تصميم قارن مطاطي من خلال تدوير ألإطارات

د. تحسين علي حسين
الكلية التقنية- نجف
قسم هندسة تقنية السيارات

حسن هادي سلمان
مدرس مساعد/الكلية التقنية- نجف
قسم هندسة تقنية السيارات

الموجز

يهدف البحث الحالي إلى الاستفادة من الإطارات المطاطية المستهلكة والتي تسبب مشكلة مهمة من مشاكل تلوث البيئة والتي تحتاج إلىأموال وجهود للتخاص منها حيث يقدر منها في العراق أكثر من 2 مليون إطار سنويا وهذا العدد من الإطارات يشكل ثروة مهمة لو تم استغلالها بشكل امثلو أحد جوانب إعادة استخدام الإطارات هو تصنيع أجزاء يمكن الاستفادة منها في المجالات الصناعية والهندسية وهذا الجانب لم يأخذ اهتماما كافيا من قبل الباحثين بقدر ما أخذته الجوانب الأخرى من الاهتمام .

وفي هذا البحث تم التطرق إلى الخواص الميكانيكية لأجزاءالإطارات المستعملة واقتراح استخدامها كأجزاء هندسية مثل القارن الذي يربط محرك الاحتراق الداخلي براس التوليد في المولدات الصغيرة والمتوسطة للطاقة الكهربائية ومن بين النتائج التي تم التوصل إليها انه ليس هناك فرق كبير في الخواص الميكانيكية بين أجزاء الإطارات المستعملة و الإطارات الجديدة ففي اختبار الشد كانت القوة أللازمة للقطع في الأجزاء الجديدة 137 نيوتن بينما في أجزاء الإطارات المستعملة 113.27 نيوتن فكانت نسبة الفرق بينهما 17% وذلك يعود إلى التقادم نتيجة الاستعمال وذلك لا يؤثر بشكل ملحوظ على عمل القارن وقد تم اقتراح نموذج حسابي لتصميم قارن مرن يستخدم أجزاء من الإطارات المستعملةحيث اعتمدت قيمة معامل القص من التجارب العملية ($3.82*10^6 N/m^2$) فكان عدد الشرائح التي يتكون منها القارن اربعة بطبقة واحدة أو شريحتين بطبقتين مع محرك ذو قدرة (30Kw).

TIRE RECYCLING AS A TOOL FOR MANUFACTURING RUBBER COUPLER

Dr. Tahseen A. Hosain
Technical college / Najaf

Hassan H. Salman
Technical college / Najaf

ABSTRACT

The paper aimed to use the old rubber tires which causing a big problem to the environment and its need much money and efforts to disposing it safely. In Iraq there is more than 2 million used tires disposed to the environment yearly whereas in the US there is 2 billion one.

One of the tyre recycling methods , is the use of tyre plies to produce a new rubber parts used in the engineering and industrial purposes as the bridge and machine dampers , this trend of recycling doesn't take a sufficient care comparing with the other methods .

In the current research the study focusing on the mechanical properties of the used tyres and comparing them with the new one , and suggesting a new method to use the recycled tyres as an engineering parts (for example the coupler lied between the IC engine and the generating head in the generators .

One of the results obtained from the experiments, there is no significant difference between the mechanical properties of the old and new tyres , (in the tensile test – the breaking force of the tensile specimen of the new tyre is 137 N and for the old one is 113.27 N , but they are same in the elongation) . A dimensions of a flexible coupling suggested as a computational example and when using the experimental value of shear stress for the cord-rubber composite lamina ($3.82*10^6 N/m^2$)the calculation showing that the number of strips for the coupler should be two with 2 ply lamina or 4 with one ply lamina at engine power less than 30 Kw .

KEYWORDS: **Tyre recycling , Rubber coupling , Rubber properties**

الرموز :

E_1 معامل يونك للطبقة المركبة في المحور الطولي .

E_2 معامل يونك للطبقة المركبة في المحور العرضي .

ν_{12} معامل بايسون(poisson's ratio) في المستوي (2-1) .

G_{12} معامل القص في المستوي (2-1) .

D قطر الالياف .

t سمك الطبقة المركبة من المطاط والالياف .

E_c معامل يونك للألياف .

E_r معامل يونك للمطاط .

V_c النسبة الحجمية للألياف في الطبقة المركبة .

V_r النسبة الحجمية للمطاط في الطبقة المركبة .

G_c معامل القص للألياف .

G_r معامل القص للمطاط .

e عدد النهايات في وحدة الطول .

f معامل الامان .

τ إجهاد القص للشريحة .

T العزم الذي يتعرض له القارن .

A_L المساحة المعرضة للقص في الطبقة المركبة .

n,n' عدد الشرائح .

المقدمة

يوجد في العالم الآن ما يقارب أل 750 مليون مركبة مختلفة الأنواع ولو افترضنا إن لكل مركبة متوسطة ستة إطارات فان هناك ثلاثة مليارات أطار تعمل في الخدمة وأن لهذه الإطارات عمر افتراضي وهو 50000 كم لذا فان هذا العدد سوف يتقاعد بعد فترة لا تتجاوز الثلاث سنوات . والسؤال الآن هو أين يذهب هذا العدد الهائل من الإطارات والذي سوف يتكرر سنويا ؟؟هذه الإطارات تشكل ماقدره 32 مليون طن من الإطارات المستعملة سنويا ينبذ إلى الطبيعة ويتم التخاص منها إما بدفنها أو بحرقها لكنها تعتبر ثروة طائلة لم يلتفت لها احد. **صباح ،1983**

منذ زمن قريب بدأت الدول تنتبه إلى القيمة المادية للإطارات المستعملة وبدأت تتكون نواة لصناعة إعادة الإطاراتTire recycling وفي السنوات الأخيرة أخذت الابحاث تتوالى لتحديد طبيعة الاستفادة من الإطارات المستعملة .

والاتجاهات الرئيسية في هذا المجال هي كما يأتي :

1- استخدام الإطار الكامل إما بإعادة الحيوية له أو استخدامه لوظيفة غير الوظيفة التي صنع من أجلها بعد انتهاء عمره .

2- استخدام أجزاء من الإطار (طبقات ، مكونات ، ..... الخ) .

3- إعادة استخدام الإطار كمصدر من مصادر الطاقة.(**www.wast online .org.uk, 2007**)

والبحث الحالي يتضمن استخدام تدوير الإطارات في صناعة بعض الأجزاء الميكانيكية وخاصة القوارن المطاطية

مكونات الإطار

الإطار الهوائي هو حاوية من المطاط المعزز بطبقات من الألياف النسيجية بشكل متقاطع أو شعاعي تحتوي على أنبوب مطاطي داخلي في بعض الأنواع تلك الحاوية تملأ بالهواء المضغوط بضغط مناسب وهي أحيانا تكون محاطة بحزام من الألياف المعدنية أو غير المعدنية ذلك الحزام مغطى بطبقة من المطاط المنقوش بشكل يناسب وظيفة الإطار .

