

دراسة عملية ونظرية لتقييم الأعمار الكالالية للمطاط الطبيعي وأربعة عجنت مطاطية حسب مواصفة شركة دنلوب العالمية

د. عباس أحمد أيوب
الجامعة المستنصرية

مدرس

وليد سعدون
الجامعة التكنولوجية

مدرس مساعد

د. كاظم حمزة غليم
كلية دجلة الجامعة

أستاذ مساعد

د. حسين جاسم العلكاوي
الجامعة التكنولوجية

أستاذ

الخلاصة :

في هذا البحث تمت دراسة تصرف الكلال لخمسة انواع من المطاط حسب مواصفة شركة دنلوب العالمية . اجريت فحوصات الكلال ثابت السعة تحت درجة حرارة الغرفة ونسبة اجهاد $R=-1$. الانواع الخمسة من المطاط اعلاه هي المطاط الطبيعي والمطاط للطبقة الخارجية للاطار والمطاط للجدار الجانبي باستعمال المطاط الطبيعي ومطاط الطبقة الخارجية للاطار على وفق مواصفة شركة دنلوب ومطاط الجدار الجانبي على وفق مواصفة شركة دنلوب . تم التوصل الى ان المطاط للطبقة الخارجية للاطار حسب مواصفة شركة دنلوب كان اطول عمرا بينما المطاط الطبيعي كان اقل عمرا والخلط بين المطاط الطبيعي والصناعي ادى الى تدني اعمار الكلال للمطاط الطبيعي واخيرا العلاقات التي استخرجت هي معادلات مستنبطة عمليا .

Fatigue Live Estimation of Natural Rubber and Four Types of Rubber According To Dunlop Company Specification

ABSTRACT

Investigations of fatigue behaviour for five types of rubber were studied according to the international standard specification of Dunlop Company. Reversed tension fatigue tests were performed under room temperature with stress ratio $R=-1$. The five types of rubber are Natural rubber [RSS, Ribbet smoke sheets] , True of tire , side wall of tire for using NR(Natural rubber , Trade of tire from standard specification of Dunlop company , and side wall of tire from standard specification of Dunlop company . It was found that , the longer fatigue life is the trade rubber of tire from standard specification of dunlop company the lowest life is the Natural rubber [RSS] . The mixing between NR and BR caused reduction in fatigue life for natural rubber. Finally relationships were expressed as empirical equations.

Keywords: Fatigue, Rubber, temperature dependent, Vulcanization, Forming,

المقدمة :

تتغير الخواص الميكانيكية للمطاط الطبيعي بسبب تغير نسبة الشوائب التي توجد فيه ودرجة التبلور التي تتغير مع درجة الحرارة إذ يتبلور المطاط الطبيعي عندما تكون درجة الحرارة $[10^{\circ} C]$ إذ تتغير كثافة من gm/m^3 [92%-95%] تبعاً لدرجة الحرارة وكذلك الوزن الجزيئي العالي للمطاط إذ أن معامل التمدد الحجمي تقريباً $[0.00062m^3]$ وتعتبر جميع أنواع المطاط المفلكنة عالية المرونة أو عالية المطاطية إذ يمكن الاستطالة أكثر من طولها الأصلي عدة مرات دون أن تفشل (تتمزق) وبعد ذلك ترجع بسرعة إلى طولها الأصلي بعد زوال القوة المؤثرة إذ أن للمطاط قابلية للرجوع خلال دقيقة بنسبة 20 % من طوله الأصلي بعد زوال المؤثر الخارجي وهي القوة التي سحبته ثلاث أضعاف طوله الأصلي عند درجة حرارة الغرفة $[20-37^{\circ} C]$ ولقد ظهرت قياسات معامل يونك $[E]$ للمطاط اقل من صلابة الحديد المطاوع بمقدار $[2 \times 10^3 - 2 \times 10^6]$ مرة .

(Mars 2006) ومن الظواهر المؤثرة في تعرف جميع أنواع المطاط هي ظاهرة الزحف والتي هي مقدار التغير أو التشوه أو التوتر الناجم عن إجهاد ثابت بمرور الزمن ويمكن قياس التغير في الطول تحت إجهاد ثابت بمرور الزمن ويمكن قياس التغير في الخواص الميكانيكية كدالة للزمن لأن الزمن ودرجة الحرارة من العوامل الرئيسية الهامة والمؤثرة على الخواص . مثلاً معرفة المدة التقريبية التي تتحملها إطارات السيارات الواقفة قبل أن يحدث التشوه أو الفشل وهذا التشوه الناجم عن الزحف في حدود المرونة قبل الفشل فعند هذه الحدود يستطيع أن يعيد شكله أو أبعاده الأولية في حالة إزالة الجهد عنه ، مثلاً الزيادة في الطول تحت تأثير ثقل مناسب عند مدة معينة للبوليمرات المطاطية . أما بالنسبة للبوليمرات الصلدة والهشة فإن قياس مقاومة الانزلاق أو الزحف صعبة جداً لأن التغير الحادث يكون قليلاً جداً ويستوجب استعمال أجهزة دقيقة جداً ويستوجب استعمال أجهزة دقيقة لقياس هذا الطول ومن العوامل المؤثرة على مقاومة الزحف درجة الحرارة فكلما اقتربت درجة الحرارة من درجة الانتقال الزجاجي T_g للبوليمرات قلت مقاومة الزحف أما عند درجة الحرارة المنخفضة تقل مقاومة الزحف وذلك لتقييد حركة السلاسل البوليمرية (Guo 2006) .

