

## Study of some Properties of Polyester Resin Reinforced by Natural Wool

Areej Riyadh Saeed

Applied Science Department, University of Technology/ Baghdad

Email:Areej\_Ahmed2007@yahoo.com

Received on: 19/5/2013 & Accepted on: 6/3/2014

### ABSTRACT

In this study polymer matrix composite was prepared by hand lay –up molding method. Unsaturated polyester resin was used as a matrix to the composite material and natural wool fibers were used as reinforced filler with different percentage as (3%, 4% and 5%).

In this study some properties were studied at room temperature (Impact resistance, Modulus of elasticity).Also Dielectric constant was measured. The results showed that the value of the Impact resistance of the composite increases with the increase of the fiber percentage, while the Modulus of elasticity decreases. Dielectric constant increases with increasing the wool fiber percentage.

### دراسة بعض خصائص البولي استر المدعم بالصوف الطبيعي

#### الخلاصة

تم في هذا البحث تحضير مواد متراكبة ذات اساس بوليميري بطريقة الصب اليدوي (Hand lay-up) وقد حضرت المواد المتراكبة من راتنج البولي استر غير المشبع كمادة اساس مدعمة باللياف الصوف الطبيعي وبكسور وزنيه , ( 5% , 4% , 3%) وقد اجريت بعض الفحوصات المخبرية عند درجة حرارة الغرفة شملت (اختبار الصدمة ومتانة الانحناء ومتانة العزل الكهربائي) وقد اظهرت نتائج البحث ان قيمة متانة الصدمة تزداد مع زيادة الكسر الوزني لالياف الصوف وان قيم معامل المرونة (معامل يونك) تقل مع زيادة نسبة التدعيم , اما بالنسبة لمتانة العزل الكهربائي فقد لوحظ زيادة في قيم متانة العزل وبشكل تدريجي مع زيادة نسبة التدعيم.

#### المقدمة

لقد ازداد استخدام المواد المتراكبة ذات الاساس البوليميري بعد التطور الكبير في الصناعة فبدأت تستخدم الراتنجات المقواة بالالياف الطبيعية وذلك لرخصتها وتوفرها وقلة كلفتها بالاضافة الى ماتتبع به من خواص اهمها انها تزيد من مقاومة الشد ومقاومة الصدمة وتحسن من الخواص الميكانيكية بشكل عام وخاصة بعد معاملتها كيميائي [1,2] ان الخواص الميكانيكية للمواد المتراكبة المدعمة بالالياف تعتمد على عدة عوامل اهمها: [2,3,4]

1. النسبة الحجمية : Volume Fraction حيث تعتمد خواص المتراكبات بالاساس على مكوناتها بالاعتماد على قاعدة الخلط , حيث تزداد مقاومة الشد والمتانة مع زيادة نسبة الكسر الحجمي لمادة التدعيم.

2. طول الليف الفاعل : Effective fiber length حيث يجب ان يكون طول الليف المستخدم في التدعيم اطول من الطول الحرج (Critical length) الذي يمكن حسابة من العلاقة التالية: (1)

$$l_c = \frac{r \sigma f}{\tau} \quad \dots (1)$$

$l_c$  = الطول الحرج.

$r$  = نصف قطر الليف .

$\sigma f$  = الاجهاد المسلط على الليف .

$T$  = اجهاد القص بموازاة الليف المقاوم للسحب .

3. اتجاه الليف : Fiber Orientation حيث يؤثر توجيه الاليف خلال المادة بالنسبة لاتجاه الحمل المسلط على متانة المادة المترابكة.

4. ترابط السطح البيني : Interfacial Bonding ان الترابط بين الاليف والمادة الاساس هو العامل الرئيسي في تحديد السلوك الميكانيكي للمترابك اثناء التحميل وفي بعض الاحيان يستخدم ما يسمى بالمواد الرابطة التي تساعد على زيادة وتحسين الترابط ما بين المادة الاساس والليف.

#### راتنج البولي استر غير المشبع: (Unsaturated Polyester)

يعتبر هذا الراتنج من البوليمرات المهمة المتصلدة حراريا وتعاني هذه البوليمرات تفاعلات كيميائية عند تسخينها حيث تتشابك فيها السلاسل البوليمرية وتصبح هذه البوليمرات بعد معاملتها الحرارية غير دائبة وغير قابلة للانصهار وريدئة التوصيل للحرارة والكهرباء. وللسلاسل البولي استر الغير مشبع تركيب متشابك حيث تحدث عملية التشابك بواسطة تفاعل بلمرة اضافة مستقل خلال الاواصر المزوجة الفعالة الموجودة في الهيكل الرئيسي للبولي استر , ومن نقاط ضعفه التقصف (Brittleness) وتقلصه الكبير جدا الذي قد يصل الى (7%) يستخدم هذا الراتنج في مدى واسع من التطبيقات الصناعية خاصة مع مختلف الانواع من الاليف حيث يعطي مادة مترابكة قوية وصلبة لغرض البناء والانشاءات وفي صناعة الحاويات الكيماوية نظرا لمقاومتها العالية للماء والمحاليل والابخرة الكيماوية [5,6].

#### الجزء العملي

##### المادة الاساس Matrix

استعمل في هذا البحث راتنج البولي استر غير المشبع كمادة اساس , ويكون على هيئة سائل لزج شفاف , اما المواد المضافة اليه فهي الكوبلت الثماني (cobalt octoate) وهي مادة ذات لون احمر بعد اضافتها الى البولي استر يتحول لونه من الشفاف الى اللون الاصفر وعادة يسمى الكوبلت الثماني بالمعجل , وهو لوحده لا يكفي لجعل راتنج البولي استر غير المشبع مادة صلبة اي جعله مادة صلبة بلاستيكية , لذا تضاف اليه مادة المصلب (Hardener) لتحويله الى مادة بلاستيكية صلبة . مادة المصلب المستخدمة في هذا البحث هي مادة بيروكسيد المثيل كيتون (MEKP) وهي مادة شفافة لها رائحة قوية على هيئة سائلة , وقد استخدمت المواد المضافة بالنسب التالية:

- المادة المعجلة ( الكوبلت الثماني ) ( 0.2% ) .
- المادة المصلبة (MEKP) 2gm لكل 100gm من الراتنج .

ومما يجدر الاشارة اليه ان المواد المضافة لا تضاف سوية لان هذا يؤدي الى تحلل عنيف ولا ينتج المادة البلاستيكية المطلوبة , لذلك تضاف المادة المعجلة اولا الى البولي استر ثم تضاف المادة المصلبة بعد ضمان تجانس الراتنج مع المادة المعجلة بتحول لونهما الى اللون الاصفر.

##### مادة التدعيم Reinforcing material

تم استخدام اليف الصوف الطبيعي , (Natural Wool fibers) وهي عباره عن مادة قرنية مكونة من البروتين الذي يسمى عادة بالكرياتين والذي يتكون بدوره من نايتروجين بنسبة 16% وكاربون بنسبة 50% وهايدروجين بنسبة 6% واوركسجين بنسبة 24% وهي الاليف الحيوانية الوحيدة التي تحتوي على الكبريت بنسبة 3% في مكوناتها وهي المسؤله عن صفة المرونة في الصوف وكذلك يتميز الصوف بكثافتة القليلة حيث تصل الى  $1.13 \text{ gm/cm}^3$  [8,7] بعد عملية جمع الصوف تاتي

عملية التنظيف حيث ينظف الصوف عادة من المواد الدهنية العالقة بالماء والصابون وبعدها يترك ليجف، من بعد ذلك تجرى عملية المعاملة حيث يغمر الصوف لمدة نصف ساعة في محلول (NaOH) بتركيز (0.5) مولاري وبعدها يغسل بالماء المقطر ثم يترك ليجف، ان عملية المعاملة مهمة في تحسين خصائص الالياف حيث تعمل على ازالة الرطوبة الموجودة في الالياف الطبيعية و تحسين الخصائص الميكانيكية وخاصة الصلابة والمتانة للالياف ثم يتم ادخال الالياف الى فرن التجفيف لمدة ساعة حتى نحصل على صوف خالي تماما من الرطوبة [1]

استخدمت طريقة القولية اليدوية ( Hand lay – up Molding) في تحضير العينات اذ تم تحضير عينة من مادة البولي استر الغير مشبع النقي ( Pure ) لجعله مرجعا لمقارنة النتائج للعينات التي تم تحضيرها قبل وبعد التدعيم.

تم تحضير مادة متراكبة باستعمال الياف الصوف بشكل الياف قصيرة ضمن راتنج البولي استر غير المشبع وبكسور وزنية ( 3% , 4% , 5%) يهيء القالب بابعاد (10,10,5) cm يتم اضافة المصلب الى الراتنج و يخلط بشكل بطيء لتجنب حدوث الفقاعات باستعمال قضيب زجاجي وبعدها يصب الى الكمية المطلوبة من الالياف القصيرة في القالب المهيم مسبقا ويتم التوزيع الى ان يتم تشبع الالياف بالمادة الاساس , وبعدها يتم وضع غطاء لجعل سطح النموذج صقيلا واملسا وخاليا من الفقاعات وبعدها يترك القالب لمدة (24 hr) لضمان حصول التصلب النهائي ومن ثم يفصل النموذج عن القالب وتوضع العينات لفترة 30 دقيقة داخل الفرن بدرجة حرارة 50 درجة مئوية للتأكد من اكتمال التفاعل ومن ثم تقطع حسب المواصفات لكل اختبار.

#### النتائج و المناقشة

#### مقاومة الصدمة Impact Strength

يتم حساب مقاومة الصدمة للعينات ( Impact Strength ) من العلاقة الآتية (2)

$$G_c = \frac{Uc}{A}$$

... (2)

حيث إن:

$Uc$  = الطاقة الممتصة للكسر (J).

$A$  = مساحة المقطع العرضي للعينة ( $mm^2$ ).

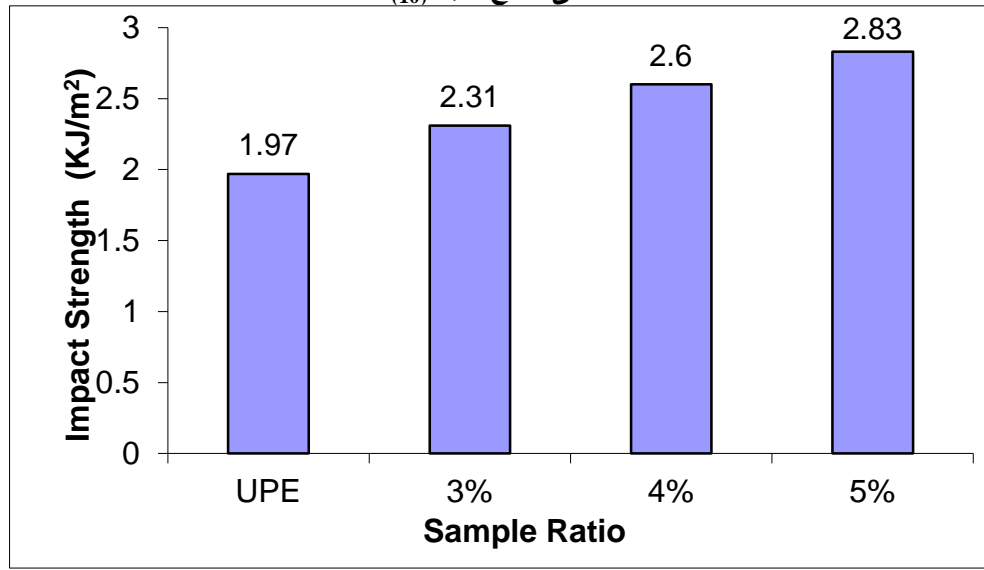
$G_c$  = مقاومة الصدمة ( $J/mm^2$ ).

ومن النتائج التي تم الحصول عليها ان مقاومة الصدمة تزداد مع زيادة النسبة الوزنية للالياف المضافة كما موضح في الشكل (2).

ان عملية التقوية بالالياف لمادة البولي استر الغير مشبع ادت الى زيادة كمية الطاقة اللازمة لكسر المادة المتراكبة وبالتالي زيادة في مقاومة الصدمة , وذلك اعتمادا على ألياف الصوف المستخدمة في التدعيم حيث تتكون ألياف الصوف من طبقة خارجية عبارة عن مادة قرنية مكونة من خلايا مفلطحة على شكل قشور او حراشف شفافة مترابطة بعضها فوق بعض مشابهة لقشور السمك وعادة ماتتجه هذه الحراشف نحو طرف الشعرة كما موضح في الشكل (1) وهذه الطبقة تعطي الشعرة صلابتها ومقاومتها للعوامل الخارجية وذلك لقدرة الليف على امتصاص الاجهادات المفاجئة اذا لم تتجاوز تلك الاجهادات متانة الكسر لالياف الصوف (11,10) ونتيجة امتلاك الياف الصوف سطح خشن ومجدد وهذا مايميز الصوف والقطن عن بقية الالياف العضوية الطبيعية والتي تعطي خاصية المتانة والمرونة لليف الصوف وبالتالي زيادة التشابك والترابط مع المادة الاساس (11) وبصورة عامه نلاحظ ان طاقة الكسر للنموذج النقي (لبولي استر الغير مشبع ) اقل مقارنة مع النماذج الاخرى وتزداد طاقة الكسر بصورة تدريجية مع زيادة نسبة التدعيم .



الشكل ( 1 ) صورته مكبرة ليف من الصوف بواسطة المجهر الالكتروني الماسح وتظهر الحراشف على سطح الليف (10)



شكل (2) بوضوح زيادة مقاومة الصدمة للمادة المترابطة مع زيادة نسبة التدعيم باللياف الصوف.

### متانة الانحناء Bending Strength

تعد دراسة التغير الحاصل في أبعاد البوليمر كدالة للإجهادات الميكانيكية مهمة لجميع البوليمرات . فعند تسليط جهد ماعلى نموذج من البوليمر بسرعة ثابتة ومن ثم قياس التشوه الحاصل فيه إما بدلالة التغير في الطول أو التغير في المساحة أوفي الحجم .

ومن طبيعة منحنى الإجهاد - الانفعال (stress - strain curve) يمكن الحصول على معلومات مفيدة جدا عن خصائص البوليمر من حيث قوته ومتانته ومرونته وأقصى جهد يمكن أن يتحملة النموذج وأقصى استطالة قد تحدث في النموذج إضافة إلى الكثير من المعلومات الهندسية المهمة جدا (3) يقصد بالإجهاد عادة القوة المسطحة (F) على وحدة مساحة المقطع العرضي للنموذج (A) ويرمز له بالرمز (σ)