تصنع الإطارات من عدة طبقات من النسيج المعامل بالمطاط واستبدل في الآونةالأخيرة بالخيوط الصناعية (النايلون ، الرايون) بنطاق أوسع حيث أنه يتمتع بمتانة عالية .و يوضع بين الغلاف الواقي و الهيكل على طول محيط الغلاف الخارجي طبقة بينية من النسيج المعامل بالمطاط – طبقة وسادية تحافظ على الهيكل من الضربات المنتقلة إليه من الغلاف الواقي للإطار وتصنع في بعض تصاميم الإطارات الحديثة الطبقة الوسادية من الأسلاك المعدنية مما يضمن للإطار متانة أعلى وعمر أطول.

يتركب الإطار ذو الأنبوبة الداخلية من طبقات الألياف المعاملة بالمطاط أيضا ومن ثم توضع طبقة الألياف هذه في جهاز خاص يقومبخفض المسافات فيما بينها ثم يملأ الفراغ بالمطاط . أما الكسوة المصنوعة من المطاط والتي تغطي الطبقات المذكورة أنفا فأنها تثبت في مكانها بعملية تشمل الكبس والتسخين (الفلكنة) .

وتعمل هذه العملية على تشكيل المطاط وجعله ذو مواصفات حسب المطلوب ويتفاوت عدد طبقات الألياف باختلاف طبيعة عمل الإطار فإطارات السيارات الخاصة تحتوي على أربعة طبقات في حين تحتوي سيارات النقل الثقيلة والأتوبيسات (سيارات الركاب الكبيرة) على حوالي (14 طبقة) وكذلك يوجد في إطارات مركبات تسوية الأراضي (32 طبقة) ، وهناك أشكال مختلفة للمداس الخارجي المصنوع منالمطاط الغرض منه تحسين نقل الحركة وتقليل الانزلاق.وتصنع بعض الإطارات الحديثة مزودة بما يدعى مبين الاستهلاك(Wear indicator) وبعدأن تقل مجاري نقش المداسوتصبح مساوية إلى 1.6ملم بسبب استهلاك الغلاف الواقي نلاحظعلى وجهه ستة أشرطة عرضية عرض كل واحد منها 12 ملم للإشارة إلى درجة التآكل **صباح ، 1983**.

الطبقات التي يتكون منها الإطار

1. طبقة الجزء الملامس للأرض (Tread) :- وتأتي بالدرجة الأولى من حيث الأهمية بين أجزاءالإطارالأخرىلأنها المنطقة الوحيدة التي تكون ملامسة للطريق إثناء دوران الإطار والتي تكون أيضامسؤولة عن مسك الطريق في الجو الرطب (wet grip)وعن تقليل مقاومة التدحرج(Rolling resistance) وقد تتعرض من جراء ذلك إلى ظروف التآكل الميكانيكي (wear) وتراكم الحرارة (heat accumulation) والظروف الجوية المحيطة .
2. طبقة الجزء الملامس للأرض من الداخل (Breaker bandage) :-هي عبارة عن طبقة مركب المطاط تغلف الجزء الداخلي لجزء الإطار الملامس للأرض وتكون أكثر مرونة وأقل سمكا منه .
3. طبقة مطاط الاكساء بالنسيج (Ply topping) :- وتكون أكثر من طبقة في بعض الإطارات . تغلف هذه الطبقة أسفل المطاط المسلح ثم تمتد إلى جانبي الإطار فتغلف جدرانه الداخلية .
4. طبقة المطاط المسلح بالأسلاك (Steel cord topping breakers) :- وتقع تحت الطبقة المغلفة لجزء الإطار الملامس للأرض وتكون عبارة عن طبقة مطاطية مسلحة بأسلاك معدنية لغرض زيادة مقاومة الشد للإطار .
5. طبقة جدار الإطار (Side wall) :- وهي الطبقة التي تمثل الجزء الخارجي لجدران الإطار الجانبية تتصل بجزء الإطار الملامس للأرض(Tread) من الأعلى والكعب (Bead) من الأسفل فتكون ذات مرونة جيدة وسمك مناسب .
6. طبقات تغليف الكعب (Bead wire coating) :- وتحيط بشكل دائري حول حزمة من الأسلاك المعدنية لغرض التقوية والتسليح وتقوم تلك الطبقات بدور حلقات (Ring) وظيفتها تثبيت الإطارعلى الدولاب (Wheel).
7. جزء أو طبقة حشو الكعب (Bead apex) :- هي طبقة صغيرة مثلثة الشكل من مادة مطاطية متوسطة المرونة تقوم بالربط بين جدران الإطار المرنة من جهة وبين الكعب ذو الصلادة العالية والمرونة الواطئة من جهة ثانية .

8. طبقة التغليف الداخلي (Inner liner) :- وتغلف الإطار من الداخل لغرض تسهيل احتوائه للأنبوب المطاطي دون أن يخدش بأحد مكونات الطبقات الأخرى وتتكون من مركب مطاطي مرن قابليته على الاستطالة جيدة [Parkash , 2007]

هذه الأجزاء يجب أن تندمج بشكل جيد مع بعضها لتكون تركيب واحد موحد مستقر كيميائيا **شكل رقم 1** وكلما كان الالتصاق بين هذه الطبقات أكبر كان أداء الإطار أفضل وهذه تشكل مفارقة بين استعمال وإعادة استعمال الإطار حيث في الاستعمال نحتاج إلى اندماج والتصاق اكبر بين أجزاء الإطار وفي إعادة الاستعمال ينبغي أن يكون العكس وهو فصل كامل لأجزاء الإطار عن بعضها البعض حتى يمكن إعادة استعمالها .

ويتركب الإطار بشكل أساسي من المطاط ، الأسلاك الفولاذية ، والطبقات النسيجية المكونة عادة من الخيوط الصناعية (رايون ،نايلون أو القطن) وتكون مكسية بالمطاط ، **والجدول رقم 1** يبين المكونات النموذجية للإطار.

