

دراسة الخواص الميكانيكية لنظام بولي استر غير المشبع - كاربيد البورون

Dr. Khansaa D.Salman
Electromechanical Eng. Dept.
University of Technology

Lact. Sbah noori
Electromechanical Eng. Dept.
University of Technology

Assi.Lact. Ahlam abd alamer
Electromechanical Eng. Dept.
University of Technology

eng. Layth H.Mahmmod
Electromechanical Eng. Dept.
University of Technology

الخلاصة

تم في هذا البحث تحضير مادة متراكبة هجينية ذات اساس بوليميري بطريقة الصب. تتكون المادة المتراكبة من راتنج البولي استر غير المشبع كمادة اساس و كاربيد البورون كمادة مدعمة وبحجم حبيبي $25\mu\text{m}$ وبكسور وزنية (10%, 20%, 30%, 40%, 50%). تم اجراء البحث على مرحلتين: المرحلة الاولى: تصنيع المادة المتراكبة اما المرحلة الثانية فقد أجريت اختبارات عديدة على المادة الجديدة تضمنت اختبار الشد والصلادة والبنية المجهرية. كذلك تم تصوير العينات باستخدام المجهر الضوئي الاعتيادي. أظهرت النتائج تحسناً واضحاً في خواص المادة المتراكبة الجديدة وخاصة عند الكسور الوزنية 40% و 50%.

الكلمات المرشدة : البولي استر، كاربيد البورون، اجهاد الشد، الصلادة، البنية المجهرية.

STUDYING THE MECHANICAL PROPERTIES OF UNSATURATED POLYESTERS - B₄C SYSTEM

ABSTRACT :

In this investigation, the composite material was prepared which was consist of polyester as the matrix and B₄C as additive material with grain size equal to $25\mu\text{m}$ with different weight fractions (10%,20%,30%,40%,50%). This investigation was done into two stages: the first stage is to produce the composite material, while the second stage is to test the new material which includes tensile test, hardness and microstructure evaluation. Also photomicrographs were taken by ordinary microscope. The results showed that obviously improvement in properties of the new composite material especially at weight fraction of (40% , 50%).

١ - المقدمة

تمتلك المواد المتراكبة البوليمرية مكانة مهمة جدا بين المواد المتراكبة نظرا لما تتميزه من خصائص تناسب العديد من التطبيقات الصناعية والانشائية حيث اصبحت حجر الزاوية في العديد من هذه التطبيقات لما تمتلكه هذه المواد من جودة ومتانة عالية في الاداء (Hai-Yong Kang, 2010) (H.Dosch, 2002). حيث شهد النصف الثاني من القرن العشرين توسعا كبيرا في إنتاج واستعمال المواد المتراكبة البوليمرية على نطاق واسع حيث تدرجت استعمالاتها من الأدوات الرياضية إلى المواد الهندسية التي تستعمل في صناعات الفضاء والصناعات الحربية والنوية وغيرها من الصناعات المهمة حيث انها بدأت تكتسب قبولا متزايدا في الصناعة نظرا لخصائص محددة تمتلكها وبالتالي انتشر استخدامها لشغل السيارات والقوارب والصناعات الكيماوية وصناعة الأثاث والصناعات منخفضة التكلفة حيث انها تمتلك خصائص (فيزيائية وميكانيكية) جذابة للمصنعين مثل خفة الوزن، وارتفاع القوة، ومقاومة التآكل ولها القدرة على أن تكون مصممة خصيصا لتطبيقات هندسية محددة ولهذا نلاحظ زيادة كبيرة في استخدام البوليمرات في الصناعات الحديثة اكثر من جيل المتراكبات المعدنية والسيراميكية لأنها لا تترك عناصر غير مرغوب فيها وخاصة في الجسم، حتى عند زرع الانسجة العظمية (Debrupa, ahiria) ، (Hu Huasi) ، (Prof. Dr. Muhsin, 2012). كما وتمتلك البوليمرات البلورية القوة العالية والاستطالة المنخفضة عند نقطة الكسر. وهناك العديد من البوليمرات التي تمتلك خصائص ممتازة تجعل ارتباطها مع مواد اخرى مما يعطي خواص فريدة من نوعها لنظام هجين (Kishore, 2002)، (MiMicromeritics) ، (2012). من هذه الانظمة نظام البولي استروكاربيد البورون حيث يمتلك هذا النظام مميزات تجعل ارتباطه يوفر خصائص ميكانيكية فريدة خاصة لرواد الفضاء الذين يبقون لمدة طويلة لاستكشاف الفضاء والذين يتعرضون للإشعاع الكونية والإشعاعات النيوترونية الثانوية الناتجة عن اشعاعات الفضاء السحيق والتي تشكل خطرا كبيرا على رواد الفضاء خلال رحلات طويلة المدة لاستكشاف الفضاء) S. (Patankar1) ، (J. Abenojar , 2011).

