



وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة بابل

كلية الهندسة

تحضير مواد مطاطية مركبة كوسائد تحميل للجسور ودراسة بعض خواصها الفيزيائية والميكانيكية

رسالة تقدم بها

عمار عماد كاظم الكواز

إلى قسم هندسة المواد في كلية الهندسة / جامعة بابل
وهي جزء من متطلبات نيل درجة الماجستير علوم في هندسة
المواد الدائن

بإشراف

الدكتور

فلاح كفيي مطلوب

2007 م

الأستاذ المساعد الدكتور

محمد حمزة المعموري

1428 هـ

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



PREPARATION OF RUBBER COMPOSITE AS BEARING PAD AND STUDY SOME OF THE PHYSICALS AND MECHANICAL PROPERTIES FOR BRIDGES PAD APPLICATIONS

**A THESIS
SUBMITTED TO THE COLLEGE
OF ENGINEERING / MATERIALS DEPARTMENT THE
UNIVERSITY OF BABYLON IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF MASTER
IN MATERIALS ENGINEERING/PLASTIC**

BY

**THE ENGINEER
AMMAR EMAD KHADEM AL KAWAZ**

**Supervised
By**

**Dr. MUHAMMAD HAMZA AL
MAAMURY
Assist. Prof.**

**Dr. FLAH KAIFY
MATLOB
Lecturer**

2007

1428

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

وَقُلْ يَا عِبَادِ اللَّهِ اتَّقُوا اللَّهَ وَارْتَبُوا وَارْتَبُوا وَالسُّؤْمُورُ

وَأَسْرَارُ وَاللَّيْلِ وَالنَّجْمِ وَالسَّمَاءِ وَالسَّيْرِ وَالسُّؤْمُورُ

يَعْمَلُونَ

سُورَةُ التَّوْبَةِ

سورة التوبة

الآية 105

الإهداء

إلى اللذين ملأنا في طريق الحياة والكاتب
إلى من أعطاني الأمل الحوتة
إلى من قاسمني الصبر زوجتي
إلى أحبتي ياسر ، محمد ، عباس

الإهداء ثمرة جدي

عمار

أقرار المشرفين على الرسالة

نشهد أن إعداد هذه الرسالة (تحضير مواد مطاطية مركبة كوسائد تحميل للجسور ودراسة بعض خواصها الفيزيائية والميكانيكية) والمقدمة من الطالب عمار عماد كاظم جرى بأشرافنا في جامعة بابل / كلية الهندسة وهي جزء من متطلبات نيل درجة الماجستير علوم في هندسة المواد .

التوقيع :

اسم المشرف : د. فلاح كفيي مطلوب

المرتبة العلمية : مدرس

العنوان : جامعة بابل / كلية الهندسة

التاريخ : / / 2007

التوقيع :

اسم المشرف : د. محمد حمزة المعموري

المرتبة العلمية : أستاذ مساعد

العنوان : جامعة بابل / كلية الهندسة

التاريخ : / / 2007

الخلاصة

أن تكنولوجيا صناعة الوسائد المطاطية لم تكن معروفة في العراق بشكلها الحديث إذ أنها كانت تقتصر على استخدام نوع واحد من المطاط وهو المطاط الطبيعي في إنتاج نوع واحد من الوسائد المطاطية إلا وهي الوسائد المقواة بالالواح الفولاذية وذات قدرات تحميلية محددة ، من هنا جاءت الحاجة لإيجاد عجنات مطاطية جديدة واختبار خواصها الميكانيكية ومقاومتها للتقادم الحراري المعجل وتأثيرات الأشعة فوق البنفسجية (UV) ومقارنة النتائج مع المواصفات القياسية العالمية الخاصة بمواصفات المادة المرنة الداخلة في صناعة الوسائد المطاطية ولغرض تحسين الخواص الميكانيكية المؤثرة على أداء الوسائد مثل معامل القص والزحف تحت الانضغاط والتخلفية في الانضغاط والالتصاقية مع المعدن تم استخدام المطاط الطبيعي نوع (SMR5) ومطاط النيوبرين (WRT) كل على حده مع نسب مختلفة من اسود الكربون , إذ أظهرت النتائج للفحوصات الميكانيكية إن أفضل الخواص التي تم الوصول إليها كانت عند النسبة الوزنية لاسود الكربون (60pphr) والتي يكون فيها المطاط الأساس (NR) بنسبة وزنية (100pphr) حيث كان معامل القص عند هذه النسبة (0.78Mpa) ونسبة الزحف تحت الانضغاط (11.2%) ونسبة التخلف في الانضغاط (16.454%) وقوة الالتصاق بالمعدن (363.9N) والاستطالة عند القطع (420%) والقوة عند القطع (15.2 Mpa) ونسبة التقادم للصلادة (+3.5 %) ونسبة التقادم القوة عند القطع (-76%) ونسبة تأثير أشعة (UV) (+3.4%) لخواص الصلادة ونسبة تأثير أشعة (UV) لخواص القوة عند القطع (-13.1%) .

والنسبة الوزنية لاسود الكربون (70pphr), والتي يكون فيها المطاط الأساس (CR) بنسبة وزنية (100pphr) لها أفضل الخواص الميكانيكية إذ كان لها معامل قص (1.3Mpa) ونسبة زحف تحت الانضغاط (21.68%) ونسبة التخلف بالانضغاط (14%) وقوة الالتصاق بالمعدن (158.7N) والاستطالة عند القطع (332%), والقوة عند القطع (17.384Mpa) , ونسبة تقادم حراري معجل (+24%) لخواص الصلادة ونسبة تقادم حراري معجل لخواص القوة عند القطع (-16.6%) .

و أظهرت نتائج الفحوصات الميكانيكية تحسن في خواص المادة المرنة المطاطية مع نسبة وزنية (10pphr) لمادة أل (P.V.C) والتي يكون فيها المطاط الأساس (CR) بنسبة وزنية (100pphr) إذ يكون معامل القص لها (1.045Mpa) ونسبة الزحف تحت الانضغاط تنخفض الى (16.7%) وتتحسن خواص الالتصاقية مع المعدن حيث تصبح (337.52N) .

وتحسنت خواص التقادم الحراري للصلادة فأصبحت (+16.2%) وخواص نسبة التقادم الحراري للقوة عند القطع إذ أصبحت (-16.2%) .

تم إجراء فحص (FTIR) لغرض المقارنة فقط بين حالة وجود وعدم وجود أل (P.V.C) وقد أثبت بان هنالك تفاعل قد حصل بين مطاط النيوبرين ومادة (P.V.C) الدقائقية والذي أدى الى تحسين خواص المنتج النهائي. حيث تم اعتبار العجنة ذات نسبة الكربون (70pphr) ونسبة (P.V.C) (10pphr) للمطاط الأساس (CR) وبنسبة وزنية (100pphr) هي أفضل عجنة من ناحية الخواص الميكانيكية مقارنة بالمواصفات القياسية (ASTM D4014-03) والخاصة بمواصفات المادة المستخدمة في صناعة الوسائد.

ABSTRACT

The new technology of pad rubber madding was not well-know in Iraq by its new shape where as it was limited to one use only which is natural rubber which used one kind of pad that is pad reinforced with steel plate with limited ability of durability. Here the important of needing to find new rubber dough and testing its mechanical properties and it ability to durability of high temperature and ultraviolet ray effect. In contrast of result with international standard specification which relate to flexible material properties which used to made rubber pad, and for improving mechanical properties that pad performing depend in such as shear modulus and creep percent compression set and adhesion with steel, it had been used natural rubber kind of (SMR5) and neoprene separately with different rate of black carbon where as the result of mechanical tests. The best properties had been reached was black of carbon rate (60 pphr) which is natural rubber within it (NR) in rate (100 pphr) where as the shear modulus at this rate was (0.7 Mpa) and creep percent under the compression (11.2%) and compression set (16.454%) and adhesion (363.9N) and elongation at break (420%) strength at break (15.2 M) hardness (3.5% +) strength at break (76% -) and effect rate (UV) (3.4% +) hardness features and rays effect(UV) strength at break (13.1% -).

At black carbon rate (70 pphr) which is the rubber base (CR) rate would be (100 pphr) have the best mechanical properties of shear modulus (1.3 Mpa) and creep rate under compression (21.68%) and compression set (14%) and adhesion strength (158.7 N) , elongation at break (332%) strength at break (17.384 Mpa) temperature increasing rate (+24%) of hardness properties and strength at break (16.6%).

As the result had shown of Mechanical test of rubber flex feature improving with rate (10 pphr) of (PVC) Material which the base rubber (CR) in rate (100 pphr) where as the shear modulus (1.045 Mpa) and creeping rate under compression lower to (16.7%) and improving adhesion to mental become (337.52 N).

The increasing feature get improving and become (16.2% +) and feature of temperature strength at break become (16.2% -).

It had been made a test (FTIR) and the result affirm that there was interaction had been become between neoprene and (PVC) material which leading to improving of last product. Where as it had depend on dough with carbon rate (70 pphr) and (PVC) rate (10 pphr) and base rubber (CR) rate (100 pphr) which is best dough by its mechanical properties in contrast of international standard feature (ASTMD4014-03) which specie lost in material used in pad madding.

1 - 1 المقدمة (Introduction) - :

أن استخدام الوسائد المطاطية في الجسور له أهمية كبيرة وذلك لما له من تأثير على المحافظه على الجسور من زيادة الاجهادات نتيجة التاثيرات الحرارية، وتأثير الحمل الساكن الناتج من وزن الجسر والحمل الحركي الناتج من الاحمال الوقتية أثناء أستخدامه , كذلك التاثيرات الاخرى الناتجة عن حركة الرياح والهزات الارضية ، كما في الشكل رقم (1 - 1) والشكل رقم (2-1) .

الوسائدالمطاطية تسمح لسطح الجسر (superstructure) بالحركة على الدعامة المثبت عليها من دون تلف الركائز وذلك عندما يحصل تغير في طوله نتيجة التمدد الحراري او التقلص الحراري [1 ، 2].

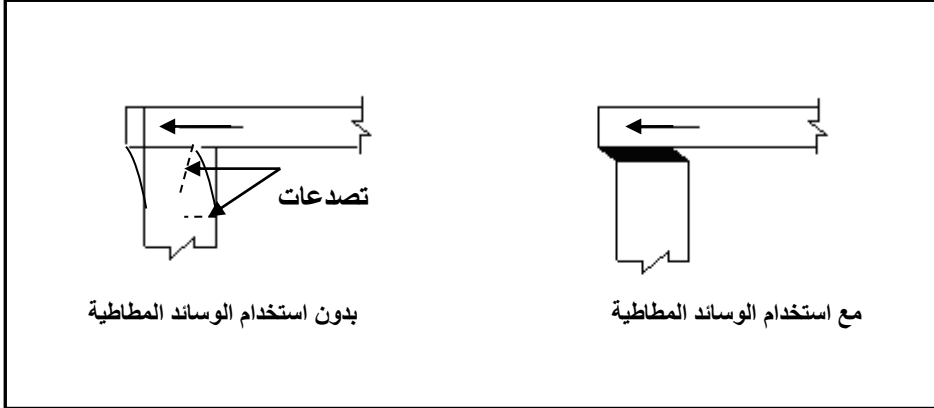


شكل رقم (1 - 1) يوضح الوسائد المطاطية في الجسور

الوسائد كذلك يجب ان تسند وزن الجسر وحمل الحركة المرورية(وزن المركبات الماره فوقه) . قبل خمسينات القرن العشرين كان مصممي الجسور يستخدمون عجلات تحميل فولاذية والتي تحتاج الى صيانة مستمرة لغرض بقاء اداءها بشكل مقنع , فضلا عن كلفة صيانتها العالية لذلك تم استبدالها بالوسائد المطاطية للجسور والتي تحتوي في بعض انواعها على طبقات متبادلة أفقية من المطاط والفولاذ مما يجعلها ذات جساءةعالية في الانضغاط وجساءة واطئة (لين) في القص ، لذلك فأن الوسائد يمكنها ان تتحمل أنواع مختلفة من الاحمال العمودية مع أقل تغير في ارتفاعها وتلائم الحركة الافقية المتسببة نتيجة التغيرات الحرارية وكذلك ملائمة الحركة الدورانية المتسببة نتيجة انحناء الروافد بسبب الحركة المرورية والاحمال الثقيلية [3 ، 4].

الفصل الاول الجزء النظري

ان الوسائد المطاطية التي تحتوي على طبقات من الألواح الفولاذية تغطي بصورة كاملة بالمادة المطاطية وذلك لغرض حمايتها (الألواح الفولاذية) من التآكل وكذلك حماية مناطق الارتباط (Bonding) بين المطاط – فولاذ من تأثير العوامل الجوية، الوسائد المطاطية من هذا النوع ممكن ان تبقى تعمل لمدة 40 عاما وبدون الحاجة الى صيانتها، كذلك تعمل الوسائد المطاطية على نقل الضغط الكلي على الجسر الى المساند بطريقة منتظمة ومسيطر عليها [1] .



شكل رقم (1 - 2) يوضح دور الوسائد المطاطية في حماية الجسور من التلف

• يارا و اكيومير [4] 2001 (J . Yara , Akummar) :-

درسا طرق مختلفة للفحوصات الميكانيكية و الفيزيائية للوسائد المطاطية ذات الحجم الكامل وكذلك تأثيرات الاوزون والتقدم المعجل على هذه الخواص ، كما درسا طرق تحليلية لبيان تأثير الانحراف للالواح الفولاذية الموجودة داخل الوسادة على اداء الوسائد لوظيفتها ، كذلك استخدمنا طرق جديدة لفحص الزحف تحت الانضغاط وكذلك فحص معامل القص بطريقة الضغط المائل ، كما درسا تأثير الانضغاط في درجة الحرارة على سلوك المادة المرنة المطاطية في الوسائد التحملية وتأثيرها على معامل القص ونمو التصدعات داخل المادة المرنة .

• جارس رودير [3] 2007 (Charles Roder) :-

قام بتصنيف الوسائد المطاطية على اساس قدرتها على التحمل للاحمال الانضغاطية والتدويرية والانتقالية إذ وضع مخططات للأختيار الاولي لنوع الوسادة, كذلك بين محددات التصميم الدقيق لابعاد الطبقات المرنة المسموحة, كذلك قام بدراسة طرق فحص الجودة (السيطرة النوعية) للوسائد المطاطية خلال العمليات التصنيعية.

• وليم بوتير [5] 2007 (William Potter) :-

قام بدراسة خواص الوسائد الميكانيكية ونمو التصدعات فيها بعد فترة خدمة 40 سنة ووصله الى حجم تأثيرات التقدم الحقيقية وكذلك تأثيرات الاحمال المختلفة على خواص المادة المرنة ، إذ قام بفحص معامل القص وفحص الصلادة, وكذلك الفحص المجهرى للتصدعات ، إذ اثبت ان الفحوصات القصيرة الامد غير كافية لتقدير العمر الخدمي الحقيقي للوسادة ومن خلال الفحوصات البصرية لاحظ بأن التصدعات يمكن ملاحظتها بصورة كبيرة في الحافات غير المحملة بينما في المناطق العمودية على مستوى التحميل فلم تلاحظ وجود تصدعات او قد تكون قليلة جداً.

وقد فسر سبب هذه الحالة على اساس ان المناطق غير المحملة تكون معرضة الى التوتر قصي وشدي بسبب الانتفاخ فضلا عن كونها مكشوفة للظروف الجوية من الضوء والحرارة والرطوبة والعوامل الاخرى كذلك اثبت ان معامل القص للوسائد قد زاد الى الضعف بعد تقادم لمدة 40 سنة عن القيمة الأولية له.

• الزبيدي، حيدر غازي [43] 2002 :-

درس تأثير ستيارات الكوبلت بنسب وزنية مختلفة على قوة التلاصق للأسلاك , فضلا عن ظروف الفلكنة التي شملت درجة حرارة وزمن الفلكنة فضلاً عن تأثير الظروف الجوية .

الفصل الاول الجزء النظري
و بين أن استخدام راتنج (RF) حقق ارتفاعاً كبيراً في قوة التلاصق إذ بلغت (616N) مقارنة (450 N) في حالة الأسلاك بينما بلغت (140N) مقارنة (80N) في حالة النايلون أي أن نسبة التحسن بلغت (76%) في حالة النايلون و(36%) في حالة الأسلاك .

• العموري، محمد [37] 2005 :-

درس تأثير إضافة مادة (navolac) بنسبة (0-50) تبعا للخواص الميكانيكية والخواص الحرارية للوصول إلى عجنة لها القدرة على امتصاص الصدمات والاهتزازات التي تتولد في محركات المركبات كذلك استخدام إجمام مختلفة من السيليكا ($25-355\mu\text{m}$) إذ تضاف إلى العجنة بنسبة 20 % .
وإستخدام دقائق السيليكا بحجم $35\mu\text{m}$ تكون مضافة إلى العجنة المطاطية بأوزان مختلفة (0-70) حيث توصل إلى أحسن نتيجة هي 40% من حيث الخواص الميكانيكية .
وإضافة اسود الكربون نوع (N330) مقابل تقليل السليكا إذ توصل إلى أحسن نسبة وهي 20% سليكا و 20% اسود كربون ، وإستخدام طريقة التحليل العددي لتفسير سلوك الاجهادات الذي يحصل في الوسائد المطاطية عند الأحمال الحركية والساكنة وكذلك نوع التشوهات الحاصلة .

• الزبيدي، آلاء فرحان [27] 2002 :-

درست تأثير درجة الحرارة والرطوبة والأشعة فوق البنفسجية (UV) على خواص المطاط الطبيعي (SMR20) والمطاط الصناعي نوع (SBR150) وقامت بتعريض المطاط الصناعي والطبيعي الخام للرطوبة والأشعة والتقدم الحراري وإدخالها في العجنة المطاطية ومقارنة النتائج للخواص الميكانيكية والفيزيائية مع خواص المنتج غير المعرض .

• الحاتمي، موجد [48] 1999 :-

بين تأثير النسب المختلفة لاسود الكربون على أداء الإطار حين وجد أن التحسن في الخواص حصل عند نسبة 70 pphr لكاربون نوع N330 , وعند نسبة 68pphr لكاربون N375 وعند نسبة 65pphr للكاربون N339 بالمقارنة مع تأثير قشور الرز المحروقة عند درجة حرارة منخفضة .

• T.D Sreeja S.K.N Kutty[53] 2002 :-

درس مطاط إل (NBR) بوصفها مادة أساسية مقواة مع مستويات مختلفة من ألياف النايلون القصيرة من إذ الخصائص الفيزيائية كزمن الإنضاج والخواص الميكانيكية للمساحة المركبة في الاتجاه الطولي والاتجاه

الفصل الاول الجزء النظري
العرضي لمحور الألياف، إذ لاحظ بأن زمن الإنضاج يقل بزيادة تركيز الألياف وتزداد قوة الشد وخواص التمزق تتحسن مع زيادة التركيز عليها وان القيم تكون عالية مع الاتجاه الطولي لمحور الألياف .
كذلك لاحظ تحسن مقاومة الحك وارتفاع نسبة الارتدادية والتخلف بالانضغاط (compr. Set) مع زيادة تركيز الألياف.

• المرشدي ، جاسم محمد سلمان [51] 2000 : -

درس طرق بديلة لإنتاج أسلاك التسليح لإطارات بابل التي تصنع اساساً بطريقة السحب الحار Hot Drawing للفولاذ العالي الكربون High carbon steel هي إنتاج الأسلاك من الفولاذ منخفض الكربون Low carbon steel ومن ثم كربنته لإكسابه المقاومة والصلادة المطلوبتين إذ توصل إلى الالتصاقية بين الأسلاك والمطاط وكذلك خفض في الكلفة .

1. الوصول الى افضل عجنة من ناحية الخواص الميكانيكية كمعامل القص و الصلادة و الزحف بالانضغاط و التي تتطابق مع المواصفات القياسية العالمية للعجنات المطاطية المستخدمة في صناعة الوسائد المطاطية.
2. اعتماد المواصفة العالمية المرقمة (ASTM – D4014 – 03) ولأول مرة لمقارنة وايجاد معامل القص بصورة مباشرة من خلال تحويل جهاز فحص الشد (T10) مع ربطه بجهاز رسم المنحنيات كذلك استخدام طريقة نظام (ISO) لأول مرة في فحص الزحف تحت الانضغاط للمنتج المطاطي .
3. فحص مقاومة التقادم الحراري و تأثير الاشعة فوق البنفسجية (UV) على خواص المنتج المطاطي وصولا الى العجنة المثالية و تأثير اضافة مادة (P . V. C) و اسود الكربون نوع (N 660) على هذه الخواص .

هناك ثلاثة أنواع أساسية من الوسائد المطاطية المستخدمة في الجسور [1] .

1-1-2 وسائد الحشوات المطاطية (Elastomeric Bearing Pads) :-

وهي بدورها يمكن ان تقسم الى ثلاثة انواع :

ا) وسائد الحشوة المستوية (PEP) :-

وهي عبارة عن حشوة مطاطية من دون تقوية ليفية أو صفائحية، هذا النوع من الوسائد يمكنه اسناد الاحمال العمودية (Vertical) (الحمل الساكن والحمل المتحرك) كحد أعلى (450KN) ولكنها تلائم أحمال أنقالية وتدويرية قليلة أي حوالي 15mm وزاوية تدويرية (0.01 Rad) على التوالي ، تكون الصلادة للمادة المرنة بحدود (50-70) بمقياس shor A [5,1] .

ب) وسائد الحشوة المقواة بالالياف القطنية المغموره في المطاط (CDP) Cotton Duck inforced pad

وتتضمن طبقات من المادة المرنة المتداخلة (المقواة) بطبقات من الياف القطن المغمورة ، التي يجب ان تمتلك طبقات نحيفة جدا تصل الى اقل من (0.4mm) ان وسائد CDP تكون ذات جساءة عالية في الانضغاط ولها قدرة تحمل لاحمال أنضغاطية عالية تصل الى 1400 KN ، وبسبب جساءتها العالية تكون قدرتها على الحركة الانتقالية والتدويرية محدودة جدا أي بحدود (5mm) و (0.003 Rad) على التوالي [2] .

ان وسادة CDP تمتلك طبقات متقاربة جدا من الالياف مما يعطي الوسادة النهائية جساءة عالية (85-90) بمقياس shore A ولكن المادة المطاطية (المرنة) المكونة لها تكون جساتتها من دون التقوية الليفة تشبه جساءة PEP أي بحدود (50-70) shore A ، قد تستخدم الوسائد الانزلاقية (PTFE) مع هذه الوسادة لزيادة قدرتها على التدويرية والحركة الافقية [6,3] .

ج) وسائد الحشوة المطاطية المقواة بالالياف الزجاجية (FGP) Fiber glass reinforced bearing pads

وتتكون من طبقات مطاطية متظمنة طبقات من الياف زجاجية منسوجة ، تكون التقوية الليفية فيها على شكل طبقة منفردة (single ply) عند الطبقات العليا والطبقات السفلى للوسادة وعلى شكل طبقة مزدوجة

(double ply) في الطبقات الوسطى كل ply يمتلك اجهاد كسر لا يقل عن $(800 \frac{Ib}{in^2})$ ، هذه الوسادة

ذات قدرة تحميلية لأحمال تصل الى (600 KN) وانتقالية 25mm ودورانية (0.015 Rad) ، أن مادة وسائد نوع CDP و FGP تعد مادة مركبة ليفية ودقائقية من حيث التقوية ومادة وسادة PEP تعد مادة مركبة دقائقية فقط، الأنواع الثلاثة تكون بصورة عامة محددة في الحركات الانتقالية والتدويرية لذلك تستخدم معها السطوح المنزلقة (PTFE) في حالة وجود حاجة الى حركة انتقالية وتدويرية وهي عبارة عن سطوح أنزلاقية من البولي تترافلوروأثلين وتتكون من سطوح مزدوجة مصنوعة من Stainless steel ذات سطوح ناعمة جدا

لكل السطوح المنزلاقة المستوية ولعدد من السطوح المقوسة او تصنع من anodized aluminum (لبعض السطوح الكروية والاسطوانية) [7,3].

سطح الطبقة الفولاذية يجب ان تكون أكبر من سطح (PTFE) لذلك تكون الحركة الكاملة ممكن ان تنجز من دون الكشف عن ال(PTFE) ومنها يكون ممكن للفولاذ (Stainless steel) أن يكون موضوع على (PTEE) لمنع التلوث بالاوساخ والشحوم ، المقاومة الوطئة لأحتكاك ال(PTFE) تكون خاصة مهمة جدا إذ يقل معامل الاحتكاك مع زيادة اجهاد الانضغاط التماسي بين (PTFE) والسطح المزوج، الاحتكاك يكون صغيرا في الحالة الساكنة او في حالة الحركة الانتقالية البطيئة مقارنة بالاحتكاك في حالة الانتقالات الديناميكية (الحركة المتوسطة) ويكون الاحتكاك العالي في حالة السرعة الانزلاقية العالية لمنع زحف الوسادة من مكانها (يكون موجودة في وسائد العزل الزلزالي) [3].

يكون من المرغوب عادة توجيه الوسائد والحشوات بحيث يكون الجانب الطويل لها موازيا لمحور الدوران لكي يكون اكثر ملائمة للتدوير (الدوران) .