إعادة استخدام الإطارات المستعملة

يمكن تقسيم عملية إعادة استخدام الإطار بعد انتهاء صلاحيته إلى قسمين رئيسيين :-

القسم الأول : غير تدميري (Non – destructive)

ويقصد به الاستفادة من الإطار على شكله الطبيعي دون إجراءإي تغيير عليه من تقطيع أو حرق وهذا القسم له استخدامات عديدة يمكن إجمالها في عدة استخدامات منها :-

1- إعادة نفس الإطار (Tyreregroving) : يتم بهذه الطريقة نقش طبقة سطح الإطار الملامس للأرض بواسطة حفرها وتعميق النقشات الموجودة ، وهذا يحصل في إطارات السيارات الكبيرة مثل سيارات الحمل والباصات .

2- إعادة قولبة الإطار (Tyre remolding) : ويكون ذلك في الإطارات القابلة للفلكنةوإكسائها بطبقة خارجية جديدة عند تأكل الطبقة القديمة .

3- استخدام الإطار بشكل كامل في الموانئ(Using tyres in seaport) : يتم في هذه الحالة وضع الإطارات على حافات الموانئ أو على جدران السفينة حتى يقلل من تاف جدران السفينة الناتجة من الارتطام بحافات الموانئ .

4- حلبة سباقات السيارات والدراجات : حيث يتم وضع مجموعة من الإطارات على طول حلبة السباق لتقليل حدوث أضرار لسائقي السيارات أوالدراجات عند خروجهم عن المسار وارتطامهم بالحواجز المكونة من الإطارات .

القسم الثاني : تدميري (Destructive)

يكون هذا النوع أكثر تعقيدا من النوع الأول لأنه يحتاج إلى عمليات ميكانيكية أو كيميائية أخرى للاستفادة منه بعد تغيير شكله أو مكوناته واستخدامات هذا النوع كثيرة ومتعددة ويمكن أن يكون إعادة التدوير من خلال* :-

1- شحذ الإطارات (grinding) : في هذه العملية يتم إنتاج ركام مطاطي بأحجام مختلفة عن طريق شحذ الإطارات . ذلك الركام يستعمل في أرضيات الملاعب وكذلك تحت الفرش ، ويستعمل كمانع رطوبة كما ويستخدم بكثرة مع الخلطات الإسفلتية في أكساء الشوارع حيث يمنح الشارع مرونة اكبر وتحمل لمدى واسع من درجات الحرارة ومقاومة عالية للأكسدة .

2- الطحن مع التبريد المفرط (cryogenic) : في هذه العملية تقطع الإطارات إلى شرائح ثم تبرد دون (-80) درجة مئوية وبواسطة مطرقة تطحن الشرائح لفصل مكوناتها . وتستعمل حبيبات المطاط الناتجة في مسارات الملاعب وتحت الأرضيات وكذلك في أكساء الطرق الإسفلتية . وتعتبر الطاقة المطلوبة للحصول على درجات الحرارة المنخفضة قليلة نسبيا .

3- إعادة الفلكنة (de-vulcanization) : في هذه العملية يعامل المطاط المفلكن كيميائيا وحراريا للحصول على مطاط غير مفلكن والذي يستخدم في صناعة الإطارات مرة ثانية وكذلك في صناعة الأحزمة الناقلة والأحذية. وهناك أربعة طرق تتم فيها هذه العملية ومن إحدى هذه الطرقطريقة المرجل(reclaimeter) التي تعتبر إحدى الطرق الشائعة .

4- تكنولوجيا المايكرويف (Advance Molecular Agitation Technology - AMAT) : في هذه الطريقة تم بناء نموذج لمعمل يستخدم تكنولوجيا المايكرو يف لإعادة الإطار إلى مكوناته الأصلية ، في هذه الطريقة تكون المخلفات اقل ما يمكن وتبلغ الطاقة الإنتاجية لهذا النموذج 2000 طن من الإطارات سنويا .

5- فصل الطبقات (Ply separation) : حيث يتم فصل كل طبقة من الطبقات المكونة للإطار بطرق ميكانيكية والاستفادة منها في ميادين كثيرة أهمها :-

أ- صناعة واشرات مطاطية (Rubber washers) : حيث يتم فصل طبقات الإطار ومن ثم تقطيعها إلى أحجام مختلفة حسب الطلب ، وتستخدم كحشوات بين أجزاء الربط (Plate and nut) .

ب- صناعة الأحزمة المطاطية (Rubber belts) : تستعمل في رصف ساحات الملاعب والأرصفة وكذلك تستخدم في الأحزمة الناقلة .

ت- صناعة الحاويات المطاطية (Rubber containers) : وتستخدم في مناولة المواد الجافة عادة مثل العلف الحيواني.... الخ .

ث- وسائد لتقليل الاهتزازات (Machine vibration isolation or Damper) : وتستخدم هذه الوسائد تحت الجسور لتقليل وامتصاص الاهتزازات . **www. wast online .org. uk ,2007**

6- إنتاج الطاقة (Energy recovery) : يحتوي الإطار على أكثر من 60% هيدروكاربونات التي تخزن الطاقة حيث يمكن توليدها بطرق مختلفة منها :

أ- طريقة التحليل إلى المواد الأولية (pyrolysis process) : وهي عملية تحليل حراري بدرجة حرارة (500-900)° م بمعزل عن الهواء يتم فيها تكسير الأواصر الكيميائية بشكل كامل فيتولد خليط من الغازات والزيت والمواد الصلبة ، أما الغازات فهي خليط من الاثلين ، بروبلين ، بيوتان ، بيوتلين ، وغازات هيدروكاربونية منخفضة الوزن الجزيئي أما المواد المتبقية الأخرى فتشكل النسبة الأكبر منها مواد مثل الفايبركلاس ، أسود الكاربون ، فولاذ ، وغازات أخرى ويتم فصل اسود الكاربون عن المواد اللاعضوية (الفايبركلاس والفولاذ) حيث يعاد استعمال اسود الكاربون في الصناعات المطاطية وتستعمل الغازات المذكورة أعلاه في توليد الطاقة [**Paul , 1999**.]

ب- طريقة حرق الإطارات كوقود (tire – derived fuel) من الطرق الشائعة في أعادة استعمال الإطار كمصدر للطاقة ، حرق الإطار بكامله أو على شكل أجزاء لتجهيز معامل صناعة الأسمنت بالطاقة بدلا من الفحم والمخلفات الصلبة .

وبمقارنة الطاقة المستخلصة من الإطارات مع تلك التي نحصل عليها من الفحم أو المخلفات الصلبة فأن ما تولده الإطارات من الطاقة يساوي 125% ما يتولد من الفحم و 300% مما يتولد من المخلفات الصلبة ، وكذلك يمكن استخدام الإطارات في توليد الطاقة الكهربائية .

