



وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة بابل
كلية الهندسة

تصميم وتصنيع عذبات رولات سحب القماش من مادة مطاطية مركبة

رسالة مقدمة إلى كلية الهندسة بجامعة بابل كجزء من
متطلبات نيل درجة ماجستير في هندسة المواد

من قبل المهندس
مهند خشان ظليم

بإشراف

الدكتور فاضل محمد حسون

الدكتور محمد حمزة المعموري

تشرين الأول 2007

شوال 1428 هـ

م



الإهداء

إلى نبع الحنان ...

والدائي

إلى سندي ...

إخوتي الأعزاء

إلى رفيقة دربي ...

زوجتي

إلى فلذة كبدي...

حسنين

مهنا

شكر وتقدير

الحمد لله رب العالمين ، المتفضل علينا بالهداية والعناية والتمكين ، والمنعم على عباده بكل خير وسعادة ليكونوا صالحين ، من توكل عليه كفاه وحفظه من كيد الشياطين ، ومن تنكب عن صراطه فهو من المخذولين .

والصلاة والسلام على المبعوث رحمة للعالمين ، ناصر المستضعفين والمظلومين وحبیب المساكين الذين امنوا بالله رغبة فيما أعده سبحانه لعباده الصادقين .. وعلى اله الطيبين الطاهرين ، الذين أعلا الله مقامهم على سائر المخلوقين ، ليكونوا قدوة العارفين ، ومنار الهدى وسفينة النجاة التي من تخلف عنها كان من الهالكين .

يسرني وقد أنهيت إعداد رسالتي أن أسجل فائق شكري وتقديري إلى الدكتور محمد حمزة المعموري و الدكتور فاضل محمد حسون لما بذلاه من جهود علمية وأراء وتوجيهات سديدة كان لها الفضل في انجاز البحث .

كما أتقدم بالشكر إلى جميع العاملين في المختبرات المركزية وشعبة البحث والتطوير في الشركة العامة لصناعة الإطارات في النجف الاشرف لتوفيرهم كافة مستلزمات إكمال البحث .

ويسرني أن أتقدم بالشكر إلى إدارة قسم هندسة المواد والى العاملين في مختبرات القسم لإسهامهم في إكمال البحث .

ولا يفوتني أن أقدم شكري وتقديري إلى أخي مهندس الحاسبات امجد خشان ظليم والمهندس مهدي علي حسين لجهودهما في إظهار البحث بالشكل النهائي .

الخلاصة

ان فكرة هذا البحث هي تحضير ودراسة مادة مطاطية مركبة لتصنيع رولات سحب القماش في قسم التكملة في معمل نسيج الحله .

حضرت عينة من مطاط النتريل مع المفلكنات والمعجنات ثم طورت بتقويتها بالنوفولاك ، السيليكا ، الكاربون ودرست خواصها الميكانيكية وتم مقارنتها مع الخواص المطلوبة قي المنتج . تقنية التقوية للمادة المركبة من المطاط الاساس (NBR) ومادة الثرموسيت (النوفولاك) كانت كما يأتي :

1. استخدم مطاط الNBR بنسبة (50-100)% كماده اساس .
2. اضيف النوفولاك بنسبة (0-50)% لاعطائه صفة ميكانيكية وحرارية جيدة للمادة المطاطية المركبة المنتجة الصلدة في رولة سحب القماش وعند نسبة 30% كانت قيم الخواص مثل الصلادة وقوة الشد هي 75.25IRHD , 10.787Mpa على التوالي.
3. اضيف مسحوق السيليكا بحجم 35 µm الى العجنة اعلاه في فقرة (2) بنسب وزنية متوئيه من (0-60)% وقد اظهرت نسبة 50% تعطي افضل النتائج حيث كانت خواص الصلادة والصدمة والاحتكاك (الوزن المفقود) و قوة الشد هي IRHD 92.5 , 14.35 R% , 0.039 gm , 14.566 Mpa على التوالي .
4. تم اضافة نسبة الكاربون نوع N 330 على حساب نسبة السيليكا بموازنة قدرها 50% (نسبة من الكاربون + نسبة من السيليكا) وتم الحصول على افضل الصفات الميكانيكية عند نسبة (0%سيليكا +50% اسود الكاربون) حيث كانت الخواص الصلادة وقوة الشد والصدمة والاحتكاك افضل ما يمكن وكما يلي IRHD 100 , 22.865 Mpa , 18.1 R% , 0.003 gm والتي تتفوق على مواصفات المنتج المطلوب .

تم اجراء الفحوصات على جميع انواع العجنات المحضرة وقد تم اختيار العجنة النهائية طبقا الى الصفات الميكانيكية والفيزيائية المطلوبة في معمل نسيج الحلة .

الرموز والمصطلحات

PMCs	Polymer Matrix Composite	مادة مركبة ذات أساس من البوليمر
RMCs	Rubber Matrix Composite	مادة مركبة ذات أساس من المطاط
CMCs	Ceramic Matrix Composite	مادة مركبة ذات أساس من السيراميك
MMCs	Metal Matrix Composite	مادة مركبة ذات أساس من المعدن
NR	Natural Rubber	مطاط طبيعي
NBR	Acrylonitrile Butadiene Rubber	مطاط الاكريلونتريل بيوتادين (مطاط النتريل)
SBR	Styrene Butadiene Rubber	مطاط ستايرين بيوتادين
SR	Synthetic Rubber	مطاط صناعي
pphr	Per part hundred Rubber	الدرجة الوزنية لكل مادة بقيمة الجزء لكل مئة جزء من المطاط
HMT	Hexamethelne tetramine	هكسامثلين تترامين
BR	Butadiene Rubber	مطاط البيوتادين
TMTD	Tetramethyl Thuram Monosulfide	تترامثيل ثيورام مونوسلفايت
Tg	Glass Transition Temperature	درجة التحول الزجاجي
MU	Moony Unit	وحدة اللزوجة (موني)
ASTM	American Society for Testing Material	الجمعية الامريكية لفحص المواد
mfp	Mean Free Path	معدل المسار الحر
G	Mechanical Properties	الخصائص الميكانيكية
E	modulus of Elasticity	معامل المرونة

المحتويات

الصفحة	الموضوع
Introduction الفصل الاول : المقدمة	
1	1-1 مقدمة عن المواد المركبة
1	2-1 المواد المركبة التي اساسها من البوليمر (PMCs)
2	3-1 مقدمة عن رولات سحب القماش في قسم التكملة في معمل نسيج الحلة
3	4-1 المواصفات القياسية لرولات سحب القماش في قسم التكملة في معمل نسيج الحلة
3	5-1 خطة البحث
5	6-1 الدراسات السابقة
8	7-1 هدف البحث
Theoretical Part الفصل الثاني : الجزء النظري	
9	1-2 تمهيد
11	2-2 البوليمر
11	1-2-2 اصناف البوليمر
12	1-1-2-2 الثرموبلاستيك
13	2-1-2-2 الثرموسيت
14	3-1-2-2 الاستوميرات
15	3-2 نبذة تاريخية عن المطاط
16	1-3-2 المطاط الطبيعي
17	2-3-2 المطاط الصناعي
17	4-2 مطاط النتريل (NBR)
17	1-4-2 النتريل البارد
18	2-4-2 النتريل الحار
18	3-4-2 النتريل الكاربوكسيلي (XNBR)
18	4-4-2 النتريل المقاوم للاكسدة
19	5-2 الفلكنة

21	1-5-2 بعض العوامل الفيزيائية لعملية الفلكنة
22	6-2 المادة الراتنجية النوفولاك
23	1-6-2 استخدامات النوفولاك
24	7-2 المواد المقوية
24	8-2 تقوية المطاط
25	1-8-2 اسود الكربون
27	1-1-8-2 العوامل التي تحدد تأثير اسود الكربون
28	2-8-2 السيليكا
38	9-2 مبدا التقوية بالحبيبات (الجسيمات)
28	1-9-2 التقوية بالتشتيت (الانتشار)
29	2-9-2 التقوية بالجسيمات
30	10-2 مكونات العجنة
36	11-2 الخصائص الميكانيكية
36	1-11-2 معامل المرونة
38	2-11-2 مقاومة الصدمة والرجوعيه
39	3-11-2 الصلادة
40	4-11-2 التلاشق
41	5-11-2 انحلال المطاط
41	6-11-2 مقاومة الاحتكاك
الفصل الثالث : الجزء العملي Experimental Part	
42	1-3 المقدمة
42	2-3 المواصفات القياسية لرولات سحب القماش
43	3-3 العجنة الرئيسية رقم (1)
45	4-3 العجنة الرئيسية رقم (2)
46	5-3 تحديد كمية المواد المقوية
47	6-3 الاختبارات
47	1-6-3 تهيئة القوالب
47	1-1-6-3 قالب فحص الصلادة والصدمة والوزن النوعي

48	2-1-6-3 قالب عينات فحص الشد والاستطالة ومعامل المرونة
48	3-1-6-3 قالب الالتصاق
49	2-6-3 تقنية تحضير العينات
49	3-6-3 تحضير عينات الاختبارات الميكانيكية
49	1-3-6-3 عينات فحص الصلادة والكثافة والصدمة
50	2-3-6-3 تحضير عينات الشد والاستطالة ومعامل المرونة
51	3-3-6-3 تحضير عينات الالتصاق
53	7-3 اجهزة الاختبار
53	1-7-3 جهاز قياس الانسيابية
55	2-7-3 جهاز فحص الوزن النوعي
56	3-7-3 جهاز فحص الصلادة
57	4-7-3 جهاز فحص الشد والاستطالة ومعامل المرونة
58	5-7-3 جهاز فحص الرجوعية
59	6-7-3 جهاز فحص الالتصاق
59	7-7-3 فحص الانتفاخ
59	8-7-3 فحص البلى (wear)
Results & Discussion الفصل الرابع : النتائج و المناقشة	
61	1-4 المقدمة
62	2-4 تأثير اضافة النوفولاك على العجنة الرئيسية رقم (1)
63	1-2-4 تأثير اضافة النوفولاك على الخواص الفزيوكيميائية
67	2-2-4 تأثير اضافة النوفولاك على الخواص الميكانيكية
70	3-4 تأثير اضافة السيليكا على العجنة التي نسبة النوفولاك فيها 30%
70	1-3-4 تأثير اضافة السيليكا على الخصائص الفزيوكيميائية
74	2-3-4 تأثير اضافة السيليكا على الخصائص الميكانيكية
81	4-4 تأثير اضافة اسود الكربون على العجنة المحتوية على 50% سيليكات
82	1-4-4 تأثير اضافة اسود الكربون على الخصائص الفزيوكيميائية
86	2-4-4 تأثير اضافة اسود الكربون على الخصائص الميكانيكية
الفصل الخامس : الاستنتاجات والتوصيات والمصادر	

Conclusion & Recommendation & Reference	
93	1-5 الاستنتاجات
93	2-5 التوصيات
94	المصادر

الفصل الأول

المقدمة



1-1 مقدمة عن المواد المركبة

المواد المركبة تتركب من مادتين أو أكثر للحصول على مادة ذات صفات مختلفة عن المادتين إحدى المواد تكون مادة أساس وهي بالغالب المادة المراد تقويتها و المادة الأخرى تعتبر مادة التقوية.

منذ سنة 1960 بدأ التزايد في الاحتياج إلى مادة تمتلك مواصفات المقاومة العالية وكذلك الجساءة و خفة الوزن في نفس الوقت كما في مجال الفضاء و النقل للحصول على مثل هذه المواد يتطلب ذلك إلى بذل جهد في البحث بصورة واسعة في مجال المواد المركبة عن طريق دراسة خواص المواد و معرفة مدى ترابطها مع بعضها ونسب إضافتها وهذا بدوره أدى إلى ظهور أنواع من المواد المركبة [1,2].

أنواع المواد المركبة هي :

- 1- مادة مركبة ذات أساس من البوليمر (PMCs)
 - 2- مادة مركبة ذات أساس من السيراميك (CMCs)
 - 3- مادة مركبة ذات أساس من المعادن (MMCs)
 - 4- مادة مركبة من الكربون -الكربون (CCCs)
- وفي بحثنا سوف نناقش المواد المركبة ذات الأساس البوليمري الذي يتضمن المطاط كمادة أساس (RMCs)
- وهناك ثلاثة أنواع من أنظمة التقوية للبوليمر و هي التقوية بالجسيمات (Particular) الألياف القصيرة (Short fiber) و الألياف المستمرة (Continuous fiber) [1,2].

1-2 المواد المركبة التي أساسها من البوليمر (PMCs)

هي واحدة من المواد المركبة الشائعة حيث إن البوليمر يعتبر كمادة أساس لكي تحوي الألياف (المادة المقوية) التي ممكن إن تكون من الزجاج أو الكربون . أما المادة الأساس ممكن أن تكون ثرموست ، ثرموبلاستيك ، إلاستومر [3,4].

بصورة عامة تصنيع المواد المركبة التي أساسها من البوليمر يتضمن خلط البوليمر مع المادة المقوية ثم التشكيل ثم التسخين المسيطر عليه و حسب نوع المادة ثم التبريد. تقنية تصنيع المواد المركبة ذات أساس بوليمر تم الاستفادة منها في تطبيقات الفضاء و التطبيقات العسكرية [3,4] .

إن المرونة العالية للمطاط تعتبر صفة مهمة في التطبيقات الصناعية كما في مساند المحركات في السيارات وكذلك إن المطاط بجميع أنواعه يمكن استخدامه في امتصاص الصدمة ، أيضا هناك استخدام واسع في الصناعات النسيجية خاصة رولات سحب القماش [5-8] .

3-1 مقدمة عن رولات سحب القماش في قسم التكملة في معمل نسيج الحلة


إن الظروف التي عانى منها البلد من حصار اقتصادي أدت إلى شحه قطع الغيار الأصلية مما أدى إلى البحث لإيجاد البدائل لتحل محل القطع الأصلية . معمل نسيج الحلة واحد من أقدم المعامل في العراق وهو أيضا يعاني من نقص في المعدات ، و رولات سحب القماش هي واحدة من الأجزاء الاستهلاكية التي تحتاج إلى تبديل بين مدة وأخرى .

قامت إدارة المعمل بالتعاقد مع عدد من الشركات الأهلية لإنتاج هذه الرولات و كانت النتيجة هي فشل الرولات بعد أيام معدودة من الاستخدام . وفي بحثنا هذا تم دراسة الظروف التي تعمل بها الرولات واقتراح عجناات ممكن أن تكون ملائمة للعمل تحت هذه الظروف .

4-1 المواصفات القياسية لرولات سحب القماش في قسم التكملة في معمل

نسيج الحلة

- 1 – أن تكون الرولة من الفولاذ مكسيه بالمطاط .
- 2 – طول الرولة 1333 ملم .
- 3 – قطر الرولة بعد اكسائها بالمطاط (القطر النهائي) لا يقل عن 254 ملم .
- 4 – سمك طبقة المطاط 25 ملم .
- 5 – صلادة المطاط 90 I.R.H.D. فما فوق .
- 6 – حماية جوانب الرولة بالمطاط (للحفاظ على القضيبي الفولاذي من التآكل)
- 7 – يجب أن يكون المطاط مقاوماً للمحاليل المستخدمة في المعمل و المتكونة من المواد الآتية :

أ – المنظف (سلفونات الصوديوم) $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{10}\text{CH}_2$  SO_3Na بتركيز 10gm/L .

ب – الكوستك NaOH بتركيز 10gm/L .

ج – بيروكسيد الهيدروجين H_2O_2 30% بتركيز 20 gm/L .

د – سيليكات الصوديوم Na_2SiO_3 (منظف قاعدي) بتركيز 10 gm/L .

1-5 خطة البحث

لتحسين أو للحصول على رولات ملائمة للاستخدام في الشركة العامة للصناعات النسيجية / معمل نسيج الحلة التي تتوافر فيها شروط المراد توفرها من قبل الباحثين في المعمل تم دراسة الخصائص الميكانيكية للمطاط تحت تأثير العوامل المختلفة وكما يلي

1. اختيار المطاط المناسب عن طريق البحث في الخصائص العامة لأنواع المطاط . بعد ذلك تم اختيار مطاط أنتريل (NBR) الذي يكون محتواه من الأكريلونتريل 39% الذي يكون مقاوم للحرارة والدهون والانتفاخ كذلك يكون كمادة أساس جيدة في مجال المواد المركبة مع المواد التي سوف نضيفها في هذا البحث مثل النوفولاك والسليكا .
2. دراسة تأثير إضافة النوفولاك على مطاط النتريل من الناحية الميكانيكية و الخصائص الفيزيائية وكانت نسبة إضافة النوفولاك بين (0-50)% .

3. دراسة تأثير إضافة السليكا على العجنة المكونة من مطاط النتريل والنوفولاك من الناحية الميكانيكية و الخصائص الفيزيائية وكانت نسبة إضافة السليكا بين (0-60) % .

4. كذلك تم دراسة تأثير إضافة الكاربون من الناحية الميكانيكية و الخصائص الفيزيائية .

5. بعد الانتهاء من كافة الفحوصات يتم اختيار العجنة التي تعطي مواصفات مطابقة للمواصفات المطلوبة من قبل شركة النسيج العامة .

6-1 الدراسات السابقة

1. (Sunity and Shadhank (1982)

في هذا البحث تم دراسة معاملة مطاط النتريل الكربوكسيلي (XNBR) مع راتنج الايبوكسي مع إضافة مواد مألئة مختلفة . تم ملاحظة ان 7.5 pphr من Part per Hundred Rubber يعطي ربط بين الخواص (جمع بين الخواص) . الى ابعد من ذلك فان هذا البحث درس كمية إضافة اسود الكربون و السيليكا و الطين ، ونتيجة هذه الدراسة بينت ان السيليكا واسود الكربون أعطت نتائج جيدة كمادة مقوية أما الطين فلم يعطي خصائص المادة المقوية [9] .

2. Natchimuthu and Radhakrishnam (1944)

في هذا البحث تم دراسة خصائص الفلكنة و الخواص الميكانيكية لمطاط النتريل الذي يتم تقويته بقطع من جلد مدبوغ (مطحون) ، أيضا استخدم في هذا البحث بيكاربونات الصوديوم والامونيا حيث لوحظ تحسن في خصائص الفلكنة [10] .

3. موجد الحاتمي (1999)

قام الباحث بدراسة تأثير إضافة اسود الكربون (pphr) إلى المطاط على أداء إطار السيارات . كانت النتيجة حدث تحسين في الأداء عند

1. 70 pphr من اسود الكربون نوع N330

2. 68 pphr من اسود الكربون نوع N375

3. 65 pphr من اسود الكربون نوع N339 [11]

4. جاسم (2000)

قام الباحث بدراسة قوة التصاق الأسلاك النحاسية والفولاذية مع المطاط الطبيعي وتأثير سمك الطلاء لهذه الأسلاك على الالتصاق . حيث وجد إن قوة الالتصاق للأسلاك المطلية بالنحاس اقوي بكثير من الأسلاك غير المطلية بالنحاس [12] .

5. حنفي (2001)

قام الباحث بدراسة الخواص الميكانيكية لمطاط النتريل والمطاط الطبيعي .

تم مزج مطاط النتريل مع SMR (احد أنواع المطاط الطبيعي) ، أيضا مزج مطاط النتريل مع ENR50 (احد أنواع المطاط الطبيعي) .

كانت النتيجة زيادة في زمن النضوج Scorch Time وزمن المعاملة Cure Time أيضا زيادة في العزم (العزم لتدوير العجينة في جهاز فحص الانسيابية) وزيادة في اللزوجة [13] .

6. ألاء الزبيدي (2002)

قامت الباحثة بدراسة تأثير درجة الحرارة والرطوبة والأشعة فوق البنفسجية على خواص المطاط الطبيعي (نوع SMR20) والمطاط الصناعي (نوع SBR150) ، حيث ان عينات المطاط الطبيعي والصناعي تم تعريضها إلى مدى من درجات الحرارة (40 – 80) درجة مئوية ولمدة (2 -30) يوم ، أيضا تعريض العينات إلى الأشعة الفوف البنفسجية والى الرطوبة ، الغاية من ذلك لمقارنة الخواص الميكانيكية والفيزيائية للعينات المعرضة وغير المعرضة لهذه الظروف [14] .

7. حيدر غازي (2002)

قام الباحث بدراسة تأثير إضافة أوزان مختلفة من ستيرات الكوبلت على قوة الالتصاق بين المطاط والأسلاك ، أيضا دراسة تأثير عوامل مختلفة على قوة الالتصاق و عملية الفلكنة مثل درجة الحرارة وزمن الفلكنة [15] .

8. Kim and Jeony (2005)

في هذا العمل تم دراسة الخواص الميكانيكية (بالخصوص مقاومة الكلال و الكسر وتحسين التركيب السطحي) للمطاط الطبيعي مع أنواع مختلفة من الكربون [16] .

9. Joseph (2001)

درس تأثير الانحلال الحراري الذي يحدث من التغيرات الكيميائية للفلكنة كدالة إلى الزمن في درجات الحرارة المختلفة . وكانت العلاقة بين التركيبات الكيميائية للفلكنة نتيجة للانحلال الحراري و كذلك الخواص الديناميكية و الستاتيكية تحسنت وهذه العلاقة تعطي انطباع عن خصائص ميكانيكية الفلكنة بعد التقادم الحراري و الزمني و لوحظ ان الخواص الميكانيكية تعدل مع إضافة نسبة من البولي سلفيد ، بشكل عام البولي سلفيد يعطي زيادة في التشابك أي زيادة في الخواص الميكانيكية [17] .

10. الجنابي (2004)

قام الباحث بإضافة النوفولاك إلى مطاط النتريل لتحسين عزله الحراري ، لاحظ أيضا تحسين الصلادة ومقاومة الشد وذلك لحدوث تشابك بين النوفولاك والمطاط [18] .

11. موجد الحاتمي رسالة دكتوراه (2007)

استخدم الباحث مجموعة من العجنات المطاطية (SBR/NR) و (EPDM / NR) و ذلك لزيادة الاستقرار الحراري و مقاومة الاحتكاك باستخدام عدة أنواع من الكربون وكان أفضلها N330 Carbon [19] .

12. محمد المعموري (2005)

قام الباحث بدراسة وتحضير مادة مطاطية مركبة لتصنيع مساند المحركات للسيارات حيث استخدم الباحث مطاط النتريل ومادة النوفولاك مع إضافة الكربون والسيليكا أيضا استخدم ألياف النايلون كمادة مقوية . كانت النتائج مطابقة إلى النتائج المتوافرة في المنتج الياباني المصنع من قبل شركة اوساكا [20] .

7-1 هدف البحث

يهدف البحث إلى دراسة عجنة مطاطية يتم اختيارها وفقا لخصائص أنواع المطاط التي تتلاءم مع ظروف عمل رولات سحب القماش والمطلوبة في معمل النسيج الناعم في الحلة أيضا يهدف البحث إلى إنتاج هذه العجنات بكلفة اقل وبخواص جيدة لإنتاج رولات مطاطية على وفق الظروف القياسية التي مر ذكرها

الفصل الثاني

الجزء النظري

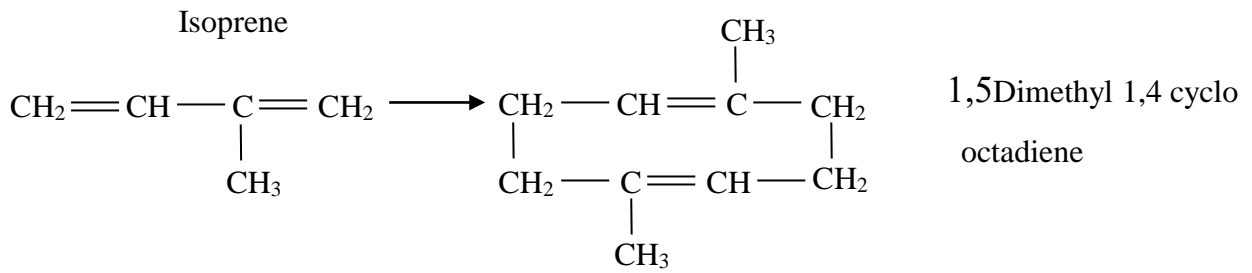


1-2 تمهيد

اعتقد ان القارئ لهذا الرسالة يجب ان يكون على معرفة مسبقة بالتقدم الذي حدث ومازال يحدث في مجال دراسات وأبحاث وتطبيقات البوليمرات وهذا التقدم هو الذي جعل البوليمرات علما واسعا قائما بذاته اسمه علم البوليمرات Polymer Science ودراسة هذا العلم لا تعتمد على دراسة علم الكيمياء بفروعه المختلفة فقط ولكن يدخل في دراسته كذلك علوم أخرى مثل الفيزياء والأحياء والهندسة .

يعتبر علم البوليمرات احد العلوم الكيميائية الحديثة حيث ان تركيب الجزيئات العملاقة والتي سميت بالبوليمرات Polymers لم يعرف بالتحديد إلا بعد عام 1920 كان الاعتقاد السائد قديما في تلك المرحلة ان هذه المواد المعقدة تتركب من تجمع عدد كبير جدا من جزيئات بسيطة في صورته مركبات متجمعة ترتبط فيها الجزيئات البسيطة بروابط الجذب الثانوية واقترح ان حجم هذه المركبات المتجمعة تصل إلى حجم الجسيمات الغروية Colloidal Particles فمثلا ، ونتيجة للنجاح في عزل مركب الايزوبرين Isoprene من تقطير المطاط الطبيعي عام 1860 فقد اعتقد ان المطاط الطبيعي يتكون من تجمعات من مركب الايزوبرين أما في وحدات مفتوحة أو حلقية . والوحدات الحلقية التي اقترحت تتكون من جزيئين من الايزوبرين في حلقة المركب

الآتي : [21]



وظلت فكرة المركبات المتجمعة سائدة حتى بعد ان قام العالمان راؤولت Rault عام 1884، و فانت هوف Vant Hoff عام 1887 بقياس الأوزان الجزيئية للمطاط الطبيعي (بتطبيق قانون راؤولت للمحاليل) ووجد إنها تتراوح من 10000 إلى 40000 ولم يتقبل العلماء في ذلك الوقت فكرة إمكانية وجود مثل هذه الأوزان الجزيئية الكبيرة

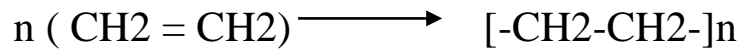
واعتبروا إنها أوزان غير صحيحة وفسروا ذلك إن قانون راؤولت لا ينطبق على حالات المحاليل الغروية [21,22] .

وظل الوضع كما هو حتى جاء العالم هيرمان ستاودنجر Herman Staudinger عام 1920 وسمى هذه المركبات بالجزئيات العملاقة واقترح ان هذه الجزئيات العملاقة تتكون تحت ظروف خاصة من ترابط العديد من الجزئيات الصغيرة بروابط تساهمية Covalent . وكان ستاودنجر أول من اقترح صيغة بنائيه للمطاط الطبيعي على شكل سلسلة طويلة متشابكة من وحدات المركب البسيط الايزوبرين . وفي البداية قوبل اقتراح ستاودنجر لفكرة الجزئيات العملاقة باعتراضات شديدة ولكن بعد التقدم الذي تم في تطوير استخدام أشعة اكس في الكشف عن تركيب جزئيات تلك المواد المعقدة وكذلك في ابتكار طرق جديدة لتعيين الوزن الجزيئي تأكد صحة اقتراح ستاودنجر . ومنذ زمن ستاودنجر انتشرت وتطورت الأبحاث الخاصة لدراسة البوليمرات من المصادر الطبيعية وكذلك لتخليق البوليمرات الصناعية من كل نوع وحجم [21,23] . وإذا كانت البوليمرات تعتبر الان موضوعا لعلم عظيم إلا إنها من الناحية التطبيقية تعتبر بالإضافة مجالا لتكنولوجيا أعظم . وهذه التكنولوجيا اعتمدت على إن البوليمرات وهي جزئيات لها وزن جزيئي كبير جدا قد يصل إلى عشرة مليون لها خصائص متميزة أهمها الخواص الميكانيكية التي جعلت للبوليمرات أهمية فائقة بالنسبة للتطبيق الصناعي وسهلت استخدام البوليمرات الصناعية كبديل اقتصادي رائع للمواد الطبيعية مثل استخدام المطاط الصناعي بدلا من المطاط الطبيعي و استخدام الألياف الصناعية بدلا من الألياف الطبيعية والبلاستيك بدلا من الراتنجات الطبيعية والخشب الصناعي بدلا من الخشب الطبيعي والجلد الصناعي بدلا من الجلد الطبيعي . أيضا استخدمت البوايمرات الصناعية في كثير من الاستخدامات التي كان يستخدم فيها المعادن والزجاج والسيراميك [23,22] .

2-2 البوليمر

ويسمى في بعض الأحيان بالجزيء العملاق macromolecule وهو جزيء لمركب كيميائي يمثل بوزن جزيئي عالي (10 مليون) والجزيء على شكل سلسلة حلقاتها عبارة عن جزيئات لمركب بسيط تربط مع بعضها بأواصر تساهميه (Covalent). واسم بوليمر polymer يتكون من مقطعين (عديد = poly), (وحدة mer = بمعنى عديد الوحدات). أما مصطلح المونومير فيقصد به مركب كيميائي بسيط ذو وزن جزيئي صغير، ويتميز جزء هذا المركب بتركيب خاص يمكنه التفاعل مع جزء آخر من نفس النوع أو مع جزء آخر لمركب آخر وتحت الظروف المناسبة لتكوين سلسلة البوليمر [24,25].

أما الوحدة التركيبية المتكررة هي التي يتكرر وجودها على طول سلسلة جزء البوليمر وتوضع صيغتها بين قوسين لاحظ المعادلة التالية .