عملية الفلكنة : Vulcanization Process

يعد المطاط الطبيعي بوليمراً مبيناً من وحدات الأيزوبرين $[C_5H_8]$ والبوليمر متكون بطريقة بحيث تكون جزيئاته كبيرة وطويلة [Flexible] بينما تكون الأواصر المزدوجة بين الكربون $C=C$ تمثل الجانب المستمد من عملية آصرات الشبكة الخاصة بالفلكنة [Cross linking] ومعظم أنواع المطاط يحتوي على مثل هذه الأواصر المزدوجة. أن عملية تكوين الرابطة المتشابهة [الصليبية] الفلكنة تخضع جميع أنواع المطاط لعملية ترابط جزيئاتها على شكل شبكة تسمى الرابطة المتشابهة [الفلكنة] وتتم العملية التقليدية باستعمال الكبريت مع المطاط الساخن وبعض المواد الأخرى المعجلة والمفاعلة في عملية الفلكنة المعروفة علمياً بتكوين الرابطة المتشابهة . أما في المجال الصناعي فتعرف بعملية الطبخ أو النضج وعلمياً فإن جميع المعلومات التي يتداولها الفنيون والمختصون بإنتاج السلع المطاطية هي نتيجة المعرفة والخبرة إذ أن نسبة المواد المضافة من الكبريت والمواد المساعدة والمواد المصلدة والأصباغ واختلاف درجات الحرارة والضغط تؤثر في طريقة الفلكنة ووقتها ولكل منتج مثلاً المطاط الطبيعي إذ تتم فلكنة مع الكبريت فقط يكون أقل مقاومة للحرارة مما لو أضيفت إليه مواد أخرى مساعدة فتصبح مقاومته للحرارة أعلى من المعدل العام للمطاط الطبيعي . ومن المعلوم أن المطاط يجب أن يفلكن في المراحل النهائية للتشكيل والإنتاج لأن عملية الفلكنة تمنع الجزيئات

المطاطية من الانزلاق الواحدة على الأخرى عند تسليط قوة معينة عليها من الضغط وما شابه ذلك وبدون عملية الفلكنة يعد المطاط من المواد البلاستيكية الحرارية (Jastrzebski 1997) أن عملية الفلكنة تعد عملية طويلة ذات تكاليف عالية نسبياً كبيرة وواضحة وهي العجائن والكلندرات وتسخينه إلى أكثر من $[140^{\circ}\text{C}]$ تحت ضغط معين إذ يتم تراكب بين السلاسل لعمل شبكة خاصة بوساطة ربط ذرة كبريت بسيطة أو بذرتين

أو أكثر إذ أن جميع أنواع المطاط التجاري يمكن فلكنتها مع الكبريت ولمعظم أنواع الإنتاج يعتمد تركيز كبريت يتراوح من $[2-32\%]$ من وزن المطاط فضلاً عن مواد معجلة تعمل على تسريع الفلكنة والمنتجات التي تحتوي على تركيز عال تسمى [إيبوتائين] وهو مطاط مصلب جداً عن طريق إحداث شبكة كثيفة مزدوجة من الكبريت تستعمل في صناعة صناديق البطاريات للسيارات لمقاومتها للحوامض أو تبييض بعض الأحواض الخاصة بالأحماض في صناعة الحرير مثلاً (Harper 1975)

ولأجل إنتاج مطاط يتلاءم واستعمالات مختلفة لابد من إجراء بعض العمليات التكنولوجية على المطاط وذلك بغرض تحويل بعض الخواص الفيزيائية والميكانيكية ومن أهم هذه العمليات هي:

أ. التقسية أو الفلكنة Vulcanization

ب. إضافات المواد المائلة Fillers

أن ماينتج عن عملية الفلكنة هو تكوين روابط متشابكة صلبة [cross links] أن نوع الروابط المتشابكة وطولها وعددها في كل جزء أو ماتطلق عليه اسم [كثافة الروابط الصليبية] تجعل أهم صفات المطاط ألفتكن الناتج هي صفة المرونة إذ يمكن مطه إلى درجه عالية وعند زوال قوة الشد يرتد مرة أخرى إلى إبعاده الأصلية فإذا كانت نسبة الكبريت المستعمل في حدود $[3-5\%]$ نحصل على مطاط طري يستعمل في صنع نعال الأحذية والماسحات أما نسبة اكبر من $[8-5\%]$ نحصل على مطاط صالح لصناعة الإطارات ويمكن استعمال الأكاسيد في فلكنة بعض أصناف المطاط الصناعي التي تحمل مجموعات كربوكسيلية على سلسلة البوليمرات إذ تؤدي هذه الفلكنة إلى تكوين روابط تصلبية ملحية معدنية ويمكن انجاز هذه الطريقة عند درجات حرارة العادية (Harper 1975) , (رائد 1986) إن من أهم المواد المضافة إلى المطاط غير الكبريت هي المواد المائلة لكي يكون المطاط قابلاً للاستعمال الصناعي بهدف تعديل الخواص الفيزيائية والميكانيكية للمطاط الخام مثل قوة الشد - الصلابة - القساوة - قوة القص - مقاومة الاحتكاك وبعض الأحيان تستعمل مواد مائلة خاملة رخيصة الثمن تعمل فقط تخفيف نسبة

المطاط وزيادة حجمه ووزنه . أما عند الحصول على مواصفات ميكانيكية عالية باستعمال مواد مالئة قوية تتراوح نسبة المواد المالئة في المطاط مابين [25-40%] من وزن المطاط . أما بالنسبة للمطاط التقليدي وخصوصا بالنسبة لأنواع المطاط الهيدروكربونية التركيب لا تظهر الصفات الفيزيائية الجيدة للمطاط إلا إذا احتوى على الكربون الفحمي إذ كانت تؤثر في قوة الشد التي تتحملها إذ تزداد بإضافة السجاج الكربوني وتسمى هذه العملية بالتقوية كما يستعمل الأسود الكربوني مع المطاط لزيادة الصلابة وزيادة ثباته اتجاه الأشعة فوق البنفسجية وخاصة عند تعرضه لأشعة الشمس التي تحتوي على هذه الأشعة . إضافة للاستفادة من لونه الأسود ويمكن تلخيص تأثير المواد المالئة في خواص المطاط . ومن أهم هذه الخواص الميكانيكية التي تؤثر فيها الأسود الكربوني بالعجينات المطاطية هي :

أ- زيادة قوة الشد [Tensile Strength] وزيادة معامل المرونة [modulus of elasticity] تعتمد هذه الزيادة على نسبة المائات المضافة وعلى حجم الدقائق المضافة إذ وجد بأنه كلما صغر حجم الدقائق للأسود الكربوني كان تأثيرها أكثر في زيادة قوة الشد ومقاومتها للتآكل ومقاومتها للتعبية على سطح الطرق وعلى زيادة معامل المرونة وخاصة بالنسبة للمطاط المستعمل في صناعة الإطارات.