ان وسائد (PEP) تعتمد على الاحتكاك في السطوح العليا والسفلى لها لمنع واعاقة الانتفاخ الذي يحصل نتيجة حمل المنشئ [8].

أن الإجهادات المسموحة تعتمد على عامل الشكل لوسائد الحشوات المطاطية لذلك فان وسائد (PEP) يجب ان تكون نحيفة إذا كان المطلوب منها تحمل الحد الاعلى للحمل الانضغاطي .

ومن جهة أخرى فان الحشوة المرنة النحيفة لايمكنها ان تتحمل سوى انتقالات وتدوير قليل لذلك فأن استخدامها قد أقتصر على الأحمال الواطئة ، ان وسائد (PEP) أحيانا يحصل فيها (walk) أي انزلاق للوسائد من مكانها تحت الحمل ، والبحوث الحديثة تعزي هذا الانزلاق الى هجرة الشمع المستخدم في العجنات المطاطية لمقاومة الاوزون في NR الى سطح الوسادة مما يسبب انزلاق الوسادة من مكانها أثناء حركة المنشئ شكل (2-3) .

وعلى سبيل المقارنة فأن وسائد CDP تكون اكثر تحملا للاحمال الثقيلية من وسائد PEP وFGP ولكن FGP تكون اكثر ملائمة للانتقالات والتدويرات من وسائد (PEP و CDP) [3] .

(2-1-2) الوسائد المطاطية المقواة بالفولاذ Steel Reinforced Elastomeric Bearing :-

احيانا تصنف هذه النوع من الوسائد ضمن الوسائد المطاطية ذات الحشوات المطاطية Electrometric Bearing Pads ولكن أحتوائه على الألواح (الطبقات الفولاذية) يجعل من سلوكه مختلفا تماما عن الوسائد ذات الحشوات المطاطية الاعتيادية .

هذه الوسائد تلائم الحركات الانتقالية والتدويرية وذلك بواسطة التشوه المسموح للمادة المرنة عندما تكون تحت اجهاد القص (الحركة الأفقية) وفي الوقت نفسه تكون جاسئة تحت الأجهاد الأنضغاطي .

شكل رقم (2 - 1) يوضح الوسائد المطاطية المقواة بالالواح الفولاذية تحت الحمل الانضغاطي و القصي

في هذه الوسائد تعمل الطبقات الفولاذية الصلبة على اعاقه التمدد العرضي هذه الاعاقه تحصل بواسطة تقليل الانتفاخ الذي يحصل وتجهز جساءة عالية في الانضغاط وهذا يسمح لهذه الوسائد بتحمل أجهادات انضغاطية عالية مع ملائمة اكبر للانتقالات والتدوير شكل رقم (1-2) [9,1] .

عند تصميم هذه الوسائد يكون من الضروري عمل موازنة بين جساءة الانضغاط وجساءة القص كذلك الوسائد يجب ان تكون مصممة عن طريق التحكم بالاجهاد المسلط على الالواح الفولاذية والتوتر الحاصل بالمادة المرنة وهذا يتم بواسطة التحكم بسمك طبقات المادة المرنة وعامل الشكل للوسادة.

ان الانتقالات والتدويرات قد تحصل حول المحور الافقي للوسائد المقواة بالالواح الفولاذية، وذلك يجعل منها مناسبة للجسور التي تكون فيها اتجاه الحركة محددة , اما الجسور التي يكون فيها اتجاه الحركة غير محدد فان الوسائد المطاطية المقواة الدائرية تكون ملائمة لهذا الغرض [9,1].

الوسائد المقواة بالفولاذ تصبح كبيرة إذاصممت لحمل أكبر من 4500KN ومن ثم فأن التوزيع للحرارة والفلكنة لمثل هكذا كتلة مطاطية كبيرة يكون صعبا اثناء عملية التصنيع وذلك لان المطاط ضعيف التوصيل الحراري .

نتيجة لذلك فأن تصنيع هكذا وسائد يكون غير ممكن عمليا و تطبيقيا ومن الضروري ان تكون هنالك محددات لحجم الوسائد المطاطية المقواة بالألواح الفولاذية هذه الوسائد تتحمل حمل أنضغاطي يتراوح بين (225 KN – 3500) ويتحمل انتقالات تصل إلى 100mm وتدوير (0.04 Rad) [9,1] .

وتصنف الوسائد المطاطية المقواة بالالواح الفولاذية الى الانواع الآتية : -

- وسائد التحميل المحشوة (Plan elastomeric sandwich bearing) وهي عبارة عن وسائد تتضمن طبقة واحدة من المادة المرنة مربوطة مع صفيحة او صفيحتين للتحميل الخارجي .

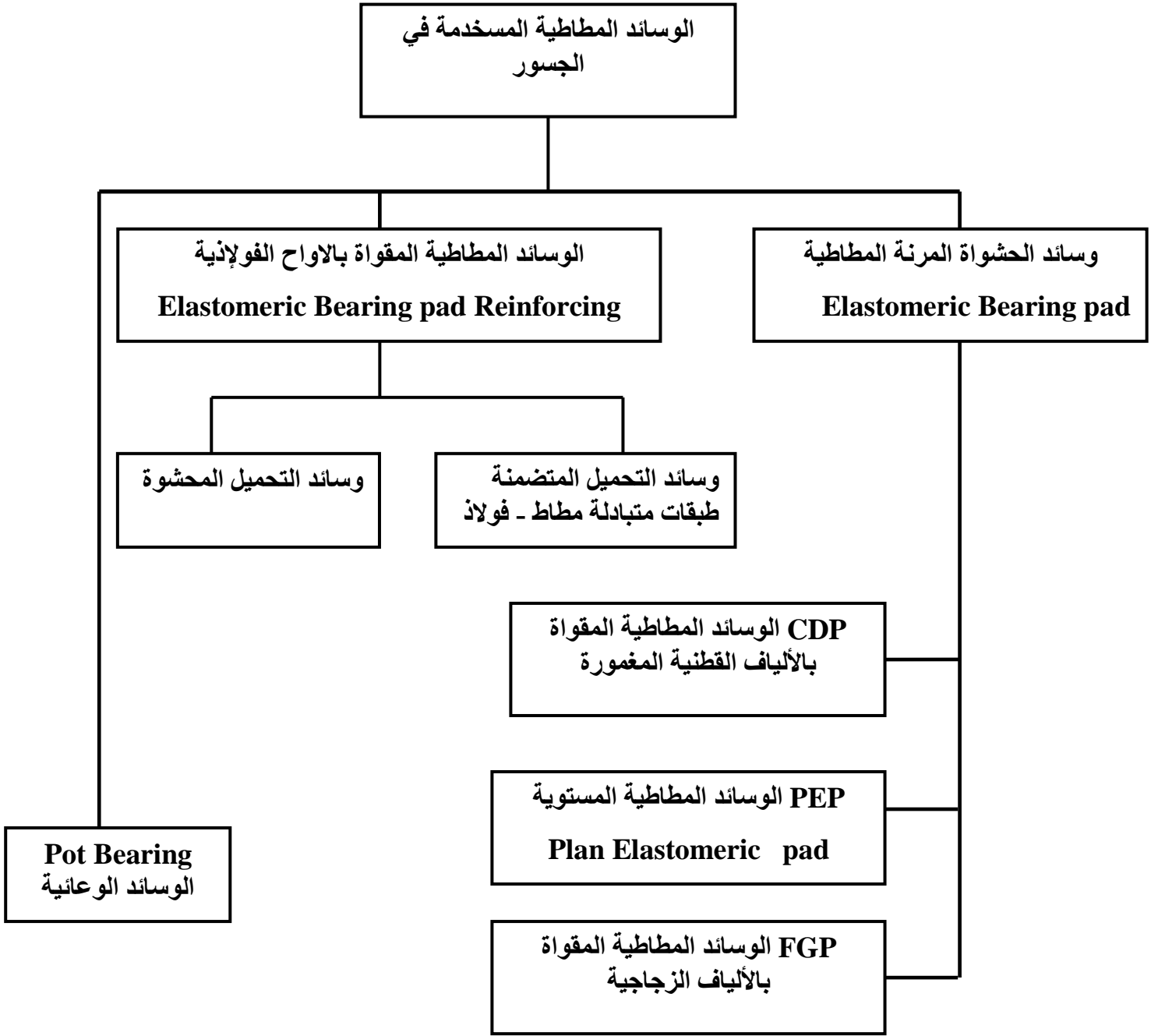
• وسائد التحميل المتضمنة طبقات متبادلة مطاط – فولاذ (steel laminated elastomeric Bearing) وهي عبارة عن وسائد مقولبة من المادة المرنة مع طبقة او اكثر من الفولاذ مغمورة ومربوطة معه وتحتوي على طبقة او طبقتين من الصفائح الخارجية (External load plate) [1] .

(3-1-2) - الوسائد الوعائية Pot bearing :-

وتكون على شكل قرص مطاطي (النيوبرين او المطاط الطبيعي) لكي تتحمل الانضغاط العالي ويكون هذا القرص المطاطي محصوراً في داخل الصفيحة الوعائية [2,7]. القوة العمودية تكون منتقلة الى القرص المطاطي (المرن) عن طريق اسطوانة مثبتة في داخل الوعاء وهناك حلقة نحاسية وظيفتها السد المحكم تمنع المادة المرنة من الافلات من الحيز بين الاسطوانة والوعاء ، ان الحركة الأفقية تكون معاقبة بواسطة التماس لسطح الاسطوانة الجانبي مع جدار الوعاء. الوسائد الوعائية تستخدم عندما تكون هنالك قوة تدويرية عالية في الجسر، عند الحاجة الى ملائمة الحركة الانتقالية الافقية تستخدم معها السطوح المنزلقة (PTFE) إذ ان الوسائد الوعائية ليس لها القدرة على تحمل الحركات الافقية شكل رقم (2-4) [4] .

الشكل رقم (2 - 3) يوضح أنواع الوسائد المطاطية المستخدمة في الجسور

الشكل رقم (2-4) يوضح الوسائد الوعائية



المخطط رقم (2 - 1) يوضح أنواع الوسائد المطاطية المستخدمة في الجسور

2 - 2 أنواع القوى المؤثرة على الوسائد المطاطية : -

الغرض من الوسائد المطاطية هو أسناد البناء العلوي (superstructure) عند ارتفاع ثابت ويجب ان تتحمل كل القوى المسلطة من البناء العلوي على البناء السفلي (substructure) وكذلك تسمح للبناء العلوي بالحركة الضرورية لكي تحصل وان هذه القوى المؤثرة على الوسائد تكون كما يلي : -

2 - 2 - 1 القوى الثقيلية (Downward Force) : -

وهذه القوة يمكن ان نعتها تؤثر مباشرة خلال مركز الوسائده التي تكون ناتجة من الحمل الساكن)

(Dead Load) والحمل الحركي (Traffic load) [3] . شكل (5-2)

2 - 2 - 2 القوى العرضيه (Transverse Force) : -

هذه القوة تؤثر بصورة عمودية على خط المركز للجسر في الاتجاه الافقي عند الجهة العليا للوساده وهذه تأتي من حركة الرياح والهزات الارضية تنتج القوى العرضيه عزم في الوساده يساوي حاصل ضرب (القوة * ارتفاع الوساده) . [5 , 40] . شكل (5-2)

2 - 2 - 3 القوة الطولية (Longitudinal force) : -

وهي قوة أفقية تؤثر بصورة موازية لخط مركز الجسر متضمنة قوى الحركة الحرارية والقوى المتأتية من تقلص الكونكريت وهذه تسبب قوى التشوه القصي والانزلاق

2 - 2 - 4 قوى الرفع (uplift forces) : -

مع الاستثناء للحشوة المرنة الوسائد يجب ان تصمم لقوى الرفع تبعا للهزات الارضية في قيمة تساوي 10% من الحمل الساكن العمودي ردفع للبناء العلوي [3] .

2 - 2 - 5 قوى اخرى : -

قوى التدوير للوسائد التي قد تحدث في ثلاثة مستويات وهي ناتجة عن الحركة المرورية traffic load [40,5] .

شكل رقم (2 - 5) يوضح أنواع القوى المؤثرة على الوسائد المطاطية

يستخدم المطاط الطبيعي والنيوبرين في صناعة الوسائد المطاطية في الجسور الاختلاف بين النوعين ليس بالاهمية التي تذكر، إذ أن المطاط النيوبرين يمتلك مقاومة أعلى من المطاط الطبيعي للاوزون وكذلك يمتلك مطاط النيوبرين مدى واسع للمواد الكيماوية وكذلك يكون أكثر من المطاط الطبيعي تحملا للظرف البيئية القوية , ومن حيث ان المطاط الطبيعي أقل مقاومة للاوزون والظروف الجوية يستخدم معه شمع البرافين كمضاد للأوزون وهذا يسبب انزلاق الوسادة أثناء الخدمة بسبب هجرة الشمع الى السطح الخارجي للوسادة [11,10] .

ومع ذلك يكون المطاط الطبيعي اقل جساءة من المطاط النيوبرين في درجات الحرارة الواطئة وهي خاصية مهمة جدا وخصوصا عند استخدام الوسائد في المناطق الباردة وذلك لان جساءة القص العالية تسبب مشاكل كبيرة أهمها تشوه المساند وتلف الوسادة [10] .

كل المواد المرنة تكون مواد لزجة - مرنة غير خطية ولهذا فإن خواصها تتغير مع نسبة مستوى التوتر للحمل ودرجة الحرارة ، صناعات الوسائد المطاطية تعتمد المواد على أساس مقياس التحملية لصلادة (Shore A) , ولكن هذا المقياس هو مؤشر غير جيد لمعامل القص (G)[13,12].

للسائد ذات صلادة Shore A (60±5) يكون معامل قص لها في المدى (0.55 - 1.25 MPa) [14,1] . أن جساءة القص للوسادة تكون الخاصية المهمة وذلك من حيث تأثيراتها على القوة المنتقلة بين البناء العلوي والبناء السفلي ، المادة المطاطية يجب ان تكون مرنة تحت القص والتشوه أحادي المحور ولكن في الوقت نفسه يجب ان تكون جساءتها عالية جدا ضد تغير الحجم، هذه الصفة تجعل من الممكن للوسائد ان تكون مرنة في القص وجائسة في الانضغاط [11].

جدول رقم (2 - 1) يوضح بعض المواصفات القياسية العالمية للمادة المرنة المستخدمة في صناعة الوسائد المطاطية [2]

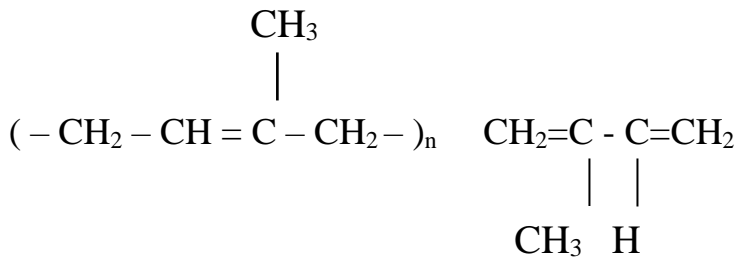
Properties	NR	CR
حدود الصلادة	45-75	45-75
قوة الشد طريقة الفحص D412 Tensile strength min. in MPa (psi)	15.5(2250)	15.5(2250)
الحد الاعلى للاستطاله % عند صلادة 45-55	400	400
الحد الاعلى للاستطاله % عند صلادة 66-75	400	350
معامل القص Shear modulus (MPa)	1.25 - 0.55	1.25 - 0.55
Compression set (test method D 395 method B)max.%	25	35

الفصل الثاني الجزء النظري

ان تصلب المادة المرنة (المطاطية) عند درجة الحرارة المنخفض يتاثر كثيرا بتركيب المطاط وان الزيادة في مقاومة القص يجب السيطرة عليها من خلال اختيار المركب المرن الملائم للظروف المناخية، ان المادة المرنة المطاطية التي تدخل في صناعة الوسائد المطاطية يجب ان تطابق المواصفات القياسية في ASTM D4014 [9] الجدول رقم (2 - 1) أعلاه.

2 - 4 المطاط الطبيعي (NR): -

ان المطاط الطبيعي يكون على هيئة مادة حليبية تتصلب عند تخثرها وهو يستخرج من الاشجار الخاصة به وذلك بفتح شق فيها فيخرج السائل الحليبي ولغرض منع تصلب المطاط وتخثره تضاف مادة مثبتة للمستحلب، من الناحية الأيزوميرية فأن المطاط الطبيعي يتكون من وحدات الايزوبرين ذي التركيب: [15].



2 - 4 - 1 تصنيف المطاط الطبيعي: -

ان الاشكال التقليدية للمطاط الطبيعي تكون مصنفة الى انواع عدة والتي تكون بينها اختلافات كبيرة في طريقة التصنيع ومصدر المواد الاولية المستخدمة في انتاجه .

جدول رقم (2 - 2) يوضح تدرجات المطاط الطبيعي و حسب المحتوى غير المطاطي فيه [11]

Property	SMR5	SMR10	SMR 20	SMR 50
محتوى الشوائب (الحد الاعلى % وزن)	0.05	0.1	0.2	0.5
محتوى الرماد % وزن	0.6	0.75	1.00	1.5
محتوى النتروجين % وزن	0.65	0.65	0.65	0.65
المواد المتطايرة % وزن	1.00	1.00	1.00	1.55
PRI (min%)	60	50	40	30
Wallace plasticity pa(min)	30	30	30	50

الفصل الثاني الجزء النظري

الجدول رقم (2-2) أعلاه يبين تدرجات مطاط نوع (SMR) وحسب المحتوى غير المطاطي الموجود فيه [15].

إذ استخدمنا المطاط الطبيعي نوع (SMR5) في بحثنا وذلك للحاجة الماسة لكون المطاط على درجة عالية من النقاوة لتقليل احتمالية نشوء العيوب (Defects) التي تكون مصدراً للتصدعات الصغيرة ومن ثم حصول تلف سريع للوسادة المطاطية أي يقلل من العمر الخدمي لها .
ان السبب الرئيسي في اختيار المطاط الطبيعي في تصنيع الوسائد المطاطية هو انخفاض درجة تبلوره مقارنة بالانواع الصناعية فضلا عن القدرة الكبيرة على تحمل كميات كبيرة من المضافات ومواد التقوية وامتلاكه الخواص الفيزيائية التي تطابق المواصفات القياسية المطلوبة في الوسائد المطاطية مثل معامل القص والجماءة والتخلف الواطئ في الانضغاط (compression set)[16].

2 – 5 مطاط النيوبرين :-

النيوبرين هو الاسم العام لبوليمرات الكلوروبرين (2-كلورو 3-بيوتادين) وهو المونومير الذي يصنع منه كل انواع النيوبرين [11,15].
وينتج بواسطة عمليتين رئيسيتين :-

- معاملة الأستيلين Acetylene process
- معاملة البيوتادين Butadiene process

2 – 6 نظام الفلكنة :-

ان وجود نسبة من التشابكات في البوليمر ضروري جدا لكي يظهر البوليمر خواص مطاطية جيدة [1] ويمكن اجراء هذه التشابكات بعملية تدعى الفلكنة إذ يقتصر هذا المصطلح على البوليمرات المرنة المطاطية ولايستخدم للتعبير عن التشابكات في البوليمرات الاخرى[10].
ان درجة التشابك المطلوبة في المطاط اقل بكثير مما في حالة البوليمرات (المتصلبة حراريا) والمسماة بالراتنجات الحرارية، فقد تتضمن الفلكنة في الحالات الاعتيادية وجود مئة وحدة مونومير بين هذه الارتباطات المتشابكة ، ان وجود نسبة مفرطة من التشابكات في المطاط تحوله الى مواد صلبة تسمى (الايوناييت) [10].
عادة تجري عملية الفلكنة بعد تكوين البوليمر وتحوله الى الشكل المطلوب ،ان خواص الفلكنة تكون في المرتبة الاولى والتي تكون مصنفة بوصفها خواصاً فيزيائية متضمنة زمن الاحتراق ، زمن الفلكنة واعلى واقل عزم[16].

2 - 6 - 1 فلكنة المطاط الطبيعي: -

الفلكنة بالكبريت هي أكثر أشكال الفلكنة استخداما مع المطاط الطبيعي (NR) التي تتضمن تكوين الارتباطات التشابكية من البولي سلفايد بين السلاسل، كل انواع الارتباطات التشابكية والتراكيب الحلقية يمكن ان تتكون ، إذا استخدم الكبريت لوحده فإن عملية الفلكنة تحتاج الى 8 ساعات تقريبا ولكن تستخدم المعجلات والمنشطات لتقليل زمن الفلكنة ولإزالة التراكيب الحلقية وتقصير ارتباطات الكبريت الى ذرة او ذرتين كبريت إذ ان الارتباطات التشابكية التي تتضمن اطوال قصيرة تعطي أستقرارية أكبر ضد الحرارة وخواص التقادم ، عند استخدام المطاط الطبيعي في صناعة وسائد الجسور يتم إضافة اول اوكسيد الرصاص بوصفه مبطئا وهذا يعطي فلكنة طويلة وبطيئة مع خواص مقاومة حرارية إذ يمكن للحبيبات الداخلية ان تتفلكن قبل ان تكون الحبيبات الخارجية في حالة فوق الفلكنة (Over cure) أن أكتشاف MBT (Mercapto Benzthiazol) أدى الى استخدامه تجاريا بصورة واسعة وفي الوقت نفسه تقريبا اكتشف لتأثير اوكسيد الخارصين هو تأثير المعجلات العضوية نفسها إذ ان إضافة حامض الستاريك أصبح مهما بسبب كون ستيارات الزنك قد حلت محل أوكسيد الزنك ، ان المعجلات العضوية لم تعمل على تقليل وقت الفلكنة فقط ولكن أدت الى تحسين الخواص أيضا [17,1] .

ان المطاط الطبيعي يعاني حالة الارتداد (reverted) بعد عبور حالة overcure بينما المطاط الصناعي مثل SBR لايبين أي هبوط أو ارتداد بعد الـ(Overcure) وتسمى هذه الظاهرة بالـ(Marching Cure) . ان المطاط الصناعي يكون ابطا فلكنتا من المطاط الطبيعي لذلك يستخدم معه مزيج من المعجلات لتقليل زمن الفلكنة ليكون بمستوى المطاط الطبيعي [11].

2 - 6 - 2 تركيب وفلكنة النيوبرين : -

إن عملية الفلكنة للنيوبرين تعتمد على وجود الاكاسيد المعدنية (اوكسيد الزنك او كسيد المنغنيز) التي تكون مستخدمة في معظم تراكيب العجنات المطاطية للنيوبرين ان هذين الاوكسيدين يكون لهما الاهمية في فلكنة النيوبرين في غياب أي معجل عضوي .

ان المعجلات مثل NA-22 (ethylene thiourea) تعجل الفلكنة عندما يراد ان تكون هنالك فلكنة سريعة .

2 - 6 - 1 ميكانيكية فلكنة النيوبرين : (Vulcanization mechanism of polychloroprene)

ان ميكانيكية الفلكنة في البولي كلوروبرين توضح بأنه عند موقع الفلكنة الرئيسي الاساسي عند (1,2) تضاف البنية لوحدة المونيمر في السلسلة البوليمرية ، هذا الموقع للارتباطات التشابكية حدوثه نادر في السلاسل الخطية [15] .

2 - 6 - 2 ميكانيكية فلكنة النيوبرين مع الكبريت : -

ان ميكانيكية فلكنة النيوبرين مع الكبريت والمعجل تكون موضحة مع الاثيلين ثايورا (ethylene thiourea) التي تقود الى ادخال الجسور الكبريتية او الارتباطات فضلا عن جسور الاوكسجين , قد يستخدم الرصاص الاحمر (Pb₃O₄) (Red Lead) بدلا من اوكسيد المغنسيوم, واوكسيد الخارصين عندما تكون

الفصل الثاني الجزء النظري

المقاومة للماء مطلوبة في التصميم و هنالك انواع عدة من المعجلات العضوية الاخرى المستخدمة مع مركبات النيوبرين مثل : -

(1) Tetramethyl thiuram monosulfide – sulfer diorthotoly guanidine

و تستخدم للمركبات التي تكون فيها سرعة الفلكنة البطيئة مطلوبة

(2) Salicylic Acide

(مبطيء W) يستخدم للمتطلبات ذات التحميل العالي والتي تحتاج الى معامل عالٍ

(3) ethylene thiovera (NA-22) AND DOTG Salt

يستخدم عندما تكون درجة الحرارة واطئة للفلكنة مطلوبة ، ان النيوبرين المفلكن يحتوي على درجات من عدم التشبع لذلك يستخدم مضادات الاكسدة معه في الاقل 2pphr وكميات كبيرة تكون مستخدمة لاعطاء مقاومة عالية للأوزون والحرارة [18,15].

2 – 7 تأثير درجة الارتباطات التشابكية على خواص المركب المطاطي : -

2 – 7 – 1 الاستطاله عند القطع والاثر الدائم (Permanent set) : -

إذ تقل الاستطالة عند القطع وتزداد نسبة التخلف بالانضغاط والتخلف بالشد (tensile set) بزيادة الارتباطات التشابكية [17] .

2 – 7 – 2 معامل المرونة (Elastic modulus) : -

تزداد قيمة معامل المرونة عند زيادة الارتباطات التشابكية .