الاثلين

بولي اثلين

(المونومير)

(البوليمر)

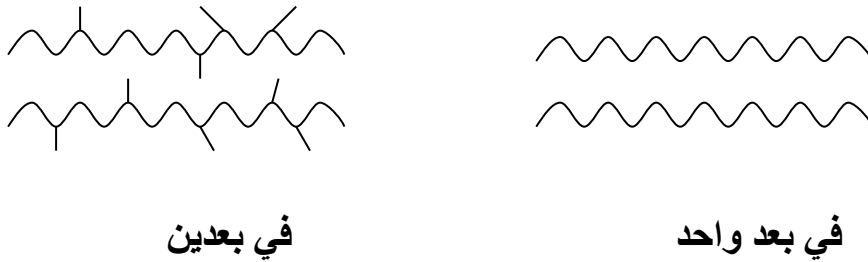
أما درجة البلمرة فهي تمثل عدد الوحدات التركيبية المتكررة في سلسلة جزيء البلمر ويعبر عنها بالعدد (n) والتي توضع أسفل القوس الذي يحتوي على الوحدة التركيبية المتكررة. وكلما زادت درجة البلمرة لأي بوليمر كلما دل ذلك على إن وزنه الجزيئي كبير [24,26].

2-2-1 أصناف البوليمر

هنالك العديد من أصناف البوليمرات اعتمادا على تأثير الحرارة على سلوكها منها ثرموبلاستيك، ثرموست، الاستومر، ثرموالاستك بلاستيك [26,25].

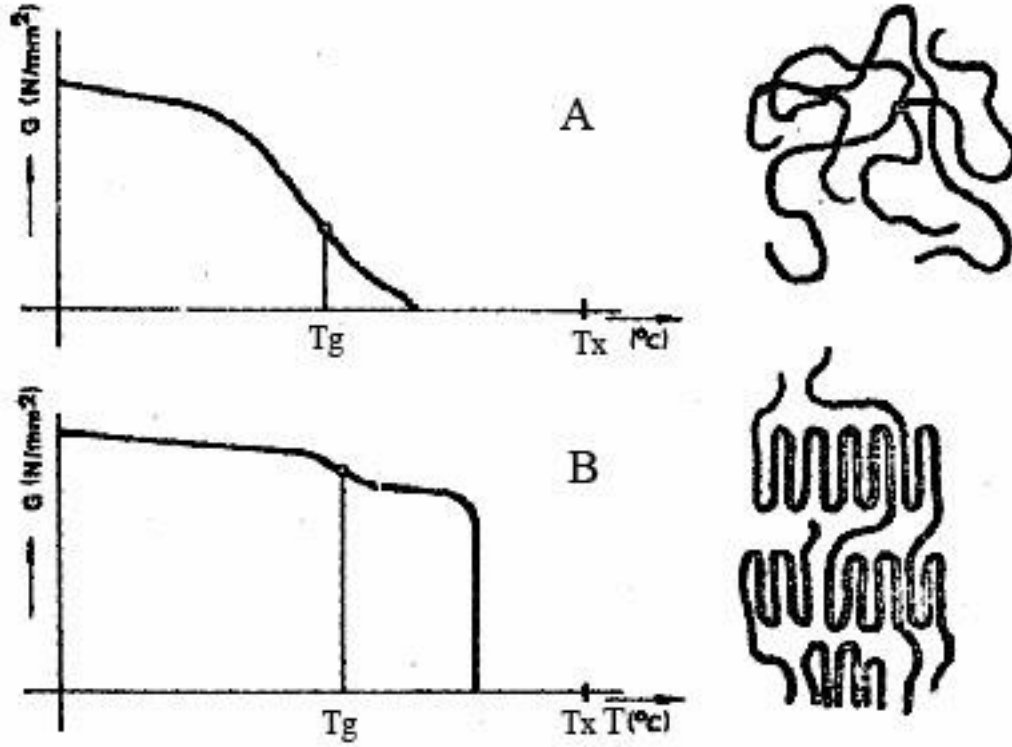
1-1-2-2 الترمو بلاستيك Thermoplastic

تتكون هذه البوليمرات نتيجة تفاعل المونيمرات التي تحمل مجموعتين فعاليتين على طرفي جزيئاتها مثل الاثيلين . البوليمرات التي تنتمي إلى هذا الصنف يكون نموها طويلا (في بعد واحد فقط) وفي بعض الأحيان يحدث بعض التفرعات الجانبية من السلسلة وتظل هذه البوليمرات ممتدة رئيسيا في بعدين وليس في بعد ثالث نظرا لعدم تشابك التفرعات من سلسلة مع تفرعات من سلسلة أخرى مجاورة بوصلات تساهميه . الشكل رقم (1-2) يبين نمو السلاسل .



شكل رقم (1-2) [21]

ونظرا لامتداد البوليمر طويلا فقط ، فان السلاسل المجاورة ترتبط مع بعضها بقوى الجذب الثانوية الطبيعية (ليست تساهمية) ولذلك عند تسخين هذه البوليمرات تتغلب الطاقة الحرارية على قوى الجذب الطبيعية الضعيفة عند درجة حرارة منخفضة لا تسبب إتلاف البوليمر أي لا يحصل كسر في الأواصر التساهميه ، ولكن يحدث نتيجة لفقدان قوة الجذب أن تنزلق سلاسل البوليمر على بعضها وبذلك يتم صهر و إسالة هذه البوليمرات الطولية (linear) لذلك فان هذه البوليمرات الطولية تصنف بأنها بوليمرات تلين بالحرارة أو الترموبلاستيك وهي أساس كل البوليمرات التي تستخدم في صناعات البلاستيك و الألياف الصناعية مثل بوليمرات النايلون و البولي استر و البولي أثيلين . السلاسل البوليمرية للترموبلاستيك قد تكون عشوائية الترتيب او تكون شبة بلورية والشكل (2-2) يبين تأثير درجة الحرارة على الخواص الميكانيكية بصورة عامة للترموبلاستيك الذي يكون ترتيبية سلاسله عشوائي او شبه بلوري [26-29] .

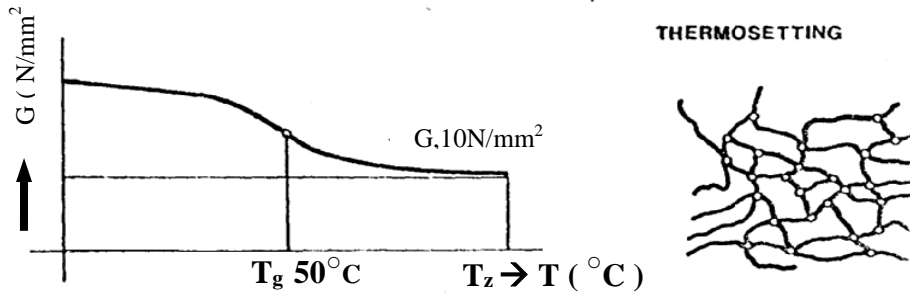


شكل رقم (2-2) تأثير درجة الحرارة على الخواص الميكانيكية للثرموبلاستيك
A - عشوائي B - شبه بلوري ، حيث ان G تمثل الخواص الميكانيكية [26]

2-1-2-2-2 Thermosetting

يتميز المونيمر الذي يدخل في عملية البلمرة بانه يحمل اكثر من مجموعتين فعاليتين وهو ما يطلق عليه عديد التفاعليه Multifunctional فان ذلك يجعل البوليمر الناتج ينمو ويتفرع في الثلاثة ابعاد لان التفرعات في هذه الحالة تتشابك مع بعضها بروابط تساهميه وتكون ما يعرف بالشكل التركيبي الشبكي في الثلاثة أبعاد هذه البوليمرات نظرا لتشابكها وتماسكها لا تسيل بالحرارة ولا تنصهر ويطلق عليها البوليمرات التي تثبت بالحرارة الثرموست معامل القص لها عالي . تمتلك هذه المواد إستقراريه في الأبعاد تحت الحرارة . ونتيجة لمعامل القص العالي لذلك نستطيع استخدامها في بناء الدعامات (المساند) .

أمثلة للبوليمرات التي تنمو ثلاثية الأبعاد هي الفينول فورمالدهيد و اليوريا فورمالدهيد و النوفولاك و الأيبوكسي . والشكل (2-3) يبين تأثير درجة الحرارة على الخواص الميكانيكية بصورة عامة للثرموسيت [26,27,29] .



شكل رقم (2-3) تأثير درجة الحرارة على الخواص الميكانيكية للثرموسيت حيث ان G تمثل الخواص الميكانيكية [26]

3-1-2-2 الاستوميرات Elastomer

تكون مستمرة لكنها قليلة التفرع وسلاسلها تكون قابلة للحركة حتى في درجات الحرارة المنخفضة (انسياب محدد يحدث في درجة الحرارة المنخفضة) . لذلك من الواضح هذه المواد تمتلك معامل مرونة قليل (Modulus of Elasticity) و درجة التحول الزجاجية (T_g) لها اقل من صفر . الفرق بين البلاستيك واللاستومر يكون كبير في قابلية التمدد . لاحظ جدول رقم (2-1) الذي يبين تصنيف الاستوميرات . [20,40]

جدول رقم (2-1) تصنيف الاستوميرات [20]

R Group ("Rubber")	Rubbers with double bonds in the main chain, e.g. NR, NBR, SBR
M Group ("Methylene")	Rubbers with a saturated main chain of the methylene type, e.g. EPM, EPDM, CSM, EVM.
N Group	Rubbers with nitrogen in the main chain, e.g. "Pebax"
O Group	Rubbers with oxygen in the main chain, e.g. ECO
Q Group	Rubbers with siloxane groups in the main chain, e.g. MQ (often simply designated Q
U Group	Rubbers with oxygen, nitrogen and carbon in the main chain, e.g. AU, EU.
T Group	Rubbers with sulfur in the main chain, e.g. ET ("Thiokol")

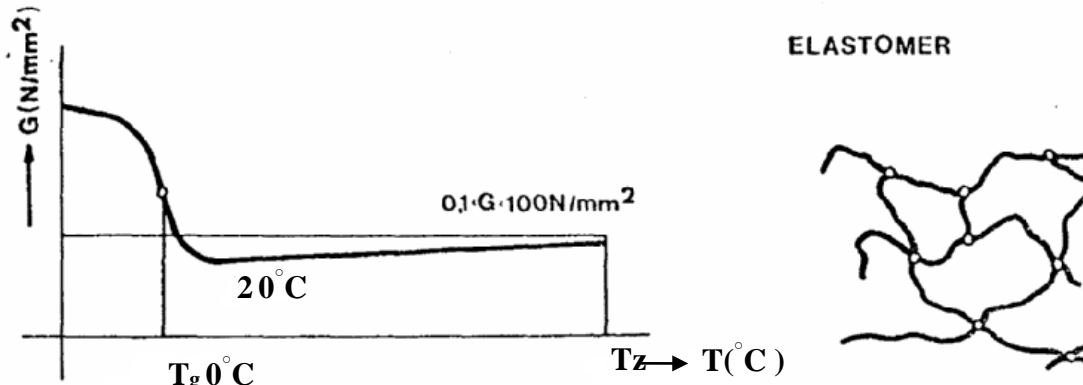
الجمعية الأمريكية للفحص والمواد (ASTM) عرفت الاستوميرات بأنها مواد بوليمرية تستطيع وهي بدرجة حرارة الغرفة أن تتمدد على الأقل ضعف طولها الأصلي (ضمن حد المرونة) و برفع الجهد المسلط تعود إلى طولها الأصلي [30,24].

الاستوميرات تمتلك صفتين :

1- درجة التحول الزجاجية (Tg) لها اقل من درجة حرارة استخدامها .

2- جزيئاتها تكون مرتبطة مع بعضها بصورة كبيرة [24].

الشكل رقم (2-4) يبين تأثير درجة الحرارة على الخواص الميكانيكية للاستومر



شكل رقم (2-4) تأثير درجة الحرارة على الخواص الميكانيكية للاستومر حيث ان G تمثل الخواص الميكانيكية [26]

2-3 نبذة تاريخية عن المطاط

يعود استخدام المطاط في الأزمنة القديمة في أمريكا حتى قبل اكتشافها حيث كان الهنود الحمر يستخرجون المطاط من الشجر الخاص به ويحولونه إلى كرات مطاطية يستخدمونها في ألعابهم . وفي عام 1839 م اكتشف العالم هانكوك من انكلترا و العالم جودبير من أمريكا عملية فلكنه المطاط التي جعلت منة مادة قابلة للصب Moldable واستخدم في صناعة إطارات السيارات القديمة المصمته واستخدم كذلك في تغطية الأقمشة والملابس المقاومة للماء والمطر ، ثم جاء بعد ذلك العالم دنلوب عام 1888 م الذي ابتكر إطار السيارة الهوائي واكتشاف إضافة مادة اسود الكربون كمادة مقوية

للمطاط مع المواد العضوية المسرعة لعملية الفلكنة ونتيجة لذلك تطورت صناعة المطاط بشكل كبير .

وحتى الحرب العالمية الثانية كان شجر المطاط يزرع في ماليزيا و اندونيسيا اكثر مما كان يزرع في امريكا الجنوبية ، وفي الفترة ما بين الحرب العالمية الاولى والثانية بدأ انتشار انتاج المطاط الصناعي لاسيما في المانيا وفي الولايات المتحدة الامريكية . وقد انتج خلال هذه المدة مطاط الثيكول Thiokol ومطاط النيوبرين Neoprene [31,32] .

1-3-2 المطاط الطبيعي

المطاط الطبيعي عبارة عن بوليمر من سيس 1,4 ايزوبرين ذو وزن جزيئي عالي وتصل درجة بلمرته إلى 5000 ويتميز بدرجة توزيع متوسطة للأوزان الجزيئية . المصدر : نحصل عليه من أشجار المطاط المختلفة وأهمها هي شجرة هيفا . ويحصل على المطاط من الشجرة في صورة مستحلب من 25-40 % مطاط وهذا المستحلب ثابت لوجود مواد مستحلبة طبيعية به وهي مواد بروتينية وأحماض اليفاتية وبعد جمع المستحلب يرسب المطاط منة ويغسل ويجفف وهناك طريقتين لحفظ المطاط :

1. إضافة كمية صغيرة من مركب بايسلفيت الصوديوم للمطاط لتبييضه وحفظه بعدها يلف المطاط على صورة لفائف من شرائح سمكها 1 سم ويجفف في الهواء عند 50°م والمطاط المنتج بذلك يسمى مطاط كريب Crepe .
2. لا تجري خطوة التبييض ويلف المطاط في صورة شرائح سمكها اكبر ثم تجفف الشرائح بتعرضها إلى الدخان عند درجة 50°م والذي يتم في حجرات خاصة بداخلها الدخان من حرق الخشب أو قشور من ثمار جوز الهند [19,21,32] .

2-3-2 المطاط الصناعي

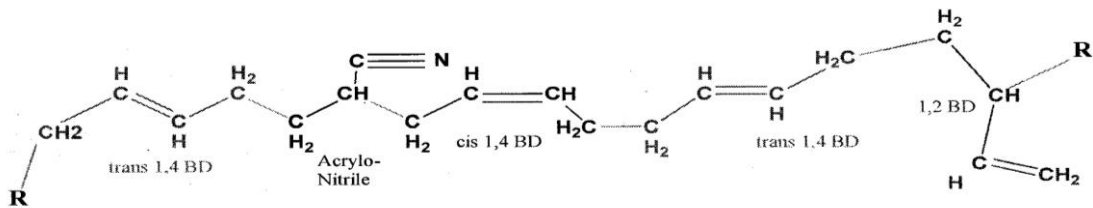
هو على عدة أنواع منها مطاط النتريل (NBR)

4-2 مطاط النتريل (NBR)

مطاط النتريل يتكون من بوليمر مختلط من البيوتادين ومركب الاكريلونيتريل و مطاط النتريل يتميز لمقاومته الشديدة للزيوت ولذلك يستخدم في صناعة الأنايبب والخراطيم التي تمر بها الزيوت . وتزيد المقاومة بزيادة نسبة الاكريلونيتريل [30,31] . يحضر مطاط النتريل بطريقة بلمرة المستحلب . تحتاج البلمرة المختلطة إلى عملية ضبط في معدل إدخال المونوميرات feed للحصول على النسبة المرغوبة والمناسبة كذلك يمتاز بمقاومته للهيدروكربونات وللاحتكاك . ودرجة انتفاخ المطاط في المذيبات ألقطبيه أكثر من درجة انتفاخه في المذيبات غير القطبية . هناك انواع من مطاط النتريل منها [31] .

1-4-2 النتريل البارد

يصنع حاليا الـ(NBR) البارد بقيم مختلفة في التركيز وبشكل واسع فالاكريلو_نتريل ممكن ان يختلف تركيزه من 10% إلى 51% . البوليمرات الباردة تتبلر بدرجة حرارة تتراوح بين (5 - 15 م°) اعتمادا على الموازنة الهيكلية المطلوبة من حيث الخطية والشجيرية للبوليمر . حيث تخفيض درجة حرارة البلمره يؤدي إلى زيادة في خطية البوليمر ، التفاعلات تجري بعمليات معروفة بالمستمره ، شبة مستمره ، و بلمرة على شكل دفعات ، التركيب الكيميائي للـ(NBR) يأخذ الثلاثة احتمالات التركيب الايزوي لمقطع البيوتادين وكما مبين في شكل رقم (2-5) [33,34] .



شكل رقم (5-2) يبين مطاط النتريل (NBR)[20]

2-4-2 النتريل الحار

يبلمر في درجات حرارة تتراوح بين (30 - 40 م°) هذه العملية تؤدي إلى بوليمر عالي التفرع مما يؤدي إلى الحصول على خاصية جيدة لمقاومة البليان بسبب التآصر القوي والتماسك لجزيئاته التركيب الشبكي الفيزيائي لهذا البوليمر يعطيه قيمة ملحوظة في مقاومة التمزق الحار مقارنة بالبوليمر البارد خاصة البوليمر في مقاومة الانسياب الطبيعي تجعل منه مفضل في القوالب الانضغاطية و التطبيقات الأخرى له في الجدران الدقيقة أو البثق المعقد حيث إن الحفاظ على الشكل شيء مهم [33,34].

2-4-3 النتريل الكاربوكسيلي (XNBR)

إضافة الحامض الكاربوكسيلي إلى السلسلة الرئيسية للـ(NBR) يغير التصنيع والخصائص فسوف ينتج بوليمر بصفات مختلفة حيث تزداد المقاومة بشكل ملحوظ تقاس من خلال الشد والتمزق ومقاومة القشط . التأثير السلبي يتضمن تقليل الانضغاطية ومقاومة الماء والرجوعية [35-37].

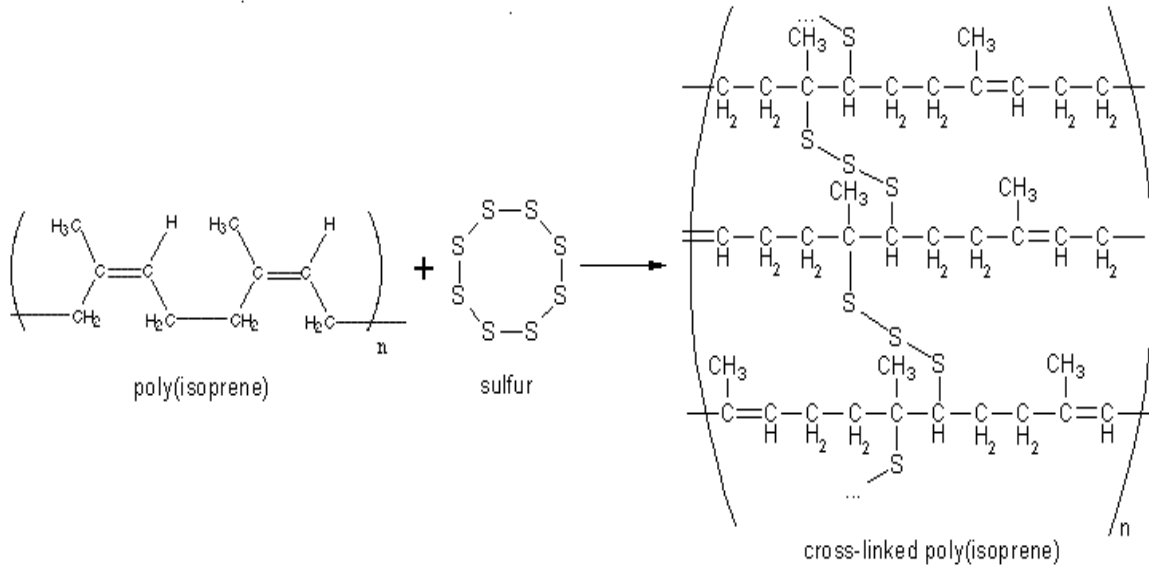
2-4-4 النتريل المقاومة للأكسدة

المطاط النتريلي يمكن إن يبلمر بسلاسل مقاومة للأكسدة الغرض منها زيادة الكفاءة في استعمالات المعرضة للموانع والهواء بشكل طويل . مقاومة القشط تزداد أيضا مقارنة بالنتريل العادي خصوصا إلى درجات الحرارة العالية [38-40].

2-5 الفلكنة

المطاط الطبيعي وكذلك المطاط الصناعي يتكون أساسا من جزيئات خطية طويلة تحتوي في تركيبها على روابط مزدوجة عديدة على طول جزيء البوليمر و تمثل هذه الروابط الأماكن التي يتم عندها تكوين وصلات عرضية بين سلاسل البوليمر الخطية لإنتاج شبكة في الثلاثة أبعاد .

وقد سميت عملية إنتاج الروابط العرضية بإضافة الكبريت بعملية الفلكنة ,ويمكن توضيح هذه العملية في الشكل رقم (2-6) . إن درجة قليلة من التشابك تكفي لتقليل حركة سلاسل البوليمر و منعها من الانسياب فوق بعضها ، والنسبة القليلة نسبيا من التشابك تعطي البوليمر خواص مطاطية أي القابلية على استعادة أبعاده الأصلية بعد زوال الإجهاد ، فعند تسليط إجهاد ميكانيكي على بوليمر غير متشابك فإنه يعاني تشوها ، ومن ناحية أخرى فإنه عند زيادة درجة التشابك يصبح هشاً ، وقد اكتشف هذه العملية العالم جودبير عام 1839 ، حيث وجد إنها تحسن الكثير من الخواص الميكانيكية للمطاط [41,5] .



شكل رقم (2-6) يوضح تأثير اضافة الكبريت على المطاط [42]

هناك العديد من التغيرات التي تحدث بواسطة الفلكنة فنلاحظ يتحول المطاط من مادة لدنة ذات مقاومة واطئه جدا إلى مادة مرنة ذات مقاومة و رجوعيه مناسبتين . كذلك الخواص الميكانيكية مثل مقاومة الشد والخواص الأخرى . أيضا يمكن ملاحظة إن الخواص الفيزيائية للمطاط المفلكن يمكن الاحتفاظ بها ضمن مدى واسع من درجات الحرارة مقارنة بالمطاط غير المفلكن [41,42] .

بالنسبة للصفات الميكانيكية فأن المطاط حتى بعد فلانته لا يعتبر إن له صفات ممتازة بالنسبة لقوة الشد أو درجة الصلابة أو درجة مقاومة الاحتكاك . وهذه الصفات يمكن إن تصل إلى درجة عالية من الامتياز بإضافة المواد المقوية وهي مواد خاصة مائة تضاف خلال عملية الفلكنة .

من الحقائق المعروفة في عملية الفلكنة هو انه إذا تمت بطريقة مبالغ فيها Overcure يمكن أن يحدث انقلاب في صفات المطاط المفلكن الناتج بمعنى انه يصبح مطاط طري و ضعيف مع فقد ملحوظ في القوة . وعملية الانقلاب في الصفات تنتج عند التسخين في التسوية إلى درجة عالية أو التسخين لمدة أطول عندما لا يكون هناك كمية كبريت كافية لإتمام عملية عمل الوصلات العرضية وبذلك يتم تكسير بلمرات المطاط على حساب عملية تكوين الوصلات العرضية .

أما عن كيفية إجراء عملية الفلكنة فأن الطريقة الأولية التي ابتكرها جودبير كان يتم تسخين المطاط مع مسحوق الكبريت . ولكن وجد حديثا انه يمكن إجراء عملية الفلكنة بدون كبريت أو بدون التسخين .

فمثلا يمكن تسوية المطاط بدون تسخين باستخدام مركب كلوريد الكبريت . كما يمكن لمركبات كثيرة لا تحتوي على الكبريت من إتمام عملية الفلكنة و هذه المواد تشمل نوعين

- عناصر أخرى مثل السلينيوم و التلوريوم .
- عناصر تنتج شقوق حرة مثل مركبات الأزو و البيروكسيدات العضوية .

عملية الفلكنة عملية بطيئة حتى لو تمت بالتسخين في وجود الكبريت . وقد وجد إن إضافة كميات صغيرة من مواد تسمى المواد المسرعة Accelerators تزيد كثيرا من معدل عملية الفلكنة . وهذه المواد المسرعة تشمل ثيوفينول Thiophenols و الميركابتان Mercaptans و تراي ثيوكاربامات Trithiocarbamates [21] .

هذه المواد المسرعة تحتاج بدورها إلى مواد منشطة هي عبارة عن أكاسيد المعادن مثل أكسيد الخارصين أو أملاح المعادن مثل أملاح الرصاص و الكالسيوم و أملاح

الخاصين . و هذه المواد تعمل أحسن ما يمكن في وجود صابون معدني لأذابتها و الذي يتكون عن إضافة حمض دهني حيث يتفاعل أكسيد الزنك مع الحمض الدهني لإعطاء الصابون الدهني [11]. ولذلك فإن مكونات عملية الفلكنة هي : كبريت + مادة مسرعة + أكسيد فلز + حمض دهني .

إذا لم تضاف أي مادة أخرى سمي المطاط الناتج المطاط المفلكن النقي . ولكن إذا أضيف اسود الكربون (أو أي مادة مألثة أخرى) سمي بالمطاط المحمل Loaded stock [21] .

2-5-1 بعض العوامل الفيزيائية لعملية الفلكنة

1 . كمية الكبريت المضافة

عملية الفلكنة بالكبريت تتم بإضافة حوالي 0.5 إلى 5 جزء بالوزن من الكبريت لكل 100 جزء بالوزن من المطاط . ان الكبريت يزيد من مقاومة الشد والصلادة للمطاط و لكن إذا ترك التفاعل ليستمر حتى تكون كمية الكبريت الداخلة تصل إلى 30 أو 50 جزء بالوزن لكل 100 جزء بالوزن من المطاط فإنه ينتج مادة ليست لها صفات المطاط تسمى بالمطاط القاسي أو الأبونيت . و قوة شد الأبونيت يزيد كثيرا عن قوة شد المطاط ولكن الأبونيت لا يكون محتفظا بنسبة استطالة عالية . وإذا استمرت عملية الفلكنة بنسبة كبريت أكثر من ذلك فإن كلاً من قوة الشد ونسبة الاستطالة للأبونيت تنخفض إلى قيم أقل [21] .

2 . زمن الفلكنة

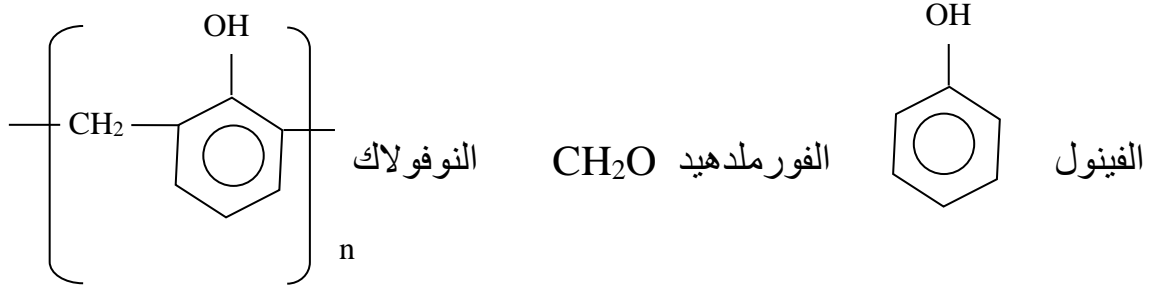
معظم التحسن في الصفات التي تصاحب عملية الفلكنة مثل قوة الشد و مقاومة التمزق و الصلادة تزداد مع زيادة زمن الفلكنة حتى تصل إلى القمة و لكن بعض الصفات مثل الاستطالة و تثبيت الأبعاد الدائم ينخفض انخفاضا مستمرا مع زيادة زمن الفلكنة [12]

3 . درجة الحرارة

زيادة درجة الحرارة تتسبب في الحصول على نفس قيم صفات المطاط المفلكن بأي كمية كبريت ولكن في وقت اقصر . بمعنى إن درجة الحرارة تزيد من معدل سرعة الفلكنة [12] .

6-2 المادة الراتنجية النوفولاك Novolac

بوليمر الفينول فورملدهيد يعتبر هذا البوليمر من أقدم الراتنجات المستخدمة تاريخيا ولا يسبقه في هذا المضمار إلا بوليمر نترات السليلوز . تم الحصول عليها بـ(30) سنة قبل بداية القرن العشرين أما طريقة تحضيره فيتفاعل الفينول مع الفورملدهيد ليعطي مركبات تكثيفية والعامل الحافز المستخدم هو إما حامض أو قاعدة . وطبيعة الراتنج المنتج تعتمد على نوع العامل الحافز وعلى النسب الجزيئية بين المتفاعلين (الفينول والفورملدهيد) [5,20] اما التركيب الكيميائي للفينول والفورملدهيد و النوفولاك هي :



ويتم التفاعل على عدة خطوات وهي :

أ – تكوين الميثيلول وهي مركبات إضافية ويتم هذا في مكان الاورثو والبارا من حلقة البنزين في مركب الفينول . وهذه المنتجات تتكون تحت ظروف حامضية أو قلووية تعتبر المتممات لعملية البلمرة التالية.