ب- زيادة الجساءة [Stiffness]

تؤدي بعض المواد المالئة إلى زيادة الجساءة إذ تزداد مقاومة المطاط للانضغاط مع زيادة نسبة المواد المالئة فيه. ولكن عندما تزداد إلى حد كبير جدا بان تكون نسبة المطاط لأقل من المواد المالئة فإنه يتحول إلى بوليمرات هشة ، وبعض المواد المالئة تؤثر في حجمها ودرجة مسامير الدقائق [porosity] وشكلها الهندسي فيما إذا كانت على هيئة مسحوق أو تراكيب طولية أو قرصية أو غيرها من الأشكال الأخرى . أن إضافة الزيوت المعدنية إلى المطاط يكسبه طراوة ولونا وعطرا إذا كانت الزيوت مع الإبقاء على درجة حرارة العجانة منخفضة، كما تساعد على توزيع وتشتيت المواد المالئة وكذلك إنقاص مدة العجن وتوفير طاقة ويكون داكنا أكثر كلما كان ذا طبيعة عطرية اكبر وإضافة الزيوت لها فائدتان واضحتان:

1. التقليل من الكلفة الكلية للمركب المطاطي .
2. تعمل على تطرية المطاط وتسهيل عملية التشكيل للمطاط وخاصة ذي الوزن الجزيئي الكبير والذي يكون عادة ذا جساءة عالية ، وكذلك هناك بعض أنواع المطاط يتقبل المزج بالزيت والبعض لايمتزج مع الزيوت المعدنية بسهولة (رائد 1986).

الجانب العملي

أ- المواد المستعملة في البحث :

أستعملت مادة المطاط الطبيعي نوع [RSS] [Ribbet Smoke Sheets] أي [الشرائح المدخنة] وكذلك المطاط الطبيعي [SMR] [Sheet Malizn Rubbar] فضلاً عن المطاط الصناعي نوع [SBR] [Synthetic Rubber] علاوة على مواد جانبية تدخل في صناعة العجائن مثل الأسود الكربوني (Carbon Black) والكبريت (Selpher) والزيت (Oil) ومواد أخرى معجلة تساعد على تحسين المواصفات الميكانيكية والفيزيائية للعجينة (Mars 2003).

وقد تم تحضير العجائن التي تدخل في صناعة الإطارات والأحزمة الناقلة وهي عجينة الطبقة الخارجية للإطار [Trad] وعجينة الجدار الجانبي للإطار [Sid wall] أو عجينة الطبقة الغطائية للأحزمة الناقلة على وفق مواصفات شركة دنلوب للإطارات باستعمال المطاط الطبيعي [SMR] والمطاط الصناعي [SBR] ومواد أخرى مثل الأسود الكربوني والكبريت والزيت وأكاسيد الزنك والشمع وحامض السياريك ومانع الأكسدة ومواد معجلة وكذلك تحضير العجائن المقترحة في هذا البحث مثل عجينة الطبقة الخارجية للإطار وعجينة الجدار الجانبي للإطار [Sid Wall] باستعمال المطاط الطبيعي [RSS] ومواد أخرى تدخل في العجائن القياسية لشركة دنلوب للإطارات .

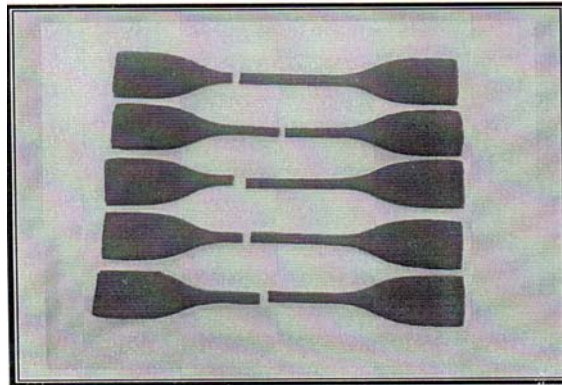
جدول (1) كميات المواد المضافة بالغرامات للعجائن المستعملة لكل 100 غرام من المطاط المستعمل اعتماداً على شركة دنلوب العالمية

المواد	الأجزاء بالغرام لعجينة الطبقة الخارجية للإطار [Traed]	الأجزاء بالغرام لعجينة الجدار الجانبي للإطار [Sid wall] دنلوب	الأجزاء بالغرام لعجينة الطبقة الخارجية للإطار [Traed] المقترحة في البحث	الأجزاء بالغرام لعجينة الجدار الجانبي للإطار [Sid wall] المقترحة في البحث
مطاط طبيعي RSS			100	100
مطاط طبيعي SMR		50		
مطاط صناعي SBR	100	50		
أكسيد الزنك ZKO	1.5	5.0	1.5	5.0
حامض السياريك ST.A	1.0	2	1.0	2
مانع الأكسدة 6PPD	1.0	3.25	1.0	3.25
مانع الأكسدة TMQ	0.5	-	0.5	-

