloar , "**The physics of Rubber Elasticity**", 3<sup>rd</sup> edition, Clarendon press , Inc , oxford , (1975).
- 38- M. Morton , "**Rubber Technology**", van nestrand Reinhold, New York , (1973).
- 39- [www.britanica.com](http://www.britanica.com) , " **Elastomer** " , Encyclopedia Britannica , (2007) .
- 40- M. Tatum , " **what is styrene butadiene Rubber** " , conjecture corporation , [www.wisexGEEK.com](http://www.wisexGEEK.com) , (2007).
- 41- D. C. Blckley , " **High polymer Lattices** " vol. 1 and 2 , palrnerton publishing company , Inc , New York , (1996) .
- 42- [www.britanica.com](http://www.britanica.com) , " **Rubber** " , Encyclopedia Britannica ,(2007).
- 43- S. Soltani ,F. Abbasi , "**Effect of carbon Black type on Viscousheating, heat buildup, and relaxation Behavior of SBR compounds**", Iranian polymer journal, vol.14, no.8, p.745 – 751,

- (2005).
- 44- H. J. Fabris , I. G. H. Argis , " **Tire tread compositions of Isoprene, styrene, butadiene Emulsion polymers with 1,4 cis-polyisoprene Rubber** ", V.S patent 5294663, [www.freepatentsonline.com](http://www.freepatentsonline.com) ,(1994).
- 45- T. Saito , " **Determination of styrene butadiene and Isoprene Tire Tread Rubbers implied particulate matter** " , Kanagawa institute of Technology, Japan, (2007) .
- 46- **W. Hwadell** , " A review isobutylene-Based Elastomer used in Automotive Applications", **Rubber world, the free library by forlex** , (1999).
- 47- [www.InternationalInstituteofSyntheticRubberproducer.com](http://www.InternationalInstituteofSyntheticRubberproducer.com) "Emulsion styrene butadiene rubber (E-SBR)-history, development and applications of styrene butadiene rubber", mid- mountain materials, Inc, (2007).
- 48- James Walker and Colted " **High performance Elastomers**", [www.Jameswallker.biz](http://www.Jameswallker.biz) , Registered office, surrey GU 22 8Ap, Vk Reg No 2432592 England, (2006).
- 49- [www.azom.com](http://www.azom.com) , " **Natural Rubber-History and Development in the natural Rubber Industry**", (2008).
- 50- [www.standard-Gasget.com](http://www.standard-Gasget.com) , " **production and Development of Elastomer**", metro Industries, Inc, (2005).
- 51- [www.britannica.com](http://www.britannica.com), " **Elastomer-production of Elastomer**", Encyclopedia Britannica, (2005).
- 52- James E. Mark , Department of chemistry of Cincinnati and

- Burak Erman -Dep of Chemical and Biological. Eng.koc University, Frederick R.E irinch, polytechnic University, Brooklyn, NY, **"The Science and Technology of Rubber"**, 3<sup>rd</sup> edition, elesvier Academic press.
- 53- W. D. Callister , " **Materials Science and Engineering**", 6<sup>th</sup> edition, University of Utah, John Wiley and sons-Inc, (2003).
- 54- B. George and W. H. Waddell , " **Strengthening Mechanism of Particulate Compsites**", Institute of plastics Journal IP, Inc, (2000).
- 55- D. Parkinson , " **The Reinforcement of Rubber by Carbon Black**" , Research center, Dunlop Rubber Go. L td, Birmingham, (1951).
- 56- Mayu Si, and T. Koga , " **Effect of Carbon Black on Elastomer Blends**", polymer at Engineered Interface, published by Garica mrsec, Austin, (2003).
- 57- [www.columbianchemicals.com/portals](http://www.columbianchemicals.com/portals) , " **Rubber Carbon Black**" , (2006).
- 58- ASTM D1795-04, " **Standard Classification System for Carbon Black used in Rubber products**", (2004).
- 59- ASTM D3053-04 , " **Standard Terminology Relating to Carbon Black** ", (2004).
- 60- R . B . Spacht and Co-workers , " **Rubber Chemical technology**" , 37,( 1) , 210 (Jan-march 1964).
- 61- [www.GOLAITA.com](http://www.GOLAITA.com) , " **Cure System and Carbon Black Effects on NR compound performance in Truck Tires** " , Rubber world, (2007).