قام الباحث (2011 , سلمان جاهل) بدراسة تأثير التقوية بألياف الكاربون بشكل ظفائر ثنائية الإتجاه على الموصلية الحرارية لراتنج البولي أستر غير المشبع بعد تقويته حيث إستُخدمت معادلة فورير لحساب التغير في حساب النسب وزنية المختلفة من هذه الألياف إضافة إلى ذلك فقد تم حساب التغير في قيم الخواص الميكانيكية للراتنج وقد شملت هذه الخواص كل من مقاومة الصدمة ، مقاومة الشد، مقاومة الإنثناء ، مقاومة الإنضغاط ، والصلادة . لقد أظهرت النتائج تحسن الموصلية الحرارية والخواص الميكانيكية بعد التقوية بالألياف ، وترتفع القيمة الخواص المذكورة بزيادة نسبة التقوية. اما الباحثة (2011 , هدى عبد الرزاق) قامت بدراسة بعض الخصائص الميكانيكية لمتراكب البولي استر غير المشبع وبكسر حجمي قدره % 20 إن الخصائص (E-glass woven) المدعم بألياف الزجاج المحاكاة عشوائيا وقد

وجدت تحسن في الصلادة، مقاومة الصدمة، معامل يونك ومقاومة الانضغاط. اما الباحثة (Falak.O.Abas,2011) وجماعتها قامت بدراسة تأثير اضافة كل من كاربيد البورون واوكسيد السيليكون واوكسيد الالمنيوم واوكسيد الزركونيوم على مادة الالبوكسي وقد اثبتت النتائج ان افضل تحسن في الخواص الميكانيكية هو لكاربيد البورون ولكل الحجوم الحبيبية. وقام الباحث (J. Abenojar , 2011) وجماعته بدراسة تأثير الحرارة والرطوبة لمركبات الالبوكسي الممزوجة بالالياف والمهجنة مع حبيبات كاربيد البورون النانوية وقد لاحظ تحسن في الخواص للمادة المركبة الجديدة. الباحث (2012, علي عتيوي حسين) وجماعته قام بدراسة استخدم رايش ومسحوق النحاس لتقوية مادة البولي استر لانتاج مادة متراكبة. وقد قام بإجراء الفحوصات الميكانيكية مثل مقاومة الانحناء واختبار الصدمة للمادة البوليمرية المقواة بربايش ومسحوق النحاس، وقد وجد ان هناك تحسن في مقاومة الانحناء للمادة البوليمرية وكذلك في فحص الصدمة للمادة البوليمرية. اما الباحث (S. Patankar) وجماعته دراس الخواص الفيزيائية الحرارية لمركبات الالبوكسي الممزوجة مع كاربيد البورون وقد لاحظ تحسن في الخواص الميكانيكية ايضا للمادة المركبة الجديدة.

اما البحث الحالي تناول دراسة تأثير المادة المضافة وبنسب وزنية مختلفة على خواص المادة المتراكبة المنتجة مثل مقاومة الشد، الصلادة، وتحديد البنية البنية المجهرية للمادة المتراكبة المنتجة.

٢- الاجراءات العملية :

٢-١ المواد المستخدمة: ويمكن تقسيمها كالاتي:

أولا :المادة الاساس (البولي استر غير المشبع).

ان المواد المستخدمة في تصنيع عينات البحث مكونة من المادة الاساس البوليمرية وهي البولي استر غير المشبع والمصنع من قبل شركة (SIR)السعودية. يكون هذا الراتنج على شكل سائل لزج شفاف وردي اللون عند درجة حرارة الغرفة وهو أحد أنواع البوليمرات المصلدة حراريا يتحول من الحالة السائلة إلى الحالة الصلبة وذلك بإضافة المصلد والمصنع من قبل نفس الشركة المذكورة أعلاه. والمصلد عبارة عن بيروكسيد مثيل أثيل كيتون (Methyl Ethyl Keton Peroxide MEKP) والذي يكون على شكل سائل شفاف يضاف إلى راتنج البولي استر غير المشبع ويخلط باضافة 100g من الراتنج مع 2g من المصلب عند درجة حرارة الغرفة .

ثانياً: مادة التقوية (دقائق كاربيد البورون).