7.0	8.0	7.0	8.0	زيت PL oil
2	1.0	2	1.0	شمع ابراطين wat
1.8	1.75	1.8	1.75	كبريت sd
0.8	1.0	0.8	1.0	معجل CBS
5.0	62.5	50	62.5	الأسود الكربوني C-N370
-	12.0	-	12.0	معجل
0.15	-	0.15	-	مكسر سلاسل المطاط Rineset
0.13		0.13	-	مبطئ فلكنة CTP-100

أن كمية المواد المضافة التي تدخل في العجينات أعلاه نسبة إلى المطاط الطبيعي والمطاط الصناعي هي جزء لكل 100 جزء من المطاط الطبيعي والمطاط الصناعي المستعمل في كل عجينة والجدول (1) توضح كميات المواد المستعملة لكل جزء من 100 من المطاط . أشكال العينات المستعملة وأبعادها

تم تصنيع من العينات للمطاط الطبيعي [RSS] والعجينات الأربعة المستعملة لغرض إجراء الفحوصات الكلاسية تحت ثبوت سعة الإجهاد والشكل (1) يمثل العينات بعد الفشل .



شكل (1)

عينات الكلال بعد الفشل كانت جميع أبعاد العينات كالآتي :

الطول القياسي $L_0 = 25\text{mm}$ ، العرض $b = 6\text{mm}$ ، السمك $t = 2.5\text{mm}$ حسب

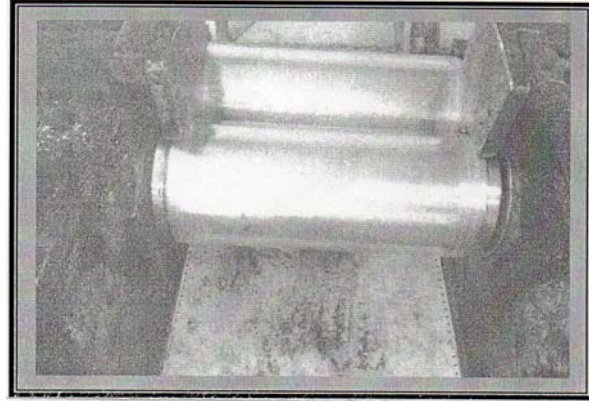
المواصفة ASTM (D4484)

طريقة تحضير العجينات

يتم تحضير المواد المذكورة في الجدول (1) على وفق الكميات المحددة بوساطة ميزان كهربائي دقيق لكل عجينة على حدة وقد تم مضاعفة الأوزان إلى ثلاثة أضعاف لغرض الحصول على عجينة كبيرة لكي تكفي إجراء كافة الفحوصات .

تم أخذ المواد من المختبر إلى معمل تحضير العجائن لغرض خلط المواد وعجنها بواسطة العصاراة (ماكينة العجانة) ، وقد ادخل المطاط الطبيعي والصناعي أولاً في العصاراة وتم خلطه عدة مرات حوالي 3-4 دقائق وبعدها نضع الأسود الكربوني ويتم تداخل بينه وبين المطاط حوالي (4-6) دقائق وبعدها المواد الأخرى ، وتم عجن المواد ودرفلتها جيداً وبعدها يتم إدخال الزيت والمواد المعجلة والكبريت إذ يستغرق العمل بالعجانة تقريباً 30-40 دقيقة على وفق وزن العجينة ونوعها إذ تخرج من العصاراة على شكل شريحة كما في الشكل (2) إذ يمكن التمييز بين العجائن التي يدخل في مكوناتها مطاط طبيعي فقط ومواد أخرى من العجائن التي يدخل في مكوناتها مطاط صناعي فقط ومواد أخرى ، إذ أن العجائن التي تحتوي على مطاط طبيعي تكون ملساء وذات لمعة واضحة وكذلك أكثر مرونة أما العجائن التي تحتوي على مطاط صناعي تكون ذات خشونة واضحة خافتة اللمعة وكذلك أقل مرونة . لاحظ الشكل (3)

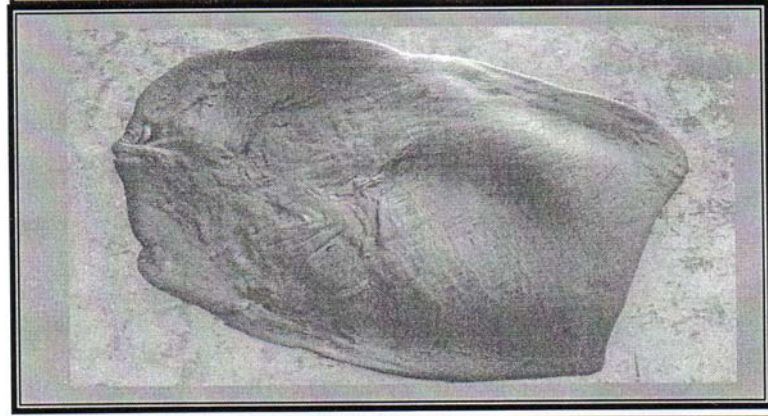
(4) .
كان وزن العجينة للطبقة الخارجية للإطار تقريباً 570 غراماً ووزن العجينة للجدار الجانبي للإطار تقريباً 516 غراماً .



