

Effect Of Reinforced by Coconut Fiber Core on The Mechanical Properties for Un-Saturated Polyester Matrix Composite Material

Hind Basil Ali 

Materials Engineering Department , University of Technology/Baghdad

Email:Hindbasil79@yahoo.com

Received on: 21/11/2012 & Accepted on: 4/7/2013

ABSTRACT

This work involves study tensile strength; hardness and thermal conductivity of composite material consist of coconut fibers mixed with polyester resin. This composite material was prepared by adding three percentage of coconut shells (1,2 and 3) wt% . addition of coconut shells improved mechanical properties for composite material with three percentages , while led to decrease thermal conductivity because it is behave as insulated material.

Keyword: Coconut Fiber, Composite Material, Polyester Resin(Up)

تأثير التدعيم باللياف ثمرة جوز الهند على الخواص الميكانيكية لمادة متراكبة ذات اساس من البولي استر غير مشبع

الخلاصة

يتضمن هذا البحث دراسة مقاومة الشد والصلادة والتوصيلية الحرارية لمادة متراكبة مكونة من اللياف قشور جوز الهند الممزوجة مع راتنج البولي استر . حضرت هذه المادة المتراكبة باضافة ثلاث نسب من القشور قدرها ١ و ٢ و ٣ نسبة وزنية مئوية. ادت اضافة قشور جوز الهند الى تحسين الخواص الميكانيكية للنسب الثلاثة المضافة ، بينما قلت الموصلية الحرارية حيث تصرف قشور جوز الهند كمادة عازلة.

الكلمات المفتاحية : اللياف جوز الهند، المواد المتراكبة، بولي استر

المقدمة

تعد المواد المتراكبة من سمات العصر الحالي لما تتمتع به من خصائص من حيث خفة الوزن والمتانة العالية بالرغم من انها عرفت واستخدمت منذ الاف السنين ، ان المادة المتراكبة يمكن تعريفها بانها مادة مكونة من عنصرين على الاقل مرتبطان معاً فيزيائياً على ان لا يكون هنالك تفاعلاً كيميائياً شاملاً فيما بينها والمادة الناتجة ستنتمتع بخواص تختلف عن خواص العناصر المكونة لها فيما لو استخدمت كلاً على انفراد [1] ، تتكون المادة المتراكبة من مادة كتلية (bulk material) والتي تدعى بمادة اساس (matrix) او الطور المستمر (continuous phase) ومادة التدعيم (reinforcement material) [2] والتي طالما استخدمت باشكال مختلفة منها المساحيق، الالياف ، الحبيبات البيضية او الكروية حسب التطبيق المطلوب انجازه ، وتعمل مادة التدعيم عادةً على تحسين او زيادة مقاومة وصلابة مادة الاساس. ان مفهوم المواد المتراكبة قد تطور عبر العديد من السنين فقد اعتبرها البعض على انها مزيجاً من مادتين او اكثر توحدهما مادة رابطة ، في حين اعتبرها البعض الاخر مواد جديدة ذات خصائص تعتمد على ما تمر به من عمليات اثناء تحضيرها فضلاً على تركيبها الدقيق ويمكن تصنيف المواد المتراكبة على اساس نوع مادة الاساس او على اساس الشكل الهندسي لمادة التدعيم وكما موضح بالشكل (1). وفي الآونة الأخيرة تم التركيز على البحوث التي تهتم في استخدام الألياف الطبيعية لتقوية البوليمرات وجذب أنظار الباحثين اليها حيث ان استخدامها يفتح آفاق جديدة لتوسيع التطبيقات الهندسية ولما تتمتع به من خواص جيدة مثل خفة الوزن ، الكثافة القليلة بالإضافة لكونها غير سامة ومصادرها متجددة وتوفرها وكلفتها المنخفضة. [3,4]

الألياف الطبيعية يمكن اعتبارها من المواد المركبة التي تتألف من خيوط السليلوز المغمورة في مادة اللكئين وبمادة نصف سليلوزية ، ان تركيب الليف الطبيعي معقد جداً اذ يتألف من عدة طبقات ، الجدر الابتدائي (ذو سمك قليل جداً) يمثل الطبقة الاولى والذي يحيط بجدار النمو والذي يمثل الجدار الثانوي الذي يتألف بدوره من ثلاث طبقات الوسطى منها (السميكة) التي عن طريقها يتم تحديد الخواص الميكانيكية للليف اذ تتألف من سلسلة من الخيوط الدقيقة المتكونة من السلسلة الطويلة لجزيئة السليلوز [5].