2 – 7 – 3 الصلادة hardness : -

في حالة زيادة الارتباطات التشابكية فأن الصلادة تزداد الى ان تصل الى صلادة مرونة الفولاذ وهذا يعني وصول المادة الى حالة الايبونايت.

2 – 7 – 4 قوة الشد Tensil Strength : -

ان قوة الشد لاتزداد بصورة مستمرة مع زيادة عدد الارتباطات التشابكية فهي تزداد حتى الوصول الى حالة الحد الاعلى بعد ذلك بمجرد استمرار الزيادة في عدد الارتباطات التشابكية، أي حصول over-crosslinking سوف يحصل الانحدار بالخواص كما يحصل في المطاط الطبيعي ولكنها تزداد في بعض أنواع المطاط الصناعي(النيوبرين) [17,15,11] .

2 – 7 – 5 الانتفاخ Swelling : -

تقل قابلية الانتفاخ في المذيبات بأزدياد الارتباطات التشابكية [17] .

2 - 7 - 6 النفاذية للغازات : -

لزيادة درجة التشابكات تقل القدرة للغاز على الانتشار خلال المساحة المطاطية [17] .

2 - 7 - 7 الاستقرارية الحرارية Heat stability : -

لا توجد علاقة مباشرة بين الاستقرارية الحرارية ودرجة الارتباطات التشابكية، ولكن بدلا من ذلك فإن الاستقرارية الحرارية تعتمد على التركيب الكيميائي للبوليمرات عالية الوزن الجزيئي، المتكونة في الارتباطات التشابكية إذ ان طاقة الربط للاواصر الكيميائية المنتظمة في مواقع الارتباطات التشابكية يكون لها تأثير كبير على الاستقرارية الحرارية [17] .

2 - 7 - 8 تأثير الارتباطات التشابكية على خواص التقادم : -

ان خواص التقادم تكون سيئة في حالتين، الحالة الاولى عندما تكون الارتباطات التشابكية قليلة والحالة الثانية عندما تكون هنالك نسبة زائدة من الأرتباطات التشابكية، ولكنها تكون أفضل حالة عند الحد الاعلى للفلكنة.

ان الارتباطات التشابكية لها تأثير قوي على : -

الاستطالة عند الكسر ،الارتدادية عند درجات الحرارة العالية، أجهاد الفشل ،التخميد الديناميكي عند درجة الحرارة العالية،مقاومة التمزق ،التخلفية في الانضغاط Compression set ،التخلفية في الشد Tensile set ،مقاومة الكلاك (heat-build-up) ، ومقاومة الانتفاخ.

ولها تأثير قليل على : -

قوة الشد، الارتدادية عند درجة حراره الغرفة ، التخميد الديناميكي عند درجة حراره الغرفة، مقاومة الحك ، النفاذية للغازات، المرونة عند درجة الحراره المرتفعة، المقاومة الكهربائية [17,15] .
وخلاصة الكلام فإن خواص مقاومة التمزق و التصدع الكلاكي تكون أحسن عندما تكون الارتباطات التشابكية قليلة (اقل من أعلى حد لقوة الشد) .

أما الخواص الآتية فانها تكون احسن عند تكون الارتباطات التشابكية عند الحد الاعلى للفلكنة : -

قوة الشد ، اجهاد الشد، مقاومة التقادم ، ومقاومة الحك.

الخواص التالية تكون أحسن عندما تكون الارتباطات التشابكية أعلى من الحد الاعلى لأجهاد الشد ، الارتدادية التخلفية بالانضغاط والشد التخميد الديناميكي و المقاومة للانتفاخ و المرونة عند درجة حرارة عالية و مقاومة الاوزون [15,11] .

2 - 8 - 1 التقوية بالدقائق : -

ان التقوية للمطاط بواسطة الدقائق له أهمية كبيرة من خلال تأثيره على معظم الخواص النهائية للمنتج المطاطي ، ان من أهم المواد الدقائقية المستخدمة للتقوية هي أسود الكربون فمثلا المطاط ستايرين - بيوتاديين يمتلك أعلى قوة شد 2.5MPa , ولكن بعد تركيبة مع 50 % من وزنه مع اسود الكربون فأن قوة الشد ترتفع الى 25Mpa لذلك فأن هذه التقوية حسنت قوة الشد وعلى النقيض من ذلك فأن المطاط الطبيعي قبل التقوية بأسود الكربون فأن المادة المفككة تمتلك قوة شد 45MPa عند إستطالة 700% عند استخدام اسود الكربون نوع (SAF) اسود كربون تعطي قوة شد 35MPa عند أستطالة 550% هذا يعني ان إضافة اسود الكربون أدى الى عدم تحسين خواص الشد , بل على العكس لذلك فأن مقاومة الشد ليس قاعدة او معيار للكشف عن التقوية ، و ان حشوات التقوية يجب ان تحسن المعاملات وخواص الفشل (مقاومة الشد ، مقاومة التمزق ، مقاومة الحك) للمنتج النهائي [11, 16].

الشكل رقم (2-6) يوضح الزيادة في القوة والطاقة عند التمزق قد حصلت مع اسود الكربون بوصفها دالةً للتحميل .

ان أعلى تحمل ظاهر يبين ان هنالك عاملان متعاكسان في التأثير عندما تضاف حشوة تقوية من اسود الكربون : -

1) هنالك تحسن في المعامل وقوة الشد وهذا يعتمد كثيرا على حجم الدقائق للحشوات إذ ان الدقائق الصغيرة تمتلك تأثيرا أكبر بالمقارنة مع الدقائق الخشنة ان حجم الدقائق يكون متناسب مباشرةً بصورة عكسية مع المساحة السطحية لدقائق الحشوة لذلك فأن تأثير الدقائق الصغيرة يعطي زيادة في السطح التبادلي بين البوليمر والمادة الصلبة .

شكل رقم (2 - 6) يمثل الزيادة في القوة و الطاقة عند القطع مع زيادة نسبة الكربون

(2) التقليل في الخواص عند التحميل العالي يكون له تأثير تخفيف ، عموماً لكل الحشوات تأثير متناسب مع الكسر الحجمي للبوليمر في المادة المركبة، فإذا كانت النسبة الحجمية عالية جداً حيث لا يكون هنالك مطاط (بوصفه مادة أساساً) تحيط بدقائق الحشوات لتمسكها مع بعضها مع بعضها فإن القوة تقترب من الصفر إذ يصبح المركب هش وذات قوة ضعيفة [11] .

2 - 8 - 2 التقوية بالالياف :-

في بعض انواع الوسائد المطاطية تستخدم الالياف لأغراض تقوية المادة المرنة وهي على نوعين :-

2 - 8 - 2 - 1 التقوية بالالياف القطنية :-

ان الالياف القطنية المستخدمة في تقوية الوسائد المطاطية نوع (CDP) يجب ان تكون اما من طبقتين منسوجتين (Tow ply cotton yarn) او من طبقة (ply) واحده تكون 50-50 خليط الياف قطن - بولي استر [3].

الالياف يجب ان تمتلك أقل قوة شد حوالي 26.3Mpa, ان وسائد CDP المقواة بطبقات متقاربة من الياف القطن المغمورة بالمادة الاساس المطاطية التي تتكون من المركب المطاطي المقوى بالدقائق (اسود الكربون وغيره من الدقائق) ، وهنا تكون الطبقات المطاطية نحيفة جداً لأن طبقات النسيج القطني تكون متقاربة جداً مما يعطي الوسائد جساءة عالية في الانضغاط ولكنها في الوقت نفسه تمتلك جساءة عالية بالقص والدوران مما يقلل من قدرتها على تحمل القوى القصية والتدويرية وتبعاً لذلك نجد ان معظم وسائد CDP يستخدم معها وسائد ال (PTFE) الانزلاقية.

مع وجود هذه الالياف نجد ان صلادة الوسائد النهائية تصل الى (80 - 95) بمقياس (Shore A) .

2 - 8 - 2 - 2 التقوية بالالياف الزجاجية :-

ان التقوية بالالياف الزجاجية في وسائد ال (FGP) تكون على شكل طبقات مزدوجة منسوجة والتي تمنع التشوه في الطبقات المستوية المطاطية وتختلف عن وسائد (CDP) من حيث ان الالياف القطنية تكون مغمورة (متشربة) مع المادة المرنة بينما الالياف الزجاجية تكون على شكل طبقة معزولة ومرتبطة مع الطبقات المرنة كما يحصل في الصفائح الفولاذية [14, 19] .

2 - 8 - 3 التقوية باستخدام الصفائح الفولاذية :-

وهي استخدام طبقات من الالواح الفولاذية مرتبطة مع الطبقات المطاطية ان طبقات الالواح الفولاذية يجب ان تتكون من الفولاذ الطري (Mild Steel) اما الواح الحمل الخارجية فيجب ان تجهز تبعاً للمواصفات A36/A36M [9].

الوسائد المقواة بالالواح الفولاذية يجب ان تقوّل بوصفها وحدة واحدة تحت الضغط ودرجة الحرارة وعادة تتم العملية بواسطة القوالب بالحقن الشكل رقم (2-7), كذلك يجب ان يغطى المطاط الوسائد بصورة كاملة وذلك لحماية الطبقات الفولاذية من العوامل الخارجية [9, 20, 21].

شكل رقم (2 - 7) يمثل الوسائد المطاطية المقواة بالالواح الفولاذية

2 - 8 - 3 - 1 المواد والتصنيع :

- 1) مركب المادة المرنة المستخدم في صناعة الوسائد المطاطية يجب ان يحتوي اما NR او CR, ولايجوز استخدام المطاط المعاد الحيوية (الركليم) [9] .
- 2) طبقات الفولاذ الداخلية يجب ان تتكون من الفولاذ الطري المدرفل .
- 3) الواح التحميل الخارجية يجب ان تجهز حسب متطلبات المواصفات القياسية A36/A36m .
- 4) وسائد التحميل المستوية يجب ان تكون مقولبة بصورة منفردة او بواسطة القطع من شريط مقولب مسبقا وتقطع الى الاطوال المطلوبة إذ ان القطع يجب ان ينتج سطح ناعم ولايجوز ان تتعرض المادة الى أي تسخين او ارتفاع في درجة الحرارة بعد الفلكنة.
- 5) الوسائد المحتوية على الطبقات الفولاذية او الوسائد المستوية المحتوية على صفائح تحميل خارجية يجب ان تكون مقولبة بوصفها وحدة واحدة تحت الضغط ودرجة الحرارة [44].
- 6) كل الترابطات بين المادة المرنة والطبقات الفولاذية يجب ان تنجز خلال عملية الفلكنة للمادة المرنة [12,9].
- 7) الصفائح الداخلية الفولاذية (Inner steel plates) يجب ان تكون حرة الحافات .
- 8) الصفائح الخارجية يجب ان تكون محمية من الظروف الخارجية بواسطة تغطيتها بالمادة المرنة .

2 - 8 - 3 - 2 الأبعاد Dimensions :

- 1) كل الطبقات المرنة يجب ان تكون بسمك موحد .
- 2) كل الطبقات الفولاذية يجب ان تكون بسمك موحد .
- 3) اصغر سمك للطبقات الفولاذية الداخلية يجب ان لا يقل عن 1.5 mm عندما يكون اكبر طول وعرض للوسائد المستطيلة واكبر قطر للوسائد الدائرية 450 mm , وفي كل الحالات الاخرى يجب ان لا يكون السمك اقل من 2mm.

4) ابعاد الوسائد وسمك طبقات المادة المرنة المطاطية يجب ان تطابق التفاوتات في الجدول رقم (2-3) إذ ان (D) يمثل الطول، او العرض ، القطر للوسادة ، T يمثل السمك الكلي للمادة المرنة . [19,9,5]

جدول رقم (2 - 3) يوضح التفاوتات المسموحة لأبعاد الوسادة المطاطية [2]

Dimension	Min	Max
الطول , العرض , القطر للوسائد mm	0	5(0.2)+0.005D
ارتفاع الوسادة mm	0	2(0.1)+0.04 T
سمك المادة المطاطية التي تغطي الوسادة	0	3(0.1)
سمك الطبقات المرنة الداخلية	±20% من القيمة التصميمية	

2 - 9 المضافات للعجنت المطاطية المستخدمة في البحث :-

2 - 9 - 1 عوامل الفلكنة :-

هذه المواد تكون ضرورية للفلكنة حيث من دون احتواء التفاعل الكيميائي للأرتباطات التشابكية على هذه العوامل لا يحدث تحسن في الخواص الفيزيائية للمطاط المتفلكن، ان نوع عوامل الارتباطات التشابكية سوف تتغير مع المطاط المستخدم وأكثر العوامل أستخدم هو الكبريت وذلك بدخوله في التفاعلات مع المطاط غير المشبع لانتاج الارتباطات التشابكية [13, 22] .

2 - 9 - 1 - 1 الكبريت (RHOMBIC SULFUR) soluble sulfur :-

الكبريت هو اول مادة استخدمت في عملية الفلكنة، ولكن هنالك عناصر أخرى أيضا استخدمت هي من العائلة نفسها للكبريت مثل السلينيوم والتليريوم التي لها وظيفة الكبريت نفسه ولكن هاتين المادتين تستخدمان في التطبيقات الخاصة عندما يكون هنالك مطلوب مقاومة حرارية عالية [11] . ان الكبريت يمتلك حجم دقائق أقل من 150 مايكرون وله وزن نوعي 2.1 [24,23] .

2 - 9 - 1 - 2 اوكسيد المغنسيوم (Mgo) MAGNESIUM OXIDE :-

ان اوكسيد المغنسيوم يكون مستخدم بوصفه عامل فلكنة للنيوبرين (CR) .

يتضمن اوكسيد المغنسيوم (68%) و (32%) dispersible organic binder

يكون له وزن نوعي 2.2 [11, 23].

2 - 9 - 2 المعجلات :-

الفلكنة للمطاط مع الكبريت لوحده تكون بطيئة وتكون متأثره بصورة كبيرة بنوع ومواصفات المطاط المستخدم لذلك يتم مزج المعجلات مع عوامل الفلكنة لتقليل زمن الفلكنة (cure time) عن طريق زيادة نسبة الفلكنة.

وفي معظم الحالات الخواص الفيزيائية والميكانيكية للمنتج النهائي تتحسن [23,17,11].
ومن المعجلات المستخدمة في البحث هو :-

. [24, 23] (CBC)(N-CYCLOHEXYL-2_BEZTHIOZOLE SULPHENAMIDE)

والذي يمتلك الوزن النوعي 1.3

2 - 9 - 3 منشطات المعجلات :-

هذه المواد تستخدم لتنشيط المعجلات و انتاج نسبة فلكنة جيدة وحالة فلكنة موحدة كذلك تستخدم المنشطات مع مركبات النيوبرين CR ولكن لاسباب مختلفة وفي هذه الحالة الحوامض الدهنية تعمل كمضادات للألتصاق في الدرفلة (anti- roll sticking) إذ ان اوكسيد الزنك يستخدم كعامل فلكنة كذلك اوكسيد المغنسيوم والرصاص تكون مستخدمة لانتاج خواص خاصة في المنتج النهائي مثل الزيادة في مقاومة الماء كما في حالة اوكسيد الرصاص الاحمر، وبصورة عامة فأن هذه المركبات (المنشطات) تكون معقدات كيميائية مع المعجلات وذلك للحصول على أعظم منفعة من نظام التعجيل بواسطة زيادة نسبة الفلكنة وتحسين خواص المنتج النهائي [26, 25, 24, 23].

2 - 9 - 3 1 أوكسيد الزنك (0.25% Max Lead Content) Zinc Oxide :-

وهو عبارة عن مسحوق أبيض او على شكل كريات والتي تكون فيها الدقائق المفردة سابقة التشكيل بشكل عقدي يمتلك اوكسيد الزنك وزن نوعي 5.5 [23].

2 - 9 - 3 2 حامض الستياريك (STEARIC ACID) :-

وهو عبارة عن حامض عضوي يستخدم أساسا بتركيب مع الاكاسيد المعدنية لكي يعمل بوصفة منشطا للمعجلات وزنه النوعي 0.85 [23,17,16]

2 - 9 - 4 مضادات التقادم:(AGE RSISTORS) -

وتشمل إضافة مضادات الاكسدة ومضادات الاوزون الى العجنة المطاطية لتحسين خواص التقادم في المركبات المفلكنة ، ان مضادات الاكسدة ومضادات الاوزون مثل شمع البرافين والمواد الاخرى التي تكون مستخدمة لتقليل عملية التقادم في المواد المفلكنة تسمى مضادات التقادم وظيفتها الرئيسية هي تقليل التحلل في المنتج المطاطي ، ان التحلل يحصل خلال التفاعل مع بعض المواد الخارجية التي تسبب فشل المطاط المستخدم في صناعة الوسائد مثل الاوكسجين، الاوزون، الضوء، الحرارة والاشعة الذرية [27,26,17].
ومن هذه المواد المستخدمه بوصفها مضادات :-

(1) TMQ (2,2,4-trimethyl-1,2dihydroquinoline)

هو مادة صلبة ذات لون جوزي تمتلك معدل وزن جزئي 500 وتكون بشكل قشور او بشكل معجون وتكون ذات وزن نوعي (sp.gr.) 1.08 [27,23] .

(2) N-(1,3-dimethylbutyl)-N-phenyl-p-phenylenediamine (6PPD)

وهو مادة مضادة للتحلل توجد بشكل قشور ارجوانية – جوزاء بشكل معجون كذلك متوفرة بشكل سائل وزنة النوعي 1.5.

(3) شمع البرافين protective PARA ويكون له وزن نوعي 0.91 .

2 – 9 – 5 عوامل التشغيل (PROCESSING AIDS USE) :-

مساعدات التشغيل (processing aids) او تسمى الملونات وهي عبارة عن مواد يمكن ان تضاف الى المطاط تساعد على تحسين عملية الخلط وانتشار مكونات العجينة المطاطية ولتعزيز المرونة العالية ولانتاج اللزوجة او لمط جزء من المطاط الهايدروكاربوني من دون الخسارة في الخواص الفيزيائية . ان مساعدات التشغيل الفيزيائية مثل زيت التشغيل (البرافين) لانتفاعل كميائيا مع المطاط الحاوي عليها ولكن تؤدي وظيفتها بواسطة تعديل الخواص لكل من المركب المطاطي او المادة المفلكنة النهائية [24,11] .

2 – 9 – 6 أسود الكربون :-

2 – 9 – 6 – 1 مقدمه :-

مصطلح أسود الكربون يكون مستخدما لتمييز المنتجات الصناعية الحاوية على الكربون التي تتضمن الماس والكرافيت والفحم والقار....الخ.

ان مدى تركيب هذه المواد تتراوح من مواد ذات تركيب مثالي منتظم بلوري مثل الماس والكرافيت الى مواد ذات أشكال أقل تنظيما، أن أسود الكربون يختلف عن الانواع الاخرى لكونه مترسب من الطور البخاري عند درجات الحرارة العالية كنتيجة للتحلل الحراري للمركبات الهايدروكاربونية وليس بواسطة كربنة المواد العضوية [16] .

أسود الكربون يكون مركبا من عنصر الكربون الاساسي في شكل تجمعات حبيبية بأبعاد كروية ومساحة سطحية كبيرة [15] .

2 – 9 – 6 – 2 تصنيف أسود الكربون :- (Classification of carbon black)

يصنف أسود الكربون على أساس الخواص التي يعطيها الى مركب المطاط فهناك تصنيف تبعا لمستوى مقاومة الحك : (High abrasion furnace (HAF) ، (Intermediat abrasion furnace (IAF) و (Upper abrasion furnace (UAF) ، وقد يصنف تبعا لتقوية (Semi reinforcing furnace (SRF او حسب الخواص التشكيلية للمطاط الناتج (Fast extrusion furnace (FEF)

او يصنف حسب خواص المطاط المفلكن High modulus furnace (HMF)
او حسب الفائدة المستخدم لأجلها General purpose furnace (GPF) و All purpose furnace
او حسب الحجم الدقائقي Large partical و Fine furnace (FPF) (APF)
Size furnace (LPF)
او تصنيف حسب الموصلية الكهربائية (XCF).

مع هذه التصنيفات قد يمتلك أسود الكربون مستويات تركيبية مختلفة فمثلا (HAF) يمتلك تركيبية سطحية عالية فيسمى (HAF-HS) او تركيب سطحي واطى فيسمى (HAF-LS) ونتيجة لذلك فقد جاء تصنيف الـ (ASTM-D24) إذ ان في نظام (ASTM) الحرف (N) يتبعه رقم هذا الرقم يزداد بأنخفاض قيمة أمتراس الايودين (I₂) او المساحة السطحية [15 , 16 , 28].

2 - 9 - 6 - 3 خواص المركبات المطاطية الحاوية على اسود الكربون

ان التأثيرات العامة لأسود الكربون على خواص المطاط يكون متشابهة في كل أنواع المطاط ويكون معتمدا أساسا على المساحة السطحية والحجم الدقائقي ومستوى التركيب (الحجم التجميعي) حيث ان المساحة السطحية العالية والحجم الجزيئي الصغير لأسود الكربون يعطي مستوى تقوية عالٍ الذي يكون منعكسا على مقاومة الشد ومقاومة التمزق والحك ولكن مقابل ذلك ينتج هشاشة عالية وأداء حركي ديناميكي إن المستوى التركيبي (التراكم الحجمي) العالي يحسن سلوك البثق وكذلك يعطي لزوجة عالية للخام ويعطي قيم معاملات عالية ان الجدول رقم (2-4) يوضح تأثير تقليل حجم الحبيبات وزيادة التركيب على خواص المادة المفلكنة [15,11].

ان تأثير أسود الكربون هو الأكثر أهمية على كل الخواص الخمس التي تمت مناقشتها سابقا . تأثير التركيب يلاحظ بصورة أكبر على خواص (العمليات) أكثر من تأثيره على خواص المركب المفلكن . ان اسود الكربون ذا الترابط العالٍ (high structure) يعطي مرونة عالية ليس بسبب ان تجمعات أسود الكربون تمنع ترابط الشبكة ولكن بسبب قوة القص العالية اثناء العجن والتي تسبب تكسر هذه التجمعات لتعطي تراكيب فعالة حرة قادرة على التفاعل مع المطاط [11].

جدول رقم (2 - 4) يوضح تأثير التركيب و حجم حبيبات اسود الكربون على خواص العمليات

خواص العمليات	تقليل حجم الحبيبات	زياده التركيب
معدل الفلكنة	يقل	قليل
وقت الفلكنة	يزداد	يقل
ثابت المرونة	يزداد لاكثر قيمة ثم يقل	يزداد
الصلادة	يزداد	يزداد
الاستطالة	تقل لأقل قيمة ثم تزداد	يقل
مقاومة الحك	تزداد	تزداد
مقاومه التمزق	تزداد	قليل
مقاومه القطع	تزداد	قليل
مقاومه التقادم	تزداد	قليل
قابليه الاسترجاء	يقل	قليل
البناء الحراري	يزداد	يزداد ببطء
الانضغاط	قليل	قليل التأثير
الموصلييه	تزداد	قليل التأثير

10-9-2 البولي فنائل كلورايد (P.V.C)

يحضر إل P.V.C من تفاعل الاستلين مع كلوريد الهيدروجين بطريقة البلمرة العالقة , حسب نظام الوجبات بدرجة حرارة C 53 وضغط 9 جو , ويمكن تحضير ال P.V.C بواسطة البلمرة المستحلبة ويستخدم البوليمر الناتج بهذه الطريقة بشكل مستحلب إلا إذا كان يراد إن يكون البوليمر صلبا فانه يخثر من مستحلبة ثم يغسل ويجفف [31,30,29].

أن وجود ذرة الكلور المرتبطة بذرة الكربون الثانية في السلسلة الرئيسية ينتج القطبية ، إذ أن ذرة الكلور الكبيرة ذات الشحنة السالبة تؤدي إلى تكوين بعض المسافات الفراغية (زيادة الحجم الحر لسلاسل البوليمر) نتيجة التنافر الالكتروستاتيكي مما يؤدي إلى تقليل مرونة السلاسل البوليمرية ومن ثم يكون المركب صعب التشغيل بواسطة تكنولوجيا المحاليل والمنصهارات ولكنه يعطي في الوقت نفسه مقاومة عالية للمذيبات، أن ذرة الكلور تميل للانفصال عند التعرض للحرارة خلال عمليات التشغيل وتكوين الجذور الحرة وكذلك عند تعرضها للحرارة أو الضوء عند الاستخدامات النهائية للمنتج لذلك تضاف لها مثبتات خاصة لمنع التحلل الحراري أو الضوئي لها [34,33,32].

أن P.V.C يكون ذو بلورية ضعيفة لوجود التفرعات الجانبية وذو شفافية عالية ويمتاز بمقاومة عالية للمواد الكيماوية وعند خلطه مع المطاط الصناعي والطبيعي فإن درجة حرارة الفلكنة العالية (175 C°) تساعد على تكون الجذور الحرة والتي بدورها تدخل في تفاعل مع السلسلة البوليمرية [35].