اما بالنسبة لمادة التقوية فتكون عبارة عن دقائق من كاربيد البورون كمادة مدعمة وبحجم دقائق (25µM) وبكسور وزنية (10%، 20%، 30%، 40%، 50%). والجدول (1، 2، 3) يوضحان خصائص مادتي البحث:

٢-٢ تحضير العينات

تم تحضير العينات للمادة المترابطة من البولي استر غير المشبع المدعم بدقائق كاربيد البورون ذات كسور وزنية مختلفة (10%، 20%، 30%، 40%، 50%) باستخدام طريقة القولية اليدوية لأنها بسيطة الاستخدام ويمكن ان نحصل من خلالها على عينات بأشكال وأحجام وابعاد مختلفة. تم مزج المواد الخاصة بعينات البحث المكونة من البولي استر غير المشبع مع دقائق كاربيد البورون. بعد ذلك تبدأ مباشرة عملية الخلط اليدوي لمدة 8-10 دقائق إلى أن يتجانس الخليط ويصب في قوالب مصنوعة من الخشب وكما موضح في الشكل (1) وعند تجاوز هذه الفترة الزمنية تصبح لزوجة الخليط عالية جداً وكذلك ترتفع درجة حرارته مما يؤدي إلى تسريع عملية التصلب وهذا يعيق عملية الصب فضلاً على احتواء المنتج النهائي على فقاعات هوائية عالية. أن مدة التصلب يجب أن لا تقل عن 3 ساعات عند درجة حرارة الغرفة. بعدها يتم اخراجه من القالب ولغرض أكمال عملية ترابط المادة المركبة بشكل تام وتقليل نسبة الفقاعات وزيادة الترابط بين الجزئيات ، تم وضعها داخل فرن كهربائي (Oven) في درجة حرارة 60 °C مدة ساعة تسمى هذه العملية بالمعالجة السريعة وبعد أتمام هذه العملية تصبح المادة المركبة جاهزة للاختبارات.

٢-٣ الأختبارات المستخدمة

الاختبارات التي أجريت على النماذج المنتجة هي اختبار الشد، الصلادة والبنية المجهرية وكمايلي:

أ- اختبار الشد

لغرض إجراء اختبار الشد تم تقطيع العينات بأبعاد قياسية حسب المواصفات العالمية القياسية [ASTMD ANSI/ 638, 1989] المبينة في الشكل رقم (2). تم استخدام جهاز نوع Instron 1195 Tensile (Test) والمصنع من قبل شركة (Instron) الانكليزية وبتسليط قوة شد بحمل مقداره (5kN) وسرعة تحميل مقدارها (0.5mm/min) وكافة النماذج وبأستخدام الراسم البياني للجهاز تم الحصول على نتائج مباشرة على شكل منحنى (الحمل - الاستطالة) والذي تم تحويله الى منحنى (الاجهاد - الانفعال) وذلك لتحديد خصائص الشد (معامل يونك، اجهاد الخضوع، اجهاد الشد الاقصى، نسبة بواسون ومعامل الجساءة). بتطبيق المعادلات التالية:

$$\text{True stress } \sigma = F/A_c \text{ (MPa)} \quad (1)$$

$$\text{True strain } \varepsilon = \ln (L_c/L_0) \quad (2)$$

$$\text{Rigidity modulus } G = \frac{E}{2(1+\nu)} \text{ (MPa)} \quad (3)$$

حيث ان:

σ : الاجهاد الحقيقي (MPa)

A_c : المساحة الحقيقية (mm^2)

ε : الانفعال الحقيقي

G : معامل الجساءة (MPa)

ν : نسبة بواسون

L_0 : الطول الفعال الابتدائي (mm)

L_c : الطول الفعال النهائي (mm)

E : معامل المرونة (GPa)

ب - اختبار الصلادة

أما فحص الصلادة فقد تم استخدام جهاز (Shore-D) نوع (Shore Durometer) الخاص بقياس صلادة المواد البوليمرية (Thermosetting Polymer) المصلدة حرارياً وهو عبارة عن جهاز يشبه البوصلة ويحتوي، على إبرة في المنتصف، تتضمن طريقة الفحص وضع الجهاز بصورة عمودية على العينة المراد قياسها 25mm حيث $R=60$ حالة 10mm - سطح العينة المراد قياس صلادتها لكي تغرز الإبرة في سطح المادة ولفترة انتظار حوالي ثلاثة ثواني بعدها يتم اخذ قيمة الصلادة من الجهاز، ان الضغط المسلط يكون حسب المواصفات (DIN 53505) ويساوي (50 N) اي مايعادل (5 kPa) بالنسبة لصلادة شور (Shore D) وقد تم اخذ ما لا يقل عن ست قراءات في اماكن مختلفة من سطح العينة، العينة المستخدمة لهذا الاختبار بقطر (40 mm) وارتفاع (5 mm) [Tribology and

.[Mechanical Testing unit

ج - فحص البنية المجهرية

اما بالنسبة للبنية المجهرية فقد تم تصوير العينات بعد عملية التحضير ولكافة النسب الوزنية للمادة المضافة (10%، 20%، 30%، 40%، 50%) وذلك باستخدام مجهر ضوئي (Optical Microscope) نوع MEIJI TECHNO ياباني الصنع وبقوة تكبير (250 X).