إن الألياف الصناعية قد استعملت بشكل واسع في تقوية المواد البوليمرية مع ان هذه المواد تكلفتها باهظة ومن مصادر غير متجددة وبسبب الشكوك السائدة في تجهيز المواد ذات الأساس النفطى وسعر المشتقات النفطية المتناوب بالإضافة إلى زيادة المتطلبات الاقتصادية والبيئية حيث ظهرت الحاجة الى مواد طبيعية بديلة مثل القنب الهندي، الخيزران ، جوز الهند ، الاناناس ، الكتان وغيرها المستخدمة في تقوية المواد البوليمرية. وعليه فان المادة المستخدمة هي مادة لدائنية مدعمة بالالياف ثمار جوز الهند القصيرة وقد تضمن البحث دراسة بعض الخواص الميكانيكية للمادة. وفيما يلي سرد لبعض الدراسات التي تناولت موضوع البحث. [4,6]

- قام الباحث S.M.Sapuan & M.Harimi & M.A.Maleque في عام ٢٠٠٣ بدراسة الخواص الميكانيكية المتمثلة بخواص الشد والالتواء لمادة متراكبة ذات اساس من الايبوكسي المدعمة بدقائق من قشور جوز الهند وبكسور حجمية مختلفة وقد اظهرت النتائج ان هذه الخواص تزداد بزيادة الكسر الحجمي لهذه الدقائق.
- قام الباحث (Sergio N. Monteiro) واخرون في عام ٢٠٠٥ بدراسة المقاومة الميكانيكية والخصائص الانشائية للمادة المتراكبة ذات الاساس من البولي استر المقواة باللياف جوز الهند بنسبة تقوية مابين (٨٠-١٠) (Wt%) وتوصل الباحثون الى ان اقل قيم لاجهاد الانحناء يتم الحصول عليها عند النسبة ٨٠ Wt%
- قام الباحث (M.N.Gelfuso) واخرون في عام ٢٠٠٩ باجراء اختبار امتصاصية الماء لمادة متراكبة ذات اساس من البولي بروبيلين المقوى بالالياف جوز الهند الغير معاملة والمعاملة

بمحلول هيدروكسيد الصوديوم بتركيز ٢% حيث وجدوا ان الامتصاصية تزداد بزيادة الكسر الحجمي لللياف.

- قام الباحث (Md.Mominul) وزملائه في عام ٢٠٠٩ بدراسة الخواص الميكانيكية لمادة متراكبة ذات اساس من البولي بروبيلين المقوى باللياف النخيل ومقارنتها مع الخواص الميكانيكية لمادة متراكبة ذات اساس من البروبيلين المقوى باللياف جوز الهند المعاملة كيميائياً وقد وجدوا ان المعاملة الكيميائية لللياف تعطي تحسن في الخواص الميكانيكية مقارنة باللياف الخام وان الخواص الميكانيكية للمادة المقواة باللياف جوز الهند المعاملة افضل من الخواص الميكانيكية للمادة المقواة باللياف النخيل.



شكل (1) تصنيف المواد المتراكبة على اساس نوع مادة الاساس.

هدف البحث

ان الهدف الأساسي من هذا البحث هو دراسة بعض الخصائص الميكانيكية والفيزيائية لمادة متراكبة ذات اساس من البولي استر غير المشبع (Unsaturated Polyester) مقوى باللياف ثمره جوز الهند وكما يلي:-

أولاً:- دراسة تأثير خاصية الشد على المواد المتراكبة المدعمة باللياف ثمره جوز الهند .

ثانياً:- دراسة تأثير خاصية الصلادة على المواد المتراكبة المدعمة باللياف ثمره جوز الهند.

ثالثاً:- دراسة تأثير خاصية التوصيل الحراري على المواد المتراكبة المدعمة باللياف ثمره جوز الهند.

الجزء العملي:

تم في هذا البحث تحضير العينات من المادة المركبة ذات الأساس من البولي استر المقواة بألياف ثمره جوز الهند بطول (2mm) حيث تم اعتماد الطريقة اليدوية بالصب وتم إجراء الفحص الشد والصلادة والتوصيل الحراري والعزل الصوتي لغرض تقييم النماذج النهائية. وقد تم استخدام راتنج البولي استر غير المشبع (Up) (Unsaturated Polyester resin) كمادة اساس في تحضير المواد المتراكبة البولييمرية والمصنوع من قبل شركة (SIR) السعودية ، حيث يكون على شكل سائل لزج شفاف وردي اللون عند درجة حرارة الغرفة وهو احد انواع البوليمرات المصلدة حرارياً (Thermosetting)، ويتحول هذا الراتنج من الحالة السائلة الى الحالة الصلبة وذلك بأضافة المصلد (Hardener) المصنوع من قبل الشركة نفسها وهو عبارة عن (Methyl Ethyl Keton Peroxide) ويكون على شكل سائل شفاف يضاف الى راتنج البولي استر غير المشبع بنسبة 2 gm لكل 100 gm من الراتنج عند درجة حرارة الغرفة، وعند الانتهاء من اضافة المصلد الى الراتنج تبدأ عملية خلط المزيج مباشرة باستخدام الخلط اليدوي لمدة (١٠ - ١٥) دقيقة باستخدام قضيب زجاجي (Rod of Glass) الى ان يتجانس الخليط، ولايفضل تجاوز هذه الفترة الزمنية لان هذا سوف يؤدي الى جعل لزوجة الخليط عالية جداً وترتفع درجة حرارته مما يؤدي ذلك الى تسريع عملية التصلب مما يعيق عملية صب الخليط في القالب