الخواص الميكانيكية لأجزاء الإطارات المعاد تدويرها

تختلف الخواص الميكانيكية باختلاف موقع العينة المأخوذة من الإطار فمثلا منطقة المداس التي تحتوي على الطبقات الأساسية إضافة إلىطبقات تحت المداس تكون ذات مقاومة شد عالية بينما تكون منطقة الجدار الجانبي أكثر مرونة وأكثر مقاومة للكلال وقد أجريت دراسات كثيرة عن الخواص الميكانيكية لأجزاء الإطارات المعاد تدويرها (سكراب الإطارات) .

واذا اعتبرنا ان اي جزء من طبقات الاطار هو مادة مركبة عند ذلك يمكن ايجاد الخواص الميكانيكية على اساس المواد التي تشكل المادة المركبة وفي الاطارات فان المادة المركبة تتكون من المطاط والالياف **شكل رقم 2** ولحساب الثوابت المستقلة للمرونة لطبقة مفردة والتي تتمثل بكل من :

1- معامل يونك (young modulus) في المحور الطولي E_1 .

2- معامل يونك في المحور العرضي E_2 .

3- معامل بايسون (Poisson 's ratio) في المستوي (2- 1)ν_{12} .

4- معامل القص (shear modulus) في المستوي (2- 1) G_{12} .

عند ذلك يكون

$$E_1 = Ec\,Vc + Er\,Vr \qquad (1)$$

$$Vc + Vr = 1 \quad , \qquad Vc = \frac{\pi D^2 e}{4t}$$

في كثير من المواد المركبة من المطاط والالياف فان معامل يونك للألياف اكبر ب (100-1000) مرة من معامل يونك للمطاط لهذا يمكن تقريب المعادلة (1) كما يلي :

$$E_1 = Ec\, Vc \qquad (2)$$

لحساب معامل بايسون ($_{12}v$) للتحميل باتجاه 1-2 فان

$$\nu_{12} = V\nu + V\,\nu \qquad (3)$$

ولحساب المرونة في الاتجاه العرضي (transvers direction) يمكن اعتبار العينة نابضين موصولين على التوالي:

$$\frac{1}{E^2} = \frac{V_c}{E_c} + \frac{V_r}{E_r} \qquad (4)$$

ولان E_rE_c<< لذا فان :

$$E_2 = \frac{E_r}{V_r} \qquad (5)$$

وبنفس الطريقة يمكن احتساب معامل القص (shear modulus) G_{12}

$$G_{12} = \frac{G_r}{V_r} \qquad (6)$$

$$G_c \gg G_r$$

وهنالك العديد من العلاقات اقترحت لحساب الخواص الميكانيكية للمواد المركبة من المطاط والالياف من قبل العديد من الباحثين **(s.klark, Akasaka-Hirano,Gough-Tangorra) . Asaad , 2006**

وقد بين كل من **(Westerberg and Macsik,2001; ASTM,1998 ; Drescher and Newcomb 1994; Edil and Bosscher, 1992; Humphrey, et al., 1993 and Huphrey and Manion, 1992)** إن الاجهادات الصغيرة المسلطة على أجزاء الإطارات (shreds) تؤدي إلى تشققات بدائية كبيرة وعندما يستمر الإجهاد بالارتفاع فإن مقدارالانفعال العمودي يقل .والنتائج النموذجية مبينة في **الشكل 6.**

أما بالنسبة لإجهاد القص لأجزاءالإطارات فيمكن تحديده بمتغيرين اثنين الأول هو موقع العينة من الإطار (قوة الالتصاق) والمتغير الثاني هو زاوية الاحتكاك الداخلي ϕ . وفيزيائيا فان موقع العينة يحدد طبيعة

الارتباط الفيزياكيميائي للتجاذب بين الجزيئات . وتبين النتائج المختبرية من فحوصات القص المباشر كما في **الشكل 8** انه ليس هنالك ارتباط قوي بين حجم الجزيئات و نتائج القص المباشر . وقد أجريت دراسات حول مقاومة القص من خلال اختبارات ثلاثية المحاور (triaxial tests) التي قام بها (**Wu, Benda and Cauley, 1997 and Benda, 1995**) وفي هذه الاختبارات تسلط على العينة أحمال مسيطر عليها وبالاتجاه العمودي فقط .

بالنسبة للخواص الديناميكية لأجزاء الإطارات المستعملة يمكن التنبؤ بها من خلال طوري التحميل وإزالة التحميل فعند تطبيق ذلك على شرائح من الإطارات المستعملة فان الانفعالات العمودية خلال إعادة التحميل وإعادة الشد (الانفعالات الدورية) كانت 12% كما سجلت من قبل (**Humphrey , et.al 1993**) وكما مبين ب**الشكل** 7 وهناك نتائج مشابهة سجلت من قبل باحثين آخرين . والشكل أعلاه يبين إن هناك مساحة بين التحميل وإزالة التحميل تلك المساحة تعود إلى ظاهرة الهسترة في المطاط ومن الطبيعي فان تلك المساحة كلما صغرت كانت الطاقة المتخلفة اقل والعكس صحيح وذلك أيضا ينعكس على ارتفاع درجة حرارة الجزء تحت الاختبار فزيادة الطاقة المتخلفة بالتالي يؤدي إلى تلف ذلك الجزء في حدود من الإجهاد قليلة مقارنة مع الحالات التي تكون فيها الطاقة المتخلفة اقل . ويظهر تأثير ذلك واضحا لدى تصميم أجزاءديناميكية من الإطارات المستعملة مثل القوارن التي تربط رأس التوليد مع محرك الاحتراق الداخلي في المولدات بينما تأثير ذلك يكون قليلا مع الأجزاء الثابتة مثل وسائد التخميد التي تستعمل في الجسور وأسس المكائن (machine foundation).

في قوارنالإطارات فان الجزء المرن يكون على شكل إطار شكل رقم 3. و في هذه الأنواع من القوارن يتم التغلب على عدم الاستقامة بين القائد والمنقاد بحدود 4° وكذلك عدم الاستقامة المتوازية بحدود 3 ملم ويعمل كنهاية عائمةإضافةإلىتقليل الأحمالالصدمية والتي تؤدي بالتالي إلىإجهادات عالية تقلل من عمر الماكنةوذلك يتطلب أن يكون العنصر المرن في القارن صامدا بما فيه الكفاية ليمتص تلك الصدمات وان الإطار في هذه القوارن يقوم بجعل الأحمال سلسة لكل من القائد والمنقاد **Baker,2003.**

مكونات القارن الإطاري(Tyre coupler) :

1- الطارة وقرص الضغط (حديد صب او من الفولاذ المطروق). الشكل (3)
2- البراغي (مسامير التثبيت).
3- الإطار (وهو من المطاط المدعم بخيوط الرايون) الصلادة للمطاط IRH 70 ± 5°، ويوجد القارن الاطاري لقيم مختلفة من القدرة تمتد من (15 Kw إلى12500 Kw وبسرع من 900 rpm إلى5500rpm) وبإبعاد تختلف مع اختلاف القدرة المنقولة والسرعة المطلوبة **Gitin , 1995.**