ب – تحضير النوفولاك Novolac

في وجود عامل مساعد كالحوامض مع نسبة جزيئية من الفورملدهيد إلى الفينول فان الميثيلول يتكثف مع الفينول أولاً لتكوين داي هيدروكس فينيل ميثان ، عند استمرار التكثيف تتكون روابط الميثيلين بين حلقات البنزين وتعطي البلمرات المعروفة باسم

النوفولاك . وتحدث الوصلات عند أماكن اورثو اوباردا بطريقة عشوائية غير منتظمة. ويصل الوزن الجزيئي إلى أكثر من 10000 ويعبر عن حوالي 10 مجموعات ميثيل وهذه البوليمرات لا تتفاعل بعد ذلك بمفردها لتكوين الشبكة في ثلاثة اتجاهات ولكي يتطلب ذلك إضافة المزيد من الفورملدهيد . يمكن تلخيص خطوات تكوين النوفولاك :

- 1- تفاعل إضافي لتكوين الميثيلول
- 2- تفاعل تكثيف الميثيلول وحلقة البنزين لتكوين روابط ميثيلين في وجود وسط حامضي وهي بوليمرات النوفولاك [21] .

2-6-1 صفات النوفولاك

- 1- ان النوفولاك مادة ثرموست تمتلك وزن جزيئي 500-3000 وهي مادة صلبة في درجة حرارة الغرفة .
- 2- محتوى النوفولاك من النايتروجين بحدود 3.6% - 4.2% .
- 3- كثافة النوفولاك هي 1.3 g/cm^3 .
- 4- له قابلية للذوبان في الاسيتون والايثانول واثيل اسيتايت . [20]

2-6-2 استخدامات النوفولاك

1. يستخدم في عمليات الصب بالضغط إلى أشكال نهائية وكثير ما يستخدم الراتنج في إنتاج أوعية الراديو و التلفزيونات وهذا الراتنج له صفات ممتازة لمقاومة الحرارة والعزل الكهربائي .
2. كثير ما يستخدم المواد المألنة مثل نشارة الخشب ألياف القطن القصيرة وألياف الزجاج لتحسين خواص البوليمر وتستخدم هذه البوليمرات المحسنة في المقدمات المخروطية للصواريخ حيث انه درجة الحرارة العالية الناتجة من الاحتكاك تؤدي الى إن راتنجات الفينول فورملدهيد تتحول إلى بوليمر من الكربون وبذلك يكون هذا البوليمر المتفحم طبقة عازلة حامي لمقدمة الصاروخ .

3. يستخدم كمواد مبطنة أو مواد تغطية على أساس من الورقة أو من الخشب . حيث إن هذه المواد تصب على الخشب بعمل ألواح الفورميكا .

4. مادة لاصقة في كثير من الأغراض الصناعية [20,21] .

2-7 المواد المقوية

وظيفة هذه المواد هي زيادة صفات قوة التحمل وقوة الشد للبوليمرات حيث ان إضافتها تزيد من الخواص الميكانيكية وكذلك تجعل البوليمرات في صورتها المشكلة تحتفظ بقوتها عند درجات الحرارة العالية .

احد الأمثلة للطرق المستخدمة في تقوية البوليمرات تتم بخلط البوليمرات بقطع صغيرة جدا من المطاط ويؤدي ذلك إلى زيادة كبيرة جدا في درجة تحمل الصدمة للبوليمرات المعروفة بأنها زجاجية وهشة وسهلة الكسر مثل البولي ستايرين .

تأثير إضافة جسيمات المطاط إلى بوليمر الستايرين والذي يتسبب في خفض معامل القوة وزيادة نسبة الاستطالة وبذلك يعطي البوليمر مرونة أكثر في عمليات السحب .

اعتمادا على التركيب الكيميائي نصنف الحشوات إلى عضوية مثل النايلون والبولستر و حشوات غير عضوية مثل السليكات والأوكسيدات و الكبريتات وتصنف أيضا اعتمادا على كل من التركيب الفيزيائي حبيبات مثل مسحوق الخشب ومسحوق المعدن وألياف مثل الألياف الزجاجية و الألياف المعدنية و صفائح مثل الصفائح الورقية والنسجية وقد نصنف أيضا وفقا للتفاعل إلى حشوات فعالة مثل اسود الكربون في المطاط وغير فعالة مثل مسحوق الحجر ذو الحجم الحبيبي المتوسط [26,44-47] .

2-8 تقوية المطاط

المطاط المفلكن النقي عبارة عن مادة طرية شديدة المطاطية وضعيفة ويمكن استخدامها في صناعة الخيوط المطاطية والأنابيب الداخلية للسيارات و الدراجات ولكن لا يمكن استخدامها في الصناعات الهندسية التي تتطلب ان يكون المنتج المطاطي له صفات ميكانيكية عالية مثل قوة الشد وقوة الاحتكاك ومقاومة التمزق وقد وجد

إضافة مواد مائة معينة للمطاط يزيد من هذه الصفات الميكانيكية . [19] ومن الاستخدامات الشائعة لاستخدام المطاط المفلكن والمقوى هو إنتاج الإطارات للسيارات وقد وجد إن عملية التقوية تزيد من قوة الاحتكاك للمطاط الـ(SBR) المستخدم في الإطارات إلى أكثر من خمسة مرات . أهم المواد المقوية هو اسود الكربون . كذلك يمكن استخدام السليكا والسليكات في بعض الأحيان (مثلا مع مطاط السليكون) [19,21] .

2-8-1 اسود الكربون

يعتبر اسود الكربون من أهم المواد المائنة . التركيب الكيميائي للمادة المائنة هو الذي يحدد درجة مساهمتها في تقوية المطاط المفلكن . ووجد إن اسود الكربون مادة مائنة مقوية فعالة جدا أكثر من أي مادة أخرى .

ومن الحقائق المعروفة لأسود الكربون هو انه يزيد من قوة مقاومة التمزق والاحتكاك لكل أنواع المطاط المعروفة [48] . هناك اختلاف في تأثير اسود الكربون على أنواع المطاط المختلفة يعزى إلى تأثيرين متضادين للمادة المقوية :

1. اسود الكربون يزيد من صلادة المطاط و يقوي التركيب الداخلي بعمل وصلات عرضية بينية بين جزيئات المطاط (بالإضافة إلى الوصلات التي تنتج من عملية الفلكنة) تصل بين النقاط الضعيفة [5,19] .

2. التأثير الثاني هو إن وجود مادة مائنة يقلل من فرصة البوليمر للتبلور عند استطالته وهذا بالتالي يمكن إن يضعف من قوة المطاط . نظرا لأن قوة الشد تعتمد أساسا على درجة التبلور لذلك فأن التأثير يعتمد على أي من التأثيرين المذكورين هو الغالب [21].

زيادة كمية المادة المائنة المقوية تتسبب في تحسين مستمر للصفات حتى يصل إلى قمة معينة والتي تمثل أحسن حالات التحمل والقوة و بعد هذه النقطة فأن إضافة أي كمية زائدة من المادة المائنة يجعل تأثيرها عكسي وبسبب ذلك تضعف صفات المطاط المفلكن مرة أخرى [11].

يأتي اسود الكربون بالمرتبة الثانية بعد المطاط من حيث الأهمية في صناعة الإطارات، وترجع أهمية اسود الكربون بوصفه عامل تقوية جيد ومناسب ، ويساعد في تحسين الخواص الفيزيائية و الميكانيكية لمركب المطاط الداخل في صناعة الإطارات المختلفة [11] .

يصنف اسود الكربون المنتج بطريقة الأفران إلى درجات أو مراتب (Grades) استنادا إلى حجم الجسيمات (Particle size) وتبدأ هذه المراتب لأسود الكربون بالمرتبة (N-110) ذات الحجم الجسيمي الصغير وتنتهي بالمرتبة (N-990) ذات الحجم الجسيمي الكبير [43] . أما التركيب الكيميائي له فهو كالآتي [5]

Carbon	98-99%
Hydrogen	0.2-0.5%
Oxygen	up to 1%
Sulphur	up to 0.6%

هناك أنواع لأسود الكربون يمكن الحصول عليها من مصادر مختلفة وهي

أ- اسود الأفران

و يحصل عليه بحرق البترول أو الغاز الطبيعي في كميته محدودة من الأوكسجين (الهواء) ثم يفصل اسود الكربون من الغازات الأخرى بواسطة الطرد المركزي أو الترسيب الألكتروستاتيكي و تصل حجم ألببيبه من 110 إلى 990 انجستروم

ب- اسود القنوات

ويحصل عليه بحرق الغاز الطبيعي و ترسيب الكربون داخل أنابيب من الحديد البارد و يصل قطر ألببيبه من هذا الكربون من (300- 2000) انجستروم.

ج- اسود كربون خشن (حراري)

و يحصل عليه من تكسير الهيدروكربونات في معزل عن الهواء بالإضافة إلى إن هناك نوعين آخرين من اسود الكربون اسود الأستيلين و اسود اللمبات وهما يستعملان بنسبه محدودة في صناعة المطاط [21] .

2-1-8-1- العوامل التي تحدد تأثير اسود الكربون في تقوية المطاط

1- حجم الجسيمات :

هو مقياس للمساحة السطحية التي هي عبارة عن المساحة الكلية لسطوح جزيئات اسود الكربون والتي تكون بتماس مع المطاط ، إن المساحة السطحية تزداد كلما تناقص الحجم الجسيمي والعكس صحيح . كلما كان الحجم الجسيمي لأسود الكربون صغير كلما كان تأثيره اكبر بالنسبة لزيادة قوة الشد و مقاومه الاحتكاك و التمزق و الصلادة للمطاط المقوي به .

إن الحجم الجسيمي الصغير يجعل للحبيبة مساحه سطح اكبر يجعل من السهل نشر حبيبات اسود الكربون في شبكة المطاط وارتباطها (أي الحبيبة) بها [49] .

2- درجة تركيز اسود الكربون في المطاط :

يلعب مستوى أو درجة التحميل لأسود الكربون دورا مهما في تحديد نتائج عملية التقوية أو التسليح لمركب المطاط . يقاس مستوى التحميل بقيمة الـ (pphr) جزء وزني من اسود الكربون إلى مائة جزء من المطاط . إن درجة التحميل ألوزنيه تؤثر تأثيرا كبيرا في الخواص الفيزيائية و الكيميائية لمركب المطاط [50,51] .

3- الفعالية النوعية :

تمتلك سطوح جسيمات اسود الكربون طبيعة كيميائية وفيزيائية . فالطبيعة الكيميائية تعود إلى مجاميع الفينول والكربونيل و الكربونيل و الكربوكسيل [52] . تدخل هذه المجاميع في تفاعلات كيميائية مع المطاط و تؤثر في خواصه النهائية من خلال تكوين الروابط التشابكية Cross-Linking بين اسود الكربون وسلاسل المطاط . أما الطبيعة الفيزيائية فتتمثل بالسعة الامتزازية لاسود الكربون Adsorption Capacity وتتجسد من خلال عدد محدد من المواقع Active Sites فيه . تحوي المناطق الفعالة طاقة امتزاز عالية تربط عامل التقوية (اسود الكربون) مع سلاسل المطاط بروابط تشابكية قوية تحول دون انزلاق جسيمات المطاط عند تعرضها إلى إجهاد خارجي [53] . تؤثر زيادة الفعالية النوعية لأسطح اسود الكربون على خصائص المنتج النهائي لمركب المطاط [51] .

2-8-2 السليكا

السليكا و السليكات تستخدم الآن في صنع الجزء الملامس للأرض من الإطارات و الأحزمة الناقلية .أيضا تضاف السليكا لتحسين مقاومة التمزق و زيادة الصلادة .

إن لإضافة السليكا على المطاط فوائد أخرى منها

- 1- تلعب السليكا دورا أساسيا في ربط المطاط مع النسيج أو مع الفولاذ
- 2- نستخدم السليكا مع أنواع أخرى من الحشوات (حشوات بيضاء) مثل الطين الصيني و الطلق وذلك لتحسين بعض خواص الفلكنه مثل التعتيق ببيئة الهواء الحار و التي يلاحظ تفوقها على المواد المطاطية الحاوية على اسود الكربون فقط [5,6,54,55] .

2-9 مبدأ التقوية بالحبيبات (الجسيمات)

وتقسم إلى مجموعتين بالاعتماد على حجم الجسيمات المستخدمة ومعدل المسار الحر و هي

2-9-1 التقوية بالتشتيت (الانتشار)

التقوية بالجسيمات تسبب زيادة في مقاومة المادة المركبة للتشوه و هذا يعتمد على طريقة تشتت الجسيمات في ألماده الأساس (أحصيره) ، وفي هذه الطريقه يكون حجم الجسيم اقل من 0.1 مايكروميتر و معدل المسار الحر يتراوح بين (0.01- 0.3) مايكروميتر . و لتحليل هذا النوع من التقوية تفرض إن

حجم الجسيم Φ ، الكسر الحجمي V_f ، معدل المسار الحر mfp mean free path والذي من الممكن حسابه من المعادلة التالية

$$mfp = 2 \Phi / 3 V_f \dots\dots\dots(1 - 2)$$

ولحساب إجهاد القص نستخدم العلاقة التالية

$$\tau = G_m b / D_p \dots\dots\dots(2-2)$$

حيث ان معامل القص G_m (Mpa) ، معامل بركر b (μm) هو مسافة التشوة او انحراف المستويات الذرية ، المسافة بين الجسيمات D_p (μm) .
 المعادلة (2-2) تبين ان مقاومة ألماده ألمركبه تتناسب عكسيا مع المسافة بين الجسيمات المتشنتة لذلك عندما تقل هذه المسافة يقل التشوه الحاصل في ألمصيره
 [56-58] .

2-9-2 التقوية بالجسيمات

حجم الجسيمات في هذا النوع اكبر من 1 مايكروميتر ومعدل المسار الحر للمادة الأساس (للحصيرة) اكبر من 1 مايكروميتر و مبدأها يشبه مبدأ التقوية بالتشنتيت لأنها تمنع تشوه المادة الأساس (ألمصيره)
 مقاومه الخضوع للمادة المركبة المقوات بالجسيمات R_{pc} تتناسب عكسيا مع الجذر التربيعي للمسافة بين الجسيمات D_p وحسب العلاقة . [47,56]
 $R_{pc} \propto 1 / \sqrt{D_p}$ (3-2)

10-2 مكونات ألمعجنه

- 1- أستومر
- 2- الراتنج
- 3- اسود الكاربون
- 4- السليكا

تم التطرق اليهم في الفقرات السابقة .

5- الكبريت

يعد الكبريت من أكثر مفلكنات المطاط شيوعا وذلك يعود لكلفتة القليلة و سهولة استعماله و خواصه الفيزيائية الجيدة .
 ان الكبريت في الحالة الاعتيادية متبلور (Crystalline) ، و يحتوي على ثماني ذرات مرتبطة مع بعضها البعض على شكل حلقة (Ring) .

إن الارتفاع في درجة الحرارة يؤدي إلى فتح الحلقة عند طاقة تنشيط (270 kJ/mol) مكونة نهايات جذور حرة فعالة عند نقاط انكسار السلسلة .

الجذور الحرة عند نهايات السلسلة لها القابلية للتربط مع المواقع الفعالة (غير المشبعة كيميائياً) لسلاسل المطاط و ربطها بعضها مع البعض الآخر من خلال الروابط التشابكية (Cross linking) . تنشئ عن الروابط التشابكية بنيه شبكيه ثلاثية الابعاد Three Dimensional Network Structure تجعل من المطاط كثيف القوام وذات لزوجة عالية مما يؤثر كثيراً في الصفات والخصائص لمركب المطاط [59] . يستخدم الكبريت بنسب معتدلة يتم التحكم بها بدقة ، ذلك لان زيادته تنعكس على الصلابة ومعامل المرونة وتسبب في قلة الاستطالة اما استخدامة بنسب اوطأ ، فسوف يساعد في تحسين مقاومة الازمان Aging Resistance وتحسين بعض الصفات الفيزيائية الاخرى [60,61] الجدول (2-3) يبين مواصفات الكبريت المعتمد من قبل الشركة العامة لصناعة الإطارات في النجف الأشرف [62] .

جدول (2-3) مواصفات الكبريت المعتمدة من قبل الشركة العامة لصناعة الاطارات [62]

<i>Characteristic</i>	<i>Units</i>	<i>Requirements</i>
Specific gravity	-	2.10
Sulpher content	%	99-0 minimum
Matter insoluble in toluene	%	0.50 maximum
Ash at 550°C	%	0.20 maximum
Volatile Matter at 80°C	%	0.5 maximum
Mineral acidity (as H ₂ SO ₄)	%	0.05 maximum
Iron content	mg/kg	300 maximum
Arsenic content	mg/kg	5 maximum
Chancel fineness		20-40
Residue on 180 micron dry sieve	%	0.01 maximum
Residue on 150 micron dry sieve	%	1.00 maximum
Residue 45 micron dry sieve	%	50.0 maximum

6- المعجلات Accelerators

تستخدم هذه المواد للتقليل من زمن المعاملة (Cure time) عن طريق زيادة معدل الفلكنة ولزيادة القدرة على التحكم بدرجة حرارة الفلكنة ، فضلا عن الاقتصاد بالحرارة وتحسين الخواص الفيزيائية .

وهذه المواد تشمل ثايوفينول (Thiophenols) والمركبتانات (Mercaptans) تراي ثايوكاربامات (Tri Thio Carbamates) [21] . استخدم في بحثنا هذا مادة تترامثيل ثيورام مونوسلفايد TMTD المعجلة .

7- المواد المنشطة (Activators)

المواد المعجلة المذكورة في الفقرة السابقة تحتاج بدورها إلى مواد منشطه تجعلها تعمل بكفاءة عالية . وهذه المواد (المعجلة) تعمل أحسن ما يمكن في وجود صابون معدني لأدابتها والذي يتكون من تفاعل اوكسيد الخارصين مع الحامض الدهني [63] .

أ - حامض الستريك Stearic Acid

هو حامض شحمي ابيض اللون يستخدم مع اوكسيد الخارصين لتنشيط المعجلات ، حيث ان تفاعله مع اوكسيد الخارصين اثناء عملية الفلكنة ينتج مركبا وسطيا قابل للذوبان من الصابون والذي بتفاعله مع المعجل يجعله اكثر نشاطا وكفائه في تعجيل عملية الفلكنة [11] . الجدول (2-4) يبين مواصفات حامض الستريك المعتمد من قبل الشركة العامة لصناعة الإطارات في النجف الأشرف [62] .

جدول (2-4) مواصفات حامض الستريك المعتمدة من قبل الشركة العامة لصناعة الإطارات [62]

Characteristic	Units	Requirements
Specific gravity	-	0.85

Titre value	⁰ C	52-60
Iodine value	mL/100g	8 maximum
Acid value	mg KOH/g	195-213
Saponification value	mg KOH/g	195-215
Ash at 550⁰C	%	0.10 maximum
Volatile Matter at 65⁰C	%	0.50 maximum
Mineral acidity (as H₂SO₄)	%	0.02 maximum
Iron content	mg/kg	50 maximum
Nickel content	mg/kg	100 maximum
Unsaponifiable	%	1.0 maximum

ب - اوكسيد الخارصين Zinc Oxide

اوكسيد معدني على شكل مسحوق ابيض اللون، يستخدم مع حامض الستيريك لتكوين مركبات وسطية تعمل على تنشيط عمل المعجلات كما ورد في الفقرة السابقة [11] .
الجدول (5-2) يبين مواصفات اوكسيد الزنك المعتمد من قبل الشركة العامة لصناعة الإطارات في النجف الأشرف [62] .

جدول (5-2) مواصفات اوكسيد الخارصين المعتمدة من قبل الشركة العامة لصناعة الاطارات [62]

<i>Characteristic</i>	<i>Units</i>	<i>Requirements</i>
Specific gravity	-	5.5
Zinc oxide content	%	99.0 minimum
Volatile matter at 105⁰C	%	0.25 maximum
Loss on Ignition (on dried sample)	%	0.50 minimum

Lead content	%	0.25 minimum
Iron content	mg/kg	150 minimum
Cadmium content	mg/kg	500 minimum
Copper content	mg/kg	10 minimum
Manganise content	mg/kg	20 minimum
Chloride content	%	0.02 maximum
Matter insoluble in acetic acid	%	0.30 maximum
Matter Soluble in water	%	0.20 minimum
Mineral acidity (as H₂SO₄)	%	0.05 minimum
Nitrogen specific surface area	m ² /g	3.5-6.0
Partical size	micron	Below 1.0

8 - الحافظات (Age Resistors)

تتعرض رولات سحب القماش الى عمليات التقادم او التحلل بالازمان Age Processes والسبب يعود الى تعرض الرولة الى محاليل المعمل باستمرار. حيث ينشأ عن ذلك حصول حالة التحلل في مركب المطاط ، والتي تسبب الاستهلاك المبكر خلال مدة الاستخدام .

نستنتج من ذلك انه لا بد من وضع مواد حافظة ومثبتة تمنع تحلل المطاط عند تعرضه الى هذه الظروف وبالتالي تحافظ على المنتج من التلف اثناء تأديته للخدمة. ومن هذه المواد هي مضادات الاكسدة (TMQ) Anti Oxidant حيث يتميز بالمواصفات الواردة في الجدول (6-2)

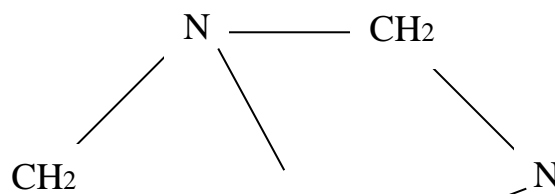
جدول رقم (2-6) المواصفات المعتمدة من الشركة العامة لصناعة الاطارات لمضاد الاكسدة نوع

[62]TMQ

<i>Characteristic</i>	<i>Units</i>	<i>Requirements</i>
Specific gravity	-	1.08
Softening point	⁰ C	82-92
Ash at 550 ⁰ C	%	0.4 maximum
Volatile Matter at 65 ⁰ C	%	0.5 maximum
Foreign matter	%	0.05 maximum

HMT - 9

إن تأثير الراتنج (النوفولاك) في الخواص الميكانيكية يكون من خلال أحداث ترابط تشابكي Cross Linking وان التشابك يمكن أحداثه بإضافة الهيكساميثيلين تترامين Hexamethylene tetramine (HMT) هي مادة صلبة ذات درجة انصهار عالية (300⁰C) تمتلك تركيباً قسيفاً تتكون من تفاعل الفورمالدهايد و الأمونيا ، ان ال HMT يتحلل بالحراره الى فورملدهيد وامونيا حيث ان المونيا تتطاير ويمكن ادراك ذلك من خلال الرائحة الكريه اما الفورملدهيد فيتفاعل مع النوفولاك مما يعطي زيادة في الصلادة والكثافة و اللزوجة ومقاومة الشد والزيادة في ثبات الابعاد وزيادة في مقاومة المواد الكيماوية والحرارة وتقليل امتصاص الرطوبة وتقليل القابلية على الاحتراق ، الشكل (2-4) تبين تركيب HMT . يحصل التشابك بين الراتنج و HMT عن طريق تكوين جسور مثيلينية [4,12] .



CH₂

CH₂

الشكل (4-2) تركيب HMT

10- زيت العمليات Processes Oil

يستخدم الزيت لتخفيف أو تطرية المطاط وهذه العملية معروفة منذ سنوات عديدة . إن الزيت يعمل عمل المادة المدنة ولذلك يعمل على تقليل الزوجة إلى الدرجة الملائمة المناسبة لعجن وتشكيل المطاط . يلاحظ إن تأثير الزيت هو عكس تأثير المادة المقوية (اسود الكربون) ، أيضا يستعمل الزيت لتقليل درجة حرارة الخليط (العجنه) وتقليل الطاقة المستهلكة في عملية الخلط (Mixing) . كما وان تسببها في زيادة الميوعة لمركب المطاط يساعد في انتشار جيد لاسود الكربون . أيضا إضافة الزيت يعطي مرونة كافية للمساعدة في عمليات البثق والتشكيل [64,43] .

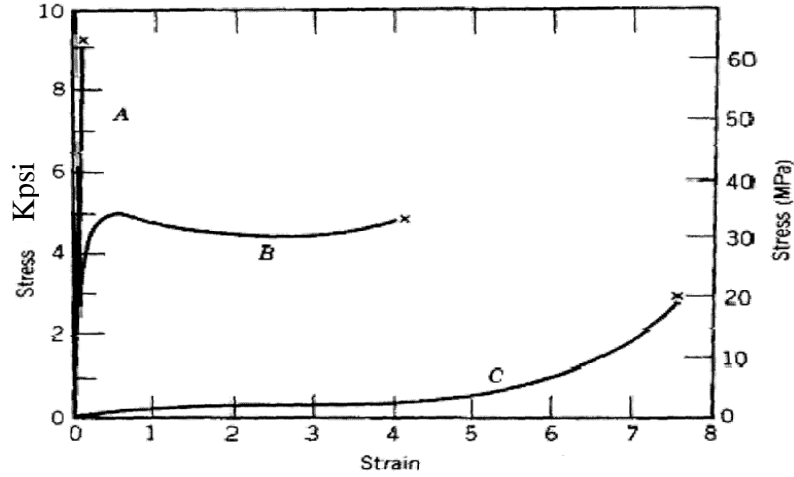
11-2 الخصائص الميكانيكية

إن من أهم الاعتبارات التي تحدد استخدام المادة البوليمرية هي معرفة السلوك الميكانيكي الذي يتضمن التشوه في المواد بتسليط إجهاد ثابت كما في اختبار الزحف أو متحرك كما في اختبار الصدمة .

كل نوع من المواد البوليمرية تتصف بصفات مختلفة الواحدة عن الأخرى نتيجة لوجود نوعين من الروابط ، الروابط الكيميائية بين ذرات السلاسل نفسها وقوى فاندر فالز بين السلاسل البوليمرية [5] .

1-11-2 معامل المرونة

يعرّف بأنه النسبة بين الجهد المسلط والانفعال الناتج منه في منطقة المرونة في مخطط الإجهاد – الانفعال المبينة في الشكل (7-2) .

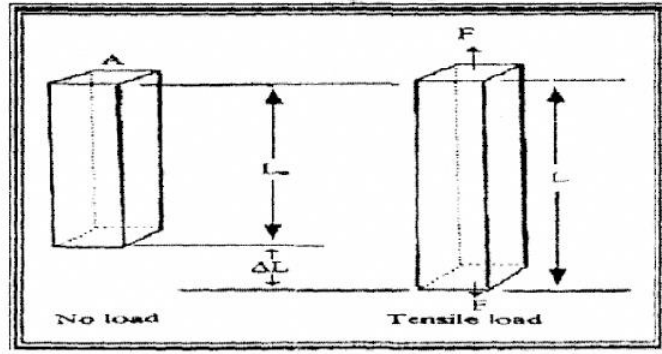


شكل رقم (7-2) سلوك الانفعال (A) مادة ثرموست تخفي سلوك المطيلية و الهشاشية (B) مادة ثرموبلاستيك (C) الاستومر تمتلك معامل مرونة قليل ولا تمتلك سلوك خطي [67] في التشوه المرن للمواد الصلبة هناك علاقة تربط الأستطاله بالإجهاد (تربطها كمية تعرف بمعامل المرونة .

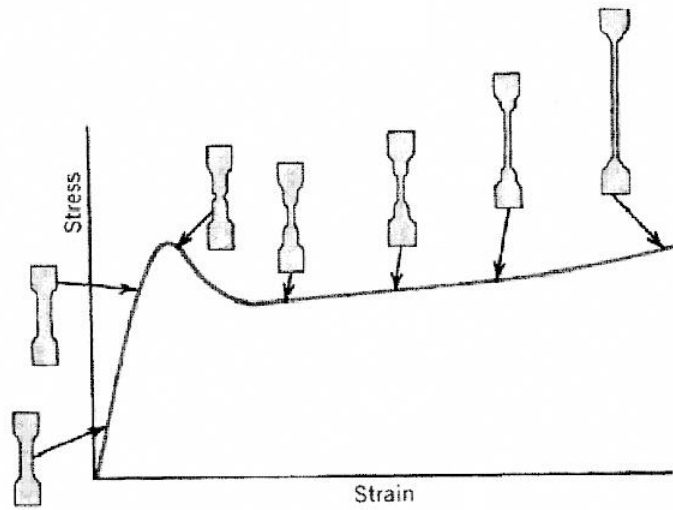
حيث ان E هي الميل الناتج من النسبة بين الإجهاد والانفعال يعرف بمعامل يونك (معامل المرونة) . كما مبين في الشكل (2-8) الذي يبين التغير الناتج في الطول بعد تسليط الحمل .

$$E = \frac{P / A}{\Delta L / L}$$

a)general



b) for sample test



شكل رقم (2-8) يبين التغير الناتج في طول العينة بعد تسليط الجهد [56]

المطاط يمتلك مقاومة شد أقل من 6.9 MPa أي المطاط ضعيف في الخصائص الميكانيكية بينما مع مقاومة شد أعلى من 20.7 MPa يمتلك صفات ميكانيكية جيدة مثل مقاومة القشط والضغط و قدرة للجسم الممتوط على استعادة حجمه وشكله . [56,67]

2-11-2 مقاومة الصدمة والرجوعيه

دراسة مقاومة الصدمة للمواد تعتبر أول مفتاح لدراسة خصائص المواد وتعرف للعينه الغير محزره بالطاقة الممتصة خلال الصدمة على المساحة المقطعية للعينة ويمكن حساب مقاومة الصدمة بالعلاقة التالية [68] .

$$\text{Impact Strength} = \frac{\text{Energy required for crack}}{\text{Sample cross section area}}$$

وحداتها J/m^2 وتعتمد على نوع المادة

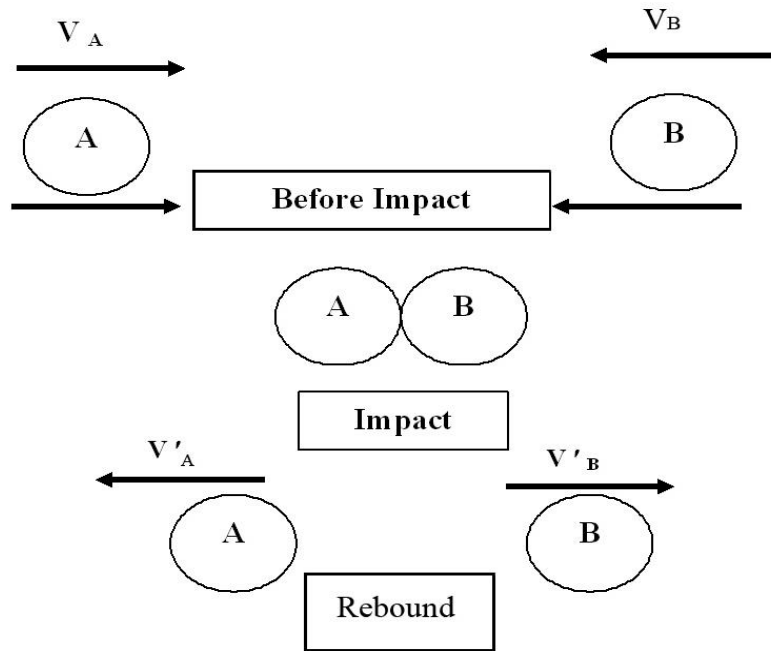
عند تشوه المطاط فان الطاقة لا تعود كطاقة ميكانيكية ولكنها تتبدد كحرارة في المطاط .
أما النسبة بين الطاقة الراجعة الى الطاقة المسلطة فتعرف بالرجوعية .