شكل (2) العجانة الخاصة بالمطاط



شكل (3) عجينة المطاط الطبيعي [RSS] ومكونات أخرى قبل عملية الفلكنة



شكل (4) عجينة المطاط الصناعي ومكونات أخرى قبل عملية الفلكنة

طريقة تحضير عينات اختبار الكلال

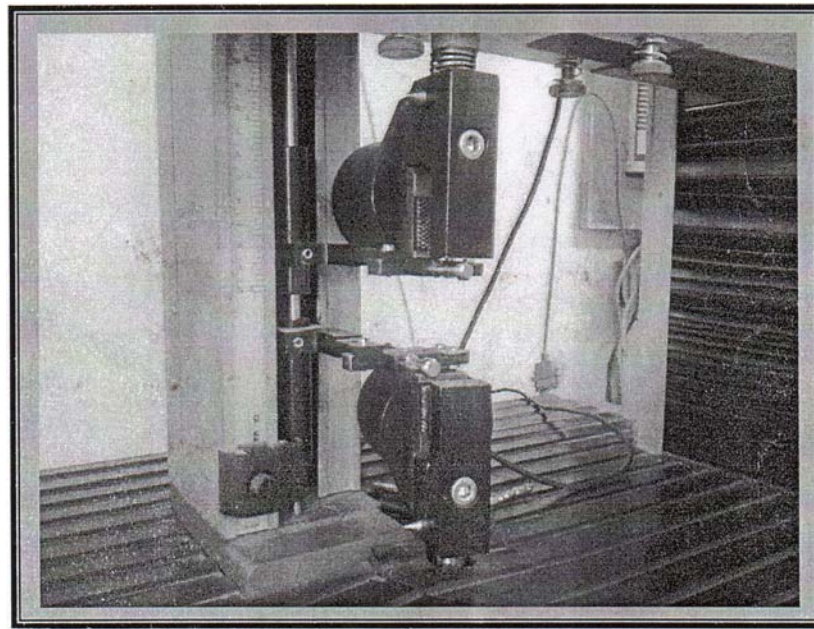
بعد عملية العجن للمكونات المذكورة في الجدول (1) لكل عجينة إذنجري عملية الفلكنة نأخذ (70) غراماً من كل عجينة ونضعها في قالب مستطيل يحتوي على مربعين ونضع (70) غراماً في الغطاء على القالب وندخله في المكبس الحراري ذو (6) بار ودرجة حرارة 160°C درجة مئوية وبمدة مقدارها (45) دقيقة بعد ذلك نخرج العينات على شكل شريحة مربعة ذات أبعاد (15x15) سم وسمك حوالي (2.5) ملم وعندها تظهر لدينا العجينة على شكل شرائح يمكن استعمالها في اختبار الشد والكلال لأخذ العينات وفحصها كل على حدة على وفق نوع العجينة ومواصفاتها .

تم إجراء اختبار الكلال على العينة نوع (Dumb-bull) على وفق المواصفات الأمريكية [ASTM-4484] الخاصة باختبار الكلال ثابت السعة ومتغير السعة وتم تصنيع قالب لقطع عينة الكلال من الشرائح للمطاط الطبيعي [RSS] والشرائح المصنعة مسبقاً لغرض الاختبار والشكل (1) يوضح أبعاد عينة الكلال على وفق المواصفة [ASTM-4484] وقد تم تصنيع قالب فولاذي خاص بهذه الأبعاد ، وقد تم قطع العينات بمكبس خاص بذلك .

جهاز فحص الكلال

الشكل (5) يمثل جهاز فحص الكلال ذو حركة ترددية باتجاه واحد يتألف من ماطور قدرته الحصانية (15) حصان وذو سرعة 1500rpm نوع AC مربوط بوساطة مجموعة تروس لنقل الحركة الدورانية إلى ترددية وهذه التروس مربوطة بعجلات تقوم بتحويل الحركة الدورانية إلى ترددية وباتجاه واحد .

الجهاز يحتوي على أربعة ماسكات ومقابل كل ماسكة متحركة ماسكة ثابتة لغرض تثبيت العينة من الطرفين حيث يكون طرف ثابت وآخر متحرك وحركة الماسكات 300 دورة بالدقيقة أي ما يعادل تردد 5HZ .



شكل (5) جهاز فحص الكلال الشدي

تم تثبيت عداد على الماسكات المتحركة لمعرفة عدد الدورات الترددية لتحديد العمر التخميني لعينة الكلال . تم حساب قيم الإجهاد والانفعال من المعادلتين التاليتين :

$$(1) \sigma = \frac{P}{A} = \frac{P}{tb}$$

t : السمك : b , العرض : p , الحمل الشدي

النتائج العملية وتحليلها

فحوصات الكلال ثابتة السعة

الجدول (2-a) يمثل نتائج فحوصات الكلال لخمس عجنات

جدول (2-a) النتائج العملية لفحص الكلال ثابت السعة للمطاط الطبيعي [RSS] مع معادلة تخمين عمر الكلال

المعادلة	α	A	N_F	σ	رقم العينة	نوع المطاط
$F=$	-1.338	14.738×10^6	3×10^6	0.039	1	المطاط

[RSS]	2	0.0211	4.33x10 ⁶			14.738x10 ⁶ N ^{-1.338} σ
	3	0.0174	4.54 x10 ⁶			
	4	0.0166	5.05 x10 ⁶			
	5	0.0095	5.58 x10 ⁶			
	6	0.0075	8.789x10 ⁶			
	7	0.0063	9.873x10 ⁶			
	8	0.0053	11.394x10 ⁶			
	9	0.0045	12.019x10 ⁶			
	10	0.0039	14.065x10 ⁶			

جدول (2-b) النتائج العملية لفحص الكلال ثابت السعة لعجينة الطبقة الخارجية للإطار]
[Trad باستعمال المطاط الطبيعي [RSS]

معادلة تخمين عمر الكلال	α	A	N _F	سعة إجهاد الكلال σ_a MPa	رقم العينة	نوع المطاط
$\sigma_F = 11898.3 \times N_F^{-0.687}$	-0.687	11898.3x10 ⁶	1.224x10 ⁶	0.778MPa	1	عجينة الجدار الجانبى [Sid wall] باستعمال المطاط الطبيعي [RSS]
			1.612x10 ⁶	0.6453MPa	2	
			2.0x10 ⁶	0.556Mpa	3	
			3.19x10 ⁶	0.400Mpa	4	
			3.32x10 ⁶	0.341Mpa	5	
			4.304x10 ⁶	0.33Mpa	6	
			5.634x10 ⁶	0.273Mpa	7	
			6.494x10 ⁶	0.246Mpa	8	
			6.812x10 ⁷	0.234Mpa	9	
			7.532x10 ⁷	0.221Mpa	10	