التصميم المقترح

يعتبر القارن المقترح من القوارن المرنة flexible coupling ويتكون العنصر المرن من طبقات من الإطارات المستعملة وهو يختلف عن القارن الإطاري من حيث العنصر المرن ففي القارن الإطاري يكون العنصر المرن على شكل أطار كامل من المطاط المعزز بألياف الرايون أو النايلون بينما يحتوي القارن المقترح على عنصر مرن مكون من أشرطة من المطاط المنزوع من الإطارات المستعملة و بعرض يتناسب مع الحمل المنقولأو على شكل صليب كما في **الشكل** 4 ويثبت كل من الشريط أو الصليب بواسطة أقراص الضغط pressure discأو مباشرة بواسطة لوالب إلى كل من دولاب المحرك أوفلنجة المولد .

ويعتمد سمك الشريط أو الصليب على الحمل المنقول أيضا (مقطع الشريط =العرض(w)xسمك الشريط (t) وحيث أن السمك يحتوي على عدد محدد من طبقات الإطاركأن يكون اثنين أو أكثر فأن تحمل العنصر المرن لقوى الشد والقص الديناميكية يعتمد على عدد الطبقات المستعملة في الجزء المرن . بينما يمكن تحديد الأبعادالأخرى للقارن من الجداول التصميمية وكما يأتي :

مثال حسابي : قارن مرن يوضع بين محرك احتراق داخلي (IC engine) ومولد كهربائي (Generator) القدرة الاسمية للمحرك 30 Kw وبسرعة rpm3000 بمعدل استعمال يومي قدره 10 hr/day وبمعدل تشغيل 4 مرات في الساعة وبدرجة حرارة (30-50)°م .

Nominal power = 30 Kw
Design power = Nominal power * f_1 * f_2 * f_3
f1 = minimum factor of safety for types of duty .
f2 = factor of safety for daily operation .
f3 = factor of safety for frequency of start .
from tables : ($f_1 = 1$, $f_2 = 1.12$, $f_3 = 1.09$)
Then :
Design power = 30 * 1 * 1.12 * 1.09 = 37 Kw .
Power in Kw / speed in rpm Ratio PKw/rpm .
Is

$$\frac{37}{3000} = \frac{P.Kw}{rpm}$$

= 0.01233 Kw/rpm.
Kw / 100rpm = 1.233 Kw / 100rpm .
From tables : The Dimensions suitable for the coupling have Kw / 100rpm. > 1 and < 2.1 are as follow .
Torque N.m = 150 N.m
Mass speed = 3200 rpm
Bore in minimum rough= 30 mm
Bore in maximum rough = 55 mm
A = 212 mm , B = 95 mm , C = 169 mm , D = 157 mm ,
E = 83 mm , F = 56 mm , G = 45 mm .

الأبعاد (A , B , C , D , E , F , G) كما في **الشكل رقم** 3 .

وعند استخدام قارن اطاري من شرائح من الاطارات المستعملة فأن اجهاد القص لشريحة واحدة مكونة من طبقة واحدة ذات مساحة مقطع (0.1 x 0.002) متر سوف يكون :

$$\tau = \frac{T}{0.5A * A_L} = \frac{\frac{150}{0.106}}{0.002x0.1} = 7.07 * 10^6 \ N/m^2$$

ومن القيم التجريبية لثابت القص G لطبقة من المواد المركبة من المطاط والالياف هي $3.82 * 10^6 \ N/m^2$.
saad.2006

فأن عدد الشرائح التي ينبغي استعمالها في القارن هي :

$$\acute{n} = \frac{\tau}{G} = \frac{7.07 * 10^6}{3.82 * 10^6} = 1.845 \approx 2$$

ولو اخذنا عامل أمان (f = 2) :

$$n = f * \acute{n} = 2 * 2 = 4$$

وبهذا يكون القارن من أربعة شرائح بطبقة واحدة وبالإمكان ان يكون من شريحتين بطبقتين لكل منها .

الاستنتاجات والمقترحات

في الآونة الأخيرة حظي استخدام الإطارات المستعملة (تدوير الإطارات) باهتمام كبير من قبل الكثير من الدول والمنظمات إلا أن استخدام الإطارات المستعملة في صناعة أجزاء ميكانيكية لا يزال في حدود ضيقة وذلك بسبب ميل الكثير من المنتجين لصناعة أجزاء من مواد خام جديدة ، وقد تبين من خلال البحث ما يلي:

1- أن المواصفات الميكانيكية لشرائح الإطارات المستعملة لم تتغير بدرجة كبيرة عما عليه في الإطارات الجديدة.

2- كانت القوة اللازمة للقطع (breaking force) للإطار المستعمل في حدود 113.27نيوتن .

3- كانت قوة القطع للإطارات الجديدة 137 نيوتن حيث تنخفض بنسبة 17% كما يبينه **الشكل رقم 5** .

4- في هذا البحث نقترح استخدام الإطارات المستعملة في تصميم قارن مطاطي مرن يصل كل من محرك الاحتراق الداخلي ورأس التوليد في المولدات الصغيرة والمتوسطة حيث يعطي مرونة تصل إلى 4° في الاستقامة وبحدود 3 ملم في انحراف المحاور ، ولدى استخدام شريط من الإطارات المستعملة مكون من عدة طبقات كقارن مرن فانه يمتاز بعمر أطول مقارنة مع القوارن المطاطية التي تستخدم المطاط وحده . وعند احتساب عدد الطبقات لقارن يربط محرك ذو قدرة أقل من 30 Kw وجد أنها تساوي اربعة أشرطة بطبقة واحدة .

المصادر

1. صباح مصطفى حسن ، **ميكانيك السيارات والتطورات التكنولوجية الحديثة،**ج 1 ، ط1 ،طبع وتصميم المطابع العسكرية،بغداد،1983 .

2. Asaad , M.C , Mechanics of Cord – Rubber composite material, in " The pneumatic tyre" , national high way and traffic safety administration , 2006 , PP 105-185

3. Baker, Thomas E. Evaluation of use 0f scrap tires in transportation related applications in the state of Washington, report to the legislature as required by SHB2308, Washington state department of transportation, 2003 .

4. GitinMaitra& L V Prasad , Hand book of mechanical design , 2nd ed., Tata McGraw-Hill publishing , New Delhi ,1995 .

5. Humphry, D.N., Sanford, T.C., Cribbs, M.M.andManion, W.P., Shear stress and compressibility of tire chips for use as retaining wall backfill. Rtransportation research record 1422, Washington, D.C., 29-35, (1993).