اعتبر حدوث تصادم بين جسمين B&A كما في الشكل (2-9) فان مبدأ حفظ القوه
أدفعه الخطية يستخدم في حالة التصادم إذا حدث . حيث إن المعادلة رقم (2-5) تبين
مبدأ حفظ الزخم [5,6,29] .

القوه الدافعة قبل الصدم = القوه الدافعة بعد الصدم

$$M_A V_A + M_B V_B = M_A V'_A + M_B V'_B \text{معادلة رقم (2-5)}$$

حيث إن M_A و M_B كتلة الجسم A و B على التوالي الرجوعيه من الصفات
المهمة في المطاط إنها تبين قابلية المطاط المفلكن على استرجاع الطاقة المستخدمة
لنشويه المطاط نفسه والرجوعيه تزداد بزيادة درجة الحرارة .



شكل رقم (2-9) [5]

2-11-3 الصلادة

وهذه الخاصية تعبر عن خليط من الصفات مثل مقاومة الاختراق بالإضافة إلى مقاومة الخدش والقشط. يمكن مقارنة الصلادة بين سطحين عن طريق قياس الأثر الذي تحدثه كره من المعدن في حالة ضغطها على سطوح هاتين المادتين فالمادة الأصلد يكون أثرها قليل [69]. أو بمعنى آخر عن طريق معرفة مدى رجوع الجسم إلى وضعه الطبيعي بعد الضغط بالكره المعدنية على سطحه فالمادة التي تعود إلى وضعها يعني أصلد من المادة الأخرى .

الصلادة تعتبر صفة مهمة في إنتاج المطاط وهي مقاومة سطح المطاط للتآكل (لتكوين الفجوات في السطح) نتيجة للضغط المسلط على سطح المطاط .
دقة القراءة بواسطة أجهزة الاختبار تعتمد على اتخاذ الترتيبات الضرورية لمعدل التحميل وبقاء التحميل (مدة بقاء الحمل) .

واحد من أهم أسباب قياس الصلادة لمعرفة شروط حدوث ثقب في المطاط وبيان معامل المرونة للمطاط حيث إن الصلادة ومعامل المرونة هما متلازمان غير منفصلان [21].

2-11-4 التلاصق

في مجال المطاط فإن الالتصاق يشير إلى قوة الربط بين طبقتين من المطاط و أيضا يمكن إن يشير إلى مقاومة الربط بين سطح مطاطي وآخر غير مطاطي مثل المعدن أو النسيج إن طبيعة هذه القوى ليست معروفة دائما كما إن الفشل لا يحدث دائما عند السطح البيني [12].

2-11-4-1 نظريات التلاصق

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

1. نظرية الانتشار

يبدو أن نظرية التلاصق بواسطة الانتشار أكثر توافقاً مع المطاط فهذه النظرية تفهم التلاصق كنتيجة للانتشار . و تعزي الترابط إلى التغلغل الذري عن طريق الانتشار الناتج في الطبقات السفلية . إن مقاومة الربط تزداد بزيادة درجة الحرارة و فترة الاتصال و الضغط و إضافة الملدنات [12] .

2. نظرية الامتزاز

إن نظرية الامتزاز توضح التلاصق كنتيجة لقوى فان درفالز التي تتكون بين جزيئات السطح و تلاصقها مع الطبقة السفلية (Substrate) [65,15] .

3. النظرية الالكتروستاتيكية

إن النظرية تفترض إن القوى الالكتروستاتيكية هي المسؤله عن مقاومة الربط بين المواد المتلاصقة حيث إن القوى الالكتروستاتيكية تتكون عند حدوث اتصال بين البوليمر والطبقة السفلية . إن النظرية تفترض انتقال الالكترونات من مادة إلى أخرى لذلك فإن نهايات السطوح تصبح معكوسة الشحنة .

إن الشحنات الالكتروستاتيكية تشبه قوى فان درفالز كونها الكترونية و تنشأ عن وجود اختلاف في دالة الشغل الالكترونية في كلا الجسمين [12,66] .

2-11-5 انحلال المطاط (Degardation)

وهو يعني كسر السلاسل الطويلة للمطاط إلى سلاسل قصيرة . أما العوامل التي تؤدي إلى ذلك فهي :

- أ – عوامل فيزيائية مثل الحرارة و الإشعاع والضغط .
- ب – عوامل كيميائية مثل الأوزون و الأوكسجين و الحوامض والقواعد و الماء و غيرها من المواد الكيميائية .

هناك عدة آليات لانحطاط المطاط منها تفاعل الجذور و تفاعل الايونات [20] .



2-11-6 مقاومة الاحتكاك Abrasion resistance

وهذا الاختبار يعرض العينة الى الاحتكاك اكثر من مرة على عجلة دوارة مع وجود او عدم وجود محاليل . درجة مقاومة الاحتكاك تقاس بنسبة فقدان الوزن نتيجة للتلف الكبير الذي يحدث للعينة نتيجة لعمليات الاحتكاك . وفي حالات اخرى تقاس درجة مقاومة الاحتكاك بالعلامات التي تظهر على سطح العينة مثل فقد المعان [11].

الفصل الثالث

الجزء العطي



1-3 المقدمة

إن تطوير مادة مركبه ذات أساس من المطاط لتطبيقات التي تحتاج الى صلادة عالية و مقاومه للاحتكاك ومقاومة للمحاليل المستعملة في معمل النسيج لمعالجة القماش يتطلب ذلك العديد من الفحوصات للعجنات المقترحة .
وهذه الاختبارات هي اختبار الصلادة و الصدمة والاحتكاك و الشد والانتفاخ ..الخ وفي هذا البحث سوف يتم تهيئة و اقتراح العديد من العجنات بعد ذلك يتم فحصها بتغيير نسب مكوناتها .

ومن هنا ولغرض البحث والمقارنة وصولا إلى تحقيق أهداف هذه الدراسة والذي يتمثل أبرزها الحصول على عجنات ملائمة لرولات سحب القماش في معمل نسيج الحلة . فقد وجدنا من المناسب اختيار مطاط النتريل كمادة أساس للمادة المركبة مع تغيير نسب إضافة النوفولاك ومن ثم اختيار أفضل نسبة إضافة من النوفولاك . هذه النسبة ليست بالضرورة هي التي تعطي أعلى قيمة للصلادة وإنما ممكن أن تعطي ربطاً بين الخصائص الميكانيكية وأيضا ممكن أن تعطي تحسیناً في الخواص الميكانيكية مع نسب إضافة السيليكا و الكربون .

2-3 المواصفات القياسية لرولات سحب القماش

قد تم ذكرها في الفصل الأول (فقرة 1-4) . في هذه المرحلة يجب استذكار المواصفات الواجب توافرها في الرولات لغرض الربط والمقارنة مع ما سيتم الحصول عليه من نتائج .

3-3 العجنه الرئيسية رقم (1)

تم تحضير العجنه من مطاط الأكريلونتريل بيوتادين (NBR) مع إضافة بعض المواد مثل الكبريت و اوكسيد الخارصين و حامض الستريك الخ .

تركيب العجنه موضح في الجدول رقم (1-3)

جدول رقم (1-3) يوضح مكونات العجنة الرئيسية رقم (1)

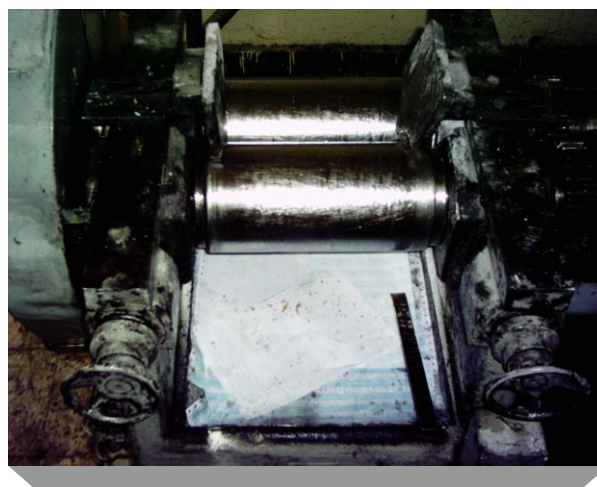
Compounding ingredients	Weight gm
NBR (Acrylonitrile Butadiene Rubber)	100
Zinc oxide	3.5
stearic acid	1.25
Dop	1.75
TMTD	1.75
Antioxidant (TMQ)	1.75
HMT	1.25
sulfur	1.75

العجنه تحضر بخلط المواد بموجب الجدول رقم (2-3) باستخدام عصارة المختبر ألمبينة في الشكل رقم (1-3) .

بعد ذلك يتم تحضير عينات الفحص (عينات الاختبارات) من هذه العجنه . للحصول على أفضل عجة فان بعض التحسينات سيتم تنفيذها على العجنه الرئيسييه للحصول على العجنة الملائمة التي تمتلك صلادة عالية ومقاومه للاحتكاك .

جدول رقم (2-3) يبين خطوات العجن

الوقت بالدقيقة	خطوات الخلط	ت
5	إمرار المطاط بين الرولتين عدة مرات مع تصغير المسافة بين الرولتين لتقليل السمك ، تتم هذه المعاملة بدرجة حرارة 70°C .	1
5	إضافة الكبريت إلى المطاط يتبع ذلك الخلط لغرض مجانسة المواد بدرجة حرارة 70°C .	2
5	إضافة اوكسيد الخارصين يتبع ذلك الخلط لغرض مجانسة المواد	3
5	إضافة حامض الستيريك يتبع ذلك الخلط لغرض مجانسة المواد	4
10	إضافة زيت الخروع وعلى عدة مراحل	5
5	إضافة المعجل TMTD يتبع ذلك الخلط لغرض مجانسة المواد	6
5	إضافة مضاد الاكسدة TMQ يتبع ذلك الخلط لغرض مجانسة المواد	7
5	إضافة HMT (بعد إضافة النوفولاك ان وجد) يتبع ذلك الخلط لغرض مجانسة المواد	8
10	استمرار عملية المجانسة ولمدة عشرة دقائق لغرض الحصول على خلطة متجانسة	9



الشكل رقم (1-3) يوضح صورة للعصارة

4-3 العجنه الرئيسييه رقم (2)

للحصول على عجنه متطورة وجديدة من المطاط التي تكون ملائمة للاستخدام في مجال الصلادة العالية ومقاومة الاحتكاك وهذه أهم المتطلبات الواجب توافرها في رولات سحب القماش . لذلك فإن العديد من التحسينات سوف تتم على العجنه السابقه. العوامل التي تدرس هي إضافة بعض المواد إلى المطاط لتحسين خواصه ، من هذه المواد هي النوفولاك حيث تم إضافته إلى العجنه بنسبة (0% - 50%) من العجنه الرئيسييه رقم(1) . والجدول رقم (3-3) يوضح كمية النوفولاك (بالغرام) المضافة إلى مطاط النتريل .

تتم إضافة النوفولاك قبل إضافة المادة المصلدة (HMT) هكسامثلين تترامين المشار إليه في الفقرة الثامنة في جدول (2-3) لأنها مادة مصلدة للنوفولاك . وبالاعتماد على الاختبارات الميكانيكية تم اختيار نسبة 30% نوفولاك من العجنه الرئيسييه رقم (1) .

جدول رقم (3-3) يبين كمية النوفولاك المضافة .

عجنه (6) gm	عجنه (5) gm	عجنه (4) gm	عجنه (3) gm	عجنه (2) gm	عجنه (1) gm	المادة
50	60	70	80	90	100	عجنه رئيسيه رقم (1) [NBR+Zno,S,Dop,etc]
50	40	30	20	10	0	نوفولاك

5-3 تحديد كمية مواد التقوية

لتحديد كمية ألماده ألمائه تم ذلك بإضافة السليكا إلى العجنه التي تحتوي على نوفولاك بنسبة 30% وكانت الإضافة بنسبة (0% - 60%) كما مبينه في الجدول رقم (4-3) و تم اختيار نسبة 50% من السليكا اعتمادا على الاختبارات الميكانيكية .

جدول رقم (4-3) يبين نسب إضافة السليكا .

نسبة مئوية %						مكونات العجينة
عجنه (6)	عجنه (5)	عجنه (4)	عجنه (3)	عجنه (2)	عجنه (1)	
40	50	60	70	80	90	عجنه رئيسية رقم(2) [NBR+(ZnO,S,Dop,etc)] 70%+Novolac 30%
60	50	40	30	20	10	سليكا

بعد تحديد كمية ألماده ألمائه (سليكا 50%) تم إضافة الكربون باعتباره مادة تسليح جيدة وضمن المواد المألئة وكانت نسب الإضافة له كما مبينه في الجدول رقم (5-3)

جدول رقم (5-3) يبين نسبة إضافة الكربون .

نسبة مئوية %						مكونات العجينة
عجنه (6)	عجنه (5)	عجنه (4)	عجنه (3)	عجنه (2)	عجنه (1)	
50	50	50	50	50	50	عجنه رئيسية رقم(2) [NBR+(ZnO,S,Dop,etc)] 70%+Novolac 30%
0	10	20	30	40	50	سليكا
50	40	30	20	10	0	اسود الكربون

6-3 الاختبارات (الفحوصات)

في هذه الفقرة سوف تتم الاختبارات الميكانيكية بموجب أُل (ASTM) التي بضمنها تحضير قوالب العينات للفحص .

1-6-3 تهيئة القوالب

1-1-6-3 قالب فحص الصلادة والصدمة والوزن النوعي

لتحضير قالب لفحص الصلادة و الصدمة والكثافة تم استخدام القوالب في مختبر معمل إطارات بابل .

القالب يتكون من ثلاثة قطع ألقطعه أوسطيه التي أبعادها (6.5 * 180 * 200) ملم تحتوي على تسعة فتحات دائرية بقطر 35 ملم وسمك 6.5 ملم ، بينما القطعة الثانية و الثالثة متشابهتان ، أبعاد هذه القطع (10 * 150 * 150) ملم و لا تحتوي على فتحات ، الفائدة من هاتين القطعتين هي إن احدها يعتبر كقاعدة و الأخرى كغطاء كما مبينه في الشكل رقم (2-3) . اما عن شكل العينة النهائي فتكون عبارة عن قرص بقطر 35 ملم وسمك 6.5 ملم . من الممكن إنتاج تسعة عينات كدفعة واحدة . الشيء الجدير بالملاحظة هو ان القرص الناتج ممكن اجراء عليه فحوصات الصلادة والصدمة والوزن النوعي .



شكل رقم (2-3) قالب لإنتاج عينات فحص الصلادة والصدمة والكثافة .

2-1-6-3 قالب عينات فحص الشد و الاستطالة و معامل المرونة

عينة هذا الفحص تكون بالأبعاد التالية (6 * 150 * 150) ملم و تحضر باستخدام قالب يتكون من قطعتين من حديد الصلب متساويتين بالأبعاد (10 * 160 * 395)

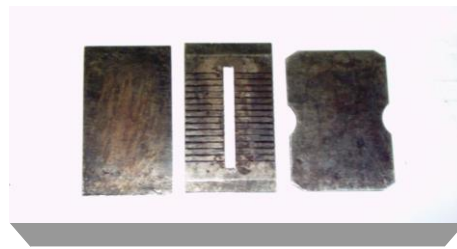
ملم يحتوي كل من هاتين القطعتين على تجويف بأبعاد (2.5 * 150 * 150) ملم و لتوضيح ذلك لاحظ الشكل رقم (3-3) .



شكل رقم (3-3) قالب لإنتاج عينات فحص الشد والاستطالة ومعامل المرونة .

3-1-6-3. قالب الالتصاق

يستعمل هذا القالب لفحص الالتصاق لأسلاك الفولاذ المطلية بالنحاس و أسلاك فولاذية غير مغطاة بالنحاس . القالب مكون من ثلاثة قطع ، القطعة الوسطية بأبعاد (377 * 196) ملم تحتوي هذه القطعة على فتحة بأبعاد (200 * 50) ملم و في طرفيها حزوز و عددها 15 حز بأبعاد (2 * 2 * 6) ملم و هذه الحزوز متقابلة و على خط مستقيم ، موقع السلك يكون في هذا الحز . أما القطعتين الأخيرتين فلهما نفس الأبعاد (300 * 150 * 10) ملم و تعتبر واحده كقاعدة و الأخرى كغطاء كما مبين في الشكل رقم (4-3) .



شكل رقم (4-3) قالب لإنتاج عينات فحص الالتصاق بين العجينة والأسلاك المطلية بالنحاس والغير مطلية

2-6-3 تقنية تحضير العينات

تم تحضير عدة عينات لكل عجنه ، وقد خصصنا ثلاثة عينات لكل اختبار ، أما العينات التي حضرت هي عينات فحص الشد وعينات فحص الصلادة وعينات فحص الالتصاق .

إن تقنية الفلكنه تستعمل الضغط الهيدروليكي و الحرارة و الوقت .

تم تحضير عينات الفحص (نماذج الاختبار) للعجنات التالية :

1. تحضير عينات من ألعجنه الرئيسي رقم (1) التي لا تحتوي على نوفولاك و محتوياتها مبينه في جدول رقم (1-3)
2. تحضير عينات من ألعجنه الرئيسية رقم (2) أي بإضافة نسب مختلفة من النوفولاك (0% - 50%) و هذه العجنات مبينه في الجدول رقم (3-3)
3. تم اختيار نسبة النوفولاك 30% من العجنه الرئيسية رقم (2) ثم أضيف إليها السليكا بنسب مختلفة (0% - 60%) حيث تم تحضير العينات منها حسب الجدول رقم (4-3)
4. بعد الحصول على أنسبه الملائمة من الفقرة الثالثة يتم تحضير عينات مضاف إليها اسود الكربون حسب الجدول رقم (5-3)

3-6-3 تحضير عينات الاختبارات الميكانيكية

1-3-6-3 عينات فحص الصلادة و الوزن النوعي و الصدمة

يستخدم لهذه الاختبارات نفس عينه واحدة (أي نفس العينة يجرى عليها هذه الفحوصات) و يتم تحضيرها كما يلي :

1. في بداية الأمر يتم تسخين قالب المبين في شكل رقم (2-3) إلى درجة 100°C .
2. و باستخدام القفازات يتم استخراج القالب من الفرن ثم يلي ذلك تزييت كل قطع القالب .
3. تأخذ كميته ملائمة من ألعجنه و توضع في القالب .
4. يتم وضع القالب في المكبس الهيدروليكي المبين في الشكل (3-5) تحت ضغط 39 bars و حرارة 160°C و لمدة 15 دقيقة لإكمال عملية الفلكنه .

5. تستخرج العينه من القالب بعد انتهاء ألمده ثم تترك لمدة 24 ساعة بعدها يتم الفحص



شكل رقم (3-5) مكبس هيدروليكي

3-6-3-2 تحضير عينات الشد و الاستطالة و معامل المرونة

يستخدم لهذه الاختبارات نفس العينة (أي ان نفس العينة يمكن باختبار واحد تعطينا

ثلاثة نتائج للاختبارات اعلاه) والتي يتم تحضيرها كما يلي :

1. تسخين القالب المبين في الشكل (3-3) إلى درجة 100°C .

2. استخراج القالب من الفرن ثم يلي ذلك تزييت كل القطع للقالب .

3. يتم إضافة كميته ملائمة من العجنه في القالب .

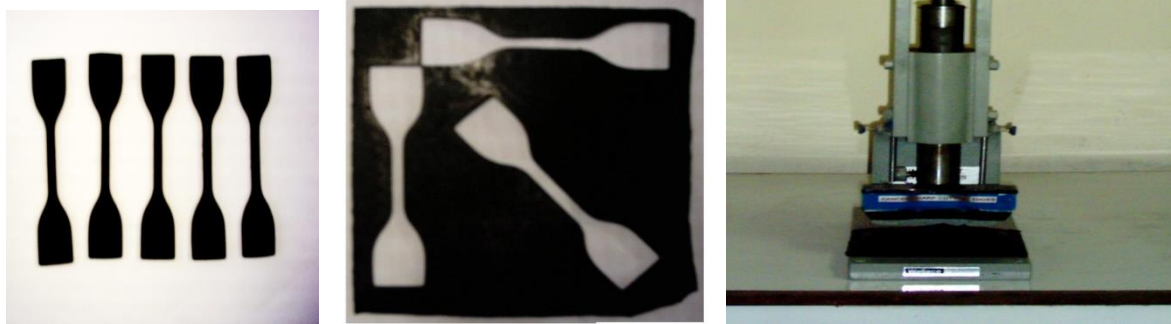
4. بعد وضع الغطاء (الجزء الثالث من القالب) على القالب يتم تسليط ضغط على

القالب إلى 39 bars و حرارة إلى 145°C لمدة 45 دقيقه .

يتم ذلك بالاعتماد على أل (ASTM D3182) و (ASTM D13192) .

5. بعد انتهاء زمن الفلكنه تستخرج العينه من القالب ثم تترك لمدة 24 ساعة .

6. تقطع ألعينه (الشريحة) إلى ثلاثة قطع ، أما القطع فيتم بواسطة المكبس اليدوي كما في الشكل (6-3)



C

B

A

الشكل رقم (6-3) -A مكبس يدوي لقطع العينات ، B - الشريحة بعد القطع ، C - عينة الفحص النهائية .

3-3-6-3 تحضير عينات الالتصاق

الأسلاك المستخدمة في الشركة ألعامه لصناعة إطارات بابل يكون تركيبها كما في

الجدول رقم (6-3)

جدول رقم (6-3) النسب المئوية لتركيب الأسلاك المتوفرة في معمل الإطارات

Fe	Cu	N	(S+P)	P	S	Si	Mn	C
Rest.	0.05	0.1	6.08 combined	0.5	0.5	0.2	0.6	0.72

هذا السلك يكون مطلي بطبقة رقيقه من النحاس بسمك 0.26 mm يزال هذا الطلاء بعملية بسيطة ثم يغسل بالأسيتون .

هناك نوعان من العينات نوع يستخدم أسلاك مطلية بالنحاس و نوع آخر أسلاك حديدية غير مطلية بالنحاس .

خطوات التحضير هي :

1. يسخن القالب المبين في شكل رقم (3-4) بوضعه في المكبس الحراري لمدة ربع ساعة و بدرجة حرارة 150°C .

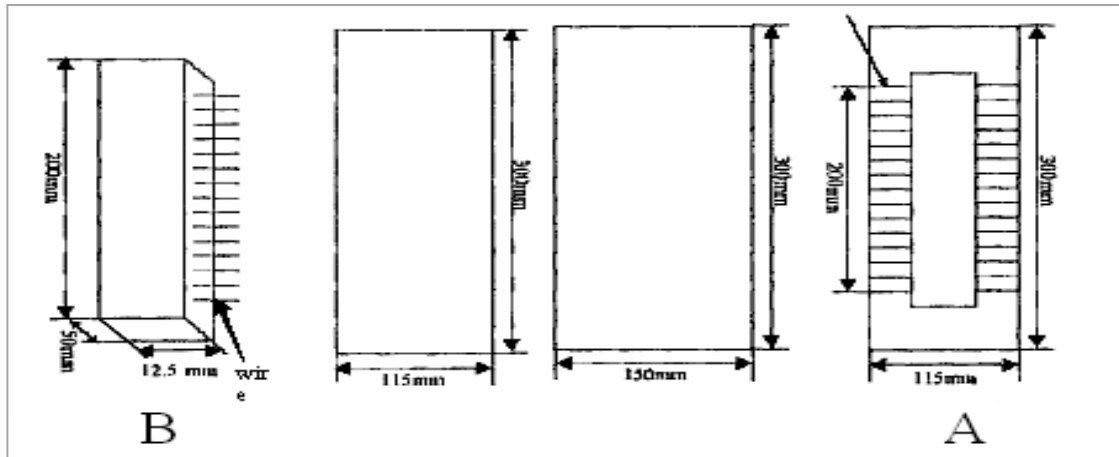
2. يستخرج القالب من الفرن ثم تزييت كل قطع القالب .

3. تأخذ كميته من العجنه على هيئة شريحتين أبعاد الواحدة (200 * 50) ملم ، يتم وضع إحدى الشريحتين في القالب يلي ذلك وضع الأسلاك ، ثم يتم وضع الشريحة الأخرى على الأسلاك .

يكون الجزء الظاهر من السلك بطول 30 سم من احد الجوانب التي تحتوي على الحزوز و من الجانب الآخر يكون 50 سم .

4. يتم وضع الغطاء على القالب ثم يسلط ضغط 90 Mpa و حرارة 165 c لمدة 40 دقيقة لإتمام عملية الفلكنه .

5. تستخرج ألعينه من القالب وتترك لمدة 24 ساعة ،أما أبعاد ألعينه فهي (200 * 50 * 12.5) ملم لاحظ الشكل رقم (3-7)



شكل رقم (3-7) ، A مخطط لقالب الالتصاق ، B عينة فحص الالتصاق

7-3 أجهزة الاختبار

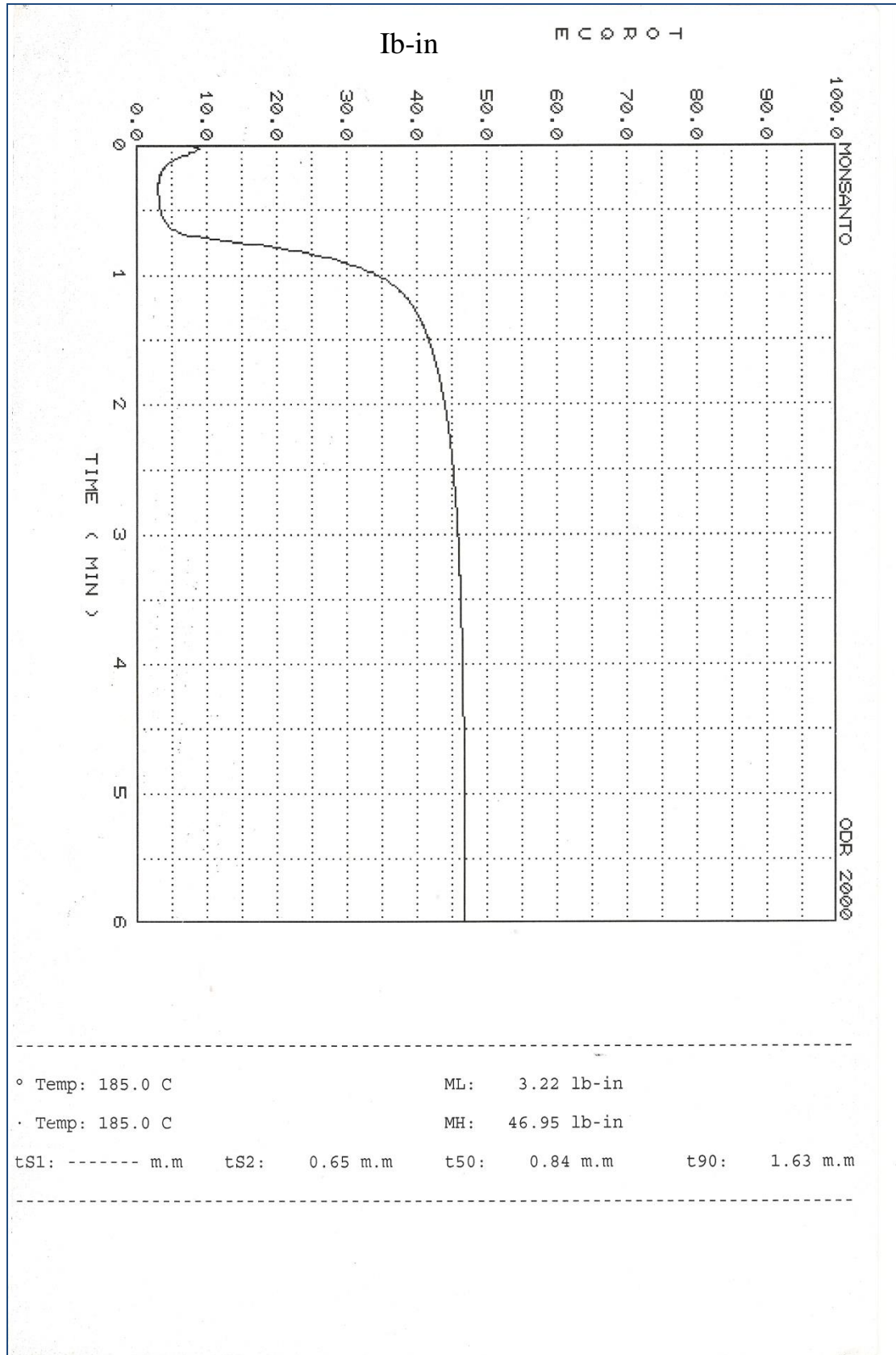
في هذا الفصل نعرض عرضاً موجزاً للطرق العملية المختلفة التي تستخدم في اختبار البوليمرات. وتعتبر معرفة طرق التحليل والتمييز للبوليمرات من ألبم الواجبات على الطالب الدارس لعلم البوليمرات نظراً لأهميتها بالنسبة لاختبارات ضبط جودة البوليمرات للاستخدام الصناعي .