وبالتالي فان المنتج النهائي سيكون حارياً على فقاعات هوائية تؤدي في النهاية الى فشل العينة لذلك يجب تجنب هذه الحالة، إن التفاعل المسبب لتصلب الخليط هو تفاعل باعث للحرارة (Exothermic Reaction) إي انبعاث حرارة خلال عملية الربط التشابكي (Cross linking process) ، ان مدة تصلب البولي استر لا تقل عن ثلاث ساعات عند درجة حرارة الغرفة لغرض اتمام عملية التصليد بشكل تام. بعد اتمام هذه العملية تصبح العينة جاهزة للفحص بشكل نهائي [7,8] ، والجدول (1) يبين اهم خواص مادة البولي استر غير المشبع المستخدمة في البحث وحسب مواصفات الشركة المنتجة.

الجدول (1) يبين خصائص مادة البولي استر غير المشبع المستخدمة في البحث حسب مواصفات شركة (SIR) السعودية المنتجة.

Density gm/cm ³	Thermal conductivity w/m.c ^o	Specific Heat J/ kg. k	Coefficient of thermal expansion $\alpha \cdot 10^{-6} (c^o)^{-1}$	Fracture Toughness MPa-m ^{0.5}	Tensile strength MPa	Percent Elongation (EL%)	Modulus of elasticity GPa
1.2	0.17	710-920	100-180	0.6	41.4- 89.7	< 2.6	2.06-4.41

جدول رقم (2) التركيب الكيميائي الالياف المستخلصة من ثمرة جوز الهند.

Type of fiber	Radius(μm)	waxes (wt%)	Lignin (wt%)	hemicelluloses (wt%)	cellulose (wt%)
Coir	450-100	-----	40-45	0.15-0.25	32-43

جدول (٣) الخواص الميكانيكية لالياف ثمار جوز الهند.

Type of fiber	elongation(%)	modulus young'(GPa)	Tensile strength (MPa)	Density (g/cm)
coir	30	0.15-0.25	175	1.2

تحضير العينات:-

تم استخدام طريقة القولبة اليدوية (Hand Lay Up) لتحضير العينات في هذا البحث وقد تم احتساب الكسر الحجمي لمكونات المادة المتراكبة المحضرة بالاعتماد على العلاقات التالية [9]

$$V_p = \frac{v_p}{v_c} \rightarrow v_p = \frac{m_p}{\rho_p} \quad \text{..... (1)}$$

$$V_m = \frac{v_m}{v_c} \rightarrow v_m = \frac{m_m}{\rho_m} \quad \text{..... (2)}$$

حيث إن

(gm)	كتلة المادة الاساس والدقائق على التوالي	: m_p, m_m
(cm ³)	حجم المادة المتراكبة والدقائق والمادة الأساس	: V_c, V_m, V_p
(gm/cm ³)	كثافة الدقائق والمادة الاساس على التوالي	: ρ_p, ρ_m
	الكسر الحجمي للدقائق والمادة الاساس	: V_p, V_m

اختبار الشد (Tensile Test Instrument & Specimens)

لغرض إجراء اختبار الشد للعينات المقطعة بأبعاد قياسية فقد استخدم جهاز نوع (Instron 1195 Tensile Test) المصنع من قبل شركة (Instron) الانكليزية ويتم ذلك بتسليط قوة شد بمعدل حمل (Load) مقداره (5KN) وبمعدل انفعال مقداره (0.5 mm/min) ولكافة النماذج وبأستخدام الراسم البياني للجهاز تم الحصول على نتائج مباشرة على شكل منحني بين(الحمل- الاستطالة) والذي قد تم تحويله الى منحنى (الاجهاد- الانفعال) لغرض حساب خصائص الشد (معامل مرونة الشد، إجهاد الشد الأقصى) ، لذلك فقد تم تقطيع العينات من المصبوبة حسب الأبعاد القياسية المأخوذة من المواصفات العالمية [7,10].