٣- النتائج والمناقشة

٣-١ نتائج اختبار الشد

من الجدول رقم (4) نلاحظ أن قيم خواص الشد تزداد عند زيادة الكسر الوزني لدقائق المادة المضافة حيث ان التوزيع المنتظم للدقائق داخل مادة البولي إستر وسهولة تغلغل المادة الأساس بين هذه الدقائق مما يؤدي الى خلق سطوح بينية تامة ما بين المادة الأساس ومادة التقوية، علاوة على ذلك فان مدى التوافق بين المادة الأساس والدقائق ادى الى زيادة في قيم مقاومة الشد مع زيادة في الكسر الوزني لهذه الدقائق والتي تمتلك معامل مرونة عالي (450-970 GPa) (W.B.Michel, 1997)، وان زيادة كسرها الحجمي والذي يكون على حساب الكسر الحجمي لمادة البولي استر غير المشبع وان التوزيع المتجانس لدقائق الكاربيد داخل ارضية مادة الاساس البوليمرية سوف تعمل على اعاقه حركة المادة الاساس وبالتالي انخفاض قيم الانفعال للمادة المتراكبة مما ادى الى زيادة كل من اجهاد الخضوع ومقاومة الشد القصوى وكذلك معامل المرونة لكافة العينات المدعمة وكذلك الزيادة في قيم نسبة بواسون ومعامل الجساءة ولكل الكسور الوزنية للعينات. كذلك فان مادة التدعيم المتمثلة بالدقائق الصغيرة جداً تعمل كعوائق لحركة الانخلاعات داخل المادة الاساس مما يؤدي الى تقليل امكانية حدوث التشوه اللدن وبذلك سوف تتحسن مقاومة الخضوع وصلادة المادة وكذلك الكثافة للبولي استر حيث انه كلما تزداد الكثافة تزداد معها المتانة والصلادة والجساءة للمادة وذلك لزيادة الخاصية البلورية [Qahtan Adnan Hamad AL-Jbouri (2008), [SANJAY KINDO 2010].

٣-٢ نتائج اختبار الصلادة

تم استخدام اختبار الصلادة نوع (Shore D) للبولي أستر غير المشبع بعد التقوية بالدقائق وقد تم اعتماد المعدل لست قراءات لكل حالة للحصول على دقة عالية بالنتائج. والشكل رقم (3) يوضح تأثير زيادة الكسر الوزني للدقائق المضافة في قيم الصلادة. حيث يتضح بأن قيم الصلادة لمادة البولي أستر غير المشبع تزداد بإضافة دقائق كاربيد البورون وتستمر الصلادة بالزيادة مع زيادة الكسر الوزني، إن المتراكبات الدقائقية تمتلك خواص موحدة متماثلة في جميع الاتجاهات، وهذه بحد ذاتها يمكن إن تكون لها فائدة كبيرة في بعض التطبيقات التي تتطلب خواص متماثلة إذ تعمل الدقائق على زيادة مقاومة المادة