6. ParkashVenKataraman, effect of nitrogen on rolling resistance and vehicle fuel economy, Msc thesis, Clemson University, 2007.

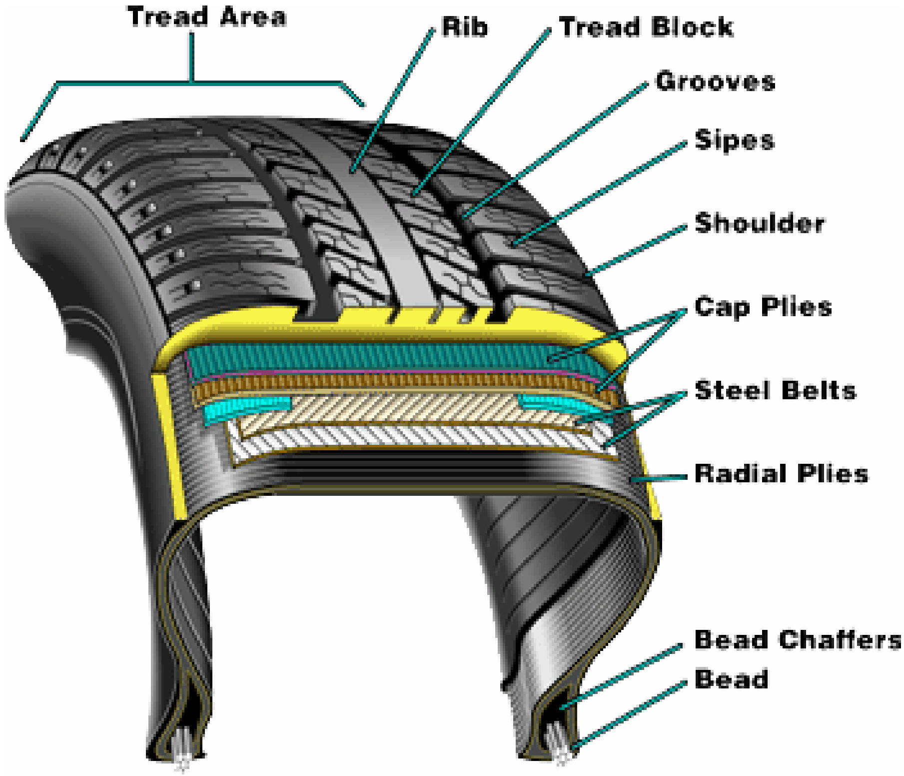
7. Paul T. Williams, High Value Products from Scrap , Department Fuel and Energy , the university of Leads retrived from reporter leads . ac. uk /443/tyres.htm , Reporter 443, 22 November 1999 .

8. www.wast online.org.uk, End of Life Vehicle and Tyre Recycling – Information sheet , Refrived from www.wast online.org. uk , 2007 .

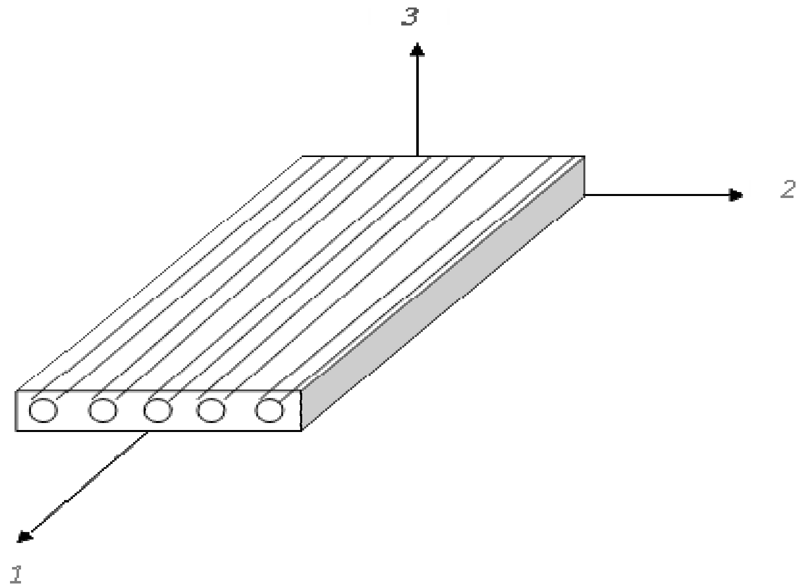
الجدول رقم 1 المكونات النموذجية للإطار

مكونات الإطار	عدد الأجزاء التي تحتوي على المادة	الوزن %
المطاط الهيدروكاربوني	100	51
أسود الكاربون	50	26
زيوت	25	13
كبريت	2	1
أوكسيد الزنك	4	2
مركبات كيميائية أخرى *	15	7

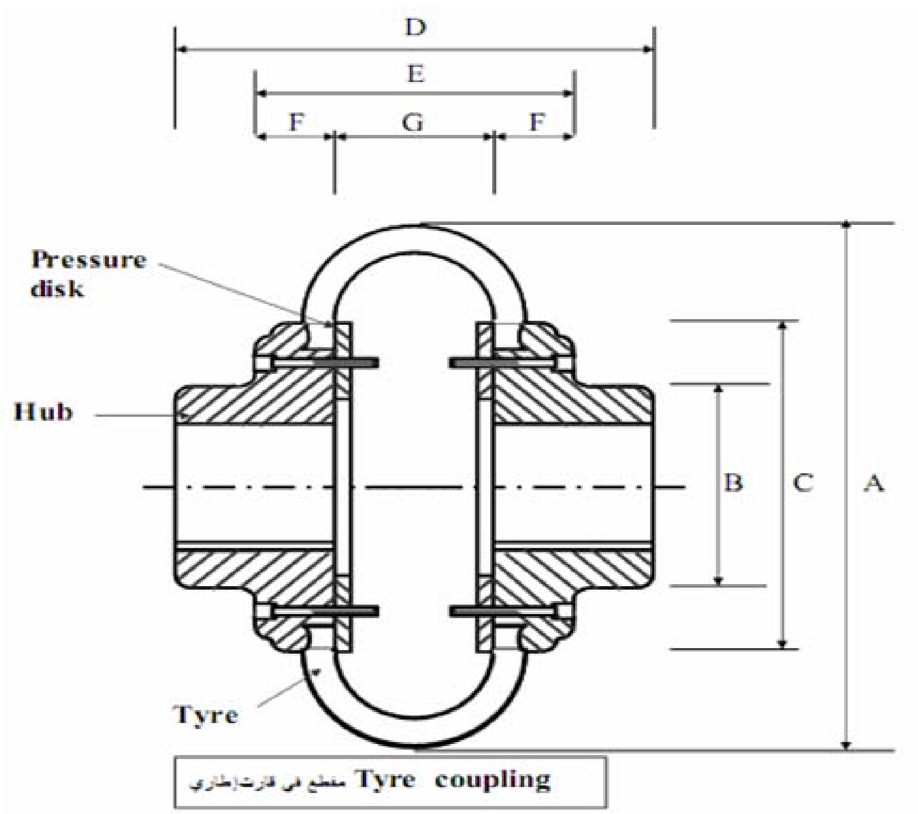
* تتضمن المركبات الكيميائية الأخرى (مواد غير عضوية ، حشوات ، منشطات ومعجلات الفلكنة ، وعوامل مساعدة للتفاعل)
(www.wastonline.org.uk)