اختبار الصلادة (Hardness Test Instrument & Specimens)

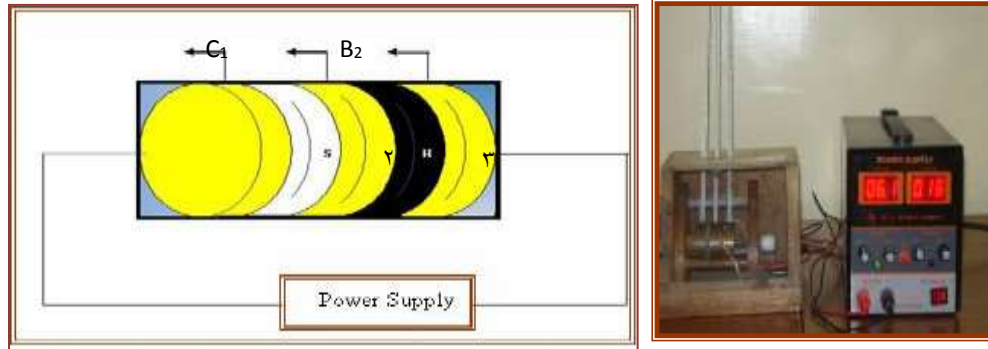
تم قياس صلادة العينات بطريقة (Shore D) والعيينة المستخدمة في هذا الاختبار يجب ان تمتلك سطح أملس (صقيل) ومستوي وبسمك لا يقل عن (3mm) وان لا يكون قد تعرض الى اهتزازات ميكانيكية سابقاً لذا فقد تم استخدام عينة بقطر (40mm) وبسمك (4mm) وهذه الأبعاد مأخوذة حسب مواصفات الجهاز الخاضع للمواصفات الالمانية ، ولهذا الغرض تم استخدام جهاز صلادة شور (Shore D) وهو عبارة عن جهاز مشابه للبوصلة يحتوي على إبرة في المنتصف وتتضمن طريقة الفحص وضع الجهاز بصورة عمودية على العينة المراد قياس الصلادة لها بحيث يكون مماساً لسطح العينة المراد قياس صلادتها لكي تغرز الإبرة في سطح المادة ثم يتم الانتظار مدة ثلاثة ثواني بعدها يتم اخذ قيمة الصلادة من الجهاز، وان الضغط المسلط حسب المواصفات (DIN 53505) ويساوي (50 نيوتن) أي مايعادل (5kp) بالنسبة لصلادة (Shore D) [9].

اختبار التوصيلية الحرارية (Thermal Conductivity Test Instrument & Specimens)