للتشوه بالاعتماد على كيفية توزيع الدقائق داخل المادة الأساس فضلا عن مشاركتها في تحمل الاجهادات المسلطة على المادة المترابطة سوياً مع المادة الأساس، وقد يعود السبب في ذلك الى إن الدقائق نفسها تمتلك متانة وصلادة عاليتين [GEORGE S.BRADY] والتي تؤدي بدورها إلى زيادة صلادة المادة المترابطة. كما يلاحظ ان زيادة نسبة المادة السيراميكية المضافة ادت الى زيادة الصلادة وذلك لزيادة المساحة التي يشغلها الطور السيراميكي في الطور البوليمري للمادة المترابطة وكذلك لطبيعة دقائق (B₄ C) التي تعمل كعوائق لتشوه المادة الاساس بسبب الصلادة العالية لهذه الدقائق. وبما ان المادة المضافة (B₄C) ذات صلادة عالية لذا فان توزيع هذه المادة المضافة في الارضية اللينة (مادة البولي استر) يؤدي الى زيادة صلادة المادة المترابطة المنتجة وهي مادة تستخدم بشكل واسع كحشوات في التطبيقات البوليميرية وذلك لانهما تحسن من الخصائص الميكانيكية للمواد وبصورة عامة فان استخدام الدقائق كحشوات يحسن من صلادة المنتج وخاصة عند استخدام الدقائق ذات الحجم الصغير جدا اقل من 50 مايكرون (J.Z. Liang, 1997)، وذلك لان اثناء عملية التصنيع فان الدقائق الصغيرة تكون سهلة في عملية التغلغل الى داخل المادة الاساس والى داخل الفراغات البينية و المسامات البينية التي تتكون اثناء عملية تحضير المتراكب، والذي يؤدي بدوره الى زيادة مساحة التماس ما بين مكونات المادة المترابطة المحضرة ومن ثم زيادة الترابط فيما بينها وبشكل متكامل مما يعطي قيم اكثر ايجابية عند فحص الصلادة، ومن مفهوم الصلادة يمكن اعتبارها مقياساً للتشوه اللدن الذي يمكن أن يحدث في المادة تحت تأثير خارجي ولذا فان اضافة الدقائق يزيد من صلادة المادة نتيجة لزيادة مقاومتها للتشوه اللدن .

٣-٣ البنية المجهرية

الشكل رقم (4) يوضح البنية المجهرية للعينات ذات نسب الاضافة المختلفة من B₄C، عند زيادة نسب الاضافة نلاحظ الطور المضاف يشغل مساحة اكبر حيث ان زيادة كمية المادة المضافة ذو الصلادة العالية وتجانس انتشارها مع حدوث ترابط قوي ما بين المادة الاساس والمادة المضافة مما يؤدي الى زيادة الخواص الميكانيكية للمادة الجديدة.

٤- الاستنتاجات

- ١- إن إضافة دقائق كاربيد البورون إلى البولي استر غير المشبع كمادة أساس أدى إلى زيادة في قيم خواص الشد (معامل يونك، اجهاد الخضوع، اجهاد الشد الأقصى، نسبة بواسون ومعامل الجساءة) مع زيادة الكسر الوزني للمادة المضافة.
- ٢- ان زيادة الكسر الوزني لكاربيد البورون ادت الى زيادة في قيم الصلادة.
- ٣- تحسن واضح في البنية المجهرية وذلك لتجانس توزيع المادة المضافة في المادة الاساس.

جدول رقم (1): خصائص مادة البولي استر غير المشبع حسب مواصفات الشركة المنتجة.

Density gm/cm ³	Thermal conductivity W/m	Specific Heat J/kg.K	Coefficient of thermal expansion 10 ⁻⁶	Tensile strength Mp	Percent Elongation%
1.2	0.17	710-920	100-180	41.4-89.7	< 2.6

جدول رقم (2): خصائص مادة البولي استر غير المشبع حسب المواصفات القياسية العالمية [N. G. Mc Crum 1997].

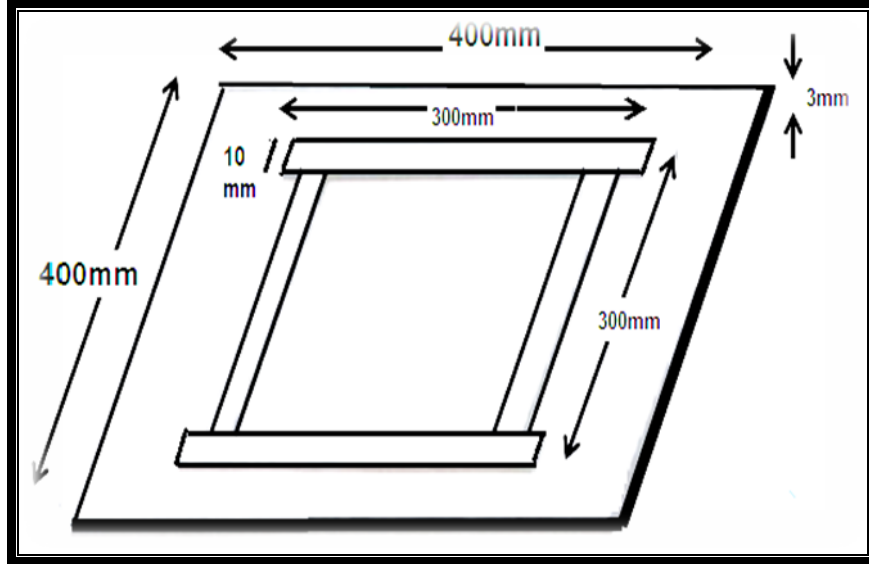
Density gm/cm ³	Young's Modulus (GPa)	Poiss ratio	Coefficient of thermal expansion 10 ⁻⁶	Tensile strength Mp	Percent Elongation%
1.2-1.5	2-4.5	0.38	75	40-90	2