2 - 10 الخواص الميكانيكية للمطاط التي تؤثر على اداء الوسائد :-

2 - 10 - 1 عامل الشكل (shape factor)

ان جساءة المطاط في الانضغاط عند ماتكون السطوح المحملة ممنوعة من الانزلاق بواسطة الالتصاق او بواسطة التثبيت الميكانيكي mechanical location سوف تتأثر بشكلها ولهذا الغرض فإن المطاط يعتبر مادة غير أنضغاطية، أي لايتغير حجمها عند الاتضغاط (لا يقل حجمها) ، لذلك فإن الانخفاض الذي يحصل في الارتفاع يفسره الانتفاخ الذي يحصل في الجوانب بثبوت الحجم، وهذا يعتمد على المناطق الحرة للسطوح غير المحملة.

ان الاسطوانة الدائرية تمتلك منطقة حرة أقل على الجوانب العمودية التي تنتفخ بصورة أصعب من البلوك المكعب تحت الحمل المسلط ، ان المادة المرنة المستخدمة في كل من الوسائد المطاطية المستوية والوسائد المقواة بالالواح الفولاذية سلوكها يتأثر بصورة كبيرة بعامل الشكل (shape factor) [19].

لذلك يكون من المرغوب توجيه الطبقات المرنة والوسائد إذ يكون الجانب الطويل موازيا لمحور الدوران الحاصل في الوسادة [36,37].

ان عامل الشكل يعرف بوصفه نسبة مساحة واحدة من السطوح المحملة الى مساحة السطوح غير المحملة التي تكون حرة في الانتفاخ ولهذا السبب فإن المكعب يكون له عامل شكل حوالي 0.25 والاسطوانة التي يكون نصف قطرها (r) وارتفاعها (h) فإن عامل الشكل لها :-

$$\text{Shape factor} = \frac{\pi r^2}{2\pi r h} = \frac{r}{2h}$$

وقد تبين تجريبيا ان مكعبات المطاط او أي شكل آخر التي تمتلك التركيب نفسه وعامل الشكل نفسه سوف تمتلك أجهاد الانضغاط المسبب للتشوه نفسه، الوسائد المطاطية في الجسور تحتاج الى جساءة عمودية عالية لمنع التغيرات التي تحصل في سطح الجسر تحت تغير الحمل وفي الوقت نفسه تحتاج الى جساءة واطئة نسبيا بالاتجاه الافقي لمنع التحمل المفرط (الزائد) على المساند الداعمة نتيجةً للتمدد والتقلص الحراري لسطح الجسر [36 , 38].

ان وسائد plain Elastomeric pads (PEP) تعتمد على الاحتكاك عند سطحها العلوي والسفلي لاعاقبة الانتفاخ الحاصل حسب تأثير بوايسون، ان الاحتكاك غير معول عليه في منع الانزلاق الموضعي عند التوتر العالي في الوسائد المرنة غير المقواة بالصفائح او الالياف [20].

الفصل الثاني الجزء النظري

ان زيادة التوتر تحدد القدرة التحملية للوسادة نوع PEP إذ ان الاجهاد المسموح يعتمد على عامل الشكل للوسائد المطاطية المحشوة وإذا أريد لها ان تتحمل أحمال أنضغاطية عالية يجب ان تكون نحيفة ومن ثم سوف تتعارض مع قدرة تحملها للقوى الانتقالية والدورانية إذ ان الوسائد النحيفة تستطيع ان تتحمل أنتقالات (translations) وتدويرات rotations قليلة [19] .

وللجمع بين الخاصيتين أي الجساءة العالية في الانضغاط التي تتطلب نحافة الطبقة والجساءة الواطئة في القص لملائمة الانتقالات والتدويرات والتي تتطلب زيادة سمك الطبقة , يتم إضافة صفائح فولاذية او الياف من القطن والالياف الزجاجية على شكل طبقات منسوجة [6] .
ولحساب عامل الشكل للقطع غير الدائرية :

$$\text{Shape factor} = LW / (2h_{max} (L + W))$$

شكل رقم (2 - 8) يوضح تأثير عامل الشكل على علاقة الاجهاد- الانفعال لوسائد (CDP) [6]

شكل رقم (2 - 9) يوضح تأثير عامل الشكل على علاقة الاجهاد- الانفعال لوسائد (PEP) [6]

شكل رقم (2 – 10) يوضح تأثير عامل الشكل على علاقة الاجهاد- الانفعال للوسائد المقواة بالالواح الفولاذية [6]

إذ نلاحظ في الاشكال أعلاه ان تأثير عامل الشكل يكون أكثر وضوحا في وسائد CDP مقارنةً بوسائد PEP والوسائد المقواة بالفولاذ .

نلاحظ في الاشكال (2-9) و (2-10) منحني الاجهاد – الانفعال في الانضغاط للوسائد (PEP) وللوسائد المقواة بالالواح الفولاذية على التوالي مع صلادة 50 (shore A) في هاتين الحالتين نلاحظ تنوع واسع في جساءة الانضغاط مع تنوع عامل الشكل ، كذلك نلاحظ من خلال المنحنيات ان وسادة PEP تكون أكثر مرونة من وسادة CDP [3,44] .

2 – 10 – 2 معامل القص (Shear modulus) : -

ان معامل القص هو اكثر الخواص فائدة في حسابات التصميم للوسائد المطاطية ، كما ان توتر القص shear strain في المادة المرنة يحدد مقاومة الوسائد وذلك لان الزيادة في توتر القص يؤدي الى حدوث التمزق او التفكك للمادة المرنة وهذا التوتر هو دالة الى عامل الشكل لهذا فان التصميم للوسائد المطاطية التي تصمم لتحمل الحمل الانضغاطي يدعو الى تحديد التوتر في المادة المرنة والتحكم بعامل الشكل لانجاز القوة والجساءة المطلوبتين [3] .

ان جساءة القص للوسائد المطاطية خاصية مهمة من خلال تأثيرها على القوى المنتقلة بين البناء العلوي الى البناء السفلي (المساند) وبالعكس [19,36] .

في نظام AASHTO M250-97 هناك اساليب عدة لتحديد معامل القص:-

(1) بواسطة استخدام عينة full- scale :-

وتتكون العينة من ثلاث طبقات من الالواح الفولاذية شكل (2-11) وبينها طبقات من الالواح المطاطية المتماثلة إذ يتم تسليط قوة أنضغاطية لغرض التثبيت فقط بينما تسلط قوة أفقية بصورة تدرجية حيث يتم رسم منحني بين القوة – التشوه ومنها يتم حساب معامل المقص من الميل لمنحني قوة-التشوه من الدورة السادسة (عند استقرار السلوك للمطاط) [14,5,9] .

شكل رقم (2 - 11) يوضح عينة الاختبار للقص

(2) بواسطة استخدام عينة الاختبار الرباعية (quad shear test) حسب نظام ASTM-D4014-89 وهذه الطريقة تستخدم لتحديد معامل القص للوسائد المطاطية من منحنى القوة - أستطالة (force-extension) بعد خمس دورات من 50 % التوتر إذا افترض ان منحنى أجهاد القص -توتر القص خطي لاغراض التصميم ، لذا يستخدم التوتر 25 % لحساب معامل القص إذ يتم فحص معامل القص لقطعة الاختبار التي تتألف من أربع بلوكات مطاطية متماثلة تربط بقوة مع أربعة الواح فولاذية شكل (2-12) هذه البلوكات المطاطية تكون موحدة السمك على ان لا يقل سمكها عن 6mm وأن الطول والعرض لمساحة المقطع المعرض للقص يجب ان لا يقل عن أربعة أضعاف السمك [39,9,4].

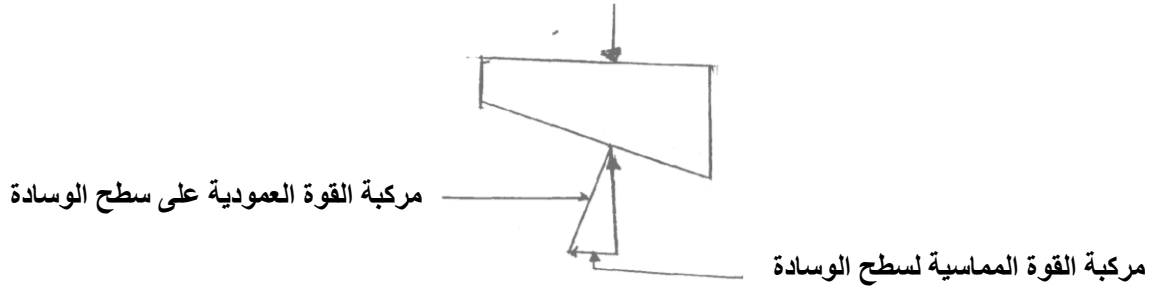
شكل رقم (2 - 12) يوضح العينة المستخدمة لفحص القص بطريقة (ASTM - 4014)

(3) حساب القص بواسطة الضغط المائل (Inclined compression) :-

هنالك بحوث حديثة تستخدم طرق لقياس معامل القص للوسائد المطاطية وتسمى أختبارات الضغط المائل لتحديد معامل القص وهذه تستخدم وسادتين (للمركب المطاطي نفسه موضوعتين بين ثلاثه الواح من الفولاذ المائلة (في الاعلى والوسط والاسفل) ويسلط عليها قوة أنضغاطية كما في الشكل رقم (2-13) [40,39,4].

شكل رقم (2 - 13) يوضح طريقة الضغط المائل لحساب معامل القص

إذ ان قوة الانضغاط تكون مسلطة على العينتين المحصورتين بين السطوح الثلاثة المائلة، الازاحة العرضية تكون مقاسة بواسطة حركة اللوح المائل الموجود في الوسط، الازاحة العرضية مفترضة لأن تكون متنسبة بواسطة مركبة القوة المماسية لسطح الوسادة عندما تكون القوة العمودية مؤثرة على السطح المائل شكل رقم (2-14) وشكل رقم (2-15)



شكل رقم (2 - 14) يوضح التأثير المزدوج للقوة الانضغاطية و القصية

ان القوة العمودية (normal force) تتغير بتسلط قوه القص إذ ان المركبة العرضية سوف تزيد من عدم تشابه الانتفاخ وان قياس الازاحة الافقية يكون تبعا للمركبة العمودية وقوة القص للحمل المسلط [39].

شكل رقم (2 - 15) يوضح تأثير الضغط المائل على الوسائد المطاطية

الفصل الثاني الجزء النظري

ان قيمة معامل القص يكون معتمد على مستوى الاجهاد العمودي وهذا يتطلب الاحتفاظ بالاجهاد العمودي ثابت عندما يكون اجهاد القص المسلط (متغيراً) كذلك إن قيمة معامل القص مرتبط مع عامل الشكل [41,39] .
هنا تكون قيمة قوة القص ($H=S*W$) إذ ان (s) تمثل ميل اللوح و(w) تمثل قوة الانصغاط المقاسة ، قوة القص تسبب حركة للصفيحة الوسطية أفقياً بأزاحة مقدارها ΔS التي تكون مقاسة لذلك فإن معامل القص يحسب من المعادلة التالية
إذ ان :

$$G = \frac{S.W.h_{rt}}{A.\Delta S}$$

h_{rt} : السمك الكلي للحشوات المطاطية
مساحة سطح التلامس : A .

10 – 3 اجهاد والمعامل والاستطالة Tensil Strength , modulus and elongation

أن الاختبار الشد (الإجهاد – التوتر) يتضمن الحد الأعلى للشد والاستطالة .
أن خواص الشد والعاملات (modulus) والاستطالة للمطاط تعتمد على كل من المواد الداخلة في المركب المطاطي وظروف الاختبار من درجة الحرارة والرطوبة والشكل الهندسي للعينة والبيئة المحيطة .
لذلك فإن المطاط يقارن فقط عندما يختبر تحت هذه الظروف نفسها [46,31] .

• قوة الشد : - (Tensile Stress)

تعرف بالقوة لكل وحدة مساحة (مساحة المقطع العرضي الأصلي قبل تسليط الإجهاد) وهذه القوة التي تكون مسلطة عند وقت الكسر (rupture) للعينة الأختبارية (dumbbell) والتي تكون محسوبة بواسطة قسمة قوة الكسر (breaking force) بوحدات النيوتن على مساحة المقطع العرضي للعينة قبل تسليط الإجهاد عليها (بوحدات m^2) .

• معامل المرونة (Elastic Modulus) : -

ان مصطلح المعاملات او يسمى بالاجهاد الذي يكون مستخدماً للتعبير عن الكمية لسحب (pull) بالنيوتن / m^2 المطلوبة لمط عينة الاختبار الى استطالة معينة (عادة %300) .
وهي عادة تعبر عن المقاومة للتمدد , او تعبر عن الجساءة للمطاط المفلكن أن الإجهاد المطلوب لأستطالة المعطاة تكون مستخدمة لكي تعبر عن جساءة المادة وهذه الكمية تكون معروفة بالمعامل , أما مصطلح (Elastic modulus) يكون معرف بنسبة (الاجهاد/ الانفعال) إذا كانت هذه النسبة ثابتة فإن المادة يطلق عليها بأنها تتبع قانون هوك والثابت يسمى معامل يونك (Young's modulus) أو يسمى معامل المرونة (modulus of elasticity) .

• الاستطالة Elongation - :

أن مسطح الاستطالة يكون مستخدماً لوصف القدرة للمطاط على الاستطالة من دون ان ينقطع. وهي مناسبة لوصف الحد الأعلى للاستطالة لذلك فإن قيمتها يكون معبراً عنها بوصفها نسبة للطول الأصلي التي تكون مأخوذة عند عزم الكسر خواص قوة الشد والاستطالة تستخدم بوصفها معاملًا نوعياً عاماً (index) للمركب المطاطي [46,23].

2 - 10 - 4 ظاهرة الاثر الدائم (المتبقي) Phenomena of Permanenat set - :

ان ظاهرة الاثر الدائم والزحف وأسترخاء الجهد تكون بوصفها نتيجة للتغيرات الكيميائية والفيزيائية في المادة المرنة التي يمكن ان تحصل بصورة متزامنة مع بعضها ، ان التغيرات الفيزيائية تحصل تبعا للطبيعة اللزجة - المرنة (viscoelastic) للمادة المرنة اما التأثيرات الكيميائية تكون تبعا للتغيرات في التركيب الجزيئي بواسطة التقادم والاكسدة او العمليات المشابهة الاخرى [36].

عموماً فإن التأثيرات الفيزيائية تكون أكثر أهمية في درجات الحرارة العادية (درجة حرارة الغرفة) او في درجات الحرارة الواطئة والفتترات الزمنية القليلة ، اما التأثيرات الكيميائية فتكون مهمة عند درجات الحرارة العالية والفتترات الزمنية الطويلة، ان ظاهرة الاثر الدائم ترتبط مع درجة الارتباطات التشابكية إذ ان التخلف (الاثر الدائم) في الشد والانضغاط تتحسن بارتفاع درجة الارتباطات التشابكية ، كذلك فإن التخلفية تزداد بزيادة نسبة المواد الحاشية [46,17,16].

2 - 10 - 4 - 1 الاثر الدائم في الشد (Tension Set) - :

عند تسليط أجهاد شد على العينة الاختبارية ال(dumbbell) ولتوتر ثابت لفترة زمنية قياسية وعند إزالة الحمل والسماح لقطعة الاختبار للاسترجاع لمدة 30 دقيقة فإن التخلفية بالشد (tension set) ، تحسب من المعادلة الآتية : [46,15]

$$\text{Tension set \%} = \frac{L_1 - L_0}{L_s - L_0} * 100 \quad \text{إذ أن:-}$$

L_0 : الطول الاصلي غير المتوتر.

L_s : الطول المتوتر (تحت حمل الشد) .

L_1 : الطول بعد الاستعادة.

ان قيمة التوتر المسلط يجب ان نختارها تبعا لنوع التطبيقات النهائية للمطاط المفلكن وتبعاً لدرجة حرارة الاختبار، ان قيمة توتر 100% تكون مثالية لحساب خاصية التخلف في الشد ويقاس حسب نظام ASTM-D412. [15]

2 - 10 - 4 - 2 الاثر الدائم في الانضغاط (Compression Set) :-

وهو نسبة التشوه المتخلف (المتبقي) في العينة المطاطية بعد إزالة اجهاد الانضغاط ويتم حساب التخلف بالانضغاط (comp. Set) من خلال وضع العينة تحت الحمل الانضغاطي حيث لا يكون هنالك انحناء في العينة وان التحميل الاولي يجب ان يعطي توتر ابتدائي بحدود 25 % الفترة الزمنية للأختبار هي 72 ساعة وبدرجة حرارة (23±2) وعند أنتهاء الوقت يزال الأجهاد عن العينة وتترك لمدة 30 دقيقة للأسترجاع ثم يقاس السمك مرة أخرى وتحسب التخلفية في الانضغاط وحسب المواصفات القياسية (ISO 815) من المعادلة الآتية [46,15].

$$\text{Compression set at constat strain \%} = \frac{T_o - T_r}{T_o - T_s} \times 100$$

إذ أن:

To : السمك الاصلي للعينة

Tr: السمك بعد الاسترجاع (بعد 30min)

Ts: السمك Specer (السمك تحت الحمل الانضغاطي)

لذلك عندما لا تكون هنالك أستعادة فان comp. set تكون 100%

ام إذا أستعادت العينة سمكها بصورة كاملة فأن التخلف (comp. set) = 0%

2 - 10 - 4 - 3 التخلف الانضغاطي عند درجات الحرارة المنخفضة: -

قياس التخلف بالانضغاط عند درجات الحرارة المنخفضة لا يختلف كثيرا عنه في درجات الحرارة الاعتيادية سوى ان التشوه عند درجات الحرارة المنخفضة لا يكون دائم بشكل حقيقي واعتياديا تزداد الاستعادة عند رفع درجة الحرارة الاختبار ، يجرى الأختبار حسب المواصفات القياسية الأمريكية (ASTM D1229) للحصول على نتائج ذات مغزى [46,4].

ان قياسات التشوه المتبقي يمكن ان يكون مفيداً في السيطرة على نوعية المنتج وذلك لانها تجهز بيانات لدرجة الفلكنة التي حدثت لذلك يمكن ان تساعد في أختيار التراكيب المناسب ، ان التراكيب الغير مناسبة يمكن غالبا ان تكون مميزة إذاكان التشوه المتبقي في المدى العال. ومن ناحية أخرى إذاكان التشوه المتبقي في المدى الواطئ أختلافات في القيم تكون محتملة قد لاتعطي المواصفات المطلوبة في المنتج من ناحية الخواص الاخرى [36].

2 - 10 - 5 الزحف: Creep -

يعرف الزحف بانه الزيادة بالتشوه الذي يحصل بعد فترة زمنية مناسبة خلال تسليط حمل ثابت كل المواد المرنة تظهر سلوكاً غير مرغوب في الزحف او يسمى التشوه الدائم المعتمد على الزمن تحت حمل

ثابت (Continuing time-dependent deformation under constant load) ، وسلوك استرخاء الجهد المسمى (أضمحلال لجهد المعتمد على الزمن تحت تشوه ثابت) (Time dependent decay in stress at constant deformation) [36,4] .

ان العمليات التي تساهم في الزحف واسترخاء الجهد للمطاط هي كل من العمليات الكيميائية والعمليات الفيزيائية إذ ان عند درجات الحرارة الاعتيادية نلاحظ ان العمليات الفيزيائية هي التي تسيطر على الزحف والاسترخاء في المطاط وعند رفع درجة الحرارة والفترة الزمنية الطويلة فان العمليات الكيميائية هي المسيطرة على الاسترخاء وقد لاحظ دراهام (1973) وكذلك فريكلي (1978) ان الاسترخاء الفيزيائي عادة يقل خطيا مع لوغارتم الزمن، بينما الاسترخاء الكيميائي يكون خطيا مع الزمن [4] .

ان نسبة الاسترخاء الفيزيائي تعتمد على الاختلاف بين درجة حرارة الخدمة ودرجة حرارة الانتقال الزجاجية تحت الظروف الثابتة ، نسبة الزحف والاسترخاء تعتمد على شكل التشوه إذ ان للاجهاد نفسة فأن الزحف يكون عالياً في الشد وقليلاً في الانضغاط ، ان حشوة التقوية في المطاط (مثل أسود الكربون) يرفع نسبة الاسترخاء والزحف ، كذلك أن الزحف والاسترخاء في المطاط المنتفخ بالمذيبات يكون أكبر منها في المطاط الجاف ولحساب نسبة الزحف تستخدم المعادلة الآتية:- [36,46,4]

$$\text{Creep (\%)} = \frac{D_t - D_1}{D_1} * 100$$

$$\text{Creep rate} = \text{Slope} * \frac{100}{D_1}$$

D_1 : تمثل التشوه لقطعة الاختبار بعد دقيقه واحدة

D_t : تمثل التشوه لقطعة الاختبار بعد (T) من الدقائق

الميل (slope) يتم الحصول عليه من الخط المستقيم المرسوم لل (D_1) مقابل لوغارتم الزمن (\log_{10} .time)

2 - 10 - 5 - 1 الزحف بالانضغاط Creep in compression :-

ان خواص الزحف تحت الحمل الانضغاطي هي من أهم الخواص التي يجب تحديدها من خلال فحوصات السيطرة النوعية للوسائد المطاطية لما لها من تأثير على كل من العمر الخدمي للوسائد وكفاءتها في أداء وظيفتها.

2 - 10 - 5 - 2 الزحف بالقص :-

ان خواص الزحف بالقص من الخواص المهمة التي يجب ان تؤخذ بنظر الاعتبار عند اختيار التركيب المطاطي الداخل في تصنيع الوسائد المطاطية، ان المادة المركبة المطاطية الداخلة في صناعة الوسائد يجب ان تمتلك مقاومة للزحف بالقص ، ان العينة الاختبارية تتكون من قطعتين من المطاط على شكل بلوك مربوطتان مع ثلاثة

الفصل الثاني الجزء النظري

الواح فولاذية من الممكن ان تكون القطع المطاطية مربعة او دائرية ولكن المهم ان تكون أبعاد (القطر في حالة العينة الدائرية والطول والعرض في حالة القطعة المربعة) على الاقل أربعة اضعاف السمك لضمان حصول قص بسيط عند الاختبار [36].

ان الزحف الذي يحصل في الوسائد المطاطية أما ان يكون بالانضغاط او بالقص ومن ثم فإن المادة المرنة المستخدمة في الوسائد المطاطية يجب ان تطابق المواصفات القياسية العالمية لنسبة الزحف لما لها من تأثير على أداء الوسادة المطاطية .

ان فحص الزحف للوسائد المطاطية يعد من فحوصات السيطرة النوعية في الصناعة حيث تستخدم الأجهزة لفحص الزحف للوسائد الكاملة وان نسبة الزحف او الاسترخاء تكون عالية بالقرب من درجة الانتقال الزجاجية وتقل بارتفاع درجة الحرارة، أن تأثير درجة التشابك على مطاوعة الانزلاق يكون كبيراً في درجة الحرارة أعلى من درجة حرارة الانتقال الزجاجية ولكن تأثيرها يقل في درجة حرارة أقل من درجة Tg [38].

كما متوقع فإن الوسائد التي تمتلك معامل عالٍ تظهر نسبة عالية من الزحف مقارنة بتلك التي تمتلك معامل واطئ وهذا يعود الى نسبة عالية للحشوات فيها.

2 - 10 - 6 الصلادة hardness :

يكون من الممكن المقارنة بين الصلادة لسطحين من خلال قياس ارتداد الكرة المعدنية في كلا السطحين إذ ان السطوح ذات الصلادة العالية تعطي ارتداداً واطناً ، تعد الصلادة من الخواص المهمة للمركبات المطاطية وتعرف بأنها مقاومة سطح المطاط للاختراق indentation بواسطة تسليط قوة (force exerts by the instrument) ،ويمكن تعريف الصلادة بأنها مقاومة المادة للاختراق السطحي يكون قياسها بواسطة ضغط مثل صلب ذات شكل قياسي مسلط على السطح للمادة تحت ضغط نوعي (قياسي)المساحة للمثلث او العمق للاختراق يكون مقاس ومصمم بقيمة عددية مثل (IRHD) ووحدات (Shore A) .

ان فائدة اختبار الصلادة هو لقياس معامل المرونة لمركب المطاط تحت ظروف من التوتر القليل وهذا الاختبار منجز حسب المواصفات القياسية الامريكية : - 75 - ASTM D2240 ، - 68 - D 1415 ، [23,16,46].

2 - 10 - 7 الارتدادية ومقاومه الصدم Impact Strength and Rebound Resilience :

• مقاومه الصدم : Impact Strength

أن مقاومة الصدم هي الطاقة الممتصة خلال الصدم إلى مساحة المقطع العرضي للعينة عند تكسر البوليمر ويمكن حساب مقاومة الصدم من المعادلة الآتية:

مقاومه الصدم = الطاقة اللازمة للتصدع / مساحة المقطع العرضي

ولكن في حالة المطاط فإن الوضع يختلف تماماً فعندما ينتشوه المطاط فإن الطاقة لا ترجع بوصفها طاقة ميكانيكية بصورة كاملة ولكن يتشتت جزء منها على شكل حرارة في المطاط ، لذلك فإن النسبة بين الطاقة

الفصل الثاني الجزء النظري

الراجعة / الطاقة المسلطة تسمى الارتدادية (Resilience)، عندما يحصل التشوه في صدمة واحدة فإن النسبة المذكورة تسمى (rebound resilience) .