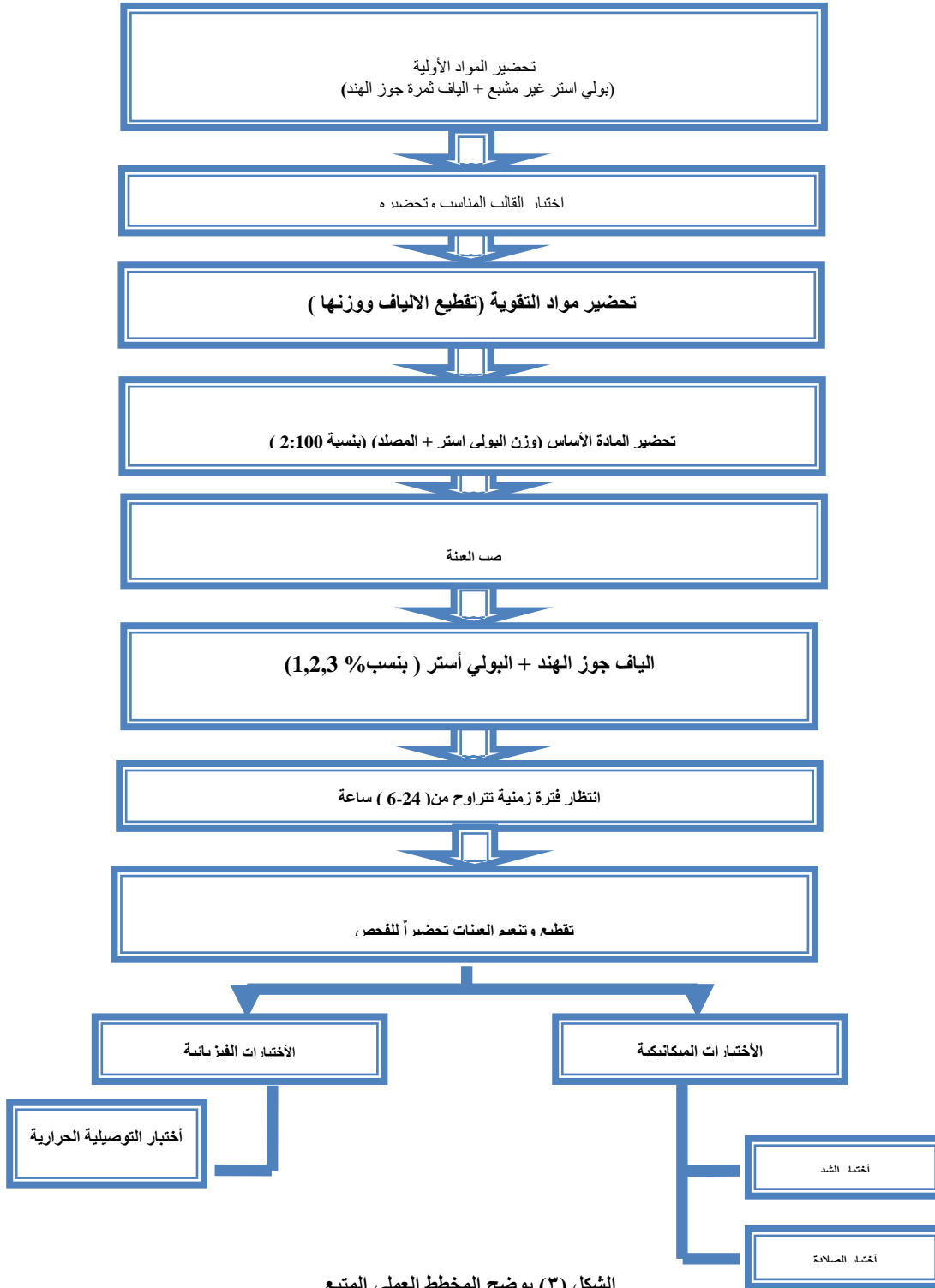
تم تقطيع عينات دائرية لغرض إجراء اختبار التوصيلية الحرارية بطريقة قرص لي بقطر (40 mm) وبسمك (5mm) وذلك حسب المواصفات العالمية القياسية ، فقد تم استخدام جهاز قرص لي (Lee's Disk) والمصنع من قبل شركة (Griffin and George) لغرض إجراء هذا الاختبار توضع عينة الاختبار (S) بين القرصين (A , B) ويوضع المسخن (H) بين القرصين (B , C) حيث يتم انتقال الحرارة الى القرص الذي يليه حتى تصل إلى القرص الأخير ولحين الوصول إلى حالة الاستقرار الحراري تحدد درجة حرارة الأقراص الثلاثة (T_a, T_b, T_c) باستخدام المحارير الموضوعه داخلها وبتطبيق العلاقة الخاصة بالتوصيلية الحرارية (1) و (2) ، يتم حساب قيمة معامل التوصيل الحراري للعيينة، ومن المهم أن يتم التأكد من نظافة سطوح الأقراص المصنوعة من البراص وان تكون هذه الأقراص متماسة بصورة جيدة للحصول على أفضل انتقال حراري عبرها [6]، شكل (2).

$$e = P/\pi r [r (T_1+T_3) + 2 (d_1T_1+0.5d_s (T_1+T_2) + d_2T_2+d_3T_3)... (1)$$

$$K=ed_s [T_1+2T_1 (d_1+ 0.5 ds) /r+T_2d_s/r] / (T_2 - T_1)(2)$$



الشكل (٢) يوضح جهاز قرص لي .



الشكل (٣) يوضح المخطط العملي المتبع

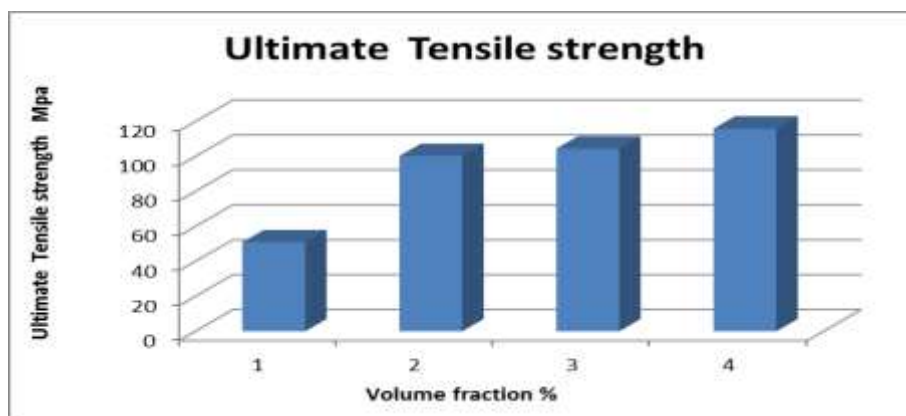
النتائج والمناقشة

جدول (4) يوضح الخواص الميكانيكية والتوصيلية الحرارية للمادة المتراكبة المحضرة

Volume fraction %	Yield strength σ_y	Tensile strength σ_{ULT}	Fracture $f\sigma$	Young modulus E	Redaction in area ΔA	Elongation % ΔEL	Hardness (Shor D)	Thermal conductivity
0	1.64	51	51	2.91	36	26	70	0.33
1	1.782	100.35	100.35	3.38	36.3	41.6	84.3	0.12615
2	3.267	104.57	104.57	8.788	34.5	45	86.6	0.07951
3	2.1005	115.95	115.95	9.133	30.5	41.6	89.3	0.01784