جدول رقم (3) الخصائص العامة لمركب كاربيد البورون [W.B.Michel 1997]

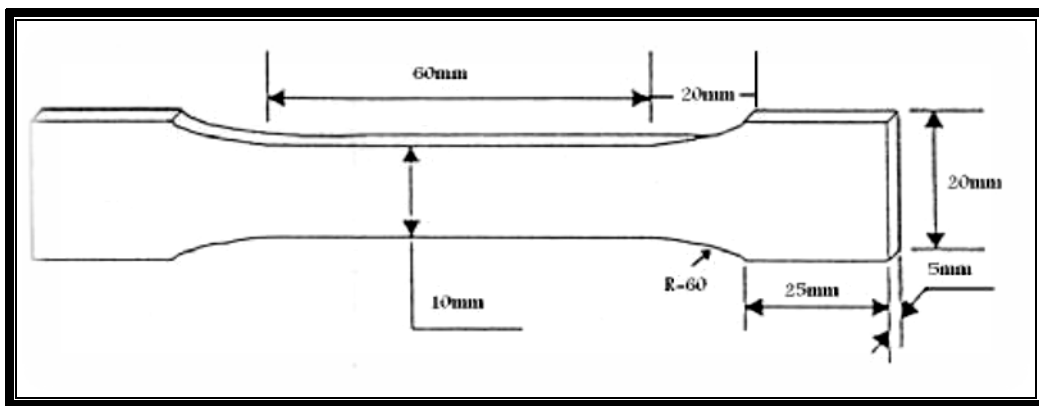
Density (g/cm ³)	Melting Point (°C)	Hardness (Knoop 100g) (kg.mm ⁻²)	Fracture Toughness (MPa.m ^{1/2})	Young's Modulus (GPa)	Electrical Conductivity (at 25°C) (S)	Thermal Conductivity (at 25°C) (W/m.K)	Thermal Expansion Co-eff. x10 ⁻⁶ (°C)	Thermal neutron capture
2.52	2445	2900- 3580	2.9- 3.7	450-470	140	30 - 42	5	600

جدول رقم (4): تغير قيم خواص الشد مع تغير الكسر الوزني للمادة المترابطة.

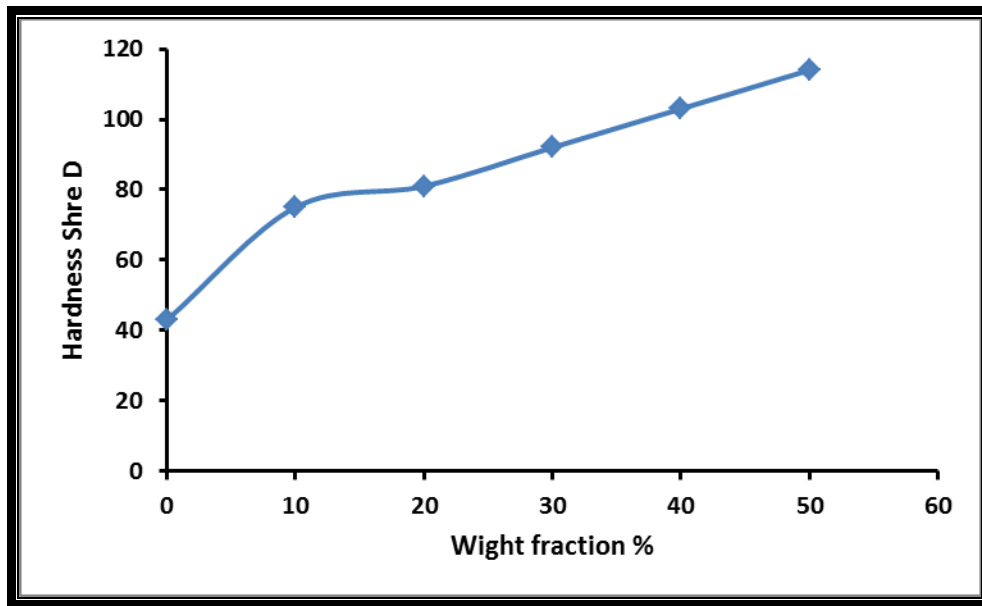
Weight fraction (%)	σ_y (MPa)	$\sigma_{U.T.S}$ (MPa)	E (MPa)	ν	G (GPa)
0	49	89	2.9	0.382	1.05
10	82.89	179.60	5.52	0.389	1.98
20	95.55	206.97	6.36	0.394	2.28
30	104.21	225.78	6.94	0.399	2.48
40	110.52	234.47	7.36	0.411	2.69
50	119.98	241.76	7.98	0.427	2.79