1-7-3 جهاز قياس الانسيابية

الاختبار يتم بموجب أل (ASTM D208489) باستخدام قرص متذبذب (Oscillating Rheometer Disc ORD) . يتم وضع العجنه على هذا القرص الذي تكون حركته اهتزازية ثم يتم تسليط ضغط من خلال الضغط على القالب في نفس الوقت تسليط حرارة ، يكون مقدار الضغط المسلط (20 Psi) والحرارة (85 °C) لمدة ستة دقائق الشكل رقم (A8-3) يبين جهاز ألد (ORD) المستخدم . النتيجة لهذا الجهاز تظهر مرسومه على ورقه مثال على ذلك لاحظ الشكل رقم (B 8-3) , حيث تبين العلاقة بين العزم وزمن الفلكنه ، اما المعلومات التي نحصل عليها من الجهاز هي أعلى عزم و العزم عند أي لحظه وزمن الفلكنة Cure Time وزمن النضوج Scorch Time و اللزوجة (Viscosity) .



شكل رقم (A8-3) جهاز قياس الانسيابية ODR



شكل رقم (B 8-3) نتيجة فحص جهاز الانسيابية

2-7-3 جهاز قياس الوزن النوعي

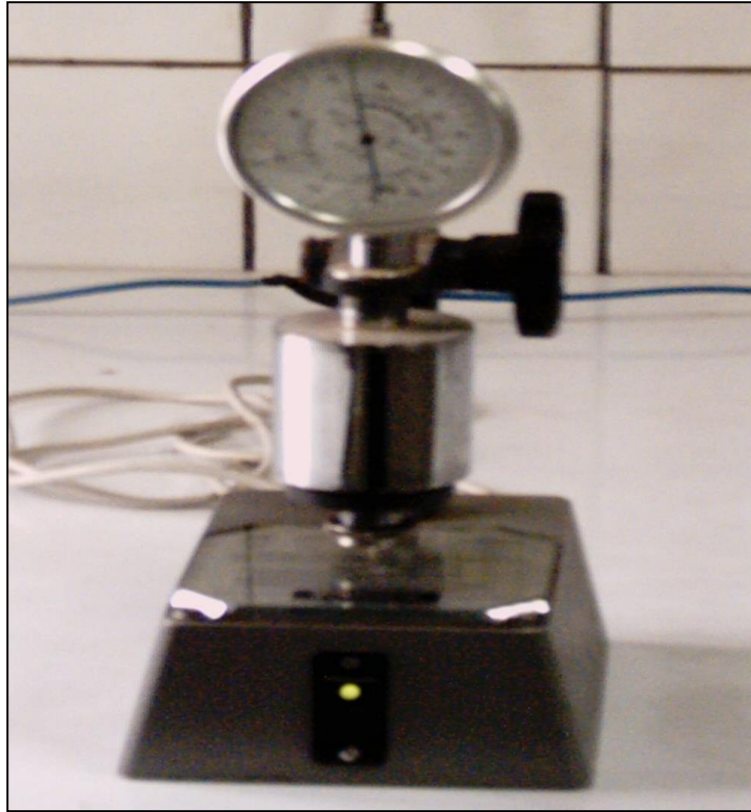
يستخدم لهذا الجهاز عينات تم تحضيرها في الفقرة رقم (3-6-3-1) . الشكل رقم (3-9) يبين جهاز فحص الوزن النوعي .
مبدأ عمل الجهاز بوزن العينه في الهواء ثم وزن العينه و هي مغمورة في الماء هذه المعلومات تدخل إلى الحاسبه المربوطة إلى هذا الجهاز . بعد ذلك تظهر النتائج مطبوعة على الورق .



شكل رقم (3-9) جهاز فحص الوزن النوعي

3-7-3 جهاز فحص الصلادة

تم تنفيذ هذا الفحص بواسطة جهاز فحص الصلادة نوع Wallace Dead Load الذي مبين في الشكل رقم (3-10). يستخدم لهذا الجهاز عينات فحص الوزن النوعي نفسها. تمت قراءة مقدار الصلادة على الجهاز بوحدات (I.R.H.D.) (International Rubber Hardness Degree) تعتمد دقة القراءة على معدل سرعة التحميل و لمدة الزمنية لتسليط الحمل .



شكل رقم (3-10) جهاز فحص الصلادة

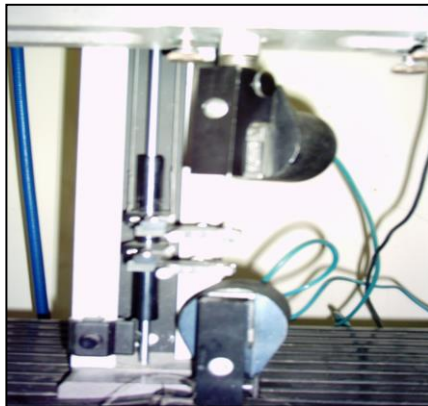
4-7-3 جهاز فحص الشد و الاستطالة و معامل المرونة و

الالتصاق

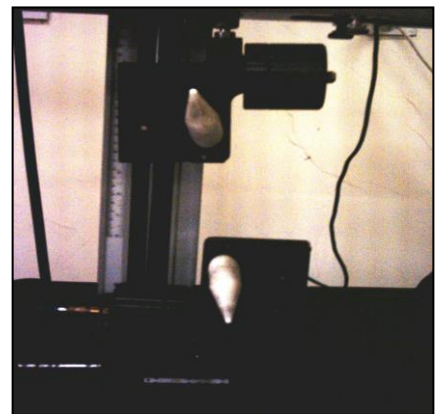
يتم الاختبار باستخدام العينات التي تم تحضيرها في الفقرة رقم (2-3-6-3) بالاعتماد على أُل (ASTM D 412-88) الشكل رقم (11-3) يبين الجهاز. وباستخدام فكوك خاصة لعينة اختبار الشد ، تكون حركة احد الفكين إلى الأعلى و الفك الآخر ثابت ، تكون سرعة الحركة (500 mm/min) .



جهاز الفحص



فكوك اختبار الالتصاق



فكوك اختبار الشد

الشكل رقم (11-3) جهاز فحص الشد والاستطالة ومعامل المرونة والالتصاق

5-7-3 جهاز فحص الرجوعية

في هذا الجهاز يتم الفحص باستخدام طريقة ارتداد البندول حيث يتم تثبيت البندول عند الزاوية 45 باستخدام تقنية الجذب المغناطيسي ، وباستخدام المجس الالكتروني تفتح دائرة الجذب المغناطيسي عندها يسقط البندول من الزاوية 45 وعند اصطدامه بقرص المطاط يرتد إلى الأعلى ليصل إلى زاوية معينة وعندها يتم حساب خاصية الارتداد حيث إن الجهاز مبرمج لحسابها آنياً . لاحظ الشكل رقم (3-12) يبين صورة للجهاز

قبل وضع القرص المطاطي في جهاز فحص الارتداد يجب تسخين القرص إلى درجة 50°C ثم يوضع في جهاز الفحص حيث إن موضع وضع القرص مسخن آليا بدرجة 50°C لضمان إتمام الفحص تحت هذه الدرجة . تم اختبار ثمانية عينات (التي تعطي صلادة أعلى من 90 (I.R.H.D.) ، لأن احد أهم متطلبات رولات سحب القماش في معمل النسيج هي أن يمتلك المطاط المستخدم صلادة أعلى من 90 ((I.R.H.D.)



شكل رقم (3-12) جهاز فحص الرجوعية

3-7-6 جهاز فحص الالتصاق

الاختبار يتم باستخدام عينات الالتصاق التي تم تحضيرها في الفقرة (3-3-6-3) بموجب (ASTM 2229) يتم استخدام جهاز الشد نفسه و لكن بتغيير الفكوك و سرعة الحركة تكون (50 mm/min) . تم اختبار ثمان عينات (التي تعطي صلادة أعلى من 90 (I.R.H.D.))

3-7-7 فحص الانتفاخ

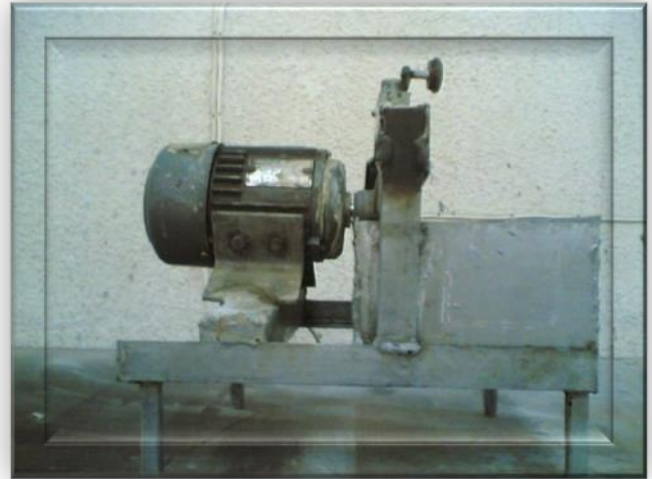
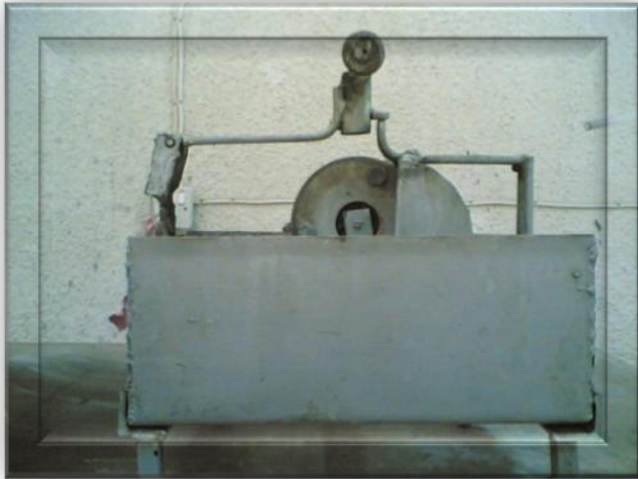
تم اختبار ثمان عينات (التي تعطي صلادة أعلى من 90 (I.R.H.D.)) بغمرها في المحلول المستخدم في معمل نسيج الحلة (الذي تم التطرق اليه في الفصل الاول) حيث تم قياس أوزانها الأولية قبل الغمر ثم تم قياس العينات دوريا كل عشرة أيام (عند قياس وزن العينات تترك لتجف لمدة خمسة دقائق بعدها يتم القياس) . كانت مدة الاختبار 50 يوم أي 5 قراءات لكل عينة . وبعد الانتهاء من جميع القراءات لكل العينات قمنا باخذ فرق الوزن لكل عينة بعد كل قراءة ومن ثم اخذ معدل فرق الوزن لقراءات كل عينة . و تم تتم المقارنة بين معدل فروق الاوزان لجميع العينات .

3-7-8 جهاز فحص البلى (Wear)

هو عبارة عن جهاز مكون من ماطور كهربائي (عدد دوراته بالدقيقة 1370 دورة) قرصه الدوار بقطر 17 سم يحتوي على حوض لوضع المحلول ، ولتنشيت العينة يحتوي الجهاز على ماسك حديدي قابل للحركة ، كذلك يمكن إضافة أحمال على الماسك لغرض زيادة الضغط على العينة أثناء الاختبار ولتوضيح ذلك لاحظ الشكل رقم (3-13)

أما في مجال بحثنا هذا فتم إكساء القرص بالقماش (قماش معمل نسيج الحلة) أيضا تم ملء الحوض بمحاليل المستعملة لمعالجة الأقمشة في معمل نسيج الحلة. وقد تم فحص ثمانية عينات (العينات التي تعطي صلادة أعلى من 90 (I.R.H.D.)) بعد وضعها في المحلول لمدة خمسة أشهر وذلك لضمان إتمام التفاعل بين العينات والمحلول.

أما عن طريقة الاختبار فقد تمت بوزن العينة قبل الاختبار (الوزن الأصلي للعينة بعد مضي خمسة دقائق من استخراجها من المحلول) ثم ربط عينة الاختبار بالماسك الحديدي ووضعت الأثقال على الماسك وكان مقدار الثقل 500 غرام (برغم ان قوة التماس بين سطح الرولة والقماش في المعمل هي أعلى من ذلك بكثير جدا إلا إن الهدف هو المقارنة بين مقاومة العينات للاحتكاك بإمكانية جهاز الفحص هذا) ، وبعد ذلك ملئنا حوض الجهاز بالمحلول و تم تشغيل الجهاز (الماتور) لمدة 30 دقيقة لكل عينة وبعد الانتهاء تترك العينة لتجف لمدة خمس دقائق ثم توزن مرة أخرى .
نحسب الفرق بين وزن العينة قبل الاختبار وبعد الاختبار، أي واحدة من العينات الثمانية تعطي فرق في الوزن اقل تكون هي الأفضل بعد الاختبار.



شكل رقم (3-13) جهاز فحص البلى

الفصل الرابع

النتائج والمناقشة



4-1 المقدمة

لعل رولات سحب القماش في معامل النسيج من أكثر أجزائه تعرضاً للتلف وذلك للاستخدام المستمر . ومن الطبيعي فان إنتاج رولات السحب للقماش يعد أمراً بالغ الأهمية لما ينطوي عليه من أهميتها في معامل النسيج .

تقسم الخواص العامة للرولات إلى مجموعتين رئيسيتين من الخواص :

المجموعة الأولى وهي مجموعة الخواص المتعلقة بخلط وفلكنة المطاط . أو الخواص التي تؤثر في سلوك المطاط خلال عمليات التشغيل اللاحقة .

تشمل هذه المجموعة من الخواص : العزم الأقصى Maximum Torque وزمن الاحتراق أو التهيؤ للفلكنة أو زمن النضوج Scorch Time وزمن الفلكنة Cure Time والوزن النوعي Specific Gravity .

أما المجموعة الثانية فهي مجموعة الخواص الأساسية للمنتوج النهائي (مطاط الرولة) ، وتشمل كل من مقاومة الشد ومعامل المرونة ونسبة الاستطالة والصلادة ومقاومة البلى .

هذا الفصل يتعامل مع نتائج الاختبارات الفيزيائية و الميكانيكية وكذلك مناقشة هذه النتائج للعينات التالية :

1. العجنات التي تحتوي على مطاط النتريل كمادة أساسية وعلى نسب مختلفة من النوفولاك .

2. العجنات التي تحتوي على مطاط النتريل كمادة أساسية وعلى نسبة محددة من النوفولاك وعلى نسب مختلفة من السيليكا .

3. العجنات التي تحتوي على مطاط النتريل كمادة أساسية وعلى نسبة محددة من النوفولاك و ايضا على نسبة محددة من السيليكا ولكن باضافة نسب مختلفة من الكاربون بحيث تحل محل السيليكا .

بعد ان اجريت الفحوصات لهذه العجنات ، تم في هذا الفصل جدول النتائج الخاصة بها ،بالاضافة الى توضيحها بالرسوم البيانية اللازمة .

4-2 تأثير إضافة النوفولاك على العجنه الرئيسية رقم (1)

تم إضافة النوفولاك بنسب (0% - 50 %) على العجنة الرئيسية رقم (1) (المحتوية على مطاط النتريل) وتم دراسة تأثيره على الخواص الميكانيكية والفيزيائية . وكانت النتائج مبينة في الجدول رقم (1-4) . يجب الملاحظة الى ان نسبة المادة المصلاة للنوفولاك (HMT) كانت ثابتة والسبب في ذلك لمعرفة تأثيرها في العجنة الناتجة .

جدول رقم (1-4) يبين تأثير إضافة النوفولاك على مطاط النتريل

Novolac %	prop. scorch time m.m	Cure time m.m	Tourq lb-tn	viscosity MU	specific gravity	Tensile Mpa	Elongation %	Elastic Mod.	Hardness IRHD	Adhesives Cu (N)	Adhesives Cu (N)
0	0.81	1.63	32.01	5.45	1.021	2.216	446	2.018	53		
10	0.78	1.72	34.2	5.86	1.044	4.764	387	4.184	57		
20	0.76	1.75	32.43	5.697	1.053	8.552	348	6.893	65.25		
30	0.77	2.62	25.42	4.293	1.085	10.787	286	8.2	75.25	296.3	36
40	0.77	2.95	24.1	2.592	1.023	14	257.5	12.612	91		
50					0.994	16.23	191	13.128	96		

4-2-1 تأثير إضافة النوفولاك على الخواص الفيزيوكيميائية

و تتضمن دراسة خصائص الخلط و عملية الفلكنه للعجنه والتي تتضمن

Scorch Time 1-1-2-4 زمن النضوج

الشكل (1-4) يبين العلاقة بين زمن النضوج (التهيئة إلى الفلكنه) و نسبة النوفولاك. إن زيادة نسبة النوفولاك في العجنه يؤدي إلى تقليل زمن النضوج وهذا يعزى إلى تداخل النوفولاك مع سلاسل المطاط أثناء حدوث عملية الفلكنه ، إن النوفولاك يعمل تاصر فيزيائي مع سلاسل المطاط مما يؤدي إلى تقليل زمن النضوج

Cure Time 2-1-2-4 زمن الفلكنة

الشكل رقم (2-4) يبين العلاقة بين زمن الفلكنه و نسبة النوفولاك ، حيث يلاحظ من الشكل زيادة نسبة النوفولاك تؤدي إلى زيادة زمن الفلكنة والسبب في ذلك كمية المادة المصلدة (HMT) التي تكون في بادئ الامر كافيه وصولا الى نسبة 25% من النوفولاك بعد هذه النسبة تصبح كمية المادة المصلدة (HMT) قليلة وغير كافية لاصداد كل كمية النوفولاك المضافة وبذلك يحتاج المطاط وقت اكثر لاتمام عملية الفلكنة .

3-1-2-4 العزم

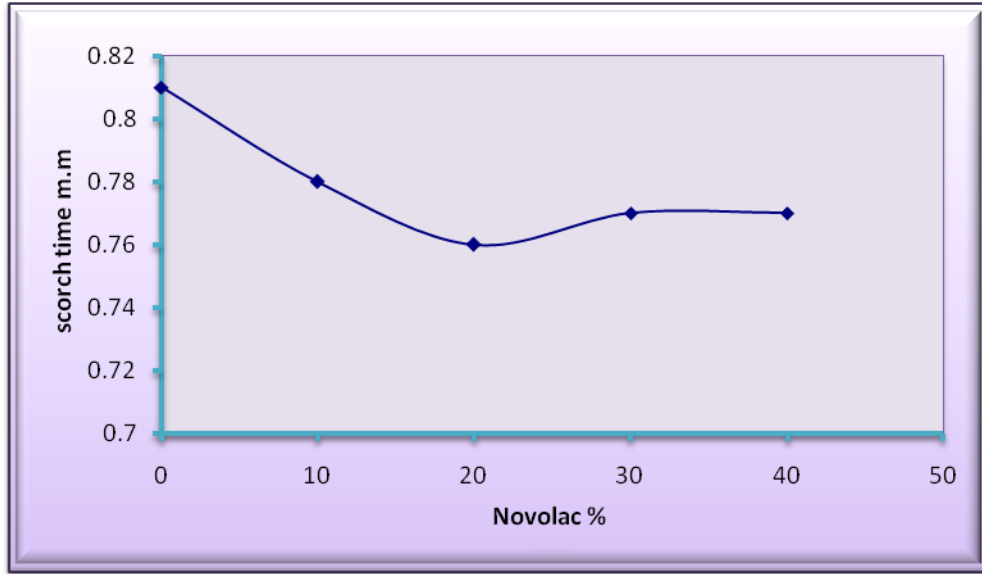
يوحي الشكل (3-4) إلى إن زيادة النسبة الوزنية للنوفولاك إلى العجنه تؤدي إلى زيادة العزم أي يحتاج إلى ضغط أكثر لغرض انسياب العجنه داخل القالب نتيجة للتشابك الذي يعمل النوفولاك مع سلاسل المطاط لكن بعد الوصول الى نسبة 25% نوفولاك نلاحظ انخفاض واضح في العزم لقله كمية المادة المصلدة(HMT) الواجب توافرها .

4-1-2-4 اللزوجة Viscosity

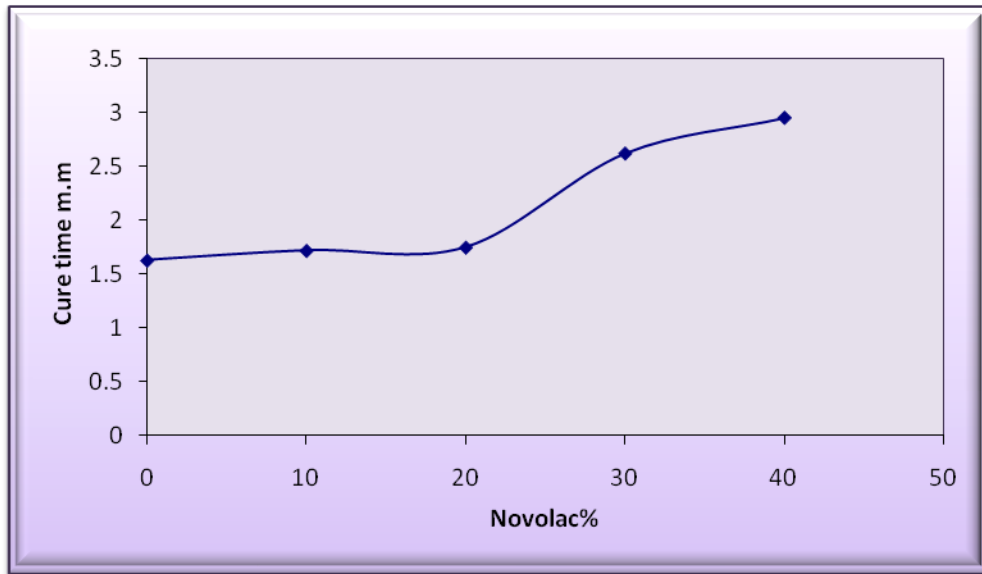
الشكل رقم (4-4) يبين العلاقة بين اللزوجة و نسبة النوفولاك المضاف إلى العجنه ، يلاحظ زيادة اللزوجة بزيادة النوفولاك لكونه يمتلك خصائص ألماده اللدنة في درجة حرارة 185 °C لكن بعد الوصول الى نسبة 25% نوفولاك نلاحظ انخفاض اللزوجة بسبب قلة كمية المادة المصلدة الواجب توافرها .

5-1-2-4 الوزن النوعي Specific gravity

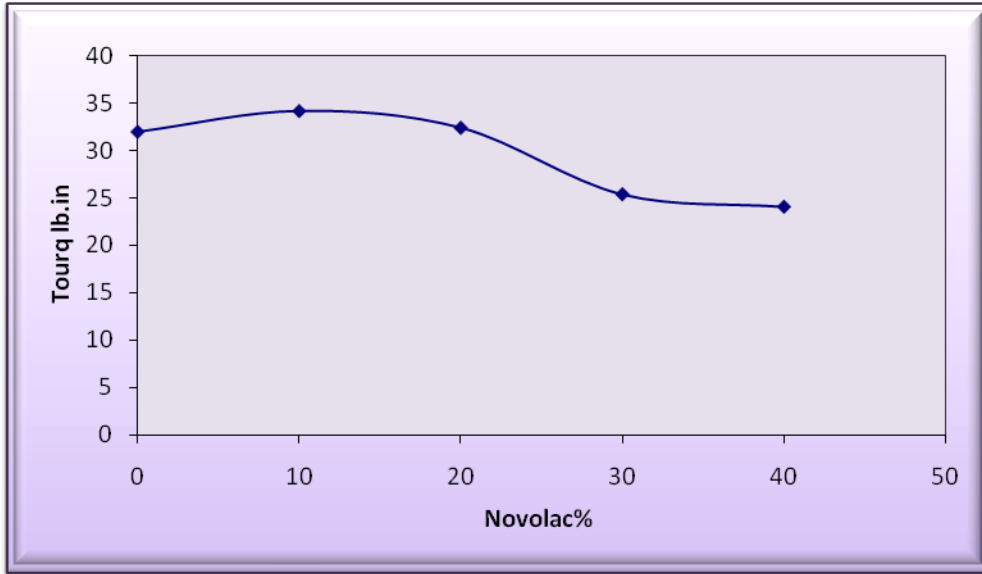
يوضح الشكل رقم (4-5) العلاقة بين الوزن النوعي والنسب الوزنيه للنوفولاك المضاف إلى ألعجنه الرئيسية ، حيث نلاحظ زيادة الوزن النوعي مع زيادة نسبة النوفولاك إلى إن نصل إلى نسبة 30% نوفولاك ثم بعد ذلك ينخفض ، وهذا السلوك يعزى إلى قلة المسافة بين السلاسل المطاطية بسبب النوفولاك الذي يدخل بين السلاسل المطاطية وبذلك يملئ الفراغات ولكن زيادة نسبة النوفولاك على حساب النقصان في نسبة المطاط يؤدي الى ظهور تأثير النوفولاك على المطاط من ناحية الوزن النوعي . أيضا بعد نسبة 30% نوفولاك فان كمية النوفولاك تكون عالية نسبيا الذي بدوره يعطي زيادة في التاصر الفيزيائي مع المطاط ويؤدي إلى تيبس ألعجنه في درجات الحرارة العالية مما يؤدي إلى خلق فجوات أو شقوق داخل ألعجنه تعمل على خفض الوزن النوعي



الشكل رقم (1-4) تأثير إضافة النوفولاك على زمن النضوج



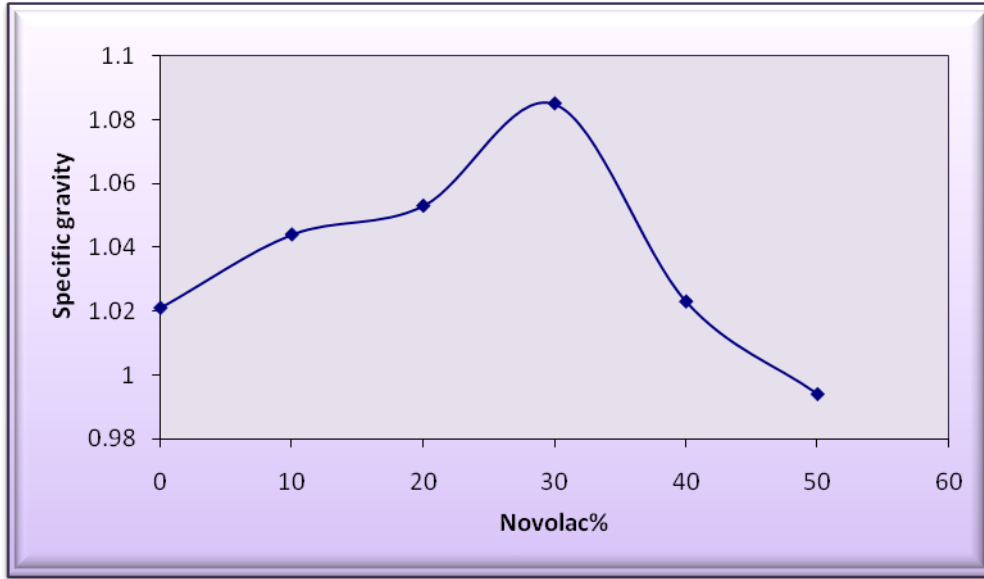
الشكل رقم (2-4) تأثير إضافة النوفولاك على زمن الفلكنة



شكل رقم (3-4) تأثير إضافة النوفولاك على العزم



شكل رقم (4-4) تأثير إضافة النوفولاك على اللزوجة



الشكل رقم (4-5) تأثير إضافة النوفولاك على الوزن النوعي

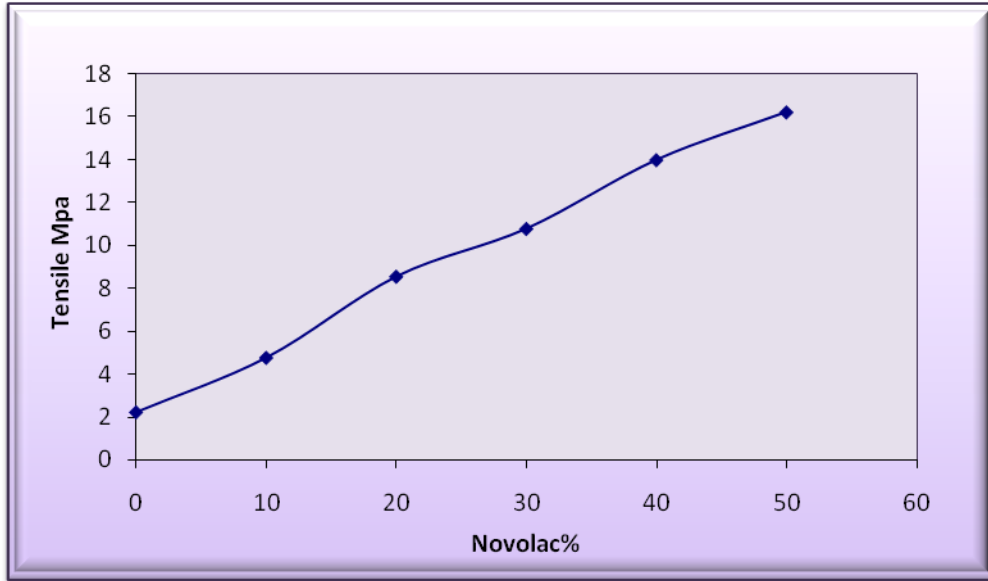
4-2-2-2 تأثير النوفولاك على الخواص الميكانيكية للعجنه

4-2-2-2-1 تأثير النوفولاك على قوة الشد ، المطيليه ، معامل المرونة

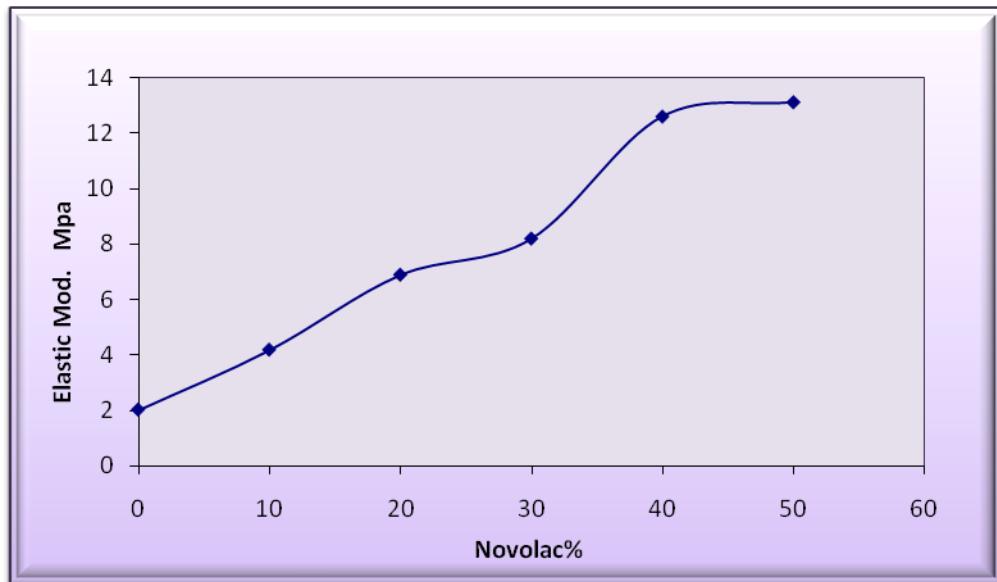
يلاحظ إن زيادة نسبة النوفولاك تؤدي إلى زيادة قوة الشد كما في الشكل (4-6) كذلك تؤدي إلى زيادة معامل المرونة كما في الشكل (4-7) . إن السبب في ذلك هو إن النوفولاك يتشابك مع السلاسل المطاطية . أيضا نلاحظ الشكل رقم (4-8) يبين ان بزيادة النوفولاك نلاحظ انخفاض المطيلية لنفس السبب [20] .