جدول (2-c) النتائج العملية لفحص الكلال الثابت السعة لعجينة الجدار الجانبى [Sid wall]
[باستعمال المطاط الطبيعي [RSS]

معادلة تخمين عمر الكلال	α	A	N _F	سعة إجهاد الكلال σ_a MPa	رقم العينة	نوع المطاط
$F = 5.574 N_F^{-0.1486}$	-1.338	14.738x10 ⁶	1.125x10 ⁶	0.785MPa	1	عجينة الجدار الجانبى [Sid wall]
			1.314x10 ⁶	0.674MPa	2	
			1.713x10 ⁶	0.561MPa	3	
			1.981x10 ⁶	0.483MPa	4	

الطبيعي	باستعمال	5	0.4MPa	2.71×10^6			
	المطاط	6	0.341MPa	3.415×10^6			
	[RSS]	7	0.259MPa	4.575×10^6			
		8	0.249MPa	5.135×10^6			
		9	0.221MPa	5.865×10^6			
		10	0.146MPa	6.84×10^6			

جدول (2-d) النتائج العملية لفحص الكلال ثابت السعة لعجينة الطبقة الخارجية للإطار [Trad
على وفق المواصفة لشركة دنلوب للإطارات

معادلة تخمين عمر الكلال	α	A	N_F	سعة إجهاد الكلال σ_a MPa	رقم العينة	نوع المطاط
$F = 2.149 \times 10^5 N_F^{-0.824} \sigma$	-0.824	2.1495×10^5		0.987MPa	1	عجينة الطبقة الخارجية للإطار [Trad] على وفق المواصفة لشركة دنلوب للإطارات
				0.813MPa	2	
				0.692MPa	3	
				0.578MPa	4	
				0.467MPa	5	
				0.3907MPa	6	
				0.317MPa	7	
				0.2987MPa	8	
				0.237MPa	9	
				0.215MPa	10	

جدول (2-e) النتائج العملية لفحص الكلال ثابت السعة لعجينة الجدار الجانبي [Sid wall
على وفق المواصفة لشركة دنلوب للإطارات

معادلة تخمين عمر الكلال	α	A	N_F	سعة إجهاد الكلال σ_a MPa	رقم العينة	نوع المطاط
$F = 8926 \times 10^5 N_F^{-0.6335} \sigma$	-0.6335	8926		0.633MPa	1	عجينة الطبقة الخارجية للإطار [Sid wall] على وفق المواصفة لشركة دنلوب للإطارات
				0.597MPa	2	
				0.516MPa	3	
				0.403MPa	4	
				0.248MPa	5	
				0.222MPa	6	
				0.2015MPa	7	
				0.148MPa	8	