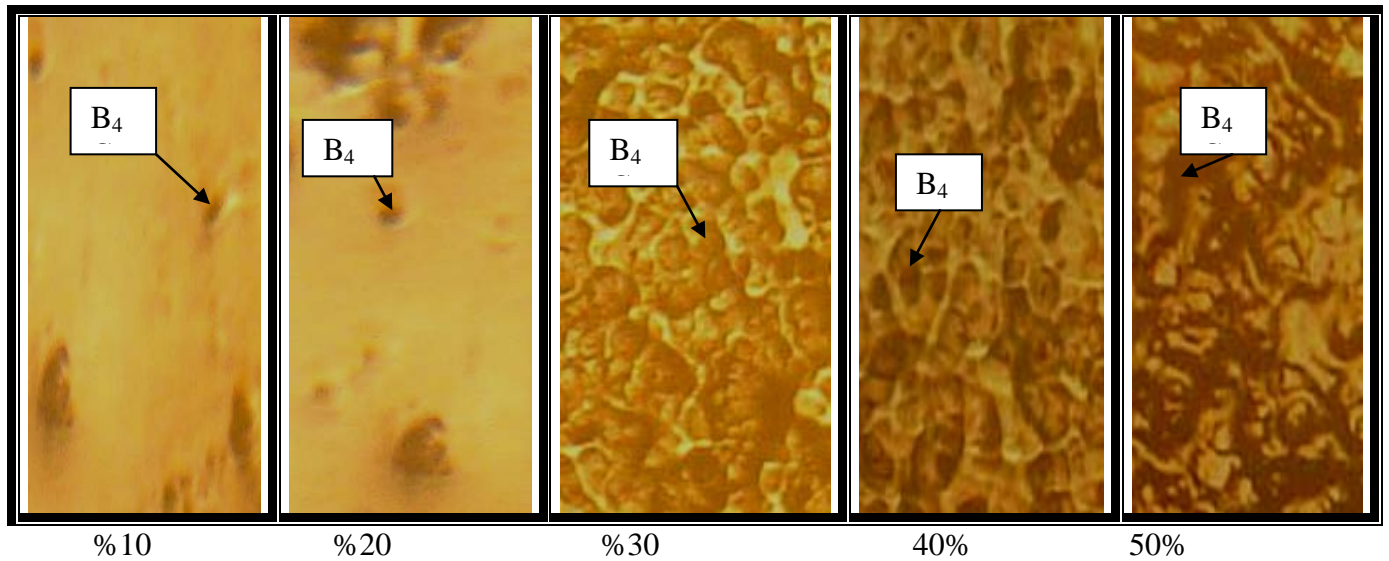
شكل رقم (1) يوضح القالب الخشبي المستخدم في تحضير العينات.



شكل رقم (2): الأبعاد القياسية لعينات اختبار الشد [ASTM 1989].



شكل رقم (3): يوضح العلاقة ما بين الصلادة وتغير الكسر الوزني للمادة المتراكبة.



شكل رقم (4): يوضح البنية المجهرية للعينات ولكل الكسور الوزنية.

REFERENCES : -- Debrupa Lahiria, Francois Rouzaud b, Tanisha Richard a, Anup K. Keshri a, Srinivasa R. Bakshi a, Lidia Kos b, Arvind Agarwal a,* , **“Boron nitride nanotube reinforced polylactide–polycaprolactone copolymer composite”**: Mechanical properties and cytocompatibility with osteoblasts and macrophages in vitro,a Mechanical and Materials Engineering, Florida International University, Miami, FL 33174, USA, b Biological Sciences, Florida International University, Miami, FL 33174, USA.

- Dr.Falak.O.Abas, Sarmad.I.Ibrahim & Raghad.U.Abass, **“Mechanical and Thermal Properties of Heterogonous Epoxy -Cellulose Fiber- Micron Ceramic Particles Composite Systems”**, Eng. &Tech. Journal, Vol. 29, No. 10, (2011).

- GEORGE S.BRADY, HENRY R.CLAUSER, JOHN A.VACCARI, **“MATEIALS HANDBOOK”** FIFTEENTH EDITION, McGraw-Hill HANDBOOK.

-ASTM,” **Annal Book of ASTM Standards”**, Section 8- plastic, Vol. (08-01), Easton, M.V.S.A, 1989.