4-2-2-2-2 الصلادة

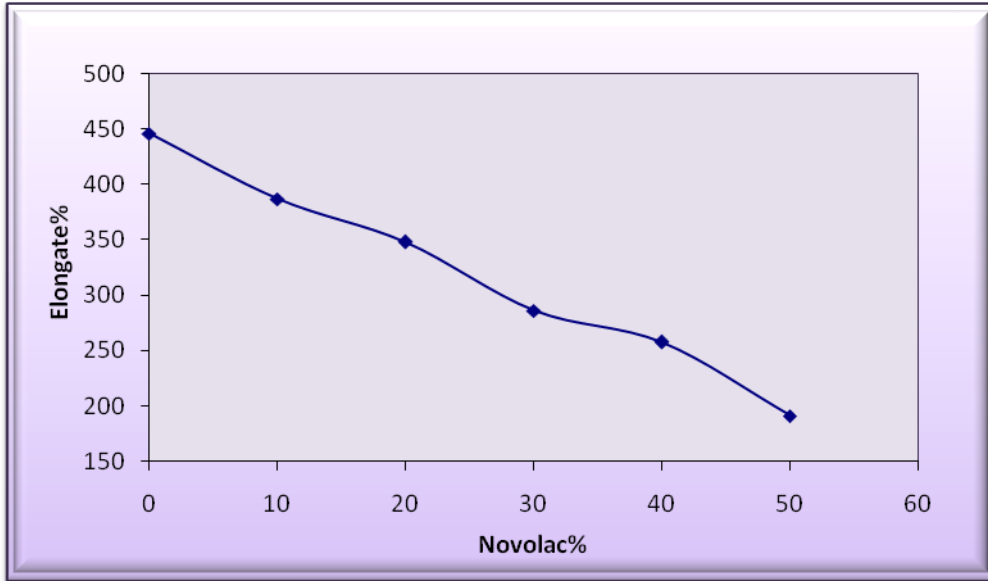
الشكل رقم (4-9) يبين العلاقة بين الصلادة و نسبة النوفولاك المضاف إلى العجنه ، حيث نلاحظ زيادة نسبة النوفولاك تؤدي إلى زيادة الصلادة . ان الزيادة في الصلادة تعزى إلى التشابك القوي بين المطاط و النوفولاك الذي ينتج زيادة في الشد السطحي أي ان سطح المنتج يكون مقاوم للتغلغل [20] .



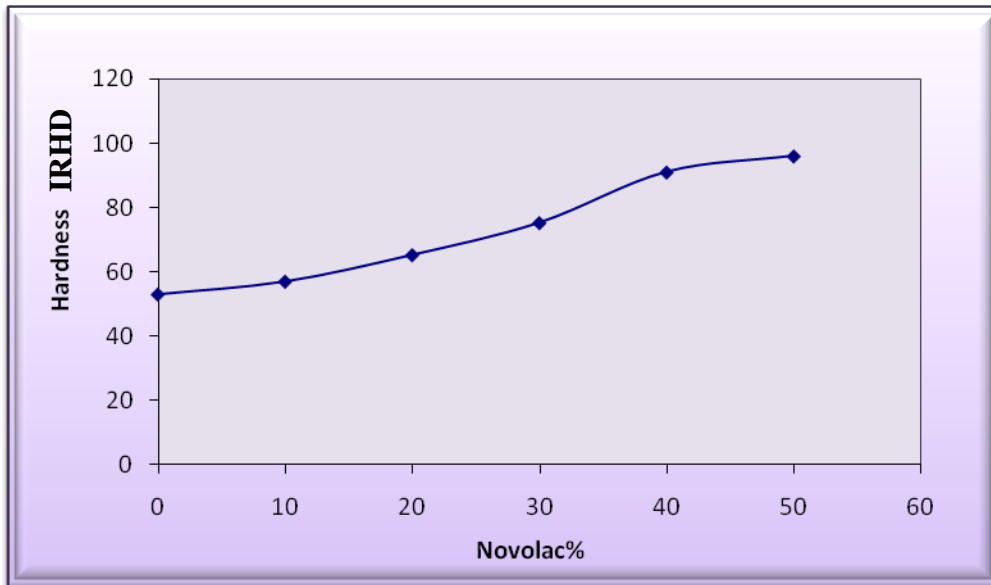
الشكل رقم (6-4) تأثير اضافة النوفولاك على مقاومة الشد



الشكل رقم (7-4) تأثير إضافة النوفولاك على معامل المرونة



الشكل رقم (4-8) تأثير إضافة النوفولاك على الاستطالة



الشكل رقم (4-9) تأثير إضافة النوفولاك على الصلادة

3-4 تأثير إضافة السليكا على العجنه التي نسبة النوفولاك فيها 30%

تم اختيار العجينة المحتوية على نسبة 30% نوفولاك لأنها أعطتنا صلادة IRHD 72.25 والتي من الممكن تحسينها مع إضافة المواد المقوية مع المحافظة على الخواص الأخرى .

تم دراسة تأثير إضافة السليكا إلى ألعجنه المحتوية على 30% نوفولاك و أظهرت الفحوصات النتائج المبينة في الجدول رقم (2-4) .

جدول رقم (2-4) يبين تأثير إضافة السيليكا على العجينة المحتوية على 30 % نوفولاك والباقي مطاط

SiO2%	scorch time m.m	Cure time m.m	Tourq lb-tn	viscosity MU	specific gravity	Tensile Mpa	Elongation %	Elastic Mod.	Hardness IRHD	Adhesives Cu (N)	Adhesives Fe (N)	impact R%	Wear gm
0	0.77	2.62	25.42	4.293	1.085	10.787	286	8.2	75.25	296.3	36		
10	0.68	1.92	26.9	4.387	1.138	10.853	248	7.46	82				
20	0.65	1.71	29.37	4.667	1.192	12.018	259	8.511	86			20.55	
30	0.64	1.45	38.5	5.049	1.232	13	251	7.9	87.5			18.59	
40	0.59	1.24	42.68	5.805	1.313	13.937	189	11.504	91	419.5	30.8	16.17	0.029
50	0.56	1.17	46.39	7.965	1.371	14.566	122.5	13.796	92.5	492	69.5	14.35	0.039
60	0.53	0.89	30.91	9.666	1.475	15.527	66	15.357	94	594.29	109.2	11.56	0.045

4-3-1 تأثير إضافة السيليكا على الخصائص الفيزيوكيميائية

و تتضمن دراسة خصائص الخلط و عملية الفلكنه للعجنه والتي تتضمن

4-3-1-1 تأثير إضافة السيليكا على زمن النضوج Scorch Time

الشكل (4-10) يبين تأثير إضافة السيليكا على زمن النضوج حيث إن زيادة نسبة السليكا تؤدي إلى خفض زمن النضوج ، ويحدث ذلك نتيجة لزيادة المساحة السطحية

الفعالة التي تكون بتماس مع المطاط كنتيجة لزيادة وزن السليكا مما يؤدي إلى كثرة الروابط الفيزيائية بين جزيئات المطاط وجزيئات السيليكا البلورية الصلدة و الذي يؤثر سلبا على زمن النضوج .

4-3-1-2 تأثير إضافة السليكا على زمن الفلكنة Cure Time

الشكل (4-11) يبين تأثير إضافة السليكا على زمن الفلكنة حيث إن زيادة نسبة السليكا تؤدي إلى خفض زمن الفلكنة ، ويحدث ذلك نتيجة لزيادة المساحة السطحية الفعالة التي تكون بتماس مع المطاط كنتيجة لزيادة وزن السليكا مما يؤدي إلى كثرة الروابط الفيزيائية بين جزيئات المطاط وجزيئات السيليكا البلورية الصلدة و الذي يؤثر سلبا على زمن الفلكنة .

4-3-1-3 تأثير إضافة السليكا على العزم

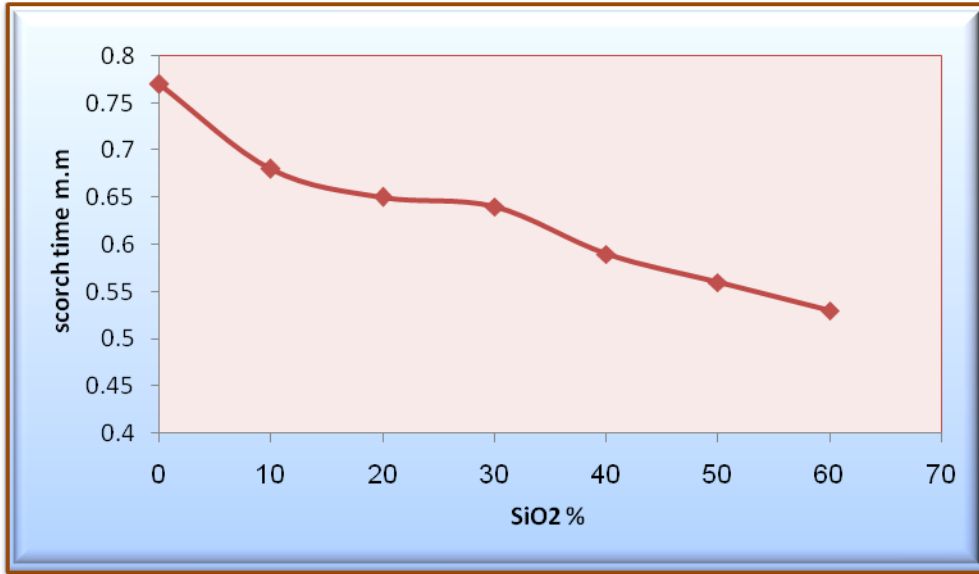
الشكل (4-12) يبين زيادة العزم بزيادة نسبة السليكا وهذا ينتج من زيادة المواد الصلدة في العجنه ، وهذا يتفق مع نتائج الباحث [20] .

4-3-1-4 تأثير إضافة السليكا على اللزوجة

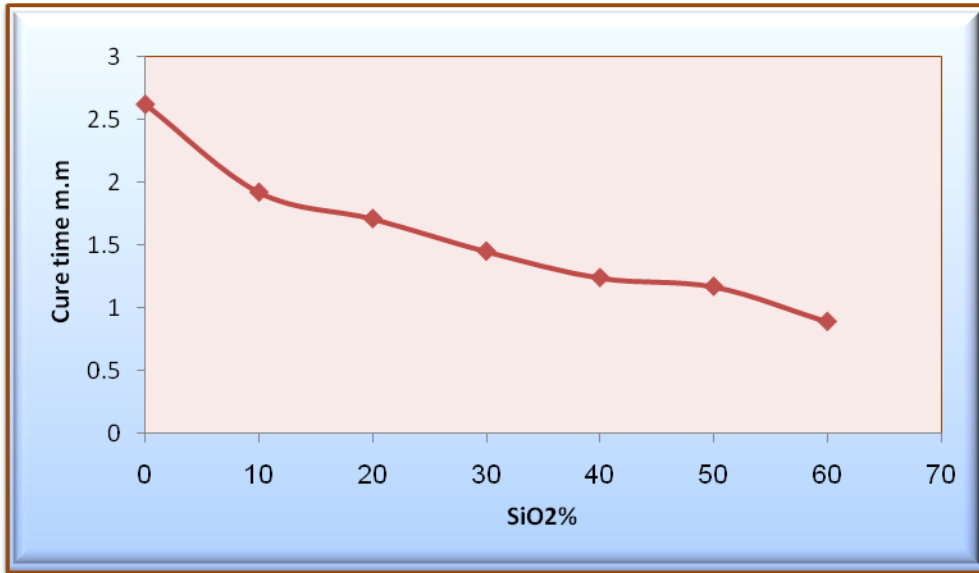
الشكل (4-13) يبين زيادة اللزوجة بزيادة نسبة السليكا وهذا ينتج من زيادة المواد الصلدة في العجنه ، وهذا يتفق مع نتائج الباحث [20] وبعد نسبة 50 % سيليكا نلاحظ انخفاض العزم لان السيليكا تصبح هي المادة الاساس .

4-3-1-5 تأثير إضافة السليكا على الوزن النوعي

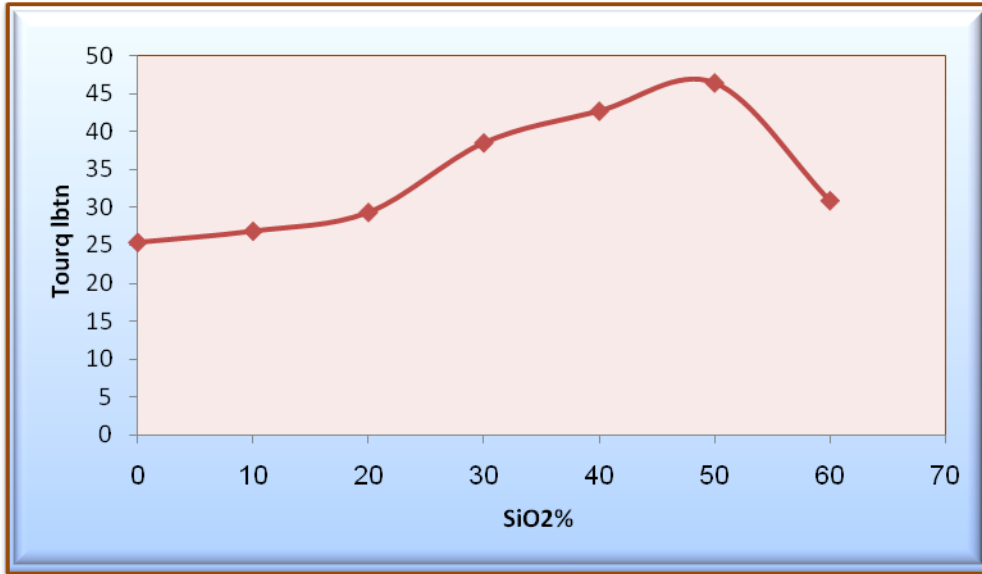
الشكل (4-14) يبين زيادة الوزن النوعي بزيادة السليكا وهذا ناتج من حقيقة هو إن السليكا تمثل كحشوه التي تملئ الفراغات الموجودة في العجنه حيث تنتج زيادة في الوزن النوعي وكذلك تمتلك وزن نوعي عالي.



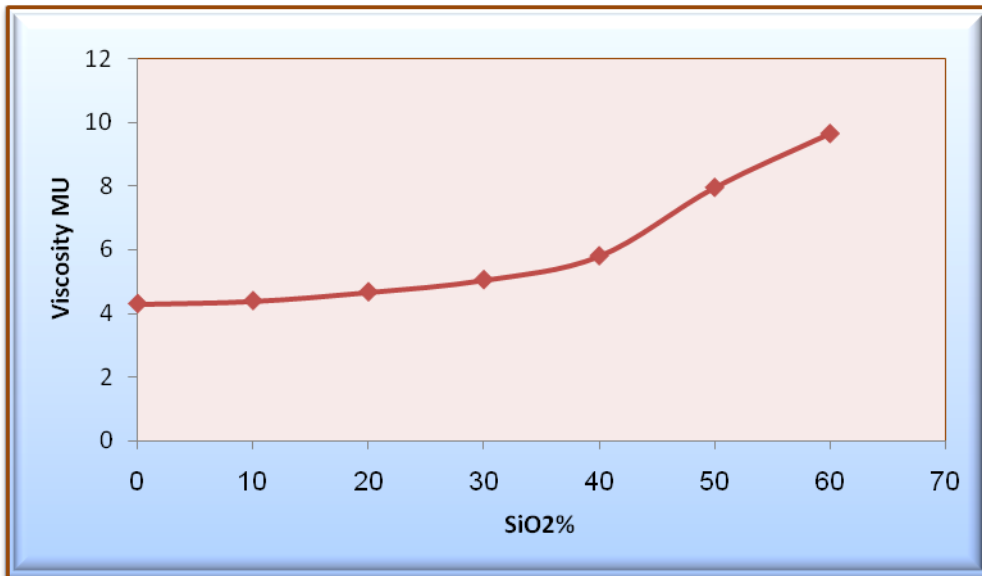
الشكل رقم (10-4) تأثير إضافة السيليكا على Scorch Time



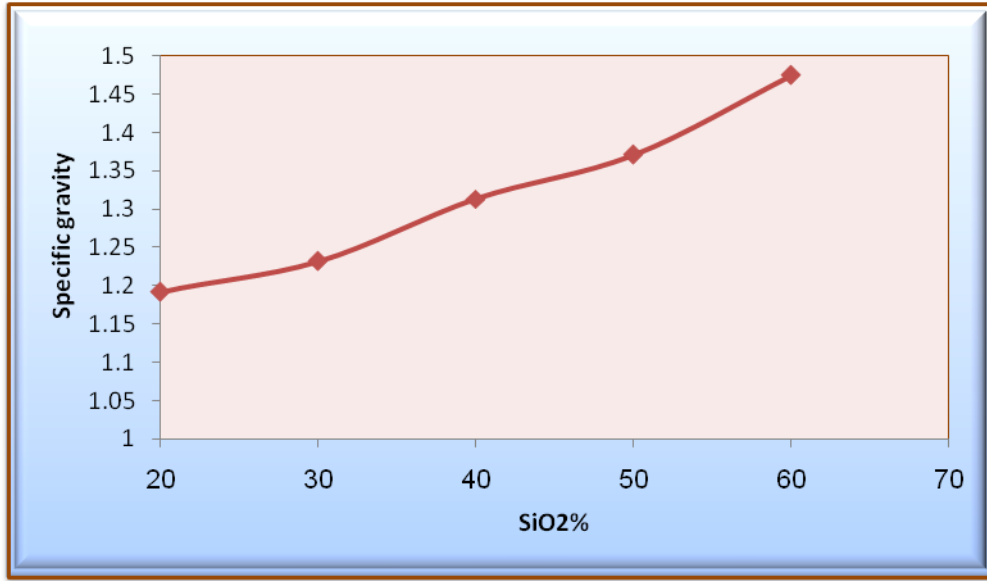
الشكل رقم (11-4) تأثير إضافة السيليكا على Cure Time



الشكل رقم (4-12) تأثير إضافة السيليكا على العزم



الشكل رقم (4-13) تأثير إضافة السيليكا على اللزوجة



الشكل رقم (4-14) تأثير إضافة السليكا على الوزن النوعي

4-3-2 تأثير إضافة السليكا على الخصائص الميكانيكية

والتي تتضمن

4-3-2-1 تأثير إضافة السليكا على مقاومة الشد

الشكل رقم (4-15) يبين زيادة في مقاومة الشد بزيادة نسبة السليكا السبب في ذلك إن خلط السليكا مع المطاط ينتج روابط فيزيائية بين حبيبات السليكا و سلاسل المطاط ، وهذا بدوره يعطي مقاومة شد عالية ، وهذا يتفق مع نتائج الباحث [20] .

4-3-2-2 تأثير إضافة السليكا على ألمطيليه

الشكل رقم (4-16) يبين نقصا في ألمطيليه بزيادة السليكا السبب هو إن ألعجنه تصبح اقل ألمطيليه بزيادة السليكا بسبب زيادة الروابط الفيزيائية بين حبيبات السليكا وسلاسل المطاط أيضا وجود السليكا يقيد حركة السلاسل .

4-3-2-3 تأثير إضافة السليكا على معامل المرونة

الشكل رقم (4-17) يبين زيادة في معامل المرونة بزيادة السليكا بسبب إن العجنه تزداد صلابتها (تميل الى الهشاشة) بزيادة السليكا هذه النتيجة تتفق مع نتائج الباحث [20].

4-2-3-4 تأثير إضافة السليكا على الصلادة

الشكل رقم (4-18) يبين زيادة في الصلادة بزيادة نسبة السليكا في العجنه و هذا بسبب زيادة مساحة سطح السليكا المرتبط بالمطاط وهناك علاقة طردية بين الصلادة ومعامل المرونة .

4-2-3-5 تأثير إضافة السليكا على الالتصاق

تم إجراء اختبارات البلى على العينات التي تعطي صلادة أكثر من 90 I.R.H.D. حيث استبعدت العينات التي أعطت دون ذلك .

الشكل رقم (4-19) و (4-20) يبينان زيادة في قوة الالتصاق بزيادة السليكا السبب هو زيادة المساحة السطحية للسليكا مما يؤدي الى زيادة التلاصق مع المعادن بسبب الجذب الكهروستاتيكي بين ذرات المعادن وجزيئات السليكا فزيادة نسبتها تزداد قوة التجاذب بين العجنة المفلكنة والفولاذ والنحاس .

4-2-3-6 تأثير إضافة السليكا على الرجوعية

تم إجراء اختبارات البلى على العينات التي تعطي صلادة أكثر من 90 I.R.H.D. حيث استبعدت العينات التي أعطت دون ذلك .

الشكل رقم (4-21) يبين نقصان في مقدار الرجوعية بزيادة نسبة السليكا يعزى ذلك إلى إن زيادة السليكا تؤدي إلى زيادة الصلادة الأمر الذي يؤدي سلبا على مقدار الرجوعية .

4-2-3-7 تأثير إضافة السليكا على مقاومة البلى

تم إجراء اختبارات البلى على العينات التي تعطي صلادة أكثر من 90 I.R.H.D. حيث استبعدت العينات التي أعطت دون ذلك .

الشكل رقم (4-22) يبين انخفاض في مقاومة البلى بزيادة نسبة السيليكا (علاقة عكسية) وهذا أمر وارد لكون حبيبات السيليكا لديها احتكاك عالي مع أي سطح مما يؤدي إلى انفصالها وبما إن وزنها النوعي أعلى من الوزن النوعي للمطاط فان قيمة الوزن المفقود من السيليكا يكون تأثيره كبير عند الوزن .

4-3-2-8 تأثير إضافة السيليكا على الانتفاخ

تم إجراء اختبار الانتفاخ على العينات التي تعطي صلادة أكثر من 90 I.R.H.D. حيث استبعدت العينات التي أعطت دون ذلك .

الشكل رقم (4-23) يبين نقصان كبير (يتجه نحو القيمة السالبة) في معدل فرق الأوزان (نقصان في وزن العينات) بزيادة نسبة السيليكا في العجنة ، والسبب في ذلك إن وجود مادة مألثة (السيليكا) ضمن العجنة تحاول تسهيل مرور المحلول إلى داخل العجنة وبذلك يقل الاحتكاك بين حبيبات السيليكا وسلاسل المطاط فتتزلق حبيبات المطاط ضمن المحلول. وهذا يعني بزيادة نسبة السيليكا تزداد احتمالية سقوط عدد أكبر من حبيباتها ضمن المحلول.

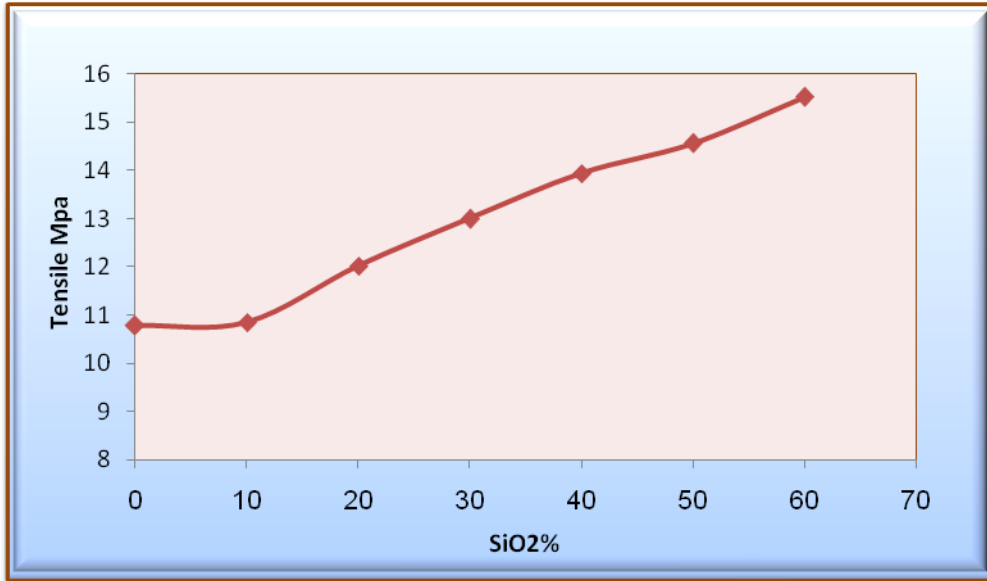
بعد الانتهاء من الاختبارات تم اختيار العجنة التي محتواها من السيليكا 50% لعدة اسباب :

1. لصلادتها العالية والتي بلغت 92.5 I.R.H.D

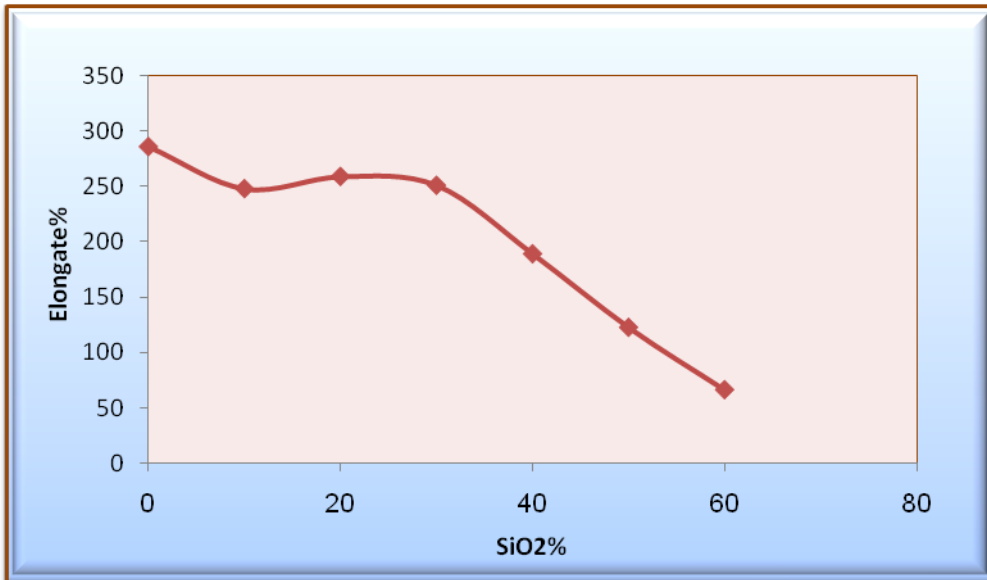
2. نتيجة لرخص السيليكا بالمقارنة مع المطاط لذلك فان نسبة 50% سيليكا تعتبر مفيدة من الناحية الاقتصادية

3. يمكن رفع صلادتها باضافة مواد مقوية اخرى مثل اسود الكربون

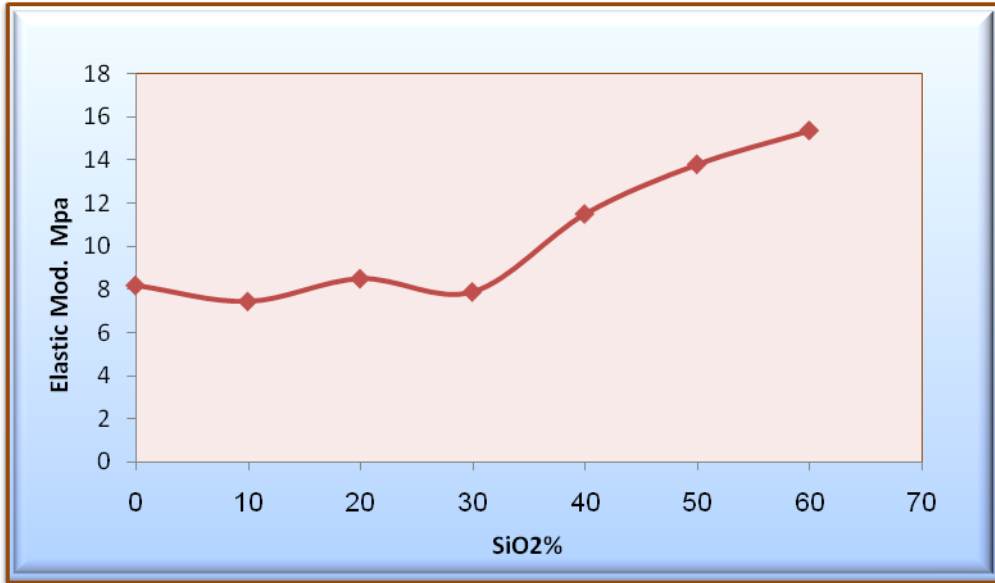
4. اذا زادة نسبة السيليكا عن 50% تصبح هي المادة الاساس وليس البوليمر .