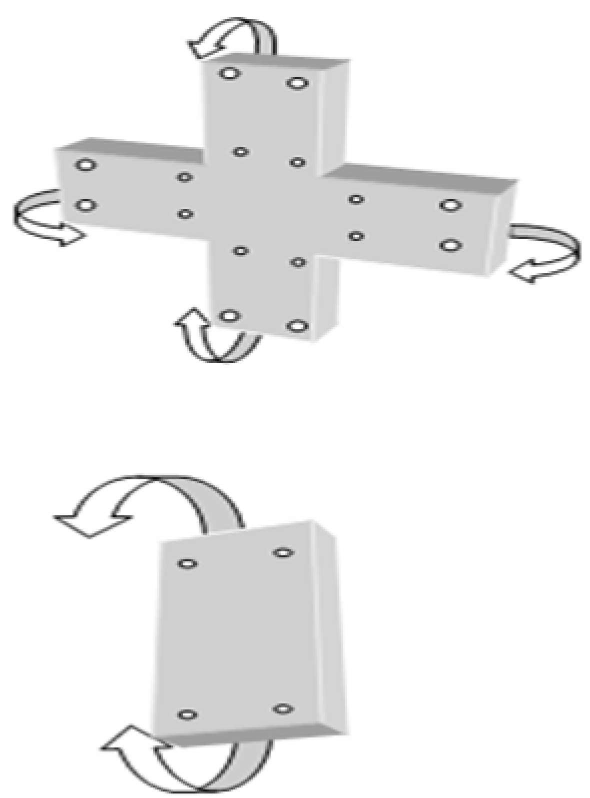
الشكل رقم 1 يوضح مكونات وطبقات الإطار(Parkash,2007)



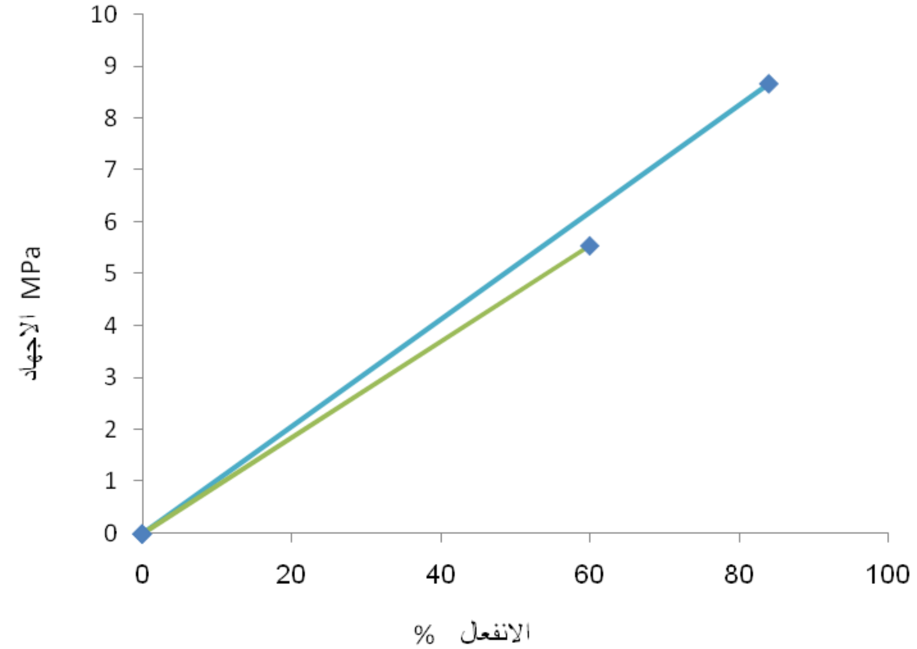
شكل رقم 2 طبقة من المادة المركبة تتكون من الالياف والمطاط



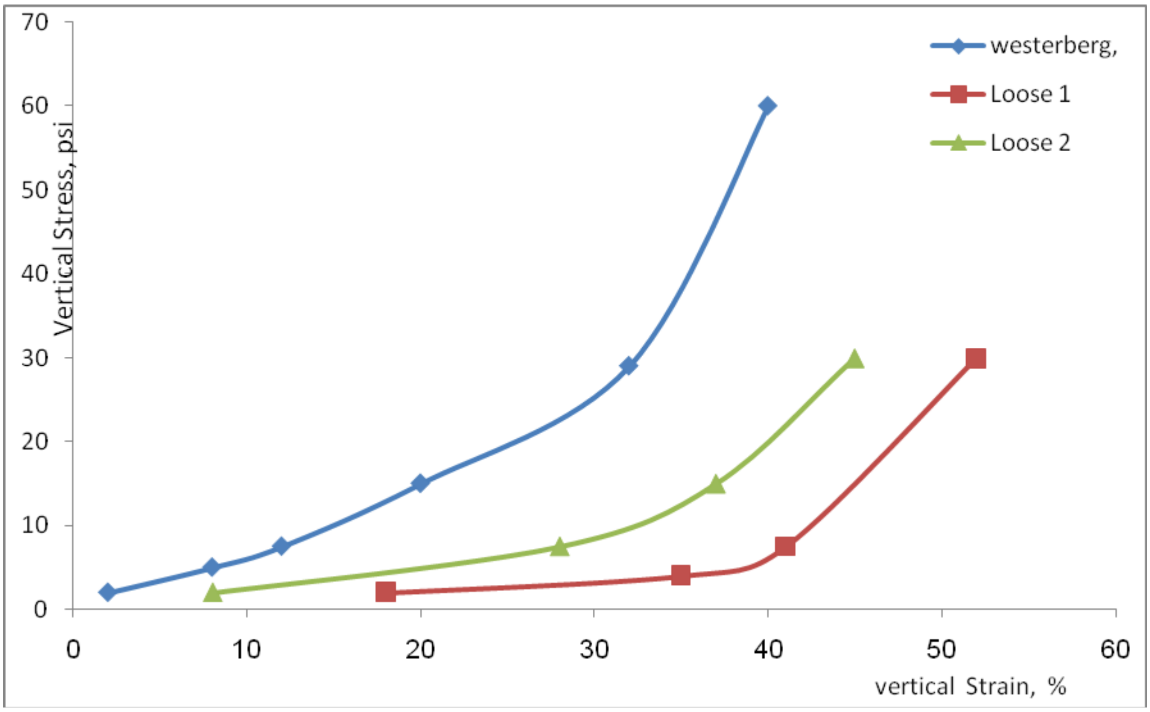
الشكل رقم 3 مقطع في قارن إطاري(**Gitin,1995**)