أن خاصية الرجوعية لدينا قدرة المطاط المفلكن لإرجاع الطاقة المستخدمة لتشوهه.

أن الاختبار الأبسط للأرتدادية يكون بواسطة رجوع الكرة الساقطة فإذا قسم ارتفاع السقوط للكرة الفولاذية على 100 أجزاء متساوية فأن الارتفاع الراجع يكون هو الارتدادية.

في اختبار رجوع البندول العينة مثبتة عند منطقه الصفر لموقع البندول الساقط التي تكون صدمت بواسطة مركز البندول و زاوية الرجوع تسجل من خلال (scale) . [46,37]

والارتدادية تحسب من المعادلة :

$$R = \frac{1 - \cos(\text{angle of rebound})}{1 - \cos(\text{angle of fall})} * 100$$

2 - 11 مدخل في تصميم الوسائد المطاطية : -

2 - 11 - 1 مقدمة: -

ان من اهم متطلبات التصميم هو تعريف الاتجاه والقيمة للاحمال المسلطة وكذلك الانتقالات والتدويرات وحسب المواصفات القياسية (AASHTO LRFD) لتصميم الوسائد المطاطية إذ ان من المهم في هذه المرحلة التأكد من:

1- الجسر والوسائد تكون بوصفها نظاماً متماسكاً في العموم فان الازحات العمودية تكون غير مسموحة لكن التدوير مسموح به لكي يحصل بالحرية الممكنة وكذلك تلائم الازحات الافقية .

2- الاحمال تكون موزعة بين الوسائد في انسجام .

3- يجب ان لا تكون هنالك حالة تناقض في الاوامر (أي التضارب في الاحمال) وان التركيب بين الحمل والحركة فقط ممكن ان يحصل [19,14] .

2 - 11 - 2 متطلبات التصميم العامة : -

ان وظيفة الوسائد في الجسور هي السماح للانتقالات والدوران (التدوير) ان يحصل بينما تسند الاحمال العمودية (الانضغاطية) ، لذلك فان اعتبارات الحركات تكون مهمة في تصميم الوسائد وهذه الحركات تتضمن كلا من الانتقالات والتدوير [19] .

2 - 11 - 3 دليل الاختيار للوسائد المطاطية :-

أن اختيار النوع المناسب للوسادة يتم من خلال المحددات المطلوبة في التصميم والتي تشمل الحمل العمودي (الحمل الساكن + الحمل الحركي) الانتقالية المطلوبة والتدويرات وتبعاً لهذه المحددات يتم الاختيار الاولي لنوع الوسادة المطلوبة من خلال مقارنة الظروف المطلوبة مع ظروف لتحميل القياسية لكل نوع من انواع

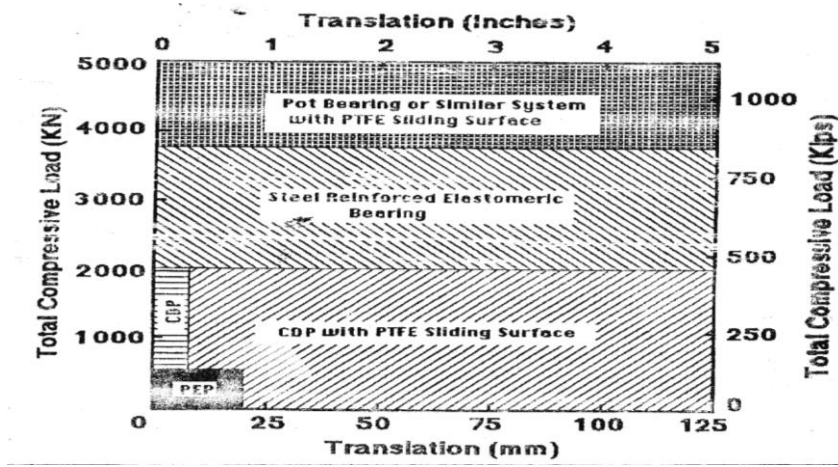
الوسائد كما في الجدوال الآتي: [19,14]

الفصل الثاني الجزء النظري

إذ يتم الاختيار الاولي لنوع الوسادة التي تتطابق متطلبات الحمل والكلفة والانتقالية والتدوير ثم تأتي الخطوة النهائية في عملية الاختيار التي تتضمن أعمال عملية التصميم للوسادة والتي تشمل الشكل الهندسي والموصفات المطلوبة للمادة الداخلة في صناعة الوسائد، مخطط رقم (2-2) و (3-2) :-

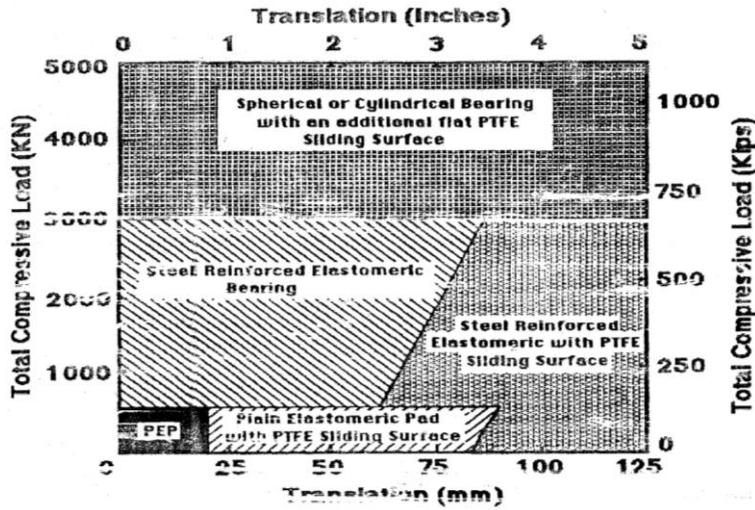
جدول رقم (2 - 5) يبين مدى قدرة بعض الوسائد على التحمل [30]

نوع الوسادة	الحمل (load)		الانتقالية Translution		الدورانية	الكلفة	
	(KN)min.	(KN)max	KN) (min	(mm) max	حدود) (Rad	كلفة اوليه	كلفة صيانة
الحشوة المرنة للو ساند (PEP) المستوية	0	450	0	15mm	0.01	واطنه	واطنه
وساند (CDP) الياف القطن	0	1400	0	5mm	0.003	واطنه	واطنه
وساند (FGP) الالياف الزجاجية	0	600	0	25mm	0.015	واطنه	واطنه
الوساند المرنة المقواة بالاو اح الفولاذية	225	3500	0	100	0.04	واطىء	واطىء
السطوح المستوية المنزلقة PTFE بولي تتراكلورواتلين	0	>10000	25	>100	0	واطنه	وسط
الوساند الوعانية	1200	10000	0	10	0.0 24	وسط	عالية



مخطط (2 - 2) الاختيار التمهيدي للوساده لأقل دوران تصميمي (الدوران ≥ 0.005 radians) [30]

نلاحظ ان حدود الخطوط التي تعرف بالمناطق في هذا المخطط تكون تقريبية ، الحدود يمكن ان تتحرك 5% في كل اتجاه وكنتيجة لذلك فأن المستخدم لهذا المخطط يجب ان يختبر (يفحص) كل الخيارات عندما يفشل التطبيق بالقرب من واحد من هذه الخطوط المحددة.



مخطط (3 - 2) الاختيار التمهيدي للوساند في حالة الحاجه الى قيمة دوران كبيره (الدوران < 0.015 radian). [30]

ان الحركات المختلفة للجسور تكون مهمة في تصميم الوسائد ، هذه الحركات تتضمن كلا من الحركة الانتقالية والحركة الدورانية ، ان مصدر هذه الحركات وتأثيراتها على الوسادة المطاطية مبينة في جدول رقم [2](6-2) .

جدول (2 - 6) يوضح مصادر الحركات وتأثيرها على الوسائد المطاطية

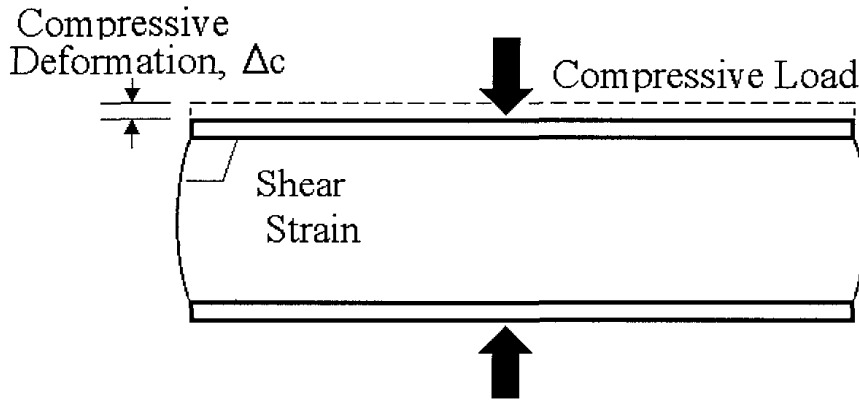
التأثير على الوسادة المطاطية	مصدر الحركة
1- يسبب حركة طوليه وحركة عرضية وتصبح الحركة العرضية مهمة على الجسور عندما تكون زاوية الانحراف اكبر من 20 درجة.	1- أنحراف الجسر والتقوس
2- يسبب حركة باتجاه موازي للقطر وحركة مماسية	2- التحذب في الجسور (الجسور المتقوسه)
3- يتسبب الحركة الدورانية على الوسائد	3- التحذب الاول لاحمال الانشائية
4- تعد اكبر تأثير دوراني على الوسائد تسبب النسبة العالية من الحركة الدورانية	4- التفاوتات وعدم التراصف وأختلاف تراكيز الاسناد
5- تسبب الحركة الانتقالية $\Delta_0 = \alpha L \Delta T$ إذ ان : α معامل التمدد الحراري ΔT التغير في درجة الحرارة	5- التفاوتات الحرارية
6- تسبب كل من الحركة الدورانية وتسبب الازاحة للوسائد.	6- الحركة المرورية

2 - 11 - 3 - 1 تأثير انحراف الجسر والانحناء : -

ان الانحراف في الجسور هو تحرك الجسر بصورة طولية وعرضية إذ ان الحركة العرضية تصبح مهمة على الجسور ذات زاوية انحراف اكبر من 20 درجة ان الجسور المنحنية تتحرك كلا الحركتين المماسية والحركة القطرية إذ ان هذه الحركات المعقدة هي التي تسيطر على الجسور المنحنية مع تدويرات قليلة مع تمدد في الطول الذي يكون اكبر من نصف القطر للمنحني . [8,3].

2 - 11 - 3 - حمل المنشأ : -

ان التشوهات والتدويرات التي تحصل نتيجة حمل المنشأ (وزن سطح المنشأ) ومعدات الانشاء (contruction equipment) يجب ان تضاف الى التأثيرات الاخرى التي تشمل الاحمال المتحركة load traffic والتاثيرات الحرارية والتي تولد ما يسمى بالقوى المركبة على وسائد التحميل المطاطية كما في الشكل رقم (2-16). [3,40].



شكل رقم (2 - 16) يوضح تاثير حمل المنشأ على الوسائد المطاطية

2 - 11 - 3 - التأثيرات الحرارية : -

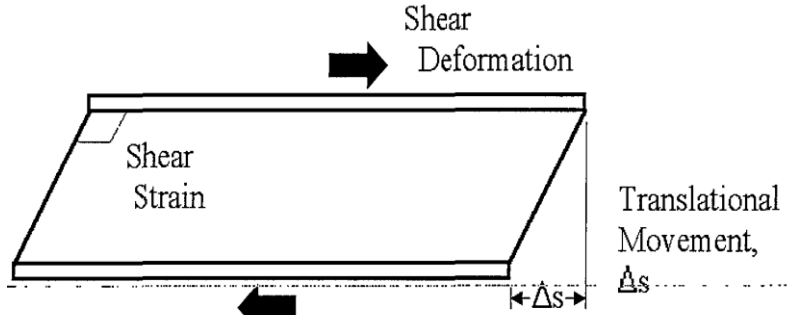
ان الحركة الانتقالية (Δ_o) التي تحسب من المعادلة $\Delta_o = \alpha L \Delta T$ إذ ان : -

L طول المقطع المتمد بالتاثير الحراري

α معامل التمدد الحراري

ΔT تمثل معدل التغير في درجة الحرارة

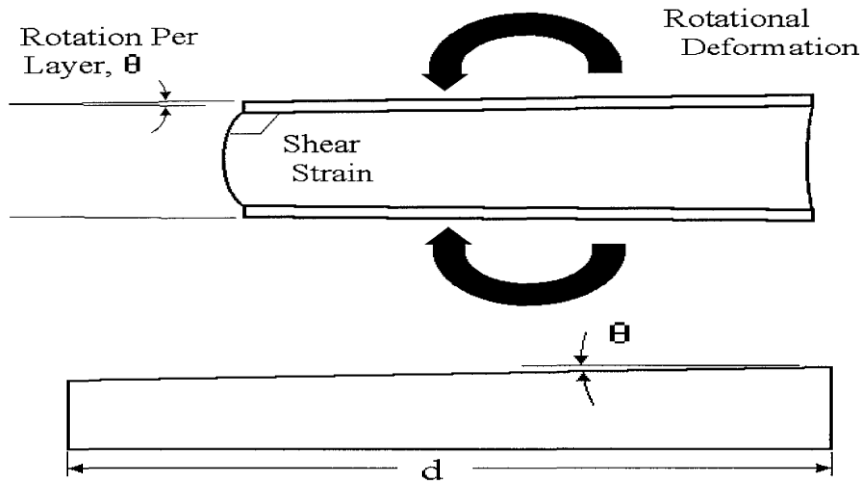
ان اعلى واقل درجة حرارية للجسر تعتمد على فيما إذا كان الموقع للجسر ذو مناخ بارد او معتدل ان درجة حرارة الانشاء او المدى المتوقع لدرجة حرارة الانشاء لروافد الجسر يجب ان تؤخذ بنظر الاعتبار ان التغير في معدل درجة حرارة الجسر (ΔT) يكون بين درجة حرارة الانشاء والدرجة الحرارية التصميمية النهائية إذ تستخدم لحساب كل من الحركة الموجبة (تمدد) والحركة السالبة (تقلص) شكل رقم (2-17) إذ تلاحظ ان التغير في الحرارة بسبب الحركة الحرارية في كل الاتجاهات وهذا يعني ان المقاطع القصيرة للجسر تظهر حركة عرضية اكبر من الحركة الطولية [3,19,14].



شكل رقم (2 - 17) يوضح التأثيرات الحرارية على الوسائد المطاطية

2 - 11 - 3 - 4 تأثير الحركة المرورية Traffic effect :

ان الحركة المرورية تسبب اجهادات تدويرية عند الروافد وازاحة الى ذلك فان هذه التدويرات تقود الى ازاحات عند الحافة النهائية ، ان هذه الحركات و التدويرات يمكن ان تحسب من التحليل الديناميكي تحت تأثير الحمل المروري شكل رقم (2-18). [39,8,3]



شكل رقم (2 - 18) يوضح تأثير الحركة المرورية (التدوير) على الوسائد المطاطية

2 - 11 - 3 - 5 متطلبات الحماية والصيانة للوسائد :

ان الوسائد عادة تثبت في مواقع تكون بتماس كبير مع الاوساخ والرطوبة مما قد يسبب مشاكل التاكل والتلف وكنتيجة لذلك فان الوسائد يجب ان تكون مصممة لكي تمتلك اعلى امكانية لمقاومة الرطوبة والظروف المحيطة الاخرى أي انها تصمم لتحميل ظرف الخدمة القاسية جدا ، ومن الطبيعي ان يكون العمر الخدمي للوسائد اقل من باقي عناصر الجسر، لذلك فان امكانية استبدال الوسائد يكون جزءاً من متطلبات التصميم ، إذ ان مواقع الرفع (lifiting location) يجب ان تجهز بطريقة تسهل عملية الرفع والاستبدال واعداد انشاء للوسائد من دون احداث تلف للهيكل ، حيث يوجد مكان لوضع الجك للرفع ومن ثم الاستبدال. [14]

2 - 11 - 4 متطلبات التصميم الدقيقة لوسائد (FGP CDP PEP) : -

ان قدرة الوسائد المطاطية المحشوة (PEP) محددة واسلوب التصميم بسيط حيث ان التصميم الابتدائي يحدد الاجهاد الانضغاطي (comp. stress) المسموح على الوسائد ، ان وسائد PEP تمتلك قدرة تحمل انضغاطية محددة ويعود سبب ذلك الى ان الانتفاخ يكبح بواسطة الاحتكاك فقط عند السطح البييني (بين الوسادة والكونكريت) وفي هذا الموقع ينتج توتر عالٍ للمادة المرنة وكنتيجة لذلك فإن المعدل الكلي لاجهاد الانضغاط (δ_T) يسمى معدل الاجهاد الكلي تحت تحميل الخدمة لوسائد ال (PEP) يجب ان يكون محدد بالآتي : -

$$\delta_T \leq 0.55GS_T \leq 5.5\text{Mpa (800psi)}$$

إذ ان : -

G تمثل معامل القص للمادة المرنة المستخدمة (Mpa).

S_T عامل الشكل لكل الوسائد

في حالة (CDP) يظهر توتر قليل للمادة المرنة تحت حمل الانضغاط وان (δ_T) محدد بـ

$$\delta_T \leq 10.5\text{ Mpa(1500psi)}$$

في حالة وسائد نوع (FGP) فإن التوتر للمادة المرنة يعد أقل من التوتر في وسائد (PEP) مع الاجهاد

الانضغاطي الاسمي نفسه وعامل الشكل نفسه وان يكون محدد بالاتي : -

$$\delta_T \leq 1.00GS_T \leq 5.5$$

[19,14,8,3]

2 - 11 - 4 محددات الحركة الانتقالية لوسائد PEP و CDP و FGP : -

ان الانتقالية والتدويرية هي كذلك تحدد العوامل التي تحدد تصميم الوسائد المطاطية إذ ان CDP

تمتلك قدرة أنتقالية مهمة فذلك وتبعاً لتحديدات معامل القص فإن السمك الكلي يكون محدد كالاتي : -

$$h_{rt} \geq 10\Delta s$$

إذ ان : -

Δs اعلى انتقالية تحت ظروف الخدمة

h_{rt} السمك الكلي للمادة المرنة

اما وسائد (PEP و FGP) فملائمتها لاشكال الانتقال من خلال اعظم توتر قص في المادة المرنة

لذلك فان اعظم خدمة انتقالية Δs في هذه الوسائد (PEP و FGP) محددة بواسطة ضمان ان h_{rt} محدد بالاتي

[19,14,21,8]

$$h_{rt} > 2 \Delta S$$

2 - 11 - 4 - 2 محددات الحركة الدورانية لوسائد PEP و CDP و FGP : -

التدوير في الوسائد المرنة يجب ان يؤخذ نظر الاعتبار كذلك وان المواصفات القياسية AASHTO LRFD تحتوي على المتطلبات التي تحدد التدوير لهذه الوسائد حيث ان الوسائد المكعبة يجب ان تلائم الاتي : -

$$\delta_T \geq 0.5 GS \left[\frac{B}{h_{rt}} \right]^2 \theta$$

إذ ان B البعد الافقي للمستوى العمودي على المحور للتدوير في الوسادة .
 θ : - تمثل زاوية التدوير حول المحور
 وللوسائد الدائرية يكون المحدد كالاتي : -

$$\delta_T \geq 0.375 GS \left[\frac{D}{h_{rt}} \right]^2 \theta \max$$

حيث ان $\theta \max$: - يمثل أعظم تدوير حول أي محور محسوب.
 D: - هو قطر الوسادة .

ولكي نمنع الانبعاج (Buckling) تحت حمل الانضغاط السمك الكلي للحشوة المطاطية يكون محدد يكون أقل من $\frac{L}{3}$ و $\frac{W}{3}$ او $\frac{D}{4}$ وحسب متطلبات الموصفات القياسية AASTO LRFD .
 وحسب محددات التصميم أعلاه يتبين ان وسائد CDP يمكنها تحمل أحمال أنضغاطية اعلى من وسائد PEP , FGP ، وان أنتقالات تصل الى (25.4mm) وتدويرات تصل الى درجة واحدة او أقل مع وسائد PEP, FGP مقارنةً مع وسائد CDP التي قد تكون قدرتها الانتقالية والتدويرية مهملة [19,14,3] .

2 - 11 - 5 متطلبات التصميم للوسائد المطاطيه المقواة بالالواح الفولاذية : -

التصميم للوسائد المطاطية المقواة بالالواح الفولاذية يتطلب موازنة بين متطلبات الجساءة لأسناد أعلى حمل أنضغاطي وتجهيز المرونة المطلوبة لملائمة الانتقالات والتدويرات والمواصفات القياسية AASHTO LRFO تجهز هذه المتطلبات .
 ان هذه الموازنة يمكن ان نحصل عليها بواسطة استخدام ماده مطاطية ذات معامل قص محصور بين (1.25MPa-0.55MPa) وعامل شكل مناسب .

توتر القص تبعاً للانتقال يجب ان يكون أقل من 50% لمنع التدرج وزيادة التلف الكلاي fatigue damage
 فذلك فإن المعادلة:

$$h_{rt} \geq 2\Delta s$$

الفصل الثاني الجزء النظري

تستخدم أيضا في الوسائد المقواة بالالواح الفولاذية، كذلك الانفصال بين الحافة للوسائد والهيكل يجب ان يكون غير مسموح خلال التدوير إذ ان الانفصال يسبب اجهاد شد في المادة المرنة وقد يحصل انفصال في الطبقات أن هذا الانفصال يمنع بواسطة المحددات المطلوبة في الانضغاط والتدوير:

$$\delta_T \geq 1.0GS \left[\frac{\theta_{\max}}{n} \right] \left[\frac{B}{T_{tb}} \right]^2$$

إذ ان :-

B :- البعد الافقي للمستوى العمودي على محور الدوران .

θ_{\max} :- أعظم تدوير يحصل حول أي محور .

n :- عدد الطبقات المرنة .

T_{tb} :- سمك الطبقة المطاطية المفردة .

ان الزيادة في القدرة التدويرية عند مستوى حمل معين يمكن ان ينجز بواسطة زيادة في T_{tb} او تقليل عامل الشكل S ان الوسائد المطاطية المقواة بالالواح الفولاذية كذلك تتعرض الى الكلال (fatigue) إذ ان تصدعات الكلال تحصل عند السطح البيني بين طبقات المادة المرنة والواح التقوية الفولاذية وتكون متسببة بواسطة اجهاد القص الموقعي الذي ربما يرتفع بسبب حمل الانضغاط او التدوير او القص .
ان التلف الكلالي خلال العمر الزمني للجسر يكون مسيطراً عليه بواسطة تحديد معدل الاجهاد الانضغاطي على الوسائد بقيمة تكون معتمدة على الاحمال الاخرى التي تكون مسلطة بصورة فورية مثل (الاحمال الحركية) [19,14] .

2-11-5-1 محددات التصميم للتلف الكلالي

ان الوسائد المطاطية تكون معرضة الى التلف الكلالي الذي يحصل عند السطح البيني بين المادة المرنة المطاطية والالواح الفولاذية عند مواقع تراكيز الاجهادات القصية والتي تتولد نتيجة اجهادات الانضغاط والتدوير او الاحمال القصية .

التلف الكلالي خلال العمر الخدمي للوسائد يكون مسيطر عليه بواسطة تحديد معدل الاجهاد الانضغاطي المسلط على الوسادة الى قيمة الاحمال الفورية .

للسائد المعرضة لانضغاط فقط لوحده يكون

$$\delta_T \leq 2.00GS \leq 12.0Mpa$$

$$\delta_L \leq 1.00G$$

وللسائد المعرضة الى تركيب أنضغاطي وتشوه قصي يكون

$$\delta_T < 1.66GS \leq 11.0Mpa$$

$$\delta_L \leq 0.66GS$$

إذ ان :-

$$\delta_T :- \text{معدل أجهاد الانضغاط تبعاً لحمل المنشأ الكلي} \frac{P_T}{A}$$

$$\delta_L :- \text{معدل أجهاد الانضغاط تبعاً للحمل الحركي} \frac{P_L}{A}$$

للسائد المكعبة المعرضة الى حمل مركب تدويري وأنضغاطي فإن المحددات تكون كالآتي: [21,19,14,8]

$$\delta_T \leq 2.25GS \left[1 - 0.167 \left[\frac{\theta_{\max}}{n} \right] \left[\frac{B}{T_{ib}} \right] \right]^2$$

2 - 12 الفشل في الوسائد المطاطية :-

2 - 12 - 1 المقدمة :-

ان وظيفة الوسائد المطاطية في الجسور تجعل من عمرها الخدمي أقل من باقي اجزاء الجسر مما يحتم على المصمم ان يضمن في التصميم أسلوباً سهلاً للأستبدالها وان من أهم احتمالات فشل الوسائد المطاطية هي :-

اولاً :- تلف المادة المرنة (تلف المركب المطاطي) وينتج ذلك بسبب نشوء التصدعات المجهرية ومن ثم التحامها مع بعضها مكونةً تصدعات كبيرة ومن ثم تلف المادة المطاطية [19].
وقد تنشأ هذه التصدعات بسبب :-

- 1- أجهاد الشد الذي يحصل نتيجة القوى التدويرية وقوى الحمل الساكن (الانضغاطي) .
- 2- أجهاد القص ويحصل نتيجة التأثيرات الحرارية والقوى التدويرية الناتجة من الحركة المرورية .
- 3- تأثير التقادم (تأثير الأوزون والأوكسجين والحرارة والرطوبة -ألخ) .
- 4- الكسر الهش الذي يحصل في المادة المرنة عند انخفاض درجة الحرارة الى دون درجة حرارة الانتقال الزجاجية (Tg) للمادة المرنة المطاطية .

ثانياً :- فشل مادة التقوية :-

1- تكسر الألواح الفولاذية .

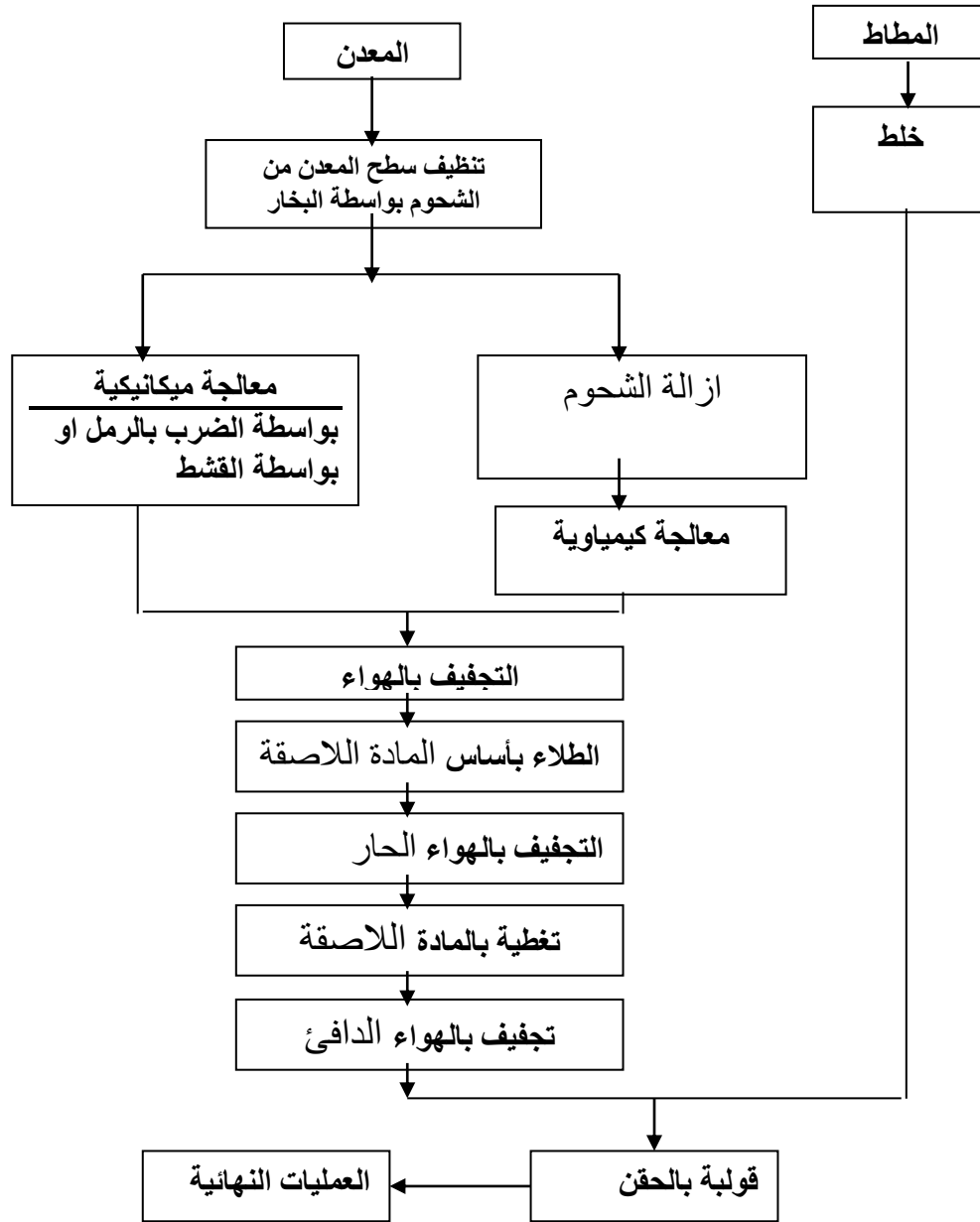
2- تكسر الألياف الزجاجية في حالة وسائد (FGP) والألياف القطنية في حالة وسائد (CDP) .

ثالثاً :- فشل الذي يحصل بسبب الانزلاق (حركة الوسادة من مكانها) الذي يؤدي الى خساره الوسائد لوظيفتها الأساسية [47,42] .

2 - 12 - 2 فشل الالتصاقية Adhesive Failure - :

1 - 2 - 12 - 2 الالتصاق بين المطاط - المعدن - :

ان من اهم العوامل التي تؤثر على اداء الوسائد المطاطية وخصوصا الوسائد التي تستخدم معها الالواح الفولاذية هي متانة الربط بين المادة المرنة والالواح الفولاذية إذ ان الربط الضعيف يؤدي الى حصول انفصال في الطبقات ومن ثم تقليل العمر الخدمي للوسائد المطاطية [43,42] .
وفي الوسائد المطاطية المقواة بالالواح الفولاذية فان جعل المطاط يلتصق بالمعدن بصورة جيدة يجب ان يتضمن العمل مهارة صناعية تبدأ مع مركب المطاط والمعدن وبعملية مستمرة ،ان عملية اللصق يجب ان تمر بالمراحل الآتية وحسب المخطط (2-4) [45] .

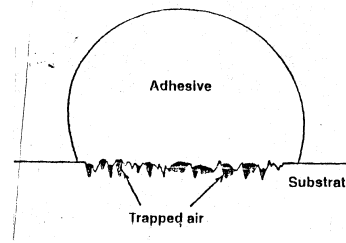
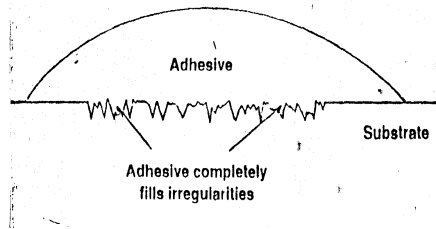


مخطط رقم (2 - 4) يوضح المراحل التي يجب اتباعها في عملية لصق المعدن بالمطاط

الفصل الثاني الجزء النظري

- 1- ازالة الشحوم من سطح المعدن بواسطة وحدة ازالة الشحوم إذ تعلق الالواح الفولاذية في بخار ثالث كلوريد الايثان المستقر لمدة 30 ثانية .
 - 2- تحفير (تخشين) السطح التاصري (سطح الالواح الفولاذية المراد لصقها) بواسطة استخدام طريقة الضرب بالرمل الناعم او باستخدام الحوامض وذلك لتحسين الترابط بين المطاط والالواح الفولاذية .
 - 3- ثم تتبع هذه العملية عملية ازالة الشحوم وازالة الاشياء التي تسبب في تقليل الالتصاق .
 - 4- تجفف الالواح بواسطة الهواء .
 - 5- طلاء السطوح بواسطة اساس المادة اللاصقة للحفاظ على السطح من التلوث .
 - 6- ثم تجفف بواسطة الهواء الساخن .
 - 7- تطلى السطوح بالمادة اللاصقة ثم تجفف بهواء دافئ .
 - 8- ثم تبدأ عملية القولية وعادة في الوسائد المطاطية تستخدم طريقة القولية بالحقن .
- ان المادة اللاصقة المستخدمة في لصق مركب المطاط مع الالواح الفولاذية يجب ان تتحمل في درجة حرارة الفلكنة والانواع المستخدمة مثل الدسمادور او الكندورا إذ ان الالتصاق يتم خلال عملية الفلكنة [53,50] .
- 2 - 2 - 12 - 2 الالتصاقية بين المطاط والالياف :-**

ان من اهم عوامل الارتباط الجيد بين المادة الاساس المطاطية والالياف الزجاجية او القطنية هو قابلية المادة المطاطية على تبليل الالياف وذلك لأن من دون قابلية التبليل (تبليل المادة الاساس المطاطية للالياف) لا يحصل ترابط مطلقا [38,45,49] .



شكل رقم (2 - 20) يوضح التبليل الجيد على زيادة الالتصاقية بين المطاط و الالياف

شكل رقم (2 - 19) يوضح تأثير التبليل غير الجيد على تقليل الالتصاقية بين المطاط و الالياف

2 - 13 تأثير التقادم على المادة المطاطية في وسائد التحميل Effect of aging on elastomeric bearing

2 - 13 - 1 مقدمه :-

كل المواد المرنة المطاطية تكون معرضة لهجوم الاوكسجين حتى في درجة حرارة الغرفة وان الحرارة والضوء والشوائب المعدنية تعجل من هذا التفاعل (الاوكسجين - المطاط) .

ان هذه العملية تسمى بالتقادم (aging) ، ان التحلل والتغير بالخواص الفيزيائية يكون ملاحظ في المواد المرنة حتى في مستويات الاكسدة الواطئة [27,5,4] .

الفصل الثاني الجزء النظري

التغيرات التي تحصل في الخواص المرننة تعتمد أساساً على أنواع المركب المطاطي وظروف التقادم التي تتعرض لها المادة المرنة ، ان معظم المواد المرنة تتصلب وتصبح هشة كنتيجة للتقادم إذ ان التقادم يكون متناسباً مع عملية الاكسدة ونسبة مدى أنتشار الاوكسجين خلال تركيب المادة المرنة الذي بدورته يتحكم بالتغيرات في الخواص تبعاً للتقادم .

في حالة الوسائد المطاطية يكون دخول الاوكسجين محدوداً وذلك بسبب كون الطبقات المطاطية نحيفة وان المساحة المعرضة تكون صغيرة ومن ثم نفاذية قليلة ان أعطاء الحرارة العالية أثناء فحوصات التقادم يعجل عملية الاكسدة ويسمى بالتقادم المعجل والذي يستخدم لتقدير خواص التقادم طويل الامد في درجات الحرارة الاعتيادية .

هنالك فحوصات قياسية عدة متوفرة لتحديد المقاومة او التقادم منها فحص حسب مواصفات – ASTM D573 والمستخدم لتحديد تأثيرات الارتفاع بدرجة الحرارة على الخواص الفيزيائية (الصلادة ، الاستطالة عند الكسر ، قوة الشد) للمطاط المفلكن .

إذ ان عينة المطاط المفلكن تكون معرضة للتحلل بتأثير الهواء عند الدرجة الحرارية المعينة وللفترة الزمنية المعرضة والتي تقارن مع خواصها الفيزيائية قبل التعرض لأختبار التقادم حيث نلاحظ التغيرات التي تحصل وعادة عند مقارنة الخواص الفيزيائية بعد التقادم نجدها أقل من تلك التي تم تحديدها قبل التقادم عدا الارتفاع التي يحصل في قيم الصلادة جدول رقم (2-7) يوضح تأثيرات التقادم الحراري المعجل على كل من مطاط النيوبرين والمطاط الطبيعي [4,5,27].

جدول رقم (2 – 7) يوضح تأثير التقادم الحراري المعجل على كل من مطاط النيوبرين و المطاط الطبيعي على الخواص الميكانيكية [9]

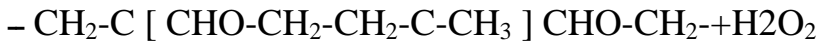
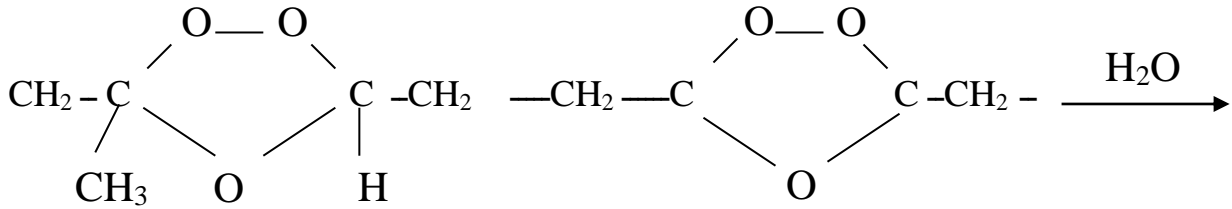
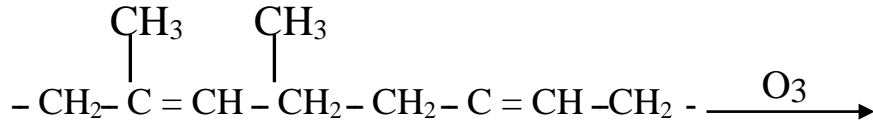
الخواص	NR	CR
درجة الحرارة للتقادم التي تتغير فيها الخواص الآتية:	70°C / 168 ساعة	100°C / 70 ساعة
Max % الصلادة	+ 10	+ 15
Max% التغير في قوة الشد	- 25	- 15
% الاستطالة عند القطع	- 25	- 40

ان أختبارات التقادم الحراري المعجل يكون من الافضل استخدامها لأغراض المقارنة وذلك لأنه لا توجد طريقة لتحديد الفترة الزمنية الحقيقية للخدمة و لا توجد علاقة دقيقة بين التقادم المعجل والتقادم الطبيعي الذي يحصل في درجات الحرارة الاعتيادية.

2 - 13 - 2 التحلل بواسطة الاوزون (Ozone Degredation) :-

يعد الاوزون من اهم المركبات المؤكسدة للمركبات العضوية وتزداد الفعالية بوجود الضوء ونتائج تفاعلاته سريعة .

ان الاوزون يهاجم المركبات العضوية المشبعة ببطء اما في المركبات العضوية غير المشبعة فإنه يهاجم الأصرة المزدوجة بسرعة مسببا قطع هذه الأصرة التفاعل ، ان مهاجمة الاوزون للمطاط الصناعي والطبيعي يكون الناتج الرئيسي له مركب الديهايدي [27] .



وممكن حماية المطاط من الاوزون بواسطة بعض انواع الشمع (شمع البرافين) وهذا يكون عائقا سطحيا (فيزياوياً) يمنع او يقلل نفوذ الاوزون .

ان للمطاط الطبيعي مقاومة اقل من مقاومة الاوزون لمطاط النيوبرين الذي يكون طبيعا أكثر مقاومة لعوامل التقادم لذلك يستخدم مركبات (مثل شمع البرافين) تدمج مع التركيب للمطاط الطبيعي لحمايته من هجوم الاوزون والاكسجين إذ ان استخدام شمع البرافين يعطي حماية ضد هجوم الاوكسجين والاوزون وذلك عن طريق هجرة شمع البرافين الى سطح المطاط وهذا بدوره يعمل كغطاء حماية ضد عوامل التقادم .

ان من أهم سلبيات استخدام شمع البرافيت هو ان استخدامه يؤدي الى أنزلاق الوسادة (حركتها) من مكانها ومن ثم فقدانها لوظيفتها . [27,4] .

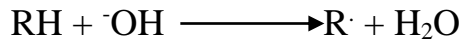
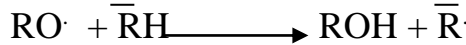
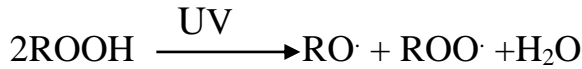
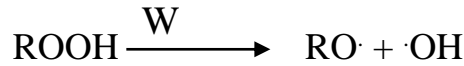
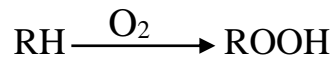
2 - 13 - 3 التحلل الاشعاعي Radiation Degradation :-

ان هذا النوع من التحلل يحصل تحت تأثير اشعاعات ذات الطاقة العالية (بروتونات ، الجسيمات الثقيلة المشحونة ، الاشعاع الكهرومغناطيسي) على البوليمرات في الحالة الصلبة او في محاليلها المخففة [27] .

الفصل الثاني الجزء النظري

إذ ان امتصاص هذه الاشعة من قبل الجزيئة البوليمرية يهيجها ثم يفككها الى جذور حرة او ايونات ويكون العمر الزمني للايونات قصيراً نسبياً، لذلك فإن الجذور هي التي تدخل غالباً في التفاعلات الكيميائية التي يطلق عليها التحولات الاشعاعية الكيميائية (Radiochemical) وتكون الحصلة النهائية لمثل هذه التحولات بوليمرات ذات اشكال خطية او متفرعة او متشابكة قصيرة [37] .

ان طاقات بعض الاواصر المثالية في البوليمرات تكون قيمتها ضمن المدى (300 – 420) كيلو جول / مول لذا فإن الاشعة فوق البنفسجية (293 – 419) كيلو جول / مول تكون كافية لكسر بعض الاواصر ومن ثم تكون سلاسل بوليمرية قصيرة ، ان ميكانيكية تكوين الجذور الحرة بأشعة UV تكون كما يأتي [27] :-



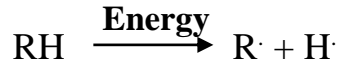
ان التشارك او التحلل يحدث في البوليمر خلال التشعيع مؤدياً الى تغير كبير في الخواص الميكانيكية وفي التطبيقات الصناعية حيث يتم اضافة مواد كيميائية لها القدرة على امتصاص الاشعة الضوئية الساقطة وتبديدها بشكل يمنع حدوث تفاعلات التفكك والانحلال للمادة الاساسية ولعل اخص هذه المواد هي اسود الكربون [27] .

2 - 13 - 4 التحلل التأكسدي :-

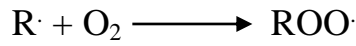
تتم عملية تحلل البوليمرات بتأثير الاوكسجين او بواسطة عوامل مؤكسدة اخرى وتعتمد مقاومة البوليمر للعامل المؤكسد على تركيبة بالدرجة الاولى، وكذلك على وجود مجاميع واواصر كيميائية قابلة للتأكسد في بنائه الجزيئي واهم المركبات البوليمرية ذات السلاسل الكربونية سريعة التأكسد هي : الهيدروكربونات غير المشبعة مثل المطاط الطبيعي والصناعي [13, 27] .

يعد وجود مركبات هالوجينية مثل الكلور والفلور في تركيب البوليمر عاملاً مساعداً يزيد من المقاومة البوليمر للأكسدة ان عملية التحلل بالاكسجين للهيدروكربونات تتم بالخطوات الآتية :-

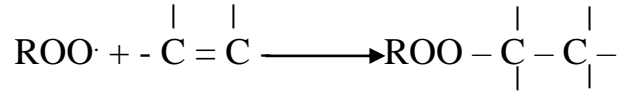
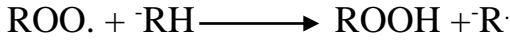
1- انتاج جذور حرة بفعل طاقة الضوء والحرارة او بوجود بعض الايونات للمعادن او بواسطة الاكسدة المباشرة للأصرة المزدوجة



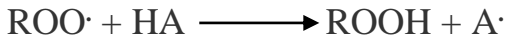
2- يتفاعل الجذر الحر الناتج مع الاوكسجين مكونا الجذر البيروكسيدي



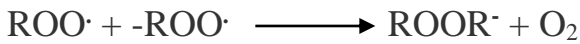
ان الجذر الناتج يمكنه مهاجمة جزيئة المطاط ليسحب منها الهيدروجين او تضاف للأصرة المزدوجة او ان العمليين يحدثان في آن واحد



ان خطوة الانتقال تتم اما بوجود جزيئة مانحة لذرة هايدروجين موجودة ضمن البوليمر مثل الامينات او الفينولات



او تتم باتحاد جذري بيروكسيد مع بعضهما



ان الاوكسجين يهاجم المطاط في كل مكان بصورة عشوائية بعكس الاوزون الذي يعمل عند السطح [27].

2 - 14 السلوك في درجات الحرارة الواطئة Low Temp. Behavior :-

عندما تكون المواد المرنة متعرضة الى درجات الحرارة الواطئة فان انواع مختلفة من التصلب تحصل عندما يبرد المطاط يصبح صلب (تصلب مفاجيء) وعند استمرار الانخفاض في درجة الحرارة يصبح هشاً ويشبه الزجاج عند عبور درجة حرارة (Tg) تحت الحمل الثابت تكون درجة الانتقال الزجاجية (Tg) للمطاط الطبيعي (-63) وللمطاط النيوبرين (-45C°) [22].

عندما تنخفض درجة حرارة المادة المرنة ولفترة زمنية معينة سوف يخضع المطاط الى تغيير بالطور (حصول تراصف او ترتيب جزيئي) وفي هذه الحالة يصبح المطاط جاسيء وهذا التغيير يسمى التبلور.

الفصل الثاني الجزء النظري

وللمطاط غير المتوتر درجة الحرارة التي يحصل فيها التبلور تكون (-25) للمطاط الطبيعي و (-10) للنيوبرين , التبلور يكون بطيئاً و عالياً فوق وتحت هذين الدرجتين [36] .

عند تسليط الاجهاد عادة يزيد نسبة التبلور ,ومن الجدير بالملاحظة ان درجة الحرارة الواطئة التي يحصل فيها التبلور للمطاط تكون غير مهمة في حالة إذا كان المطاط متعرضاً لحركات متكررة (الاهتزازات) وذلك لان هذه الحركات المستمرة تولد حراره خلالها والتي تؤدي الى ذوبان البلورات ,ان التصلب في درجات الحرارة المنخفضة يكون انعكاسياً ، لذلك فأن هذا التصلب يتدمر عند رفع درجة حرارة المطاط ,تجري على الوسائد عدة اختبارات للتأكد من ان سلوك المطاط المستخدم في الوسائد يكون مقنعاً عند التعرض الى درجات حرارية منخفضة خلال العمر الخدمي ومن هذه الاختبارات :-

اختبار الهشاشة :- ويجري حسب المواصفات القياسية الامريكية

ASTM-D746-95 Method- B

اختبار التصلب الحراري الفوري :- ويجري حسب المرصفات القياسية الامريكية

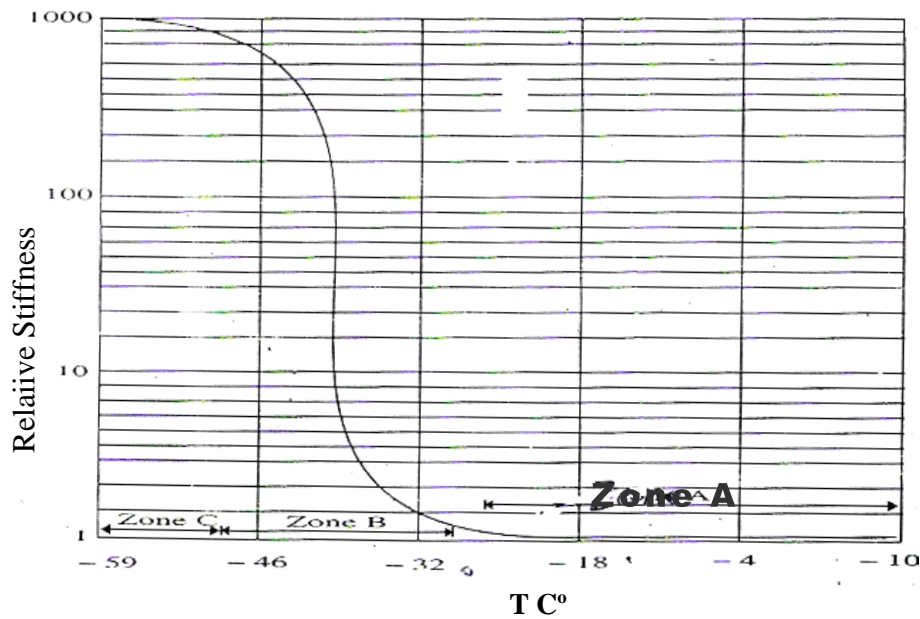
ASTM D1043 – 92

اختبار التبلور في درجات الحرارة المنخفضة Low Temperature crystallization :-

ويجري حسب المواصفات القياسية 97 -AASHTo M251 [36]

2 – 14 – 1 الخواص في درجات الحرارة المنخفضة :-

المادة المرنة تخضع لانواع عدة من التغيرات عندما تتعرض الى درجات الحرارة المنخفضة ، بعض هذه التغيرات تحصل بشكل فوري واخرى تحصل نتيجة التأثير الطويل الامد وكل هذه التغيرات تكون انعكاسية إذ ان المادة المرنة تستعيد خواصها الاصلية عند رفع درجة الحرارة اعلى من درجة حرارة الغرفة ولو اخذنا مطاط النيوبرين بوصفه مثلاً لملاحظة كيف تتأثر جساءة مطاط النيوبرين عند التعرض الى درجات الحرارة المنخفضة كما في الشكل رقم (2-21) [36] :-



شكل رقم (2 - 21) يمثل المناطق التي يمر بها المركب المطاطي اثناء التبريد

نلاحظ من خلال المنحي اعلاه ان قطعة الاختبار عندما تبرد الى المنطقة A (Zone - A) يصبح مركب مطاط النيوبرين اكثر صعوبة في المط والانحناء وهذا التصلب يكون متدرجاً حتى الوصول الى درجات الحرارة تحت الصفر .

درجة الحرارة في المنطقة (B) (Zone-B) تكون معروفة بالانتقال من الدرجة الثانية (Second Order Transition Temp.) الذي يسمى درجة الانتقال الزجاجية ، إذ نلاحظ ان درجة الانتقال الزجاجية لمركب النيوبرين يمكن ان تتغير بين (-40°C , -29°C) ، مع الزيادة في انخفاض درجة الحرارة في المنطقة (B) تزداد الصلابة بصورة حادة ، عند الوصول الى المنطقة (C) نلاحظ ان الزيادة في الانخفاض لدرجة الحرارة ليس لها تأثير واضح على الجساءة [27,36].

2 - 14 - 1 - 1 نقطة الهشاشة :-

في بعض درجات الحرارة في المنطقة (B) و (C) فإن قطعة الاختبار تصبح هشة ويمكن ان تنشظى (Shatter) عند صدمتها بصورة مفاجئة ان درجة الحرارة التي يحصل عندها هذه الحالة تحت الظروف النوعية تسمى نقطة الهشاشة [36] .

2 - 14 - 1 - 2 التبلور CRYSTALLIZATION :-

ان التغيرات في درجة الحرارة المنخفضة التي تم توضيحها اعلاه حصل بسرعة إذ تتعرض القطعة الاختبارية الى تبريد سريع وفي حالة التعرض الطويل الامد لدرجات الحرارة المنخفضة ينتج حالة تسمى التبلور والذي يسبب التصلب وهذا يكون واضح بعد ساعات او ايام او اسابيع بالاعتماد على درجة الحرارة

والتركيب الجزيئي للمركب المطاطي ، في الوقت الذي تكون فيه عملية التبلور تزيد من الصلابة للمركب المطاطي فإنه لا يكون هشاً كما في حالة التبريد السريع ومن الجدير بالملاحظة ان نسبة التبلور تزداد في المركب المطاطي عندما يكون تحت التوتر .

ولكل مادة مرنة هناك درجة حرارية معينة يحصل فيها التبلور بصورة سريعة ففي حالة مطاط النيوبرين هذه الدرجة تكون حوالي (10°C -) وفي حالة المطاط الطبيعي (NR) (25°C -) وعند درجات الحرارة الاعلى والاقبل من هذه الدرجات فإن عملية التبلور تكون بطيئة .

في الحقيقة ان في درجات الحرارة المنخفضة جدا (45°C -) فإنه لا يحصل تبلور في NR ولا في مطاط النيوبرين.

وتفسير هذه الحالة ان الجزيئات عند هذه الدرجة تكون في حركة ثابتة (الحركة البراونية) تبعاً لطاقتها الحرارية وعند هذه الحالة يمكن افتراضها انها تشبه البلورة في علاقة الجزيئات مع بعضها وعند درجة حرارة الغرفة فأن الطاقة الحرارية للجزيئات تكون قوية بصورة كافية لأزالة القوى التي تسبب الروابط البلورية ولكن عند بعض الدرجات المتوسطة بين هذين الدرجتين (مثل درجة حرارة الصفر في حالة مطاط النيوبرين) فإن الجزيئات تمتلك طاقة حرارية كافية لتتحرك (تترتب) بالشكل البلوري ولكنها في الوقت نفسه غير كافية لجعلها سائبة مرة اخرى [36] .

لذلك فإن تركيب يشبه التركيب البلوري ينمو في الحجم قد يستخدم سائل الاستر كما في حالة مطاط النيوبرين بوصفه مادة ملدنة لتقليل من درجة الهشاشة ولتقليل التصلب الذي يحصل عند درجات الحرارة المنخفضة وهذا بدوره (سائل الاستر) يعجل من قابلية التبلور عند الدرجات المنخفضة ومن ثم فإن استخدامه قليل او محدود وتصنف المواد المرنة المستخدمة في الوسائل المطاطية الى تدرجات مختلفة في قابليتها على تحمل الانخفاض في درجات الحرارة والفترات الزمنية المسموحة قبل حصول التبلور والهشاشة فيه و هنالك تدرجات قياسية خاصة بتصميم الوسائد المطاطية عند درجات الحرارة المنخفضة و كالاتي :-

التدرج (0) يكون مناسباً في حالة كون درجات الحرارة اقل من 5°C بصورة مستمرة

التدرج (2) يكون مناسب عندما تكون درجة الحرارة تحت الصفر عند الليل فقط ولا يستمر لأكثر من يوم او يومين التدرج (3) يكون خواص التدرج رقم (2) نفسه ولكن الفترة الزمنية التي يبغى الوصول عندها تحت الصفر لأكثر من اسبوعين التدرج (5) يكون مناسب عندما تكون درجة الحرارة اقل من (40°C -) ومستمر لشهور عدة من كل سنة وبصورة مستمرة لأقل من (15°C -) ان المطاط الاخير (ذي التدرج العال) يكون مناسباً ليكون بديلاً عن كل الانواع الاخرى [9] .

(1-3)المقدمة

للوصول إلى عجنة ذات مواصفات مناسبة لطبقات الوسائد المطاطية من حيث تحملها للأحمال الانضغاطية وكذلك ملائمتها لأحمال القص يتطلب ذلك إجراء العديد من الفحوصات الميكانيكية التي تتلاءم مع ظروف التطبيق التي تتعرض لها هذه الأجزاء من ضغط وحركات انتقالية وتدويرية .. الخ
كان استنباط العجنة الملائمة لتلك التطبيقات وتحت الظروف نفسها يتطلب تهيئة النماذج من العجنات لأجراء الاختبارات عند مختلف العوامل التي تم اقتراحها لتطویر هذه الأجزاء وفحص تأثير التقادم الحراري على الخواص الميكانيكية للشد والصلادة للمركب المطاطي كذلك تهيئة الاختبار ثم إجراء الاختبارات و مطابقة المواصفات القياسية العالمية .

(2-3)العجنة الأساس (Master batch)

تتكون العجنة الأساس الأولى من المطاط الطبيعي نوع SMR5 مع بعض المضافات والعجنة الأساس الثانية من مطاط النيوبرين الصناعي نوع WRT مع بعض المضافات والتي تم اعتمادها على أساس المواصفات القياسية العالمية المذكورة في المصدر رقم (3) .

(3-3) الطرق المقترحة

1- تغيير نسبة اسود الكربون نوع N660 واختبار تأثيره على خواص المطاط الطبيعي جدول رقم (3-1) والمطاط الصناعي جدول رقم (3-2) والمطاط الخليط بنسبة $\frac{50}{50}$ جدول رقم (3-3) الميكانيكية .

الجدول رقم (1-3)

Compounding ingredients	عجنة 1	عجنة 2	عجنة 3	عجنة 4	عجنة 5
MR5مطاطي طبيعي	100	100	100	100	100
حامض الستاريك	1	1	1	1	1
Dutrex R	2	2	2	2	2
اسود الكربون N660	35	45	55	60	65
6PPD	4	4	4	4	4
CBS	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
كبريت	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
اوكسيد الخارصين	10	10	10	10	10

الجدول رقم (2-3)

Compounding ingredients	عجينة 1	عجينة 2	عجينة 3	عجينة 4	عجينة 5
WRT مطاطي النيوبرين	100	100	100	100	100
اسود الكاربون N660	30	40	50	60	70
او كسيد الخارصين	5	5	5	5	5
او كسيد المغنيسيوم	4	4	4	4	4
حامض الستريك	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
6PPD	2	2	2	2	2
كبريت	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
MBTS	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
زيت ميدو بلاست	12	12	12	12	12

الجدول رقم (3-3)

Compounding ingredients	عجينة 1	عجينة 2	عجينة 3	عجينة 4	عجينة 5	عجينة 6
MR5 مطاطي طبيعي	50	50	50	50	50	50
WRT نيوبرين	50	50	50	50	50	50
اسود الكاربون N660	20	30	40	50	60	70
او كسيد الخارصين	5	5	5	5	5	5
حامض الستايريك	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
او كسيد المغنيسيوم	4	4	4	4	4	4
6PPD	2	2	2	2	2	2
كبريت	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
MBTS	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
زيت ميدو بلاست	12	12	12	12	12	12

2- إضافة مادة ال (P.V.C) بنسب مختلفة (0, 5, 10, 15, 20) إلى كل من المطاط الطبيعي جدول رقم (4-3) والمطاط الصناعي جدول رقم (5-3) واختبار تأثيره على الخواص الميكانيكية.

جدول رقم (3-4)

Compounding ingredients	عجينة 1	عجينة 2	عجينة 3	عجينة 4
MR5 مطاطي طبيعي	100	100	100	100
حامض الستاريك	1	1	1	1
Dutrex R	2	2	2	2
اسود الكاربون N660	60	60	60	60
6PPD	4	4	4	4
CBS	0.7	0.7	0.7	0.7
كبريت	2.5	2.5	2.5	2.5
او كسيد الخارصين	10	10	10	10
P.V.C	5	10	15	20

جدول رقم (3-5)

Compounding ingredients	عجينة 1	عجينة 2	عجينة 3	عجينة 4
WRT نيوبرين	100	100	100	100
اسود الكاربون N660	70	70	70	70
او كسيد الخارصين	5	5	5	5
او كسيد المغنيسيوم	4	4	4	4
حامض الستاريك	0.5	0.5	0.5	0.5
6PPD	2	2	2	2
كبريت	0.5	0.5	0.5	0.5
MBTS	0.5	0.5	0.5	0.5
زيت ميدوبلاست	12	12	12	12
P.V.C	5	10	15	20

3- تغيير نسبة خلط المطاط الصناعي مع المطاط الطبيعي $\frac{CR}{NR}$ ومعرفة تأثيرها على الخواص الميكانيكية جدول

رقم (3-6)

الجدول رقم (6-3)

Compounding ingredients	عجينة 1	عجينة 2	عجينة 3	عجينة 4	عجينة 5
MR5 مطاطي طبيعي	70	60	50	40	30
WRT نيوبرين	30	40	50	60	70
اسود الكاربون N660	60	60	60	60	60
او كسيد الخارصين	5	5	5	5	5
حامض الستايريك	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
او كسيد المغنيسيوم	4	4	4	4	4
6PPD	2	2	2	2	2
كبريت	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
MBTS	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
زيت ميدوبلاسن	12	12	12	12	12

4- تغيير نسبة الكبريت المضاف إلى العجينة المطاطية المركبة خليط $\frac{50}{50}$ صناعي / طبيعي

(0.5,1,1.5,2,2.5) واختبار تأثيره على الخواص الميكانيكية جول رقم (7-3)

الجدول رقم (7-3)

Compounding ingredients	عجينة 1	عجينة 2	عجينة 3	عجينة 4	عجينة 5
MR ⁵ مطاطي طبيعي	50	50	50	50	50
WRT نيوبرين	50	50	50	50	50
اسود الكاربون N660	60	60	60	60	60
او كسيد الخارصين	5	5	5	5	5
حامض الستايريك	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
او كسيد المغنيسيوم	4	4	4	4	4
6PPD	2	2	2	2	2
كبريت	0.5	1	1.5	2	2.5
MBTS	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
زيت ميدوبلاست	12	12	12	12	12

(4-3) عملية الخلط (Mixing)

إن عملية الخلط (mixing) والمجانسة أو ما يسمى بعملية المضغ للمواد الداخلة في العجينة المطاطية يتم باستخدام العصاراة المختبرية نوع (comerio Ercole Busto Avsizo) ايطالية الصنع ، تحتوي على رولتين (2-Roll laboratory mill) قطر الرولة الواحدة (150mm) وطولها (300 mm) وجرت عملية الخلط والمجانسة حسب الخطوات الآتية :-

(1-4-3) المرحلة الأولى

- 1- إمرار المطاط بين الرولتين مرات عدة مع تصغير الفتحة بين الرولتين وتتم هذه العملية عند درجة حرارة 70C° .
- 2- يتم إضافة اسود الكربون مع زيت التشغيل بصورة متزامنة وذلك لضمان انتشار اسود الكربون بصورة جيدة وكذلك يتم إضافة مسحوق (P.V.C) في هذه المرحلة أن وجد.
- 3- لف المطاط حول الرولتين مع رفع درجة الحرارة بين (110-100C°)
- 4- إضافة حامض الستريك stearic acid .
- 5- إضافة اوكسيد الخارصين zinc oxide
- 6- إضافة مضادات الأكسدة والأوزون 6PPD .
- 7- إضافة اوكسيد المغنيسيوم في حالة عجينة مطاط النيوبرين
- 8- لف العجينة على الرولات بفتحة 0.3mm .

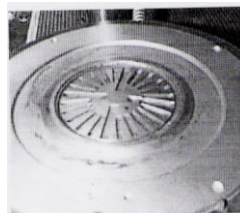
(2-4-3) المرحلة الثانية

- 1- تبريد العجينة الى درجة حرارة الغرفة .
- 2- إضافة الكبريت الى العجينة .
- 3- إضافة المعجل CBS في حالة المطاط الصناعي والمعجل MBTS في حالة المطاط النيوبرين
- 4- لف العجينة حول الرولتين مع تصغير الفتحة (0.28) لغرض المجانسة النهائية
- 5- تبريد العجينة إلى درجة حرارة الغرفة

(5-3) تحضير العينات

(1-5-3) تحضير عينات الاختبارات الفيزيائية

تحضر عينات فحص اللزوجة و زمن الحرق و زمن الإنضاج و أعظم عزم الالتواء عن طريق قطع عينة بقطر (2 mm) و سمك (6mm) من العجينة قبل عملية الفلكنة و يتم وضعها داخل جهاز الريوميتر لغرض دراسة خواص العجينة بالفلكنة كما في الشكل (1-3)



شكل (1-3) يوضح عينة فحص خواص الفلكنة

(2-5-3)تحضير عينات الاختبارات الميكانيكية

(1-2-5-3)عينات فحوصات الصلادة ، والصدم وحسب الخطوات الآتية :

- أ- تسخين أولي للقالب إلى درجة 100م⁰ وهذا القالب بأبعاد(طول×عرض×سمك)(180 × 200 × 6.5ملم) الذي يحتوي على أربعة دوائر متساوية في الحجم .
- ب- بعد ذلك يستخرج القالب ويملى بالكمية المطلوبة من العجنة .
- ت- يوضع القالب في الضاغط الهيدروليكي تحت ضغط 500psi ودرجة حرارة 160C⁰ لمدة 15 دقيقة لإنجاز عملية الفلكنة .
- ث- العينات تؤخذ من القالب وتترك لمدة 10 – 15 ساعة للتبريد قبل الاختبار.

(2-2-5-3)تحضير عينات الشد والاستطالة والمعاملات:

- أ- تسخين القالب إلى أعلى من درجة حرارة 100 م⁰ .
- ب- إخراج القالب من الفرن ويملى بالكمية المطلوبة من العجنة المطاطية .
- ج- بعد وضع الغطاء على القالب في الضاغط الهيدروليكي يسلط ضغط على القالب اقل من 500 psi وبدرجة حرارة 145C⁰ لمدة 45 دقيقة وحسب المواصفات القياسية الأمريكية ASTM-D3182 وكذلك ASTM-D13192 .
- د- بعد الفترة(45 دقيقة) يفتح القالب وتستخرج الشريحة (Slice) وتترك لمدة 12 ساعة للتبريد .
- هـ- تقطع ثلاث عينات اختبارية قياسية (dumbbell specimen) من الشريحة المفلكنة (Vulcanized Slice) القطع ينفذ بواسطة قاطع يدوي .

(3-2-5-3)تحضير عينات اختبار الانضغاطية

لتحضير عينة اختبار الانضغاطية نقوم بالخطوات:

- أ- تسخين القالب تحت الضاغط الحراري لمدة(15 دقيقة) عند درجة حرارة 160C⁰
- ب- العجنة توضع داخل تجويف القالب ثم يغطى ويضغط .
- ج- القالب يوضع في الضاغط الحراري عند درجة حرارة 170C⁰ ولمدة 45 دقيقة .
- د- ثم تستخرج العينات من القالب وتترك لمدة 24 ساعة قبل الفحص أبعاد العينة تكون بقطر 30mm وسمك 12mm .

(4-2-5-3)تحضير عينة اختبار الزحف

- العينة المستخدمة لفحص الزحف بالانضغاط فهي تكون بإبعاد عينة فحص الانضغاطية السابقة المذكور نفسها في الفقرة (3-2-5-3) عدا أنها هنا تربط من الجهة العلوية والسفلية بأقراص فولاذية بقطر 44mm وسمك 2mm كما في الشكل (2-3) .



شكل رقم (2-3) يوضح عينة فحص الزحف

(5-2-5-3) تحضير عينات اختبار معامل القص

- أ- القالب يكون بأبعاد (25 * 25)mm وسمك 6 mm .
- ب- يتم تسخين القالب تحت الضاغط الحراري لمدة 15 دقيقة عند درجة حرارة 160 C° .
- ت- بعد وضع العجينة في داخل تجويف القالب ويسخن إلى درجة حرارة 170 C° وضغط (40 Bar) لمدة 45 دقيقة .
- ث- تستخرج العينات من القالب وتترك لمدة 24 ساعة قبل الفحص .
- ج- يتم تحضير الألواح الفولاذية بأبعاد (60 mm * 25 mm) وتنظف جيدا من الصدأ والشحوم والمواد الأخرى التي تمنع التصاقها بالمطاط.
- ح- تخدم بواسطة استخدام حجر التخدش لتحسين الالتصاق بينها وبين القطع المطاطية .
- خ- مادة الفولاذ الطري (mild steel) تكون مستخدمة التي يجب أن يكون سمكها لا يقل عن (6mm) .
- د- تلتصق القطع المطاطية بواسطة استخدام مادة لاصقة تعمل في درجة حرارة $23\pm 2\text{ C}^\circ$ وتتكون العينة من أربع قطع مطاطية مع أربع قطع فولاذية بالإبعاد أعلاه وتلتصق حسب المواصفات القياسية الأمريكية ASTM-D-4014-03, كما في الشكل (3-3) .



شكل رقم (3-3) يوضح عينة فحص معامل القص

(3-5-2-6) تحضير عينات فحص الالتصاقية

يتم اعتماد الأسلاك المستخدمة في معمل إطارات بابل لفحص الالتصاقية التي تكون مادة مركبة كيميائية حسب الجدول الموجود في شركة إطارات بابل الآتي:

Cu %	N%	(s+p)%	P%	S%	Si%	Mn%	C%
0.05	0.1	6.08	0.5	0.5	0.2	0.6	0.72

- 1- تجهز العجنة بطبقتين وبإبعاد (200*7)mm .
- 2- يسخن القالب بواسطة وضعه على ضاغط حراري لمدة 15 دقيقة عند 150C° .
- 3- بعد مليء تجويف القالب بالعجنة المطاطية يتم وضع الأسلاك في الشكل الذي توضع فيه الأسلاك على العجنة النهايات الخارجة للأسلاك تكون بطول 300mm لأحدى النهايتين ومن النهاية الأخرى 500mm طول خارجاً وذلك للتأكد من السلك المار خلال التركيب المطاطي مستقيم .
- 4- الجزء الثاني من العجنة يوضع فوق الأسلاك ومن ثم يغطي القالب .
- 5- يوضع القالب داخل الضاغط عند درجة 165C° ضغط لمدة 75 دقيقة لانجاز عملية الفلكنة .
- 6- تستخرج العينة من القالب وتترك لتبرد لمدة 24 ساعة قبل الفحص.
- 7- تنظف العينة من الاسلاك الزائدة القصيرة مع المحافظة على جهة الاسلاك الطولية لغرض الفحص وبإبعاد 200*12.5mm .

(3-6)أجهزه الفحص

(3-6-1)جهاز فحص خواص الفلكنة (Oscillating disk Rheometer)

أن الريوميتر ويعرف كذلك بمقياس نسبة الفلكنة (cure meter) يستخدم لقياس خصائص الفلكنة للمادة المرنة إذ يتم وضع (5) غرام من العجنة الغير مفلكنة في تجويف القالب (المكون من فكين متشابهين) .

أن معدل سمك العينة هو (2mm) بينما القطر الخارجي لها حوالي (40mm) أحد الفكين يتأرجح خلال العينة، إن الدوارة تكون متذبذبة خلال درجة صغيرة للقوس ، العينة تكون معرضة إلى قص متذبذب يؤثر بسعة ذبذبة ثابتة، أن العزم المطلوب لتأرجح الدوارة التي تكون مغمورة في عينة المطاط الموجودة في تجويف القالب تحت ضغط ودرجة حرارة فلكنة مسيطرة عليها ، يقاس بواسطة جهاز الرسم البياني (plotter) أن التأرجح للقرص خلال قوس صغير لا ينتج عنه تدمير (تلف) للعينة كما يحصل في جهاز ال(moony viscometer) .

عندما يوتر القرص الدوار فأن قيمة العزم الناتج للمطاط تكون متناسب بصورة مباشرة مع معامل القص للمطاط كما إن التأثيرات لتغير التركيب على خواص اللزوجة وخصائص الحرق (scorch characters) يمكن أن

تحدد من الموقع الأولي لمنحني الفلكنة بينما التأثير على نسبة الفلكنة وزمن الإنضاج للمركبات المفلكنة توضح في الموقع المتأخر من منحني الفلكنة .

(2-6-3) جهاز قياس الصلادة [IRHD HARDNESS TESTER]

أن اختبار الصلادة (hardness test) يعتمد على قياس الاختراق للكرة الجاسئة في عينة المطاط تحت الظروف القياسية أن القوة المسلطة تكون بواسطة الحمل الساكن (dead load) إذ يستخدم ترتيب ميكانيكي لتسليط القوة الثانوية (قوة التلامس) أو القوة الرئيسية على المثلم للقياسات الصلادة الحقيقية الوسيلة للقياس هي عبارة عن (dial gauge) بسيط مدرج بمقياس (IRHD) لقياس الصلادة المتسببة بواسطة الحمل الرئيسي .

تأريز (Bazzaring) يستخدم لمنع الاحتكاك بين سطح المطاط والمثلم (indenter) والذي يكون بواسطة آلة الاهتزاز ، أن سمك العينة المستخدمة يتراوح بين (8-10)mm وان الاختبار ينفذ عند درجة حرارة $(23 \pm 2^\circ\text{C})$ ، أن الجهاز المستخدم لقياس الصلادة يتضمن الأجزاء الآتية الأساسية :-

(1) آلة الاهتزاز Vibrating device

(2) آلة القياس Measuring device

(3) مسلط القوة Forced applicator

(4) الكرة الجاسئة بنهاية المكبس العمودي Vertical plunger terminating in a rigid ball

(5) القدم Foot

وان أجهزة مختلفة أخرى صممت لقياس الصلادة هي لسيت متشابهة مع بعضها لأسباب عدة منها الاختلاف في الشكل وحجم المثلم ونسبة وزمن الحمل المسلط .

إن جهاز (spring – loaded pocket durometer) هو أكثر الأجهزة المستخدمة لقياس صلادة المواد المرنة وحسب المواصفات القياسية الأمريكية ASTM D2240 ، في هذا الجهاز العداد يبدأ من الصفر إلى 100 وهو على نوعين ، النوع A للتحملية (Durometer) يكون مستخدم للخام اللين بحيث يكون أعلى قياس له هو 90 ، و لصلادة أعلى من 90 النوع D (durometer) يكون مستخدم ويمتاز بامتلاكه مثلم مختلف وجساءة نابض (spring) مختلفة الوحدات المستخدمة لقياس الصلادة هي (IRHD)

. International rubber hardness

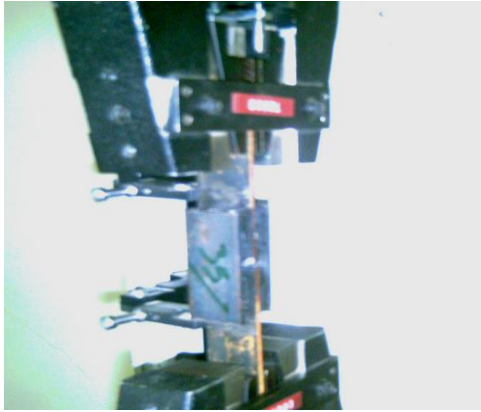
(3-6-3) جهاز فحص التقادم الحراري

و هو عبارة عن فرن تسخين هوائي (Gluham Vacuum Oven) لتنفيذ هذه الاختبارات عند درجة حرارة (100°C) لمدة (72) ساعة.

(4-6-3) جهاز فحص خواص الشد (Monsanto T10 tensometer Equipment)

هذا الجهاز يكون متحكماً به المعالج الدقيق (microprocessor) مع راسم بياني (plotter) ومنظومة تثبيت هوائي للعينة (pneumatic sample holder) وهو مصمم لاختبار قوة الشد والمعاملات ونسبة الاستطالة عند القطع.

قبل عملية الفحص يتم إدخال أبعاد العينة (السلك والعرض) للعينة لذاكرة الجهاز وهذا يساعد على الحصول على الاستطالة والإجهاد المطلوب لها والذي يسجل من قبل الجهاز شكل رقم (3-4)، كما تم توظيف هذا الجهاز في البحث لقياس معامل القص وذلك من خلال تغيير ظروف الجهاز إذ يتم إدخال السلك والعرض للعينة كوحدة واحدة أي (1 mm أو 1 cm أو 1 inch) وكذلك اختيار المدى للقياس بوحدات النيوتن لكي يقيس القوة فقط من دون استخراج الإجهاد، ولقياس الإزاحة بدل من نسبة الاستطالة يتم إدخال الرقم 100 ل (Gauge lengths) لمقياس الطول mm100، و بواسطة الراسم البياني (plotter) نحصل على منحنى القوة - تشوه والذي منه يتم استخراج معامل القص حسب ASTM D4014، كما في الشكل (3-5).



شكل رقم (3-5) يوضح جهاز التَنسوميتر بعد التحوير



شكل رقم (3-4) يوضح جهاز التَنسوميتر قبل التحوير

(5-6-3) جهاز قياس الارتدادية

الجهاز المستخدم في شركة إطارات بابل لقياس الارتدادية يسمى (triposmeter) ويتألف من بندول والذي يكون على شكل قرص فولاذي صلب يحمل القرص مثبت على محيطه مسند (bracket) والذي يحمل كرة فولاذية بقطر 4 ملم وعلى بعد 260 ملم من مركز القرص، الاختبار يجري حسب المواصفات القياسية الأمريكية ASTM-D1054 حيث تضيف الكرة والمسند مجتمعين كتلة غير متوازنة للقرص مقدارها 60 غرام تقاس الإزاحة الزاوية للقرص بواسطة مؤشر يتحرك على طول المقياس مدرج بدرجات القوس ويحمل على إطار الماكينة (Frame).

يوضع النموذج بحيث عندما يكون البندول في موضع أستقرارية فإن الكرة تلامس مركز السطح لنموذج الفحص كما في الشكل رقم (6-3)



شكل رقم (6-3) يوضح جهاز فحص الارتدادية

(6-6-3) جهاز حساب الزحف بالانضغاط

تستخدم العينة المحضرة بالفقرة (4-2-5-3) وحسب المواصفات القياسية ISO 8013 بواسطة جهاز قمنا بتصنيعه ويتألف من قاعد فولاذية ثابتة تحتوي على تجويف بقطر (45mm) وعمق (400mm) وهذا التجويف تحشر فيه العينة وواجبه منع العينة من الانحناء تمثل القاعدة جزء الجهاز الثابت، إما الجزء العلوي (المتحرك) فيتكون من قرص فولاذي قطره (350mm) مثبت فيه مكبس اسطواني مربوط مع أداة قياس (dial gage)، يتم وضع الإثقال على القرص العلوي حتى نصل إلى توتر 25% للعينة كخطوة أولى، الجهاز مصمم حسب المواصفات القياسية (ISO 8013) حيث يتم حساب نسبة الزحف % creep .



شكل رقم (7-3) يوضح فحص الزحف

(7-6-3) جهاز قياس الالتصاقية Equipment for adhesive test

وتستخدم العينة المحضرة في الفقرة (6-2-5-3) تبعاً للمواصفات القياسية الأمريكية ASTM 2229 بواسطة جهاز التتسوميتر T_{10} (Tensometer T_{10}) التي يتم تبديل الفكوك الخاصة باختبار الشد بفكوك أخرى خاصة و التي تتحرك بسرعة $50 \frac{mm}{min}$ لقياس التصاقية المطاط مع الأسلاك .

(8-6-3) جهاز قياس التخلف في الانضغاطية Equipment for compression set test
 الفحص يجري بواسطة جهاز فحص الانضغاطية على العينة المحضرة حسب الفقرة (3-2-5-3) وحسب المواصفات القياسية الأمريكية ASTM –D-395-69, كما في الشكل (8-3)



شكل رقم (8-3) يوضح جهاز فحص التخلف بالانضغاط

(9-6-3) جهاز قياس معامل القص

تستخدم العينة المحضرة حسب الفقرة (5-2-5-3) تبعاً للمواصفات القياسية الأمريكية ASTM-D-4014 بواسطة جهاز التنسوميتر T_{10} التي يتم تبديل الفكوك الخاصة باختبار الشد بفكوك أخرى خاصة شكل رقم (3-5) والتي تتحرك بسرعة $\frac{mm}{min}$ بتغيير المعلومات (Data) المدخلة إلى ذاكرة الجهاز حيث يتم إدخال السمك والعرض بوصفة وحدة واحدة أي أن السمك (1) والعرض (1) ونسبة الطول للعينة 100% وإدخال القوة بال(N) بدل (Mpa) وأعلى استطالة تكون 6% إذ يرسم جهاز الراسم (Plotter) منحنى بين القوة والإزاحة ومن المنحنى يتم حساب معامل القص حسب المعادلة

$$G = \left[\frac{2 * (F_2 - F_1)}{A} \right]$$

(10-6-3) جهاز فحص تأثير الأشعة فوق البنفسجية (Uv)

وتستخدم عينات الشد وعينات الكثافة والصلادة المحضرة سابقاً إذ توضع في جهاز (UV) نوع (Oviel Corporation) إذ يعمل هذا الجهاز بقدر 16 واط ومدى موجي (285-380) نانومتر وحسب المواصفات القياسية الأمريكية (ASTM-D-1148-70)

(11-6-3) جهاز قياس الوزن النوعي

تستخدم المعدة التي تسمى (mansanto-densitorn) أسلوب وزن النموذج في الهواء أولاً ومن ثم في الماء إذ تحسب حسب المعادلة الآتية :

$$\frac{\text{وزن الجسم في الهواء}}{\text{وزن الجسم في الهواء} - \text{وزنه في الماء}} = \text{الوزن النوعي}$$

أبعاد العينة المستخدمة لها نفس أبعاد عينة الصلادة وعينة فحص الصدم (Impact).

(3-6-12) الجهاز المستخدمة لقياس الصدم

هذا الجهاز موضح في الفقرة (3-6-5) مسبقاً وحسب المواصفات الأمريكية ASTM-D-1054 وتم استخدام هذا الجهاز كذلك لحساب زمن التخميد الكلي من خلال حساب الفترة الزمنية التي يتوقف فيها البندول عن الارتداد وكذلك حساب زوايا التخميد ومقارنة نتائج كل العينات المستخدمة .

(3-6-13) جهاز فحص (FTIR) :

أن معدة فحص بالأشعة تحت الحمراء (Fourier Transform Infrared Spectrophometer) ، تستخدم لفحص تراكيب العينات المطاطية ، الجهاز المستخدم نوع SHIMADZU- (8400S) ياباني الصنع.

(3-7-7) خطوات الفحوصات :

(3-7-1) خطوات فحص الارتدادية :

يكون النموذج المستخدم للفحص بأبعاد (قطره 44.6mm وسمك 6.4mm) لا يمكن إجراء الفحص إلا بعد مرور 16 ساعة على الأقل بعد الفلكنة ، تسخن النماذج إلى درجة 50م° لمدة لا تقل عن ثلاث ساعات كذلك يجب أن تكون النماذج غير معرضة للضوء خلال الفترة الزمنية بين الفلكنة وأجراء الفحص .
يتم تدوير القرص الفولاذي باتجاه معاكس لعقرب الساعة إلى زاوية 45° ثم يمكس بواسطة الماسك بعد ذلك يزال الماسك وتقاس الإزاحة المرتدة (rebound displacements) يتم تعريض نموذج الفحص إلى عدد من الضربات بتعاقب سريع حتى نحصل على قراءة ثابتة لثلاث ضربات متعاقبة.

(3-7-2) خطوات فحص معامل القص

1 (يتم استخدام العينة المحضرة في الفقرة (3-5-2-5) .

2 (يتم استبدال الكلايب المستخدمة لقياس خواص الشد بواسطة جهاز التنسوميتر (T10) بأخرى تكون ملائمة لمسك العينة الخاصة بالقص .

3 (يتم برمجة الجهاز لتوظيفه لحساب القوة المقاسة بالنيوتن (N) مقابل التشوه بال (mm) ، و ذلك من خلال إدخال السمك و العرض للعينة بوصفه وحدة واحدة (1 mm , 1 cm , 1 inch) ، و كذلك اختيار مدى القياس بوحدات النيوتن لكي يعطي قراءات القوة بدلا من الإجهاد .

4 (يتم إدخال الرقم (100 mm) إلى مقياس الأطوال (Gauge Length) ، لكي يقيس الإزاحة بدلا من النسبة المئوية للاستطالة .

5 (يتم ربط جهاز الرسم البياني (Plotter) الذي يرسم منحنى (القوة – الإزاحة) كما في الشكل (3-9) والشكل (3-10) .

6 (يتم تنفيذ (6) دورات لتوتر (25%) قبل رسم المنحني لكي تصل المادة المرنة إلى الحالة المستقرة.

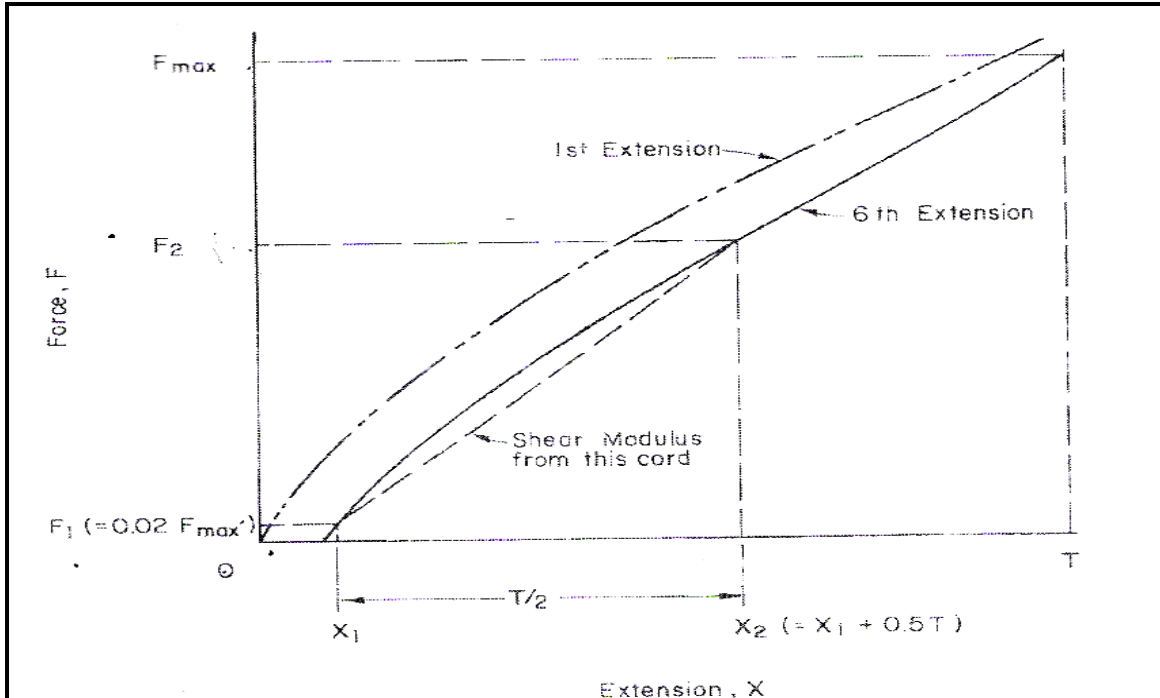
- 7 (يتم اخذ القراءات النهائية من المنحنى حيث يتم استخراج معامل القص و كالاتي :-
- عند التشوه (6 mm) يتم استخراج (F max) .
 - استخراج (F1) من المعادلة (F1=0.02* F max) .
 - استخراج (X1) من خلال تسقيط (F1) على المنحنى .
 - استخراج (X2) من المعادلة (X2=X1+T0.5) إذ ان (T) هو السمك الكلي للطبقة
 - استخراج (F2) و ذلك من خلال تسقيط قيمة (X2) على المنحنى المرسوم .
 - استخراج (G) معامل القص بواسطة استخدام المعادلة الاتية :-

$$G = \left[\frac{2 * (F_2 - F_1)}{A} \right]$$

إذ أن :-

G = معامل القص .

A = مساحة جهة واحدة معرضة للقص (المساحة المقصوفة) .



الشكل رقم (9-3) يوضح طريقة حساب معامل القص.



شكل رقم (3-10) يمثل الراسم البياني المستخدم لحساب القص

(3-7-3) خطوات فحص الزحف تحت الانضغاط

- (A) يتم استخدام العينة المحضرة في الفقرة (3-5-2-4) إذ توضع بين فكّي الجهاز الذي يكون أحدهما ثابتاً و الآخر متحركاً .
- (B) يتم تسليط الحمل على العينة خلال ست ثواني مع إهمال بدء التحميل .
- (C) التشوه يكون مقاس بأية وسيلة (دايل كيج) لها دقة قياس تصل إلى (0.01) من سمك العينة .
- (D) ينصح بتنفيذ خمس دورات لتوتر (25%) بدرجة (23C°) لكي نصل إلى حالة الاستقرار في سلوك المادة المرنة .
- (E) يتم تسليط حمل لمدة (1000 min) (في اختبارنا هذا) و يتم تسجيل التشوه الحاصل عند الدقيقة (1,10,100,1000) إذ يتم اعتماد التشوه بعد دقيقة بوصفه أساساً لحساب نسبة الزحف من المعادلة الآتية :-

$$Creep (\%) = \frac{(D_t - D_1)}{D_1} * 100$$

إذ أن :-

D_1 = التشوه بعد (1) دقيقة

D_t = التشوه بعد زمن معين t

ويمكن استخدام بقية الاجهادات (D100 , D10) لحساب الزحف من الميل .

(4-7-3) خطوات فحص الالتصاقية

يتم استخدام العينة المحضرة في الفقرة (3-5-2-6) إذ يتم استخدام جهاز التنسوميتر (T10) بواسطة استخدام كلاليب خاصة، إذ يتم حساب القوة اللازمة لسحب و انفصال الأسلاك من المطاط و تقاس بالنيوتن .

(5-7-3) خطوات حساب تأثير التقادم الحراري على خواص الشد والصلادة

- 1- توضع العينة المحضرة في الفقرة (1-2-5-3) والعينة المحضرة بالفقرة (2-2-5-3) في الفرن نوع (Sanyo-correction oven) والذي يعمل بمدى حراري (200-30 C°)
- 2- تترك العينات في الفرن تحت درجة حرارة C° 70 لمدة 168 ساعة وحسب متطلبات المواصفات القياسية الأمريكية ASTM 573-67
- 3- بعد انتهاء الفترة الزمنية تستخرج العينات وتترك لمدة لأقل عن 16 ساعة .
- 4- يتم فحص العينات لقياس خواص الشد والاستطالة والصلادة إذ يتم مقارنتها مع نتائج العينات غير المعرضة وتستخرج النسبة للمقاومة وحسب المعادلة الآتية :-

$$\text{نسبة التقادم الحراري \%} = \frac{\text{خواص العينة قبل التقادم} - \text{خواص العينة بعد التقادم}}{\text{خواص العينة قبل التقادم}} * 100$$

(6-7-3) خطوات حساب تأثير أشعة (Uv) على خواص الشد والصلادة

- 1- توضع العينة المحضرة في الفقرة (1-2-5-3) والعينة المحضرة في الفقرة (2-2-5-3) في جهاز (oriel comportion) ولمدة عشرة أيام .
- 2- بعد الانتهاء يتم إخراج العينات وفحصها واستخراج نسبة مقاومة العجناة للتعرض للأشعة فوق البنفسجية وحسب المعادلة :

$$\text{نسبة تأثير أشعة UV \%} = \frac{\text{الخواص قبل التعرض لل UV} - \text{الخواص بعد التعرض لل UV}}{\text{الخواص قبل التعرض لل UV}} * 100$$

(7-7-3) خطوات حساب التخلفية في الانضغاط (compression set)

- 1- توضع العينة المحضرة في الفقرة (3-2-5-3) في مركز الجهاز الخاص بالفحص إذ يتم اعتماد المواصفات القياسية الأمريكية ASTM –D395-69 الطريقة B .
- 2- يتم تسليط دورات انضغاطية عدة لتوتر (25%) حوالي ست دورات لكي نصل إلى حالة الاستقرار في سلوك المطاط ثم بعد ذلك يتم تسليط إجهاد انضغاطي لتوتر 25% .
- 3- تترك العينة تحت الظروف من درجة C° 23 وتوتر 25% لمدة 72 ساعة .
- 4- ترفع العينة من الجهاز وتوضع على قطعة خشبية (كعازل حراري) لمدة 30 دقيقة .
- 5- يتم حساب سمك العينة بعد 30 دقيقة .

6- بعد ذلك يتم حساب التخلف بالانضغاط من المعادلة الآتية :-

$$\text{compression set \%} = \frac{T_o - T_c}{T_o - T_R} \times 100$$

إذ ان :

T_o : السمك الأصلي

T_c : السمك تحت الانضغاط

T_R : السمك بعد الاسترجاع

(8-7-3) خطوات فحص خواص الفلكنة

الاختبار ينفذ تبعاً للمواصفات الأمريكية ASTM-D-8489 وذلك بواسطة استخدام القرص المتأرجح Oscillating disc rehometer(ORD) العينة تثبت بواسطة فكوك قابضة (Jaws clutch) من الأعلى والأسفل تحت ضغط 20 psi ودرجة حرارة 185C° لمدة 6 دقائق .

النتائج ترسم على شكل مخطط بياني بين العزم للالتواء والزمن ، المعلومات المستحصل عليها هي (أعظم عزم Max torque، اقل عزم Min torque، زمن الحرق scorch time، زمن الإنضاج cure time واللزوجة) .

1-5 الاستنتاجات Conclusion

1. الخواص الميكانيكية لمركب المطاط الطبيعي تتحسن عند نسبة أسود كربون (60 pphr) من حيث الالتصاقية ومعامل المرونة وزمن التخميد والارتدادية والاستطالة عند القطع والصلادة ومعامل القص ولكنها تسوء بالنسبة للزحف تحت الانضغاط والقوة عند القطع. العجنة المطاطية للمركب المطاط الصناعي (النيوبرين) التي يكون فيها نسبة اسود الكاربون (70 pphr) تتحسن فيها الخواص الميكانيكية للقوة عند القطع والزحف تحت الانضغاط والارتدادية وزمن التخميد الكلي والتخلف بالانضغاط وتسوء فيها الخواص الالتصاقية ومعامل القص جدول رقم (1-5).
2. تم الحصول على أفضل الخواص الميكانيكية عند خلط العجنة للمطاط الصناعي (النيوبرين) مع نسبة (10 pphr) لل (PVC) إذ تم تلافي السلبيات للعجنة المطاطية التي تم اختيارها في الفقرة رقم (2) أعلاه إذ تتحسن الالتصاقية بشكل ملحوظ وكذلك تتحسن المقاومة للزحف تحت الانضغاط ومعامل القص.
3. أن إضافة مادة إل (PVC) إلى المطاط الطبيعي إذ أدى إلى انخفاض قيم الالتصاقية والقوة عندا لقطع عند النسب أعلى من (5 pphr) لل (PVC) وكذلك تقل المقاومة للزحف تحت الانضغاط وتنخفض قيم معامل المرونة جدول رقم (1-5).
4. أن زيادة نسبة أسود الكربون يعطي مقاومة جيدة للتقادم الحراري للمطاط الطبيعي والمطاط الصناعي (النيوبرين) جدول رقم (2-5).
5. أن إضافة إل (PVC) يعطي مقاومة جيدة للمطاط الصناعي (النيوبرين) للتقادم الحراري عند النسب (5,10pphr) أما إضافته للمطاط الطبيعي فيؤدي إلى انخفاض مقاومته للتقادم الحراري جدول رقم (2-5).
6. إضافة أسود الكربون وزيادة نسبته يعطي مقاومة لأشعة (UV) للمطاط الصناعي والطبيعي على حد سواء.
7. العجنة الخليط (صناعي/طبيعي) لم تعطي المواصفات المطلوبة للمادة المرنة لدخولها في صناعة الوسائد المطاطية لأنها تحتاج إلى تقنية خلط خاصة تضمن التجانس بين النوعين، فنلاحظ تدني الخواص الميكانيكية في معظم نسب الخلط في العجنتا المستخدمة.
8. أن زيادة نسبة الكبريت للعجنة المطاطية الخليط (50\50) (CR/NR) لم يعط تغيرا ملحوظا في الخواص الميكانيكية إذ نلاحظ تحسن طفيف عند النسبة (2.5 pphr) للكبريت.

جدول (1-5) يوضح مقارنة بين المواصفات القياسية والمواصفات التي تم التوصل إليها في البحث

الخواص	المواصفات القياسية العالمية		المواصفات التي تم التوصل إليها قبل استخدام P.V.C		المواصفات التي تم التوصل إليها بعد استخدام P.V.C	
	NR	CR	NR	CR	NR	CR
حدود الصلادة	45-75	45-75	54.5	62.5	52.25	62
مقاومة الشد (Mpa) حسب المواصفات ASTM D412	15.5	15.5	15.210	17.384	15.472	13.031
الحد الأعلى للاستطالة (%) عند صلادة 45-55	400	400	420	-----	425	----
الحد الأعلى للاستطالة (%) عند صلادة 66-75	400	350	-----	332	-----	240
معامل القص (Mpa) حسب مواصفات ASTM D4014-03	0.55-1.25	0.55-1.25	0.78	1.3	0.7119	1.045
نسبة التخلف بالانضغاط (%) حسب مواصفات ASTM D395 method B	-----	-----	16.454	14	12.34	15.12
نسبة الزحف بالانضغاط (%)	-----	-----	11.2	21.68	5.53	16
الالتصاقية بالمعدن (N)	-----	-----	363.9	158.7	186.9	337.52
زمن التخميد الكلي (Sec)	-----	-----	24.36	26.46	29.71	23.4
الارتدادية (R%)	-----	-----	46.12	47.23	49.3	48.29

جدول رقم (2-5) يوضح مقارنة خواص التقادم القياسية مع خواص التقادم للعجنت التي تم التوصل إليها

الخواص	المواصفات القياسية العالمية		المواصفات التي تم التوصل إليها قبل استخدام P.V.C		المواصفات التي تم التوصل إليها بعد استخدام P.V.C	
	NR	CR	NR	CR	NR	CR
درجة الحرارة للتقادم التي تتغير فيها الخواص التالية	100C°/70hr	100C°/70hr	100C°/70hr	100C°/70hr	100C°/70hr	100C°/70hr
الصلادة % Max	+10	+15	+3.5	+24	+8.3	+16.2
التغير في قوة الشد % Max	-25	-40	-76	-15.6	-83.68	-19.69

2-5 التوصيات المستقبلية Recommendation for Future Work

1. استخدام الألياف القطنية والألياف الزجاجية في تقوية الوسائد المطاطية.
2. إجراء الفحوصات الميكانيكية عند الدرجات الحرارية المنخفضة ومعرفة سلوك المادة المرنة في القص والزحف والتخلف بالانضغاط عند هذه الدرجة الحرارية.
3. حساب تأثير عدم التراصف للألواح الفولاذية أثناء التصنيع على سلوك الوسائد المطاطية.
4. استخدام طريقة الضغط المائل لحساب معامل القص.

قائمة الرموز والمصطلحات

SYMBOL		NO
PEP	PLANE ELASTOMERIC BEARING وسائد التحميل المستوية	1
CDP	COTTON DUCK REINFORCED PAD و سائد التحميل المقواة بالألياف القطنية المغمورة	2
FGP	FIBER GLASS REINFORCED BEARING PAD وسائد التحميل المقواة بالألياف الزجاجية	3
PTFE	بولي تترافلورو اثيلين	4
NR	المطاط الطبيعي	5
CR	النيوبرين (البولي كلوربرين)	6
S	عامل الشكل	7
ASTM	AMERICAN SOCEITY FOR TESTING MATERIALS & الجمعية الأمريكية للفحص والمواد	8
AASHO	AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY OFFICIALS	9
AASHTO	AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY & TRANSPOLATION OFFICIALS	10
G	SHEAR MODULUSE معامل القص	11
A	مساحة سطح التلامس	12
h _{rt}	السك الكلي للحشوة المطاطية	13
UV	الأشعة فوق البنفسجية	14
ΔS	الإزاحة الأفقية (الانتقالية)	15
α	معامل التمدد الحراري	16
ΔT	التغير بدرجة الحرارة	17
T _{tb}	سمك الطبقة المرنة المنفردة	18

θ	زاوية التدوير حول المحور	19
δ_t	المعدل الكلي لإجهاد الانضغاط	20
S_t	عامل الشكل لكل الطبقات	21
B	البعد الأفقي للمستوي العمودي على المحور	22
n	عدد الطبقات المرنة	23
δ_L	معدل الإجهاد أنضغاطي تبعاً للحمل الحركي	24
F_{max}	القوة التي يصل عندها التوتر (50 %) بالقص	25
F_1	القوة التي يبدأ عندها القصر و تساوي (F_{max}) (0.02)	26
F_2	القوة التي يصبح عندها التوتر (25 %) بالقص	27
X_1	الإزاحة عند القوة (F_1)	28
X_2	الإزاحة عند توتر قصي (25 %)	29
L_1	الطول بعد الاستعادة	30
L_S	الطول المتوتر	31
L_0	الطول الأصلي غير المتوتر	32
T_0	السك الأصلي	33
T_R	السك بعد الاسترجاع	34
T_S	السك تحت الانضغاط	35
D_1	التشوه لقطعة الاختبار بعد زمن دقيقة واحدة	36
D_t	التشوه لقطعة الاختبار بعد زمن (t)	37
Δ_o	الحركة الانتقالية الحرارية	38
FTIR	فحص بالأشعة تحت الحمراء	39
RF	راتنج ريزورسينول فورمالديهايد	40