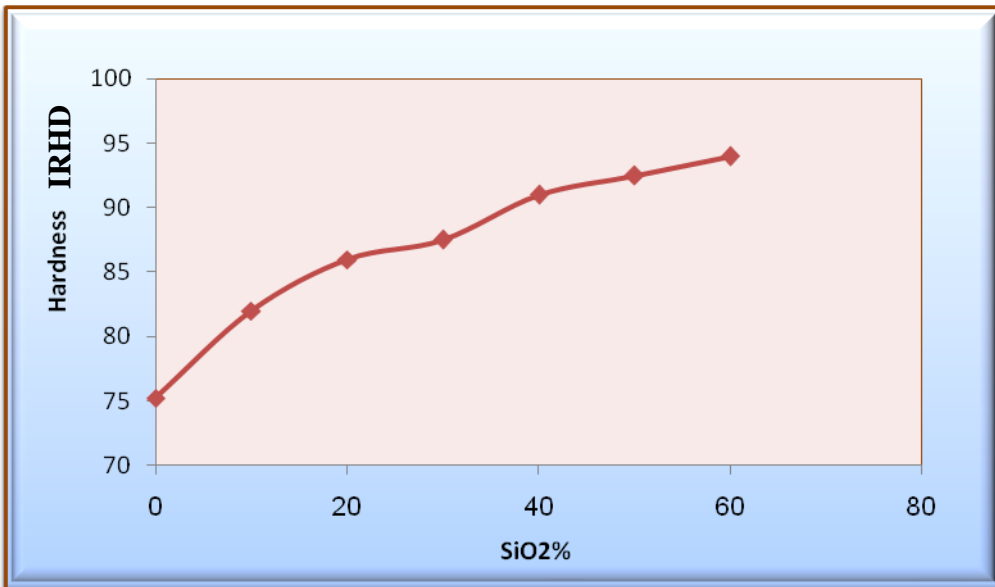
الشكل رقم (4-15) تأثير إضافة السيليكا على مقاومة الشد



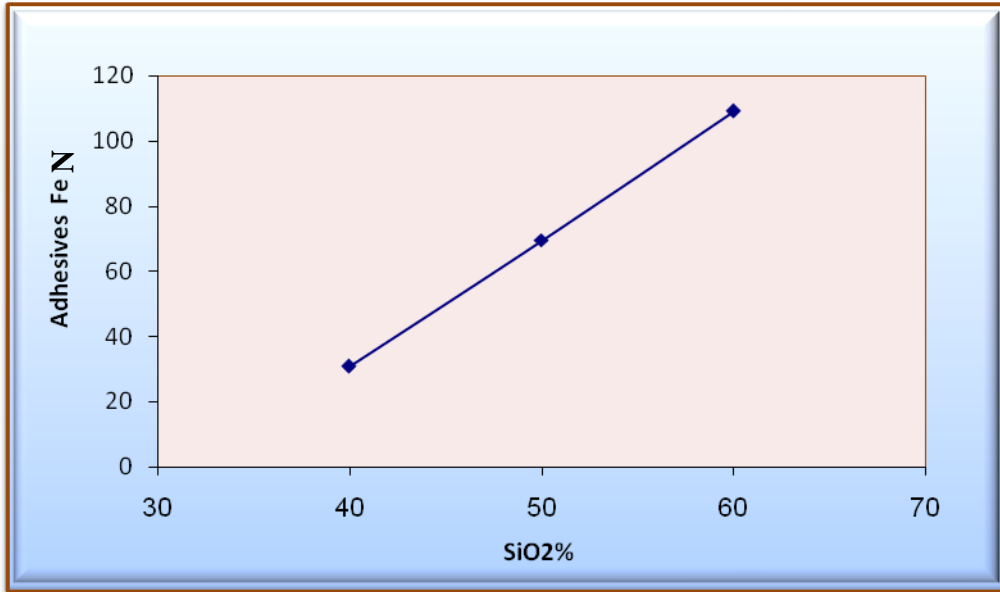
الشكل رقم (4-16) تأثير إضافة السيليكا على الاستطالة



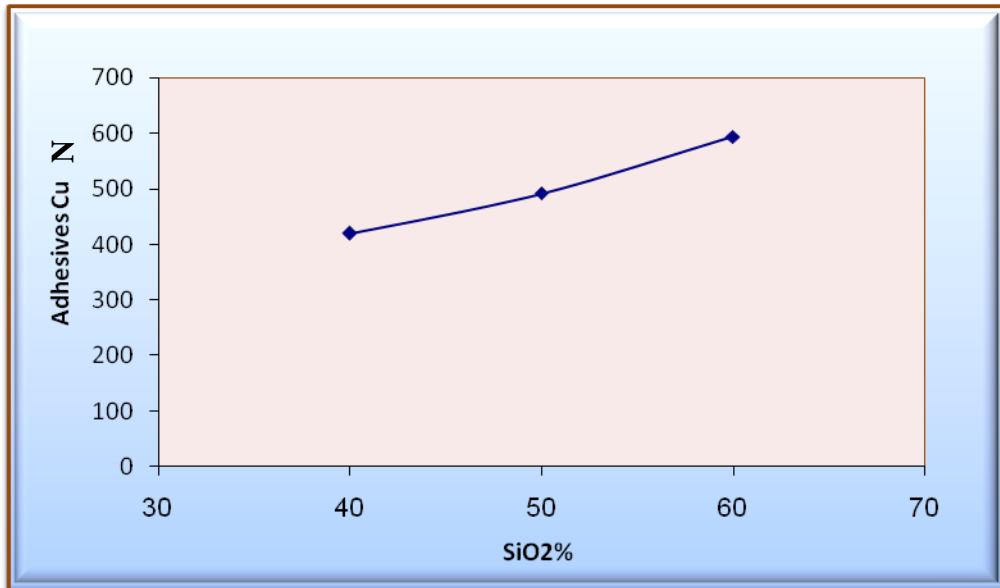
الشكل رقم (4-17) تأثير إضافة السيليكا على معامل المرونة



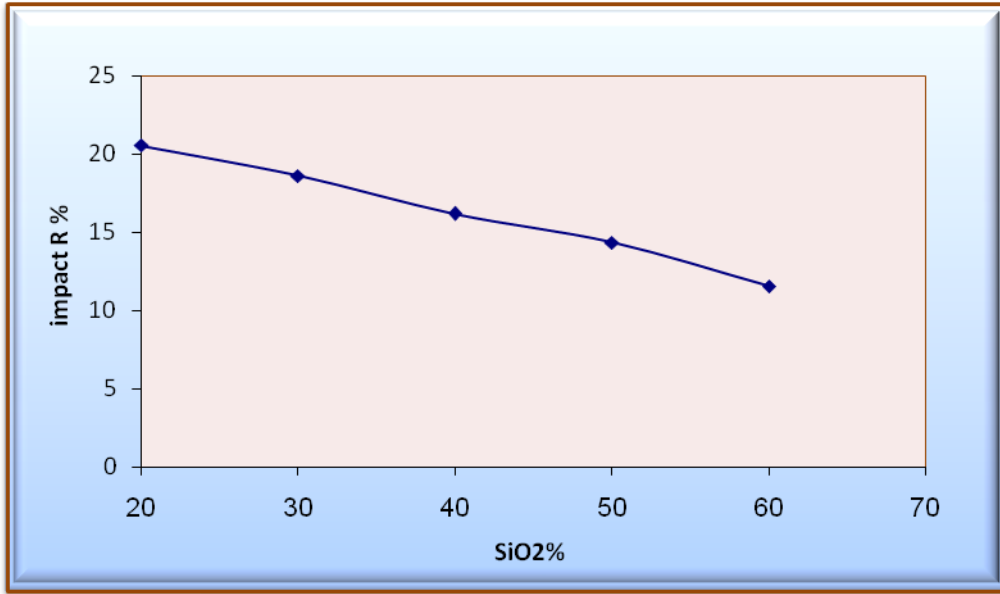
الشكل رقم (4-18) تأثير إضافة السيليكا على الصلادة



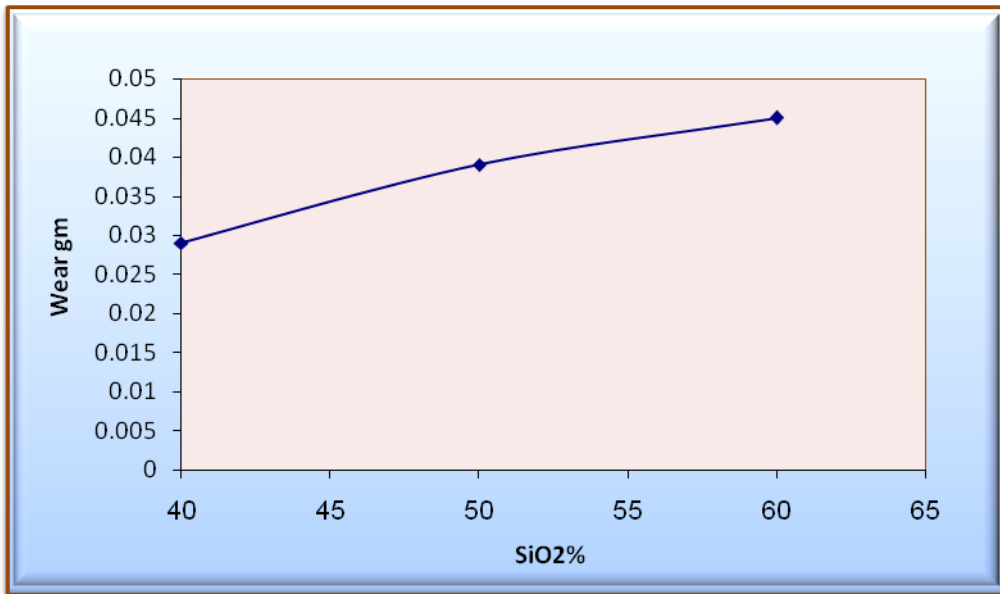
الشكل رقم (4-19) تأثير إضافة السيليكا على الالتصاق مع الحديد



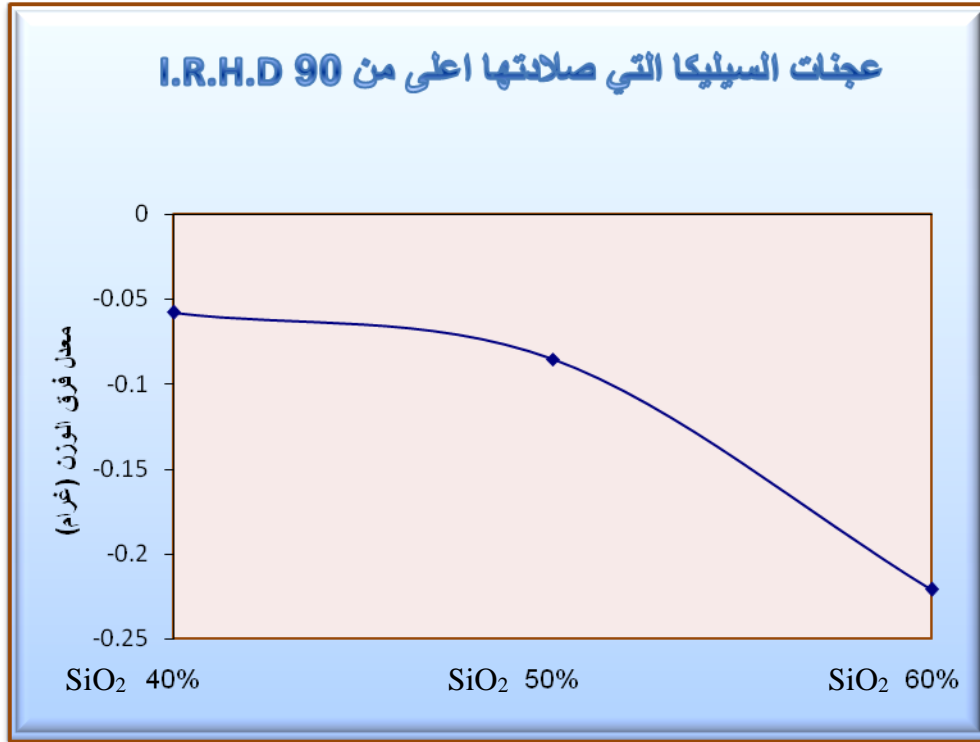
الشكل رقم (4-20) تأثير إضافة السيليكا على الالتصاق مع النحاس



الشكل رقم (4-21) تأثير إضافة السيليكا على الصدمة



الشكل رقم (4-22) تأثير إضافة السيليكا على البليان



شكل رقم (4-23) دراسة تأثير الانتفاخ على عجنت السيليكا

4-4 تأثير إضافة اسود الكربون على العجنة المحتوية على 50% سيليكا

تمت دراسة تأثير إضافة اسود الكربون على العجنة المحتوية على 50% سيليكا (مادة مالئه) وكانت نسب إضافة اسود الكربون على العجنة مبينة في الجدول رقم (3-5) وكانت النتائج مبينة في الجدول رقم (4-3)

جدول رقم (4-3) تأثير إضافة اسود الكربون على العجنة المحتوية على 50% سيليكا

C%+SiO2%	scorch time m.m	Cure time m.m	Tourq lb-in	viscosity MU	specific gravity	Tensile Mpa	Elongation %	Hardness IRHD	Adhesives Cu (N)	Adhesives Fe (N)	impact R%	Wear gm
0 + 100	0.56	1.17	46.39	7.965	1.371	14.566	122.5	92.5	492	69.5	14.35	0.039
20 + 80	0.56	1.22	38.45	6.399	1.364	11.522	100	92	503	72.34	15.2	0.036
40 + 60	0.54	1.13	35.62	10.287	1.367	11.581	72.5	95.5	522.7	83.77	15.5	0.03
60 + 40	0.42	1	29.21	11.161	1.361	15.41	41	97.33	590	103.86	15.6	0.025
80 + 20	0.4	0.88	27.35	20.466	1.333	18.08	33	98.5	640	115.65	17	0.018
100 + 0	0.25	0.4	22.33	31.293	1.239	22.865	23	100	645	121.4	18.1	0.003

4-4-1 تأثير إضافة اسود الكربون على الخصائص الفيزيوكيميائية

1-1-4-4 تأثيره على زمن النضوج Scorch Time و زمن الفلكنة

Cure Time

من خلال ملاحظة الشكل رقم (4-24) و (4-25) نلاحظ نقصان في زمن النضوج وزمن الفلكنة بزيادة نسبة اسود الكربون على حساب نقصان نسبة السيليكا ، يعزى ذلك إلى إن الزيادة في نسبة اسود الكربون يؤدي إلى زيادة المساحة السطحية لدقائق الكربون (لان المساحة السطحية للكربون اكثر من المساحة السطحية للسيليكا وهذا ناتج من كثرة التعرجات (التنوتات) الموجودة في سطح الكربون) وبالتالي زيادة التماسك مما يؤدي إلى تقليل زمن النضوج Scorch Time و زمن الفلكنة Cure Time وهذا يتفق مع نتائج الباحث [11] .

2-1-4-4 تأثير إضافة اسود الكربون على العزم

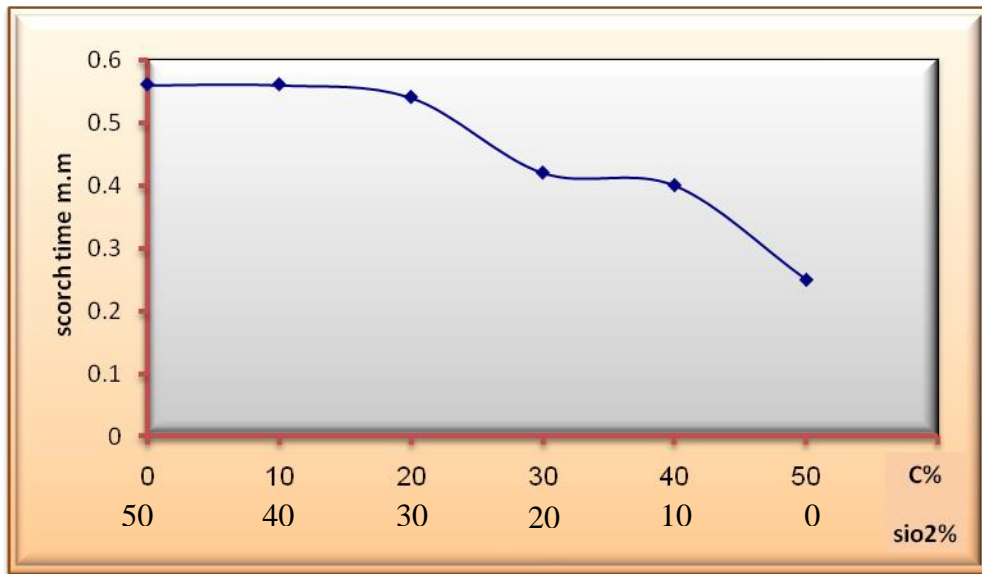
الشكل رقم (4-26) يبين نقصان في مقدار العزم بزيادة نسبة اسود الكربون على حساب نقصان نسبة السيليكا وذلك بسبب ما يمتلكه الكربون من خواص تركيبية ذات أواصر جزيئية تسمى فاندرفال تعطي الملمس الدهني (أي ينزلق على شكل طبقات) مما يقلل العزم .

3-1-4-4 تأثير إضافة اسود الكربون على اللزوجة

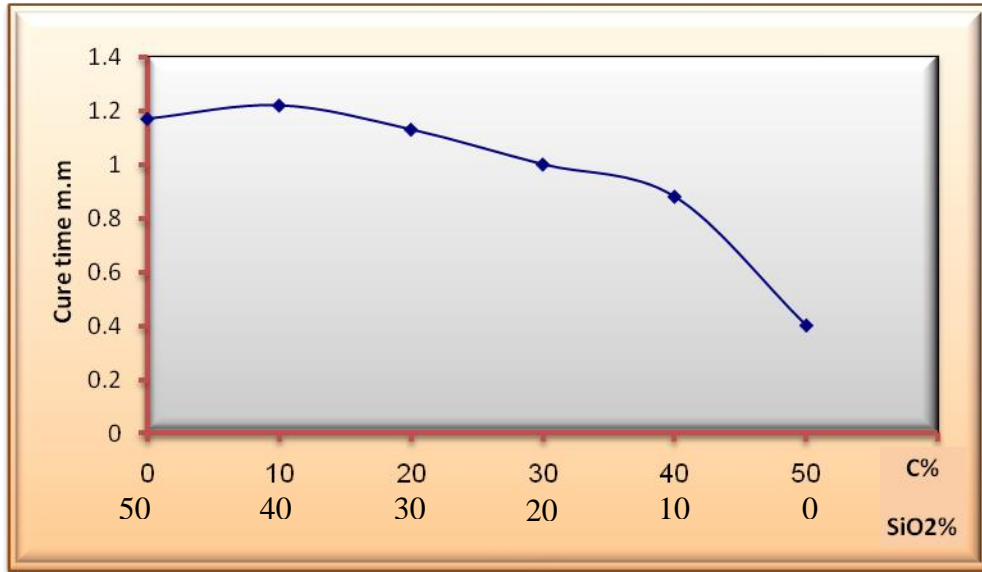
الشكل رقم (4-27) يبين زيادة في قيمة اللزوجة بزيادة نسبة الكربون وسبب في ذلك ان التماسك بين حبيبات الكربون وسلاسل المطاط يكون اكبر من قوى التماسك بين جزيئات السيليكا وسلاسل المطاط الناتج من كبر المساحة السطحية (كثرة النتوات) لحبيبات الكربون بالمقارنة مع المساحة السطحية لحبيبات السيليكا .

4-1-4-4 تأثير إضافة اسود الكربون على الوزن النوعي

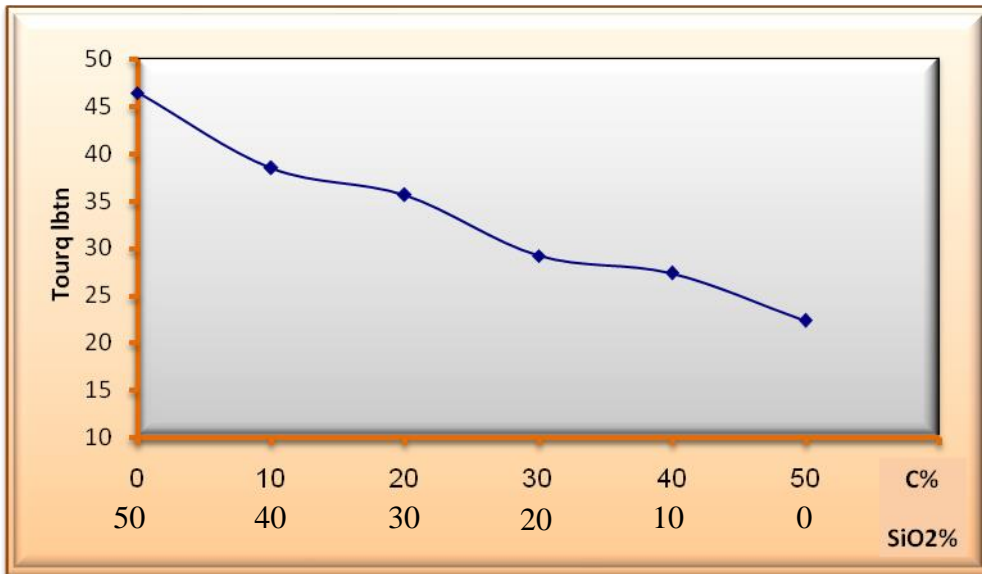
الشكل رقم (4-28) يبين انخفاض في الوزن النوعي بزيادة نسبة اسود الكربون على حساب نقصان نسبة السيليكا والسبب في ذلك هو ان اسود الكربون اقل كثافة من السيليكا وعندما يحل اسود الكربون محل السيليكا في العجنة يؤدي ذلك إلى انخفاض الوزن النوعي .



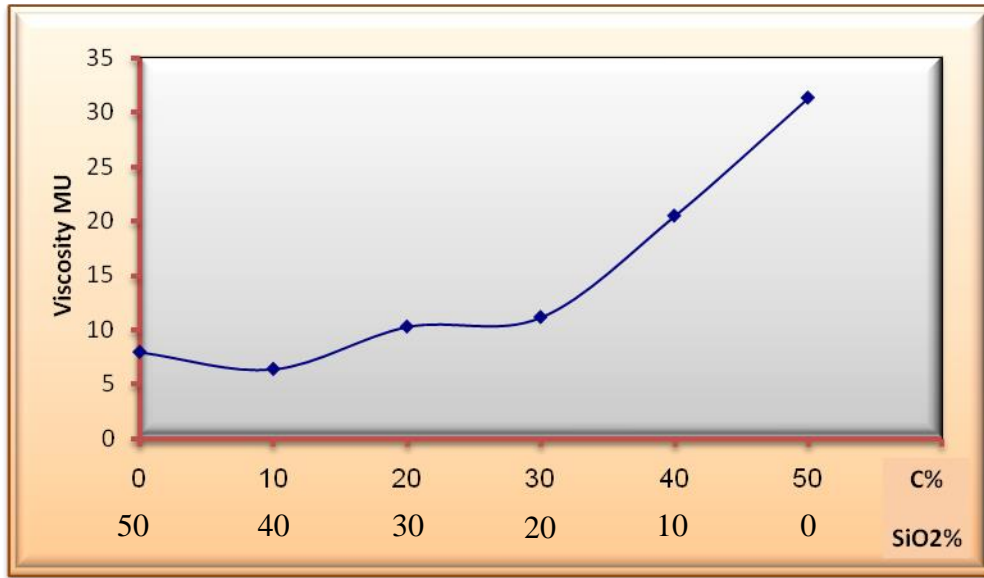
الشكل رقم (4-24) تأثير إضافة الكربون على Scorch Time



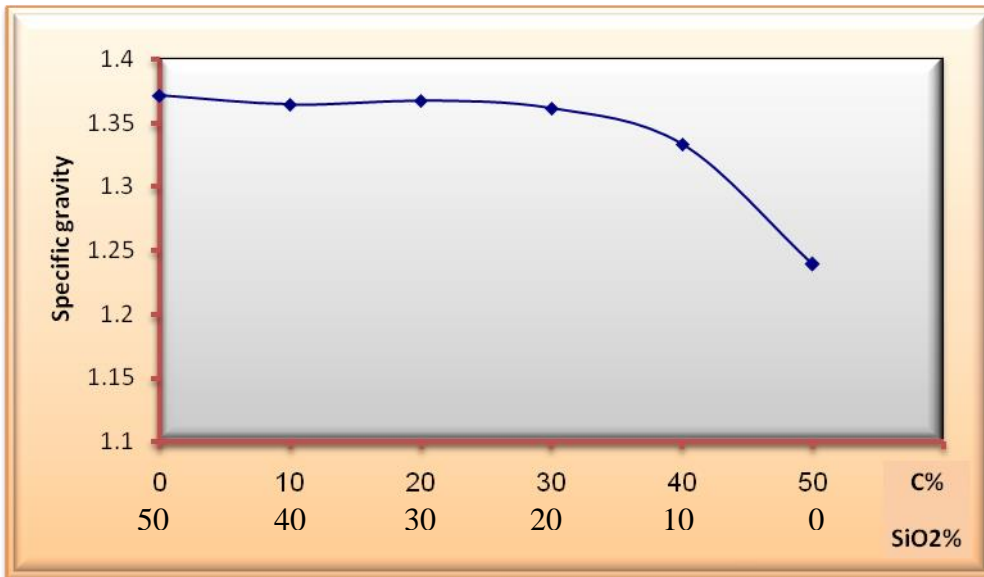
الشكل رقم (4-25) تأثير إضافة الكربون على Cure Time



الشكل رقم (4-26) تأثير إضافة الكربون على العزم



الشكل رقم (4-27) تأثير إضافة الكربون على اللزوجة



الشكل رقم (4-28) تأثير إضافة الكربون على الوزن النوعي

2-4-4 تأثير إضافة اسود الكربون على الخصائص الميكانيكية

1-2-4-4 تأثير إضافة اسود الكربون على مقاومة الشد

الشكل رقم (4-29) يبين زيادة في مقدار مقاومة الشد بزيادة نسبة اسود الكربون على حساب نقصان نسبة السيليكا في العجنة والسبب في ذلك يعود إلى إن حبيبات اسود الكربون تمتلك مساحة سطحية اكبر من دقائق السيليكا ، أيضا السطح الخارجي لأسود الكربون يحتوي على نتوات كثيرة (تعرجات) وهذا بدوره يؤدي إلى زيادة المساحة السطحية لاسود الكربون وبالتالي زيادة قوة الترابط بين الكربون والمطاط.

2-2-4-4 تأثير إضافة اسود الكربون على الاستطالة

الشكل رقم (4-30) يبين نقصان في المطيلية بزيادة نسبة الكربون على حساب النقصان الحاصل في نسبة السيليكا بسبب ما يمتاز به مسحوق الكربون من حجم حبيبات حيث تكون اصغر من حجم حبيبات السيليكا و عليه تكون تقويته للمطاط اكثر من تقوية السيليكا والذي بدوره يؤدي الى تقسية المادة المركبة وقللة الاستطالة . او قد يعزى ذلك الى سبب اخر هو ان السيليكا مادة عازلة كهربائيا (non-polar) ومستقرة التركيب البلوري في حين ان الكربون يحتوي على مجاميع قطبية (polar) ترتبط فيزيائيا مع المطاط اكثر مما هو عليه في حالة السيليكا .

3-2-4-4 تأثير إضافة اسود الكربون على الصلادة

الشكل رقم (4-31) يبين زيادة في قيمة الصلادة بزيادة نسبة اسود الكربون على حساب نقصان نسبة السيليكا في العجنة يعود السبب في ذلك إلى إن المساحة السطحية لاسود الكربون أكثر من السيليكا اضافة الى وجود مجاميع قطبية مما يؤدي إلى زيادة التشابك الفيزيائي بين جزيئات المطاط و الكربون أكثر مما هو عليه في حالة السيليكا (أي تؤدي إلى زيادة الشد السطحي) .

4-2-4-4 تأثير إضافة اسود الكربون على الالتصاق

الشكل رقم (4-32) و (4-33) يبينان زيادة قي قيمة الالتصاق بزيادة نسبة اسود الكربون على حساب نقصان نسبة السيليكا في العجنة وهنالك سببان احدهما هو كثرة التعرجات في حبيبات الكربون والسبب الآخر الجذب الكهروستاتيكي بين حبيبات الكربون وذرات المعادن اكبر من السيليكا مع المعادن .

4-4-2-5 تأثير إضافة اسود الكربون على مقدار الرجوعية

الشكل رقم (4-34) يبين زيادة في مقدار الرجوعية بزيادة نسبة اسود الكربون على حساب نقصان نسبة السيليكا في العجنة لان اسود الكربون يعطي مرونة للمطاط بسبب الملمس الدهني الذي يمتلكه بسبب تركيبه الشبه البلوري الحاوي على قوى جزئية ضعيفة (فاندرفال) [20] .