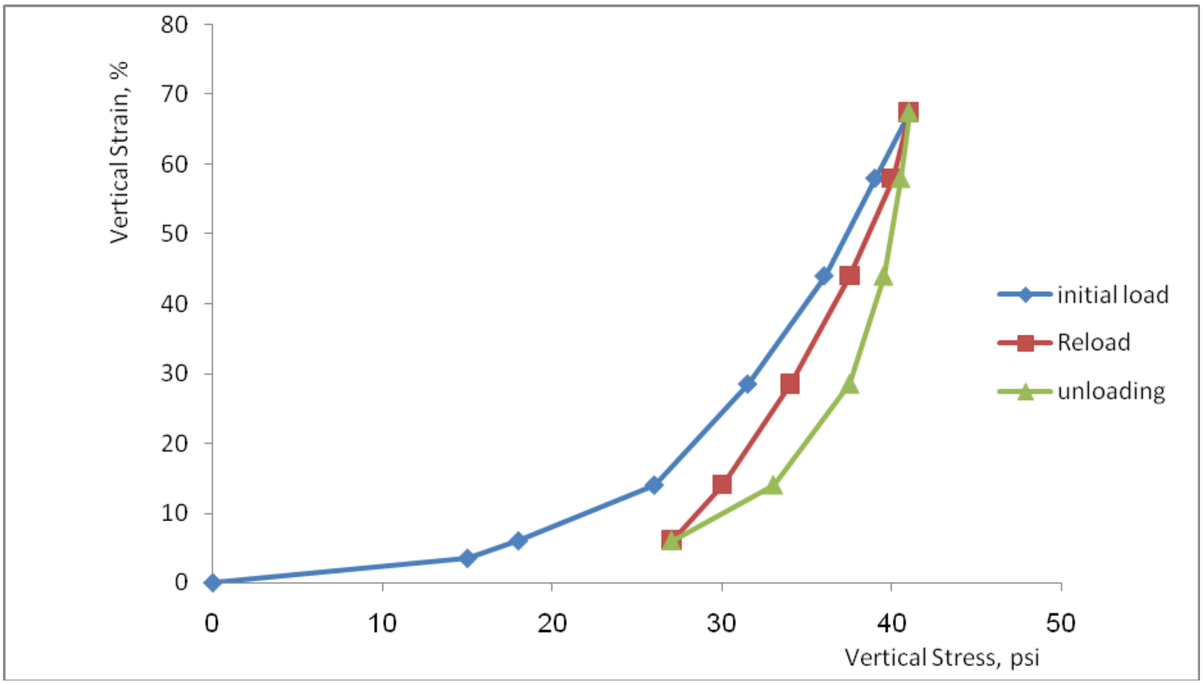
الشكل رقم 4 نوعين من القوارن



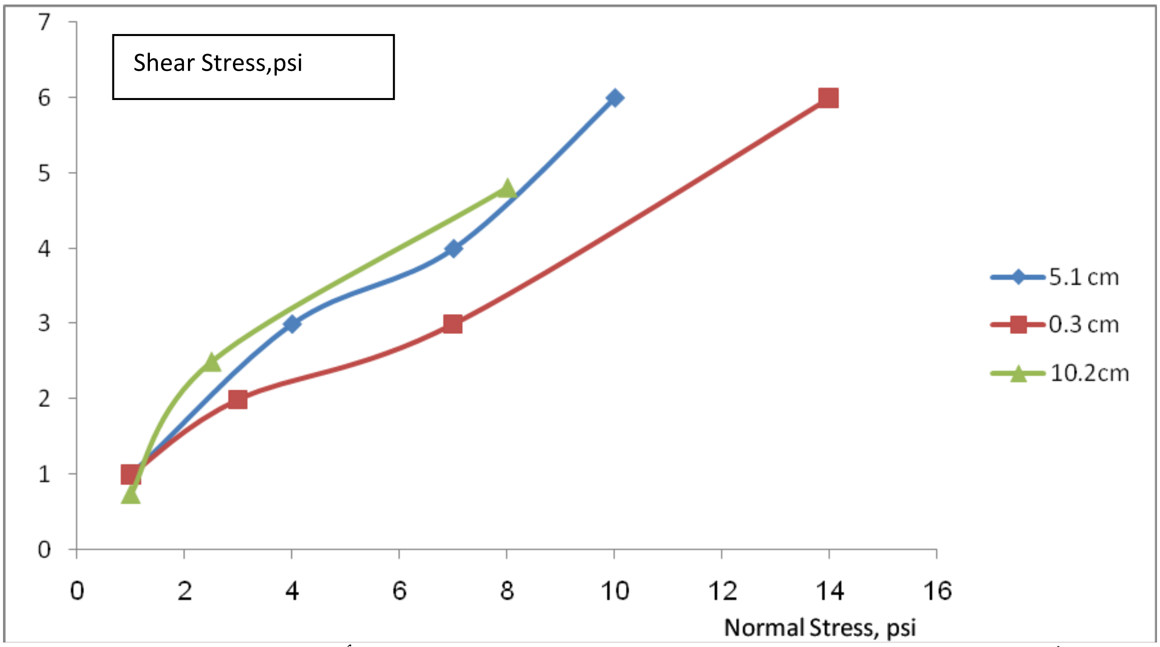
الشكل (5) العلاقة بين الاجهاد والانفعال بالاتجاه العرضي لعينتين من الاطارات المستعملة



الشكل رقم 6 الانفعالات العمودية الابتدائية مقابل الإجهاد لشرائح الإطارات المستعملة (**Baker,2003**)



الشكل رقم 7 السلوك النموذجي لشرائح الإطارات المستعملة خلال دورة التحميل وإزالة التحميل
(Humphrey, 1993)



الشكل رقم 8 إجهاد القص لشرائح الإطارات المستعملة محسوبة على أساس اختبار القص المباشر**(Baker,2003)**