١- نتائج ومناقشة قيم مقاومة الشد عند الكسر، إختبار الشد (Tensile Test)

من الجدول (4) والشكل (٤) الذي يمثل العلاقة بين الكسر الحجمي لاللياف جوز الهند وقيم متانة الشد أن قيم مقاومة الشد تزداد بزيادة الكسر الحجمي لهذه الاللياف وهذا يعود إلى مساهمة ألياف جوز الهند في تحمل القوى المسلطة على المتراكب فضلاً عن توزيعها العشوائي المنتظم داخل مادة البولي إستر وسهولة تغلغل مادة الأساس بين هذه الألياف مما يخلق سطوح بينية تامة ما بين مادة الأساس ومواد التقوية ، علاوة على مدى التوافقية بين المادة الأساس من جهة وما بين ألياف جوز الهند من جهة أخرى مما أدى إلى زيادة في قيم مقاومة الشد مع كل زيادة في الكسر الحجمي لهذه الاللياف.

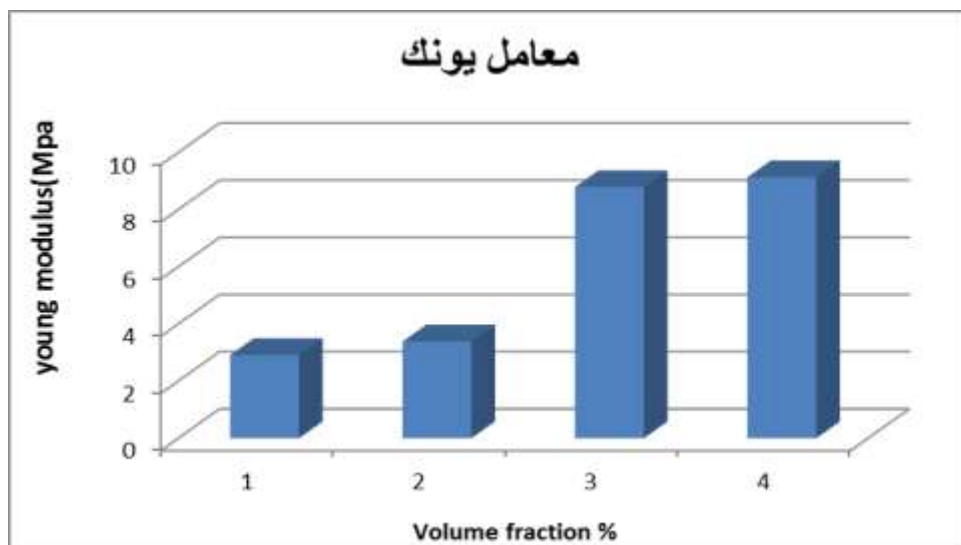


شكل (٤) يوضح العلاقة بين الكسر الحجمي لاللياف جوز الهند وقيم متانة الشد للمادة المتراكبة ذات اساس من البولي استر غير مشبع

٢- نتائج ومناقشة قيم معامل مرونة الشد

من خلال الجدول (4) والشكل (٥) يلاحظ ان قيم معامل مرونة الشد تزداد مع زيادة الكسر الحجمي لالياف جوز الهند وأن هذه الزيادة في معامل المرونة لكافة العينات يعود الى مساهمة كل من الياف جوز الهند في تحمل الحمل المسلط على المادة المتراكبة وبما يناسب خصائصها الميكانيكية وشكلها الهندسي علاوة على كسورها الحجمية، وعليه فإن استخدام الياف جوز الهند التي تمتلك معامل مرونة عالي تفوق معاملات المرونة لكل من مواد التقوية الاخرى وكذلك مادة الاساس التي تمتلك معامل مرونة واطيء وان زيادة الكسر الحجمي لالياف جوز الهند كان على حساب الكسر الحجمي لمادة الاساس ادى الى زيادة معامل المرونة لكافة العينات .