-Hai-Yong Kang, Ph.D. **“Fabrications, and Applications Prepared”**, A Review of the Emerging Nanotechnology Industry:Materials,Department of Toxic Substances Control, Pollution Prevention and Green Technology, (2010).

-H. Dosch, E. Mittemeijer, M. Rühle, M.H. Van de Voorde, **"European White Book On Fundamental Research Max - Planck – Instill tut fur metal for Metal for Schung Stuttgart in Materials Science "**, Max-Planck-Institute fur Metal Iforschung Stuttgart, Germany Presentation of EC White Book on Fundamental Aspects in Materials Research, Polymer International Polym Int 51 (2002) PP (1378–1384).

- Hu Huasi,” **Composite Material for Shielding Mixed Radiation”**, School of Nuclear Science and Technology, Xi’an Jiaotong University (XJTU), Xi’an, 710049 Shannxi,China www.intechopen.com.

- J. Abenojar, M.A. Martínez, F. Velasco, J.C. del Real-Romero, **“Effect of moisture and temperature on the mechanical properties of an epoxy reinforced with boron carbide”**, Journal of Adhesion Science and Technology. Volume: 25 N: 18. August (2011), PP (2445-2460).

- J.Z. Liang, R.K.Y. Li &S. C. Tjong. **”Composites Processing and Applications”**, Journal of Plastic Rubber Vol. 26, No.6, (1997) PP (278-282).

- Kishore, SM Kulkarni, D Sunil and S Sharathchandra, **“Effect of surface treatment on the impact behaviour of fly-ash filled polymer composites”**, Polymer Composites Laboratory, Department of Metallurgy, Indian Institute of Science, Bangalore 560012, India Polymer International Polym Int 51: (2002), PP(1378–1384).

- MiMicromeritics, **“Materials characterization instrumentation”**, AZom™
The A to Z materials and AZojomo-The “AZo Journal of materials online”, AZom™compty. (2012).

- N. G. Mc Crum C.P. Buckley and C. B. Bucknall, “**Principle of polymer Engineering** “, Second Edition, John Wiley and Sons, New York, (1997).
- Prof. Dr. Muhsin J. Jweeg , Asst. Prof. Dr. Ali S. Hammood and Muhannad Al-Waily, “**Experimental and Theoretical Studies of Mechanical Properties for Reinforcement Fiber Types of Composite Materials**”, International Journal of Mechanical & Mechatronics Engineering IJMME-IJENS Vol:12 No:04,(2012)PP(62-75).
- Qahtan Adnan Hamad AL-Jbouri, “**Studying Mechanical and physical properties for polymer Matrix composite material reinforced by fibers and particles**”, Masc. Thesis, Material Engineering, (2008).
- SANJAY KINDO, “**Study on Mechanical Behavior of coir Fiber Reinforced Polymer Matrix**”, Composites, A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirments for the Degree of Department of Mechanical Engineering, National Institute of Technology, Bachelor of Technology in Mechanical Engineering, May 2010.
- S. Patankar¹, R. Mohan^{1*}, A. Kelkar² “**Thermophysical and Tensile Behavior of Hybrid Epoxy Composites with Boron Carbide Particulates**”, 18TH International Conference on Composite Materials, 1 Computational Sci. and Engg., North Carolina A&T State University, Greensboro, USA 2Nanoengineering, North Carolina A&T State University, Greensboro, USA.
- Tribology and Mechincal Testing unit, Test method for measuring the shore Hardness of soft materials using the CETR-UMT2 or CETR-APEX per ASTM D2240-00, BRUKER, Application Note.
- W.B.Michel, ”**fundamentals of ceramics**”, published by McGraw-hill international,(1997).

- علي جاهل سلمان "تأثير التقوية بالألياف على الموصلية الحرارية والخواص الميكانيكية للراتنجات المتصلبة بالحرارة"، مجلة القادسية للعلوم الهندسية المجلد ٤، العدد 1، (2011).

- علي حسين عتيوي، أسيل محمود عبد الله، ليث وضاح اسماعيل، "دراسة بعض الخواص الميكانيكية لمادة ميكانيكية مقواة برايش ومسحوق النحاس"، مجلة الهندسة، مجلد 18، العدد 5، (2012).

- هدى عبد الرزاق يونس البكري "دراسة الخصائص الميكانيكية لمتراكب البولي استر غير المشبع المدعم بألياف الزجاج المحاكاة عشوائياً وتأثير المحاليل الحامضية على بعض خصائصه الفيزيائية"، مجلة علوم الرافدين، المجلد 23، العدد 1، ص 114-129 (2011).