4-4-2-6 تأثير إضافة اسود الكربون على مقاومة البلى

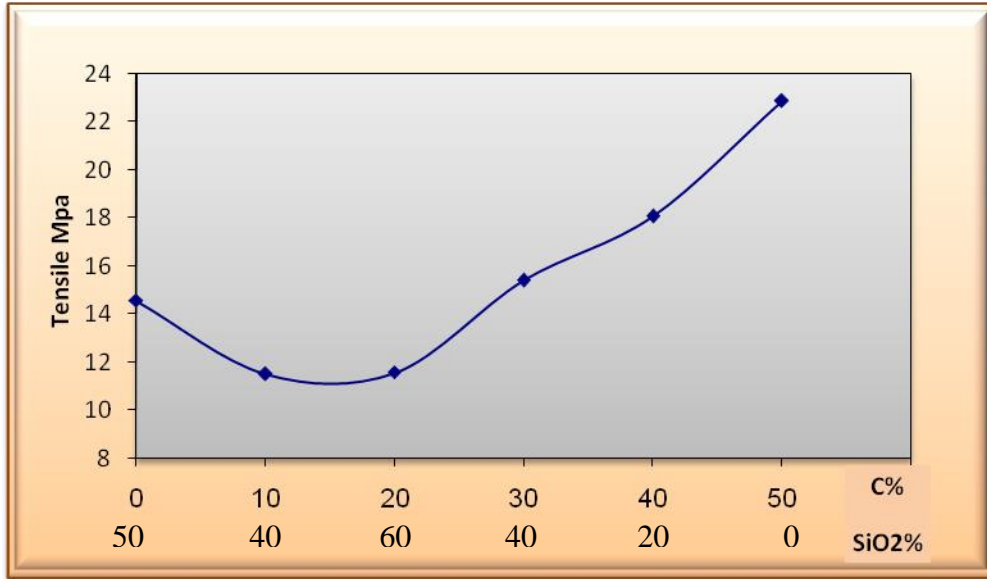
نلاحظ من الشكل رقم (4-35) زيادة مقاومة العينات للبلى عكس ما لاحظناه في شكل رقم (4-22) ، حيث إن بزيادة نسبة اسود الكربون على حساب نقصان نسبة السيليكا في العجنة يؤدي إلى زيادة مقاومة البلى ويعزى ذلك

1. إن الكربون ذو التصاقية عالية بالمطاط نتيجة لكبر مساحته السطحية .
2. خفة وزن الكربون بالمقارنة مع السيليكا وهذا يعني في حالة سقوط نفس العدد من الحبيبات من مادة الكربون والسيليكا فان تأثير سقوط حبيبات السيليكا من العينة يكون اكبر على الوزن من سقوط حبيبات الكربون .
3. يمتاز اسود الكربون بتركيب شبه بلوري جزئي حيث يبدي ملمس دهني وهذا يؤهله أن يكون مزيت للعجنة مما يقلل الاحتكاك.

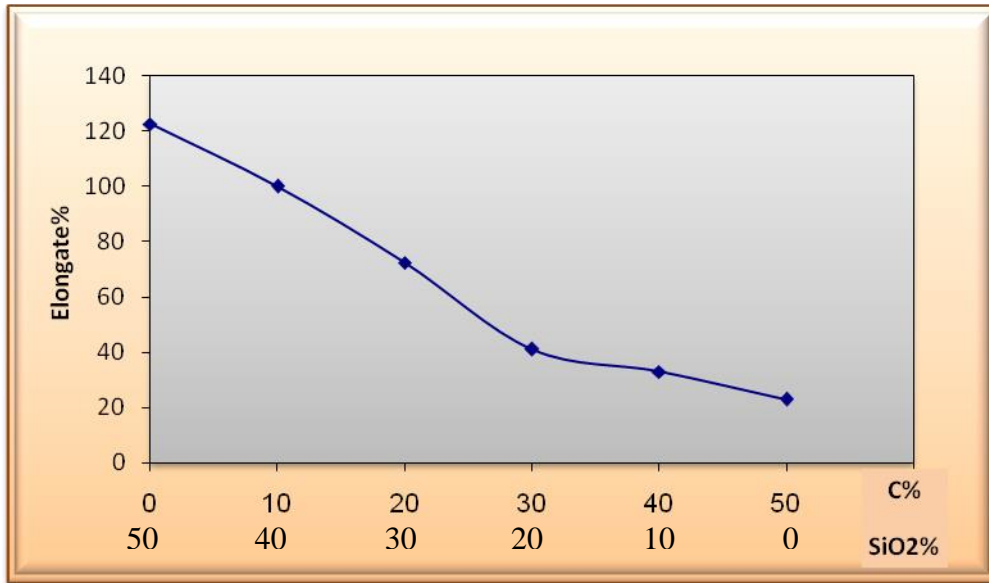
4-4-2-7 تأثير إضافة اسود الكربون على الانتفاخ

الشكل رقم (4-36) يبين زيادة في مقدار معدل فرق الأوزان (زيادة في وزن العينات) بزيادة نسبة اسود الكربون على حساب نقصان نسبة السيليكا في العجنة وهذا ناتج من سهولة دخول المحلول إلى العينة ايضا هنالك سبب اخر هو ان اسود الكربون له قابلية على التبلل (Wetability) اكثر من السيليكا وهذا أمر طبيعي ويتفق مع نتائج عدد من الباحثين [20] .

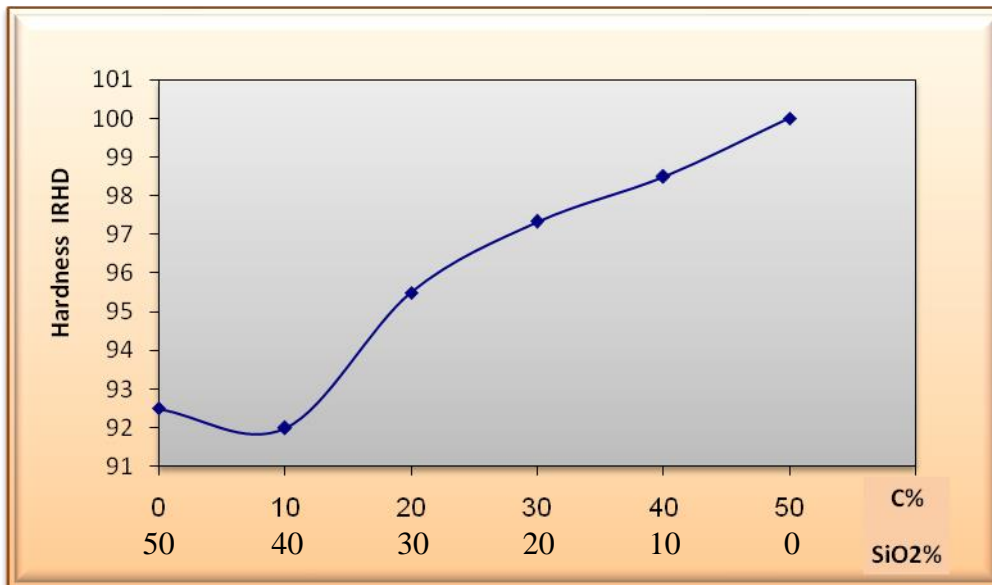
والفرق بين هذه النتيجة ونتيجة فحص العينات المحتوية على السيليكا فقط هو إن ذرات الكربون قوية الالتصاق مع سلاسل المطاط أكثر قوة الالتصاق بين السيليكا وسلاسل المطاط التي تسقط ضمن المحلول .



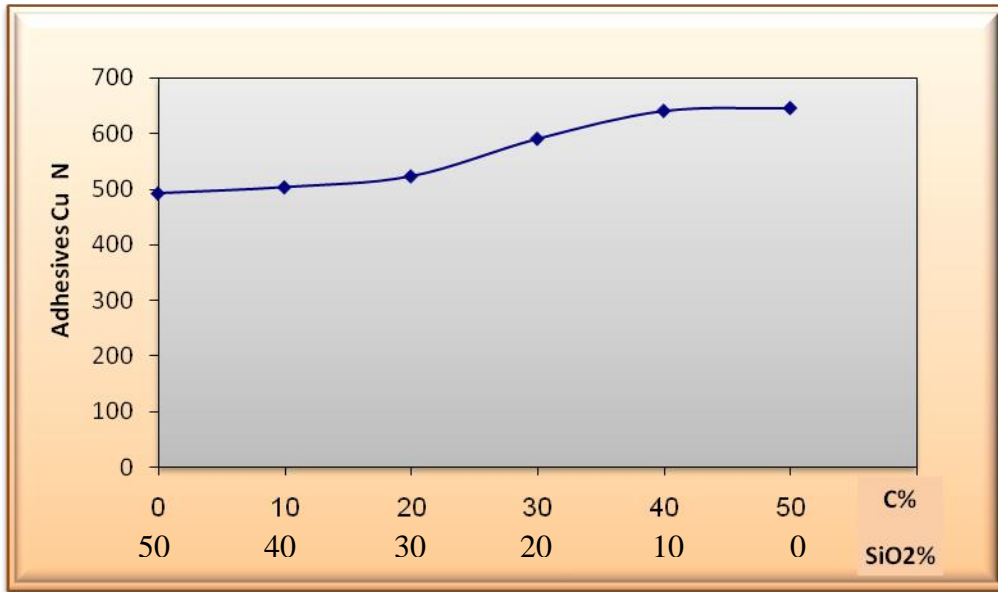
الشكل رقم (4-29) تأثير إضافة الكربون على مقاومة الشد



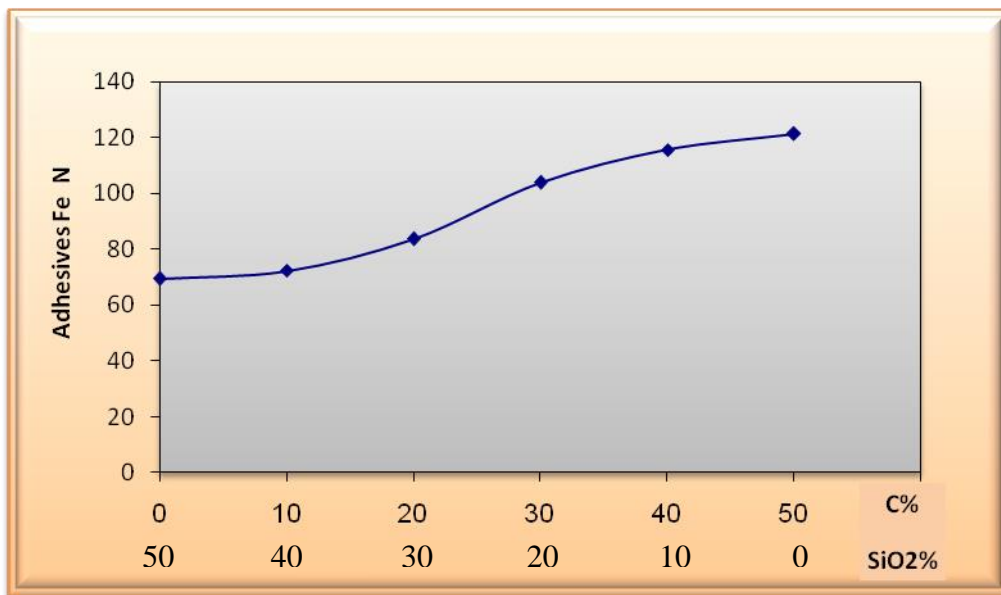
الشكل رقم (4-30) تأثير إضافة الكربون على الاستطالة



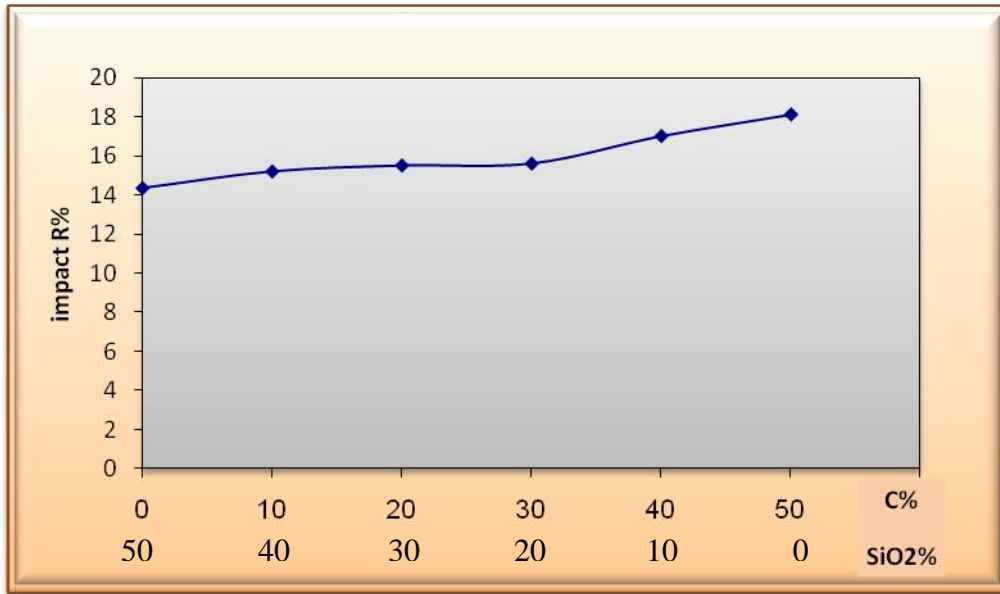
الشكل رقم (4-31) تأثير إضافة الكربون على الصلادة



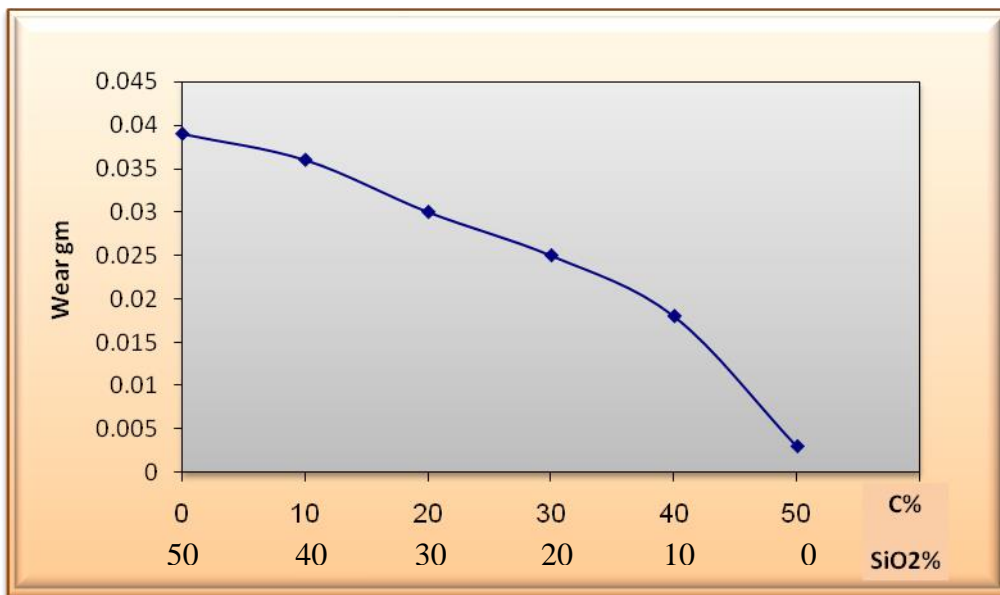
الشكل رقم (4-32) تأثير إضافة الكربون على الالتصاق مع النحاس



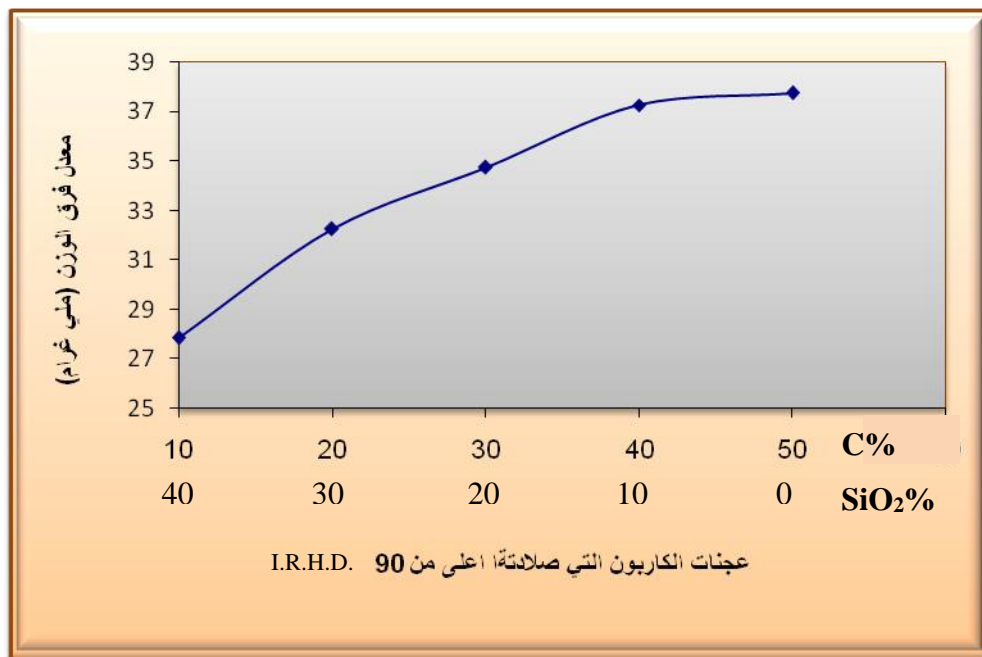
الشكل رقم (4-33) تأثير إضافة الكربون على الالتصاق مع الفولاذ



الشكل رقم (4-34) تأثير إضافة الكربون على الصدمة



الشكل رقم (4-35) تأثير إضافة الكربون على البليان



شكل رقم (4-36) دراسة تأثير الانتفاخ على عجنات الكربون

الفصل الخامس الاستنتاجات و التوصيات



1-5 الاستنتاجات

- 1- الخصائص الميكانيكية تحسنت بزيادة نسبة النوفولاك (0-50%) .
- 2- العجنة المختارة التي تحتوي على 30% نوفولاك والتي من الممكن ان تعطي افضل النتائج مع اضافة السيليكا والكربون .
- 3- زيادة السيليكا تؤدي الى زيادة الخواص الميكانيكية والفيزيائية . وتم اختيار نسبة 50% سيليكا لانها تعطي صلادة عالية وخواص ميكانيكية جيدة فضلا عن ان السيليكا مادة رخيصة الثمن بالمقارنة مع المطاط فهي تلعب دور المادة المقوية والمالئة في نفس الوقت .
- 4- اضافة اسود الكربون يعطي خواص ميكانيكية افضل مثل مقاومة الشد و الصلادة و مقاومة للصدمة ومقاومة للاحتكاك .
- 5- تم اختيار العجنه المحتوية على 50% اسود الكربون لتكون هي العجنة النهائية لرولة سحب القماش لانها اعطتنا مواصفات تضاهي المواصفات العالمية .

2-5 التوصيات

- 1- دراسة تاثير اضافة الألياف المقوية سواء كانت مستمرة او متقطعة على المادة المركبة .
- 2- استخدام نوع اخر من المطاط الصناعي في مجال صناعة رولات سحب القماش .
- 3- دراسة تاثير اضافة اسود الكربون و السيليكا على نسب مختلفة من المطاط والنوفولاك.
- 4- دراسة تاثير مزج نوعين من المطاط مع المواد نفسها المضافة في بحثنا هذا .
- 5- استخدام بعض المخلفات الصناعية البوليمرية كمادة مقوية بدل او مع السيليكا واسود الكربون .
- 6- استخدام مطاط النتريل بعد تعرضه الى اشعة ال(UV) لمعرفة تاثيرها على الخواص الميكانيكية .

المصادر

- 1- D. Lukhassen and A. Meidell, "**A advanced materials and structures and their fabrication process**" Third Edition, Narvik university college, HIN (2003).
- 2- [http ://www. owenscorning. com/owans/composites](http://www.owenscorning.com/owans/composites)>
- 3- H. F. Mark, N. G. Gaylard, "**Encyclopedia of polymer science and Technology**" Interscience pub., John Wiley and son, New York (1970).
- 4- E. W. Billmeyer, "**Text Book of polymer science**" Third Edition John wiley and son, new york,(1984).
- 5- R-K Mattham "**Rubber Engineering**" Tata McGraw -Hill publishing company, Delhi 1998
- 6- Maurice Morton "**Rubber technology**" Litton Educational publishing, Inc. Canada, 1973)
- 7- J. Kerey and K. Friedrich ,**J. plastics and rubber processing and applications**, 11 93-94 (1989)
- 8- A. K. Bhowmick and B. Chakraborty ,**J. plastics and rubber Processing application** , 11 99-106 (1989)
- 9- Sunity and Sodhank, **J. of Applied polymer science and Technology**, 8No.3, (1981).
- 10- Nathimuthu and Radhakrishnan, **J. polymer international**, 33, 329, (1994).
- 11- موجد الحاتمي ، " تحسين خواص الجزء الملامس للارض لاطار بابل " ، رسالة ماجستير جامعة بابل ، 1999 .
- 12- AL Marshedy "**Alternative method to produce steel wires used for reinforcement of Babylon tyre** " M.Sc thesis, College of Engineering Babylon University, 2000.

- 13- Hanafi, et al, **J. of Elastomers and Plastics**, 133, 4,251-262(2001)
- 14- AL zubiady, “**Effect of some weather condition on the Deterioration of the rubber**” M.Sc, thesis, Science College, Babylon University, 2002.
- 15- H. Ghazi, “**Investigation of parameter affecting Adhesion between metal wire and Nylon fiber to Rubber**” M.SC thesis College of engineering, Babylon university 2002.
- 16- J. H. Kim and H.r.Jeong, **J. International Journal of fatigue**, 27,263, (2005)
- 17- Joseph thomas , south's, “**Mechanical properties and durability of natural rubber compounds and composites**” Ph. D thesis, State University Blacksburg, Virginia, 2001
- 18- AL- Janabi, “**Thermomechanical investigation of Resin modified Rubber composite**” M.S.c Thesis, Chemical Engineering, University of Technology 2004.
- 19- موجد هادي الحاتمي ، رسالة دكتوراه ، جامعة بابل ، 2006 بعنوان :
"Optimization Study Of Rubber Blend And Their Effects ON Passenger Tyre Tread Properties"
- 20- محمد حمزة المعموري ، رسالة دكتوراه ، الجامعة التكنولوجية ، 2005 بعنوان :
"Mechanical & Physical Properties of Rubber Composite For Engine Mounting "
- 21 - عبد الفتاح محمود طاهر " علم و تقنية البوليمرات " كلية العلوم التطبيقية والهندسية , جامعة ام القرى - مكة المكرمة , المملكة العربية السعودية , 2000 .
- 22- William D. Callister " **Material Science & Engineering An Introduction** " 2000
- 23- S. L. Kakani " **Material Science** " 2004
- 24- Lawrence H. Van Vlack " **Materials For Engineering Concepts And Application** " ,1982 .
- 25- J.M.Kelvey, “**Polymer prosing** ” John Wiley and son, New York (1962).

- 26- A. Harper, **“Plastic Handbook”** Technology Seminars, Inc., Lutherville, Maryland, (2000).
- 27- M. Richardon **“Polymer Engineering composite”** Applied Science pub.London.(1987).
- 28- N. G. McCrum, et al **“principle of polymer Engineering”** Edition John Wiley and son, New York (1992).
- 29- A. A. Berlin and , S. A. Volfson” **Principle of Polymer Composite”** Springer verlag, New York (1986).
- 30- N. G. McCrum, C. P. Buckley and C. B. Bucknall **"Principle Of Polymer Engineering"** , 2002 .
- 31- R. Chandra , A. Adab "Rubber and plastic Waste" 2004
- 32- www.iisrp.com/WebPolymers/00Rubber_Intro.pdf
- 33- <http://127.0.0.1:8080/parta/a0304.htrn>.
- 34- Bayer AG“ **manual for the Rubber industry”** Germany, Technical Service Department, Rubber, (1997).
- 35- Mackey, **“Elastomers, synthetic nitrile rubber ”**Encyclopedia of chemical Technology, 14th Edition,(1994).
- 36- [www.ingenta_connect.coml contant/ Jws/ p1/2001](http://www.ingenta_connect.coml%20contant/Jws/p1/2001).
- 37- [www.ingenta conriect.coml contant/ Jws/ p1/200](http://www.ingenta_conriect.coml%20contant/Jws/p1/200).
- 38- Kline, R.; **“Polymerizable antioxidants in elastomers”** Meeting, Acs, Toronto,(1974).
- 39- Horvath, J.W, **“Dynamic properties and nitrile rubber”** Meeting, Acs, Las vegas, Nevada (1990).
- 40- ([www.astm.org/CDS tag E/Rubber/Toc .htm](http://www.astm.org/CDS%20tag%20E/Rubber/Toc.htm)-.3 3k.
- 41-<http://inventors.about.com/od/gstartinventors/a/CharlesGoodyear.htm>
- 42-<http://en.wikipedia.org/wiki/Vulcanization>

- 43- A. Chartes, **“Hand book of plastics, Elastomers and composite”** 4th Edition Mc GRAW-Hill delhi, (2004).
- 44- L. May, **“Principle of mechanic metallurgy”** first Edition published in (U.S.A)(1981).
- 45- S. George et al **“Materials hand book”** 15th Edition, McGraw- Hill Delhi,2002).
- 46- M. Schwartz, **“Composite material Hand Book”** McGraw- Hill company, New York (1984).
- 47-M. Recharadson, **“Polymer Engineering composite”**Applied science Pub. London(1987).
- 48- Whelan & K.S. Lee ,**“Development of Rubber Technology”**, Applied Science Publishers Ltd , (1979).
- 49- **“Alexandria Carbon Black Co. Annual Book”** , Cairo ,Egypt , (1994).
- 50- E.M. Dannerberg , **“Carbon Black and handbook of Vander built rubber ”** , (1998).
- 51- B. B. Boonstra, **“Filler carbon black rubber technology ”**,Edited by : M. Morton Reinhold , (1973).
- 52- C.Hepburn, **“Plastic and Rubber”** , (1984) .
- 53- H. G. Kilian, **“Rubber Chem. and Tech.”**, (1993) .
- 54- Bayer AG **“Manual for the Rubber industry”** lever Kusen,Germany, Technical Service Department, Rubber(1970). University(1984).
- 55- N. Surya Patnaik and **“Strength of materials a unified theory”** Elsevier (USA) (2004).
- 56- P. A. Thornton and V. J. Colangdo **“Fundamentals of Engineering Materials”**Prentice- Hall, New Jersey (1985).
- 57- A. D. Jayatilaka, **“Fracture of Engineering Brittle material”**, Applied science, London (1974).

- 58- J. Spanoudakis, and R. Yomg ,**J. of material science, 19,74,(1984).**
- 59- L. Haward Stephens, "The Compounding & Vulcanization of Rubber" , Rubber Tech. Edited by M.Morton, 1973 .
- 60- S. Bose and P.A. Mahanwar ,**J. Minerals & materials and engineering, Vol.3,No.1 .(2004)**.
- 61- A. R. Ahamed, “**Study of the physical properties for unsaturated polyester Resin Reinforced NR and SBR**” M.S.c Thesis, college of Education, Tikrit University (2004).
- 62- Manual of Dunlop Raw Material Specification file No. 3-3 .
- 63- Rubber Compounding ,Encyclopedia of Chemical Tech. John Wiley & Sons (1982) .
- 64- عبد ال ادم كوركيس, " تكنولوجيا وكيمياء البوليمرات", جامعة البصرة , (1983) .
- 65- Charles V. Cagle,"Handbook of Adhesiev Bonding ", McGraw Hill Book Company ,(1973) .
- 66- William C. Wake ,"Adhesion and Formation of Adhesives", Applied Science Publishers Limited, London ,(1976) .
- 67- D. Hull, “**Introduction to composite materials**” Cambridge university press(1981).
- 68- C.A. Harper “**Handbook of plastics, elastomer and composite**” Mc Graw-Hill, Delhi (2004)
- 69- <http://hom. Earth link. Net! Vtte! ahout- html>

Abstract

This research project deals with preparing and studying rubber composite materials for manufacturing cloth drawing rollers for textile plant Al-Hella .

Recipe Nitrail butadiene rubber was prepared with vulcanization agents and accelerators and then developed with reinforcement by novolac, silica, carbon . The mechanical properties compared with original sample. Reinforcement technique –with copolymer matrix Elastomer (Nitrile butadiene rubber), and thermosetting resin (novolac) as follows:

1) Nitrile butadiene rubber (NBR) is added with 50-100% as matrix material .

2) Addition of novolac resin (0-50%) it gives a good mechanical and thermal properties which are the principal reason for its uses for the new composite material (hard material use in cloth drawing roller). At 30% hardness , tensile strength 75.25 IRHD ,10.787 Mpa respectively .

3) Silica Particles in size 35 μ m are added to the blend recipe in different weight percent (0-60%) the best result is obtained with 50% silica. Then hardness, impact ,wear resistance and tensile strength are 92.5 IRHD , 14.35 R% , 0.039 gm , 14.566 Mpa respectively .

4) With addition of carbon black type (N330) on the expense of silica percent in a balance of 50% (carbon +silica) we get the best mechanical properties ratio with % carbon +% silica .The hardness, tensile, impact and wear resistance are 100 IRHD , 22.865 Mpa , 18.1 R% , 0.003 gm respectively which are agree with the required properties from the plant .

The best type of the rubber composite is selected according to the rubber mechanical and physical properties .Tests is carried out on all types of recipes.

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



*Design and Industrialization Recipes Of Cloth
Drawing Rollers From Rubber composite material*

A thesis submitted by :

Muhannad Khashan Delaim

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

Supervised by

Dr. Mohammed H. Al-Maamory

Dr. Fadhel M. Hasson

October 2007

shawal 1428

جامعہ اسلامیہ