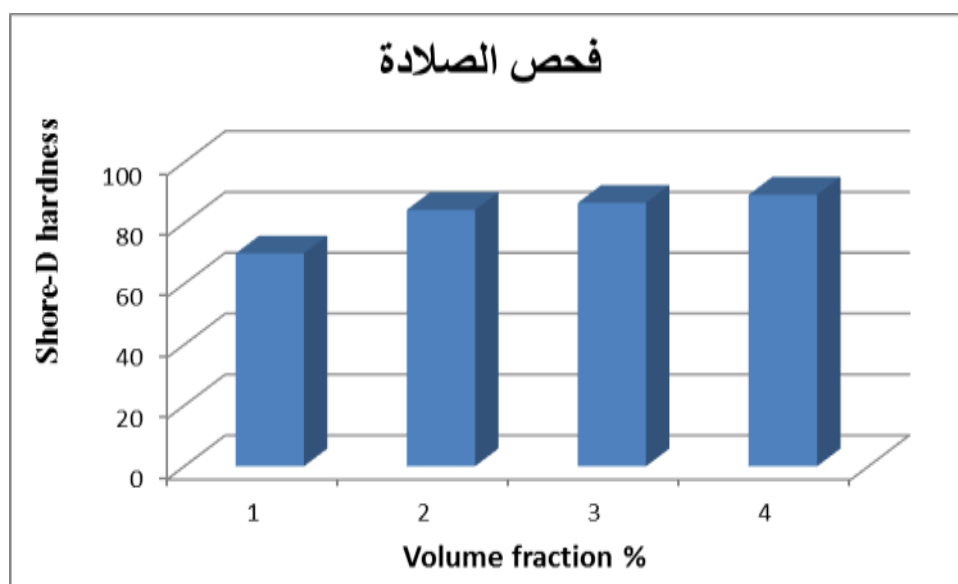
ان تفسير ذلك هو ان استخدام الياف جوز الهند بأحجام صغيرة كمواد تقوية ساعد في تسهيل عملية تغلغل مادة الاساس ما بين الالياف دون ان تعمل على تكوين عيوب داخل شبكة الالياف وداخل المادة المتراكبة نفسها وهذا ما يزيد من قابلية الوسط لتبليل مواد التقوية بشكل متكامل ومن ثم زيادة مساحة التلامس البيني بين مواد التقوية ومادة الوسط وبالتالي زيادة قوة الترابط بين مكونات المادة المتراكبة وجعلها اكثر تماسكاً فأن ذلك ادى الى زيادة معاملات المرونة للمواد المتراكبة المحضرة وبمعدلات تتناسب مع طبيعة وشكل وحجم وتوزيع مواد التقوية.



شكل (٥) يوضح العلاقة بين الكسر الحجمي لالياف جوز الهند وقيم المرونة للمادة المتراكبة ذات اساس من البولي استر غير مشبع

٣- نتائج ومناقشة اختبار الصلادة (Hardness Test)

اغلب اختبارات الصلادة تعتمد على مقاومة المادة للاختراقات عند سطحها الخارجي وهناك طرق مختلفة تمثل دليل الصلادة، ففي هذا البحث تم إجراء فحص الصلادة باستخدام (Shore Udometer) نوع (Shore D) ، من الجدول(4) والشكل (٦) يلاحظ إن قيم الصلادة للعينات تزداد مع زيادة الكسر الحجمي لالياف جوز الهند وذلك لما تتمتع به هذه الالياف من صلادة عالية ، حيث نلاحظ ان قيم الصلادة زادت عند زيادة الكسر الحجمي وبما ان الصلادة صفة لسطح المادة وان مقاومة الياف جوز الهند للقوة المسلطة عليها تكون قليلة حسب الكسور الحجمية المستخدمة لذلك فان الزيادة في قيم الصلادة تكون قليلة بزيادة الكسر الحجمي لالياف جوز الهند.

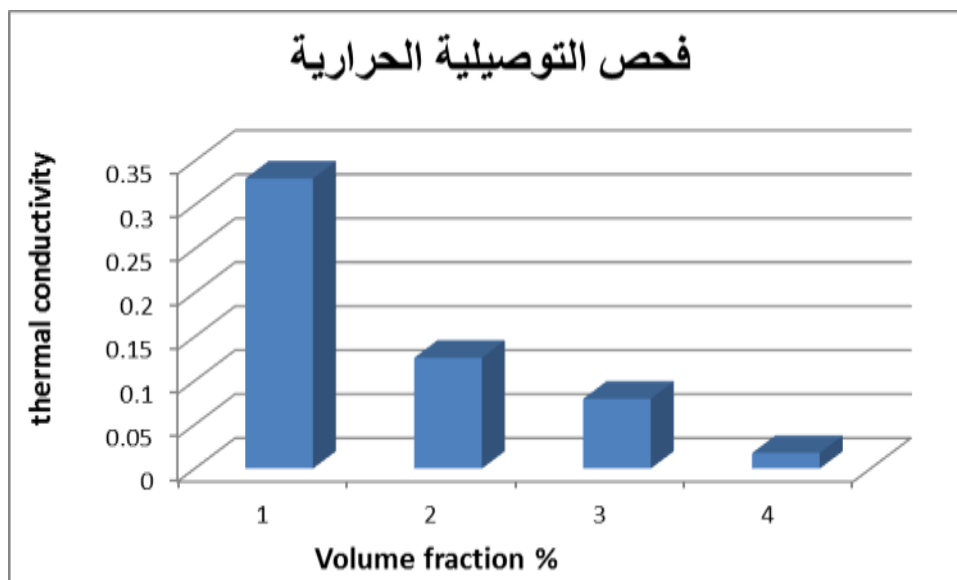


شكل (٦) يوضح العلاقة بين بين الكسر الحجمي لالياف جوز الهند وقيم صلادة Shore-D للمادة المتراكبة ذات اساس من البولوي استر غير مشبع