- 62- G. Agostini , and T. Edam, " **Rubber Composition and Tire Having Tread there of** ", U.S. panent 6172137, (2001).
- 63- N. G. Mccrum , et, al " **principle of polymer Engineering** ", edition John Wiley and son , New York (1992).
- 64- <http://www.bolton.ac.uk/CODATE/SPGuide> to composites ,"**SP Guide to Composites Book** ",Published at the Web-Site, Antonio.Licciulli.Unile.It,(2002).
- 65- A. G. Stevenson , in " **Vulcanization of Elestomer** " , (G- Allige and I. J. sjothum.eds) p271 , Rheinhold , New York , (1964).
- 66- Fredrick R .EIRICH , " **Science and Technology of Rubber** " ACADEMIC PRESS-New York , San Francisco , London , (1978).
- 67- W. H. Fmann, " **Vulcanization and Vulcanizing Agents** " , Maclaren and sons Ltd , London , (1967).
- 68- European flame Retardants Association (EFRA) , " **flame Retardant fact sheet: Antimony Trioxide (sb203)** " , <http://www.cefic-efra.org/objects> , Jan (2006).
- 69- Ampacet Company , " **Introganic flame Retardants** " , [www.ampcet.com](http://www.ampcet.com) ,(2002).
- 70- Danish Environmental Protection Agency , " **Brominated flame Retardants** " , Environmental project no 494 , (1999).
- 71- [www.galleries.com/minerals/carbonat/borax/borax.htm](http://www.galleries.com/minerals/carbonat/borax/borax.htm) ," **Borax (hydrated sodium borate)** " , Amethyst Galleries ,Inc (2009).
- 72- Staft -the Science Company , " **Creating flame colors** " , <http://www.sciencecompany.com/scexpre/flamecolor.htm>,  
Retrevedon November 30(2008).

- 73- The free Encyclopedia , " **Borax-wikipedia** ",  
<http://enowikipedia.org/wiki/Borax,Wikimediafoundation,Inc>.  
(2009) .
- 74- Parratore, Phil. Wacky science " **Acook book for Elementary Teachers**", Dubuque, Iaikendall Hunt . p .26 , ISB No 787227412
- 75- D. E. C. Corbridge , " **phosphorus An out line of Its Chemistry Biochemistry and Technology** ", 2<sup>nd</sup> edition , Elserier Company .(1980).
- 76- **Annual Book of ASTM Standard** , vol (09), (01) ,(1988).
- 77- M. N. Hamza " **Analysis of large Strain and Time Depedant of Elastomeric material under monotonic and cyelic Loading** " ph. D the Mech. Eng, University of Baghdad, Baghdad- Iraq , (2007)
- 78- F. R . Erich " **Science and Technology Hand bank** " , MC Graow Hill Co, Inc , (2000).
- 79- M. Andrew, and K .Chawla , " **Mechanical behavior of material**" Prentice Hall , New jersey , (1999) .
- 80- **Annual book of ASTM Standard** vol.(09).(01).(2006).
- 81- J.J-Bushfield, h.L iang and Y.fukahori, "**Abrasion of Elastomer Materials**", material department research Queen marry, University of London, [www.materials.gmul.acuk/rubber](http://www.materials.gmul.acuk/rubber) ,(2007).
- 82- **Annual Book of ASTM Standard**, D5963, p544, (1999).
- 83- HamidA.f, " **Preparation and Modling of High Temperature Ablative Composites as Heat Insulators in Rocket Nozzles**", PH.D. thesis, university technology, chemical engineering department,

- (2002).
- 84- J.R.Beatty, "**Rubber Chemical Technology**", 42,1041, (1969).
- 85- P.E.Hurley, "**Adhesion Age**", Feb, (1981).
- 86- Dunlop International Technology Limited, "**Dunlop Raw Material Specification Compound and Solution Ingredients**", manual1, vol.1, section 1.2, (1989).
- 87- [www.plasticrubbermachines.com/product](http://www.plasticrubbermachines.com/product), "**Rubber Processing Machinery**", Plastic & Rubber Machinery Market Place, Santec India Co, (2008).
- 88- S.W.N ewell, J-portor, H.I.Jacobs, "**Rubber Chemical Technology**", 50, 1099, (1977).
- 89- M.G.P eakman, "**Rubber Vulcanization**", Publish by Journal of Institute of Rubber Industry IRI, p35, (1970).
- 90- C.M.Blow, "**Rubber Technology and Manufacturing**", Published by Butter Worths, London, (1977).
- 91- E.P.Degramo, J.T.Black and R.A.Kolser "**Materials and Processing in Manufacturing**", Eighth edition John wiley and Son, (1999).
- 92- لميس علي خلف "دراسة الخصائص الميكانيكية والفيزيائية لمركبات البولي استر الغير مشبعة والمدعمة باللياف الزجاج واللياف النايلون", رسالة ماجستير، قسم هندسة المواد، الجامعة التكنولوجية (2006).
- 93- Annual Book of ASTM Standards vol.15.03,(2003),  
[www.astm.org/Bookstore/Bos/Tocs-2003/15.03](http://www.astm.org/Bookstore/Bos/Tocs-2003/15.03)
- 94- -F.C.campbell , "Manufacturing Processes For Advanced

Composites" ,Published by Elsevier Advanced Technology ,the  
Boulevard Langford Lane,Kidlington,Oxford OX5 IGB,UK.(2004).