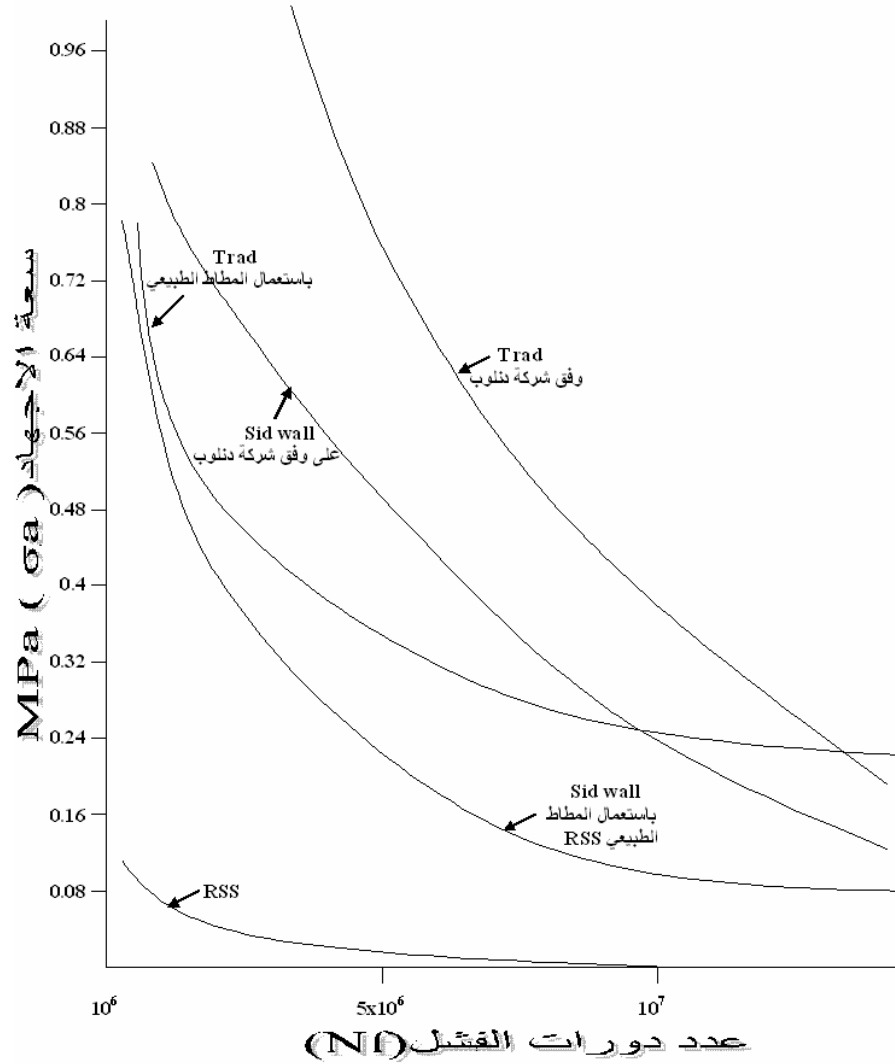
المناقشة

تم إجراء فحوصات الكلال ثابتة السعة للمطاط الطبيعي [RSS] والعجينات الأربعة المستعملة في هذا البحث على عينات الكلال الخاصة على وفق المواصفة الأمريكية [ASTM D4482] وتحت تأثير الشد المتكررة باتجاه واحد ثابتة السعة عند كل نقطة فحص واحدة ذات تردد ثابت قيمته 5Hz ، ولغرض الحصول على المواصفات الديناميكية للمطاط الطبيعي والعجينات الأربعة المستعملة في هذا البحث والمتمثل بالحصول على عمر الكلال لكل منهم بعد تحديد سعة الإجهاد لكل فحص بعد أن تم إجراء عشر تجارب لعشرة مقادير لاجهادات ثابتة السعة للمادة الواحدة لغرض حصولنا على منحني الأعمار للمطاط الطبيعي [RSS] والعجينات الأربعة المستعملة في هذا البحث والذي يمثل عدد الدورات N_f مع ثابت السعة للإجهاد عند الفشل σ_F للمطاط الطبيعي [RSS] والعجينات المستعملة في البحث وكذلك حصلنا على ثوابت معادلة الكلال [α, A] لكل منهما والجدول أدناه يوضح ذلك مقارنتها مع منحنيات العمر للمطاط الطبيعي N_R والعجينات المستعملة في المصادر السابقة حصلنا على الجدول أدناه .

جدول (3) ثوابت معادلة عمر الكلال ثابتة السعة للمطاط الطبيعي [RSS] والعجينات المستعملة في البحث الحالي والعجينات المستعملة في البحوث السابقة

د	نوع المطاط	σ	A
1	المطاط الطبيعي [RSS]	-1.338	14.738×10^6
2	عجينة الطبقة الخارجية [Trad] بأستعمال المطاط الطبيعي [RSS]	-0.687	11898.3
3	عجينة الطبقة الخارجية [Trad] على وفق مواصفات شركة دنلوب	-0.824	2.1495×10^5
4	عجينة الجدار للإطار [Sid wall] بأستعمال المطاط الطبيعي [RSS]	-0.765	32393
5	عجينة الجدار للإطار [Sid wall] على وفق مواصفات شركة دنلوب	-0.6335	8926
6	العجينة المستعملة في المصدر [1]	-0.65	8912.5
7	العجينة المستعملة في المصدر [6]	-2.8	19×10^3
8	B	-3.65	180×10^3
9	C	-5.61	160×10^3

نلاحظ عمر الكلال للمطاط الطبيعي [RSS] قليلا جدا عند سعة الإجهاد البسيطة وإذا لا يمكن الحصول على سعة إجهاد عال لأن قيمة الإجهاد العظمى قليلة جدا على وفق منحنى الإجهاد - الانفعال (عباس 2008)



شكل (6) مقارنة منحنيات العمر للمطاط المستخدم في البحث الحالي

لم نحصل على سعة إجهاد عالي أسوة بسعة الإجهاد للعجائن المستعملة في البحث وكما يظهر جلياً في المخطط لمنحنيات العمر للمطاط الطبيعي [RSS] والعجائن المستعملة في البحث . كما في الشكل (6).

وبعد إجراء الفحوصات الكلال ثابتة السعة للمطاط الطبيعي [RSS] لعشرة قيم لسعة الإجهاد حصلنا على الأعمار التخمينية له ولكن عند سعة إجهادات قليلة جداً لا يمكن اعتبارها في صناعة الأجزاء الثقيلة التي تتعرض لإجهادات كبيرة وإنما فقط للأجزاء الصغيرة جداً التي تتعرض لإجهادات متكررة بسيطة جداً ولو قارناها مع أي من منحنيات العمر للمصادر السابقة (Mars 2006) ، (FATEMI 2003) لوجدنا أنه لا يوجد تقارب بينهما ولذا يعد منحنى العمر التخميني للمطاط الطبيعي [RSS] غير المفكك هو أدنى قياس لعمر

المطاط تحت أقل إجهادات يتعرض لها الجزء المصنوع منها .
ولابد من الذكر أنه تمت الفحوصات للكلال بجهاز ذي خطوة ثابتة لسعة الانفعال لجميع الفحوصات اللاحقة .

ولذلك فإن الفرق بين أعظم تشوه وأقل تشوه للعينة بالفحص الواحد ثابت وكذلك طول العينة قبل التشوه ثابت لجميع الفحوصات وإذ أن أعظم إجهاد يتعرض له المطاط الطبيعي [RSS] قليل جداً كما أسلفنا سابقاً لذلك لا يمكن الحصول على سعة إجهاد عالية يمكن الاعتماد عليها في صناعة الإطارات والأحزمة الناقلة . إذ أن أكبر سعة إجهاد حصلنا عليها هو $\sigma_a = 0.039 \text{ MPa}$ إذ كان عمره التخميني $N_f = 3 \times 10^6$ وأقل سعة إجهاد تم فحصها $\sigma_a = 0.0039$ والذي كان عمره التخميني $N_f = 1.406 \times 10^7$ ولذلك حصلنا على قيمة [α, A] ثابتة معادلة عمر الكلال للمطاط الطبيعي على وفق الجدول أعلاه .

أما العجينات الأربعة التي استعملت في البحث إذ تم فلكنتها نرى هناك من الشكل (6) تقارباً واضحاً بالسلوك الديناميكي لتخمين عمر الكلال لعجينة الجدار الجانبي للإطار [Sid wall] باستعمال المطاط الطبيعي [RSS] على الرغم من أن هناك فرق بين الكميات للأسود الكربوني والكبريت والمواد المائلة الأخرى وهذا يعني أن السلوك الديناميكي للعجينات المطاطية يعتمد على المطاط الطبيعي وليس على المواد المائلة وهذا يتفق تماماً ما جاء في نتائج المصدر (عباس 2008).

وهذا يتضح جلياً عند عجينة الطبقة الخارجية للإطار على وفق مواصفات شركة دنلوب للإطارات إذ حصلنا على أكبر سعة إجهاد ولأعمار كلالية عالية إذ يدخل في تحضير هذه العجينة من المطاط الصناعي [SBR] إذ تتحمل هذه العجينة سعة إجهاد عالية أكبر من العجينات الأخرى المستعملة في البحث ولو قارنا بين العمر التخميني للعجينة المستعملة في المصدر (Mars 2006) لوجدنا أن هناك تقارباً بالسلوك الديناميكي لعمر الكلال وعند المقارنة مع العجينات المستعملة في المصدر (FATEMI 2003) أيضاً تعد قريبة من حيث العمر الكلاسي بالنسبة إلى سعة الإجهادات التي يتعرض لها إذا ما قارنا قيمة الأعمار في المصدر)

2003 (FATEMI) مع الاعمار لعجينة الطبقة الخارجية للإطار على وفق المواصفة لشركة دنلوب للإطارات لوجدناها متقاربة .

أما عجينة الجدار الجانبي للإطار [Sid wall] على وفق مواصفات شركة دنلوب للإطارات [SWD] فان عمرها التخميني الكالالي هو أقل من سابقتها لأنها تحتوي على 50% من المطاط الطبيعي [SMR] و 50% من المطاط الصناعي [SBR] وإذ أن المواصفات الديناميكية الكالالية تعتمد على كمية ونوع المطاط الداخل في تحضير العجينات ولذلك يعد الخلط بين المطاط الصناعي والطبيعي غير محبذ للعجينات المطاطية للحصول على أعمار كالالية عالية عند صناعة الأجزاء التي تتحمل إجهادات شد أو انحناء عالية ، ولذلك عند استعمال العجينات ذات مطاط طبيعي [RSS] 100% يتمتع بأعمار طويلة ولسعة إجهاد شد مناسبة تتلاءم مع الاستعمالات الصناعية مثل صناعة الإطارات والأحزمة الناقلة للمواد الإنشائية والتي تتعرض إلى إجهادات دورية باستمرار كقواعد المكائن لتخميد الاهتزازات العالية .

ولو قارنا قيمة الثوابت لمعادلة العمر التخميني لإجهاد الكلال ثابتة السعة من الجدول لوجدنا أن قيمة الثابت $[\alpha]$ الذي يشير إلى درجة زيادة بالعمر من نقصان سعة الإجهاد وإذ نرى المطاط الطبيعي [RSS] الذي يساوي $\alpha = -1.338$ والتي تعد

أعلى انحدار من باقي العينات المستعملة وإذ يتدرج الانحدار على وفق قيمة $[\alpha]$ وتأتي عجينة الطبقة الخارجية للإطار [Trad] على وفق مواصفة شركة دنلوب للإطارات و ثم عجينة الجدار الجانبي باستعمال المطاط الطبيعي [SWRSS] ثم الطبقة الخارجية للإطار [Trad] بأستعمال المطاط الطبيعي [RSS] [TRSS] وأخيراً تأتي عجينة الجدار الجانبي [Sid wall] على وفق مواصفة شركة دنلوب للإطارات [SWD] التي تعتبر أقل انحدار من سابقتها ولو قارنا مع العجينات للمصدرين [1] (FATEMI 2003) نرى عجينات المصدر (Mars 2006) تعد ضمن حدود العجينات المستعملة في البحث .

الاستنتاجات

- 1- تم دراسة المواصفات الميكانيكية الكالالية تحت ثبوت سعة الإجهاد للمطاط الطبيعي وأربع عجنت عملياً وتم تقييم تصرف كل منها بنموذج رياضي يصف العمر الكالالي .
- 2- اتضح أن أفضل تصرف (أطول عمر) لعجينة المطاط لطبقة الإطار الخارجية [Trad] وفق مواصفة شركة دنلوب .
- 3- أسوأ تصرف كان للمطاط الطبيعي [RSS] .

4- الخلط بين المطاط الطبيعي والصناعي في عجينة المطاط الطبيعي يؤدي الى نقصان في عمر الكلال عند فحوصات الكلال الشدية.

المصادر

C. A. Harper , Edition , Handbook of Plastics and Elastomers copyright © by McGraw-Hill book company, reproduced with permission, and Materials Engineering, Materials selector, 1975. (Harper 1975)

W.V.Mars A. Fatemi (Multiaxial stress effects on fatigue behavior of filled natural rubber) international Journal of fatigue 28 (2006) , p521-529.

W. V. MARS and A. FATEMI (Fatigue Crack Nucleation and Growth in Filled Natural Rubber) Fatigue Fract Engng Mater struct 26, 779-789, 2003.

Z.D. Jastrzebski, the Nature and Properties of Engineering Materials 3rd edition copyright © by John Wiley & sons, New York, 1997.

Z-Guo, L.J sluys : Application of a new constitutive model for the description of rubber-like materials under monotonic loading : international Journal of solids and structures 43 (2006) , p2799-2819.

رائد محمد حسن ،[دراسة بعض الخواص الفيزيائية للمطاط المفلكن، رسالة ماجستير لسنة (الجامعة التكنولوجية) 1986]. .

عباس أحمد أيوب الاسدي ((دراسة الخواص الميكانيكية للمطاط تحت تأثير اجهادات الكلال ثابتة السعة ومتغيرة السعة)) رسالة دكتوراه - الجامعة التكنولوجية - قسم هندسة المكنائن والمعدات 2008 .