٤- نتائج ومناقشة اختبار التوصيلية الحرارية (Thermal Conductivity Test)

اعطت العينات المحضرة عزلا حراريا افضل من المرجع وسبب ذلك يعود لوجود الياف جوز الهند ومنها مركبات متفرعة ومتشابكة وعشوائية الانتظام في تركيبه المتراكب مما يعيق سير الحرارة

باتجاه واحد وانتقالها الى الطرف الاخر بل تتوزع في اتجاهات مختلفة فيتم تبديدها داخل جسم النموذج في حين يتم انتقال جزء من الحرارة والذي تم تسجيله وكان منخفضا. فمن خلال الجدول (٤) والشكل يلاحظ نقصان قيم معامل التوصيلية الحرارية للمترابك الهجيني المحضر مع زيادة الكسر الحجمي لالياف جوز الهند وذلك لان الياف جوز الهند اكثر عزلا للحرارة.



شكل (٧) يوضح العلاقة بين الكسر الحجمي لالياف جوز الهند وقيم متانة الشد للمادة المتراكبة ذات اساس من البولوي استر غير مشبع

الاستنتاجات

- 1- إن زيادة الكسر الحجمي لالياف جوز الهند المضاف إلى المادة المتراكبة المحضرة من البولوي استر غير المشبع كمادة أساس أدى إلى زيادة قيم بعض الخواص الميكانيكية التي أجريت في البحث حيث كانت أعظم قيمة لكل من متانة الشد (115.995) معامل المرونة (9.133) بالمقارنة مع قيم متانة الشد (٨٩,٧) ومعامل المرونة (٤,٤١) للعينة من البولوي استر الغير مدعمة باللياف جوز الهند .
- 2- ان زيادة الكسر الحجمي لالياف جوز الهند المضاف إلى المادة الأساس أدى إلى زيادة قليلة في قيم الصلادة للعينات للمادة المتراكبة المحضرة.

٣- تقل قيم معامل التوصيلية الحرارية مع زيادة الكسر الحجمي لالياف جوز الهند للمادة المتراكبة المحضرة مما يعني تحسن في قابلية العزل الحراري لتلك المادة .

المصادر

- [1].Jask. R. Vinson , Tsv-Wei Chou , "*Composite Materials & their Use in Structure*", publisher by LTD, (1975).
- [2].S. Hussein syah and M. Mostapha, "The Effect of Filler Content on Properties of Coconut Shell Filled Polyester Composites" *Universiti Malaysia Perlis, Taman Muhibah, 02600 Jejawi, Perlis. Malaysian Polymer Journal, Vol. 6, No. 1, p 87-97, 2011*
- [3]. Khedari, J., S.Charoenval, J. Hirunlabh and S.Teekasap, "New low –cost insulation particleboards from mixture of durian peel and coconut coir", *Build Environ.,vol.39,pp.59-65.*
- [4].Christophe Baley ,Y. Perrot ,Peter, Davies , "Mechanical Properties of Composites Based on Low Styrene Emission Polyester Resins for Marine Application", *Journal of Applied Composite Materials ,Vol.13,No.1,January,(2006).*
- [5].S.M. Sapuan , M. Harimi and M. A. Maleque, "Mechanical Properties Of Epoxy/Coconut Shell Filler Practical Composites" Department of Mechanical and Manufacturing Engineering, University Putra Malaysia, Selangor, Malaysia,2003.
- [6].Se Wing Nour Eddin Rafiq & Najlaa Roshdy Mohammed , "Effect of Filler Particle Size and Concentration on the Mechanical and Thermal Properties of Polymer Composite", 2001.
- [7].Sanjay kindo , "Study on Mechanical Behavior Of Coir Fiber Reinforced Polymer Matrix Composites", A Thesis Submitted In Partial Fulfillment Of The Requirements For The Degree Of Bachelor of Technology in Mechanical Engineering ,Department Of Mechanical Engineering National Institute Of Technology, May 2010
- [8]D.D.L .Chungm "Composite Material Science and Application" ,Second Edition, Springer Verlag , London,(2010).
- [9].Daniel & Ishai, "Engineering Mechanics of Composite Materials", ACMC University of Plymouth , (2006).
- [10].Izzuddin Z., AL Emran Ismail & muhmad K.awang, " influence of fiber volume fraction on the tensile properties and dynamic characteristics of coconut fiber reinforced composite", *journal of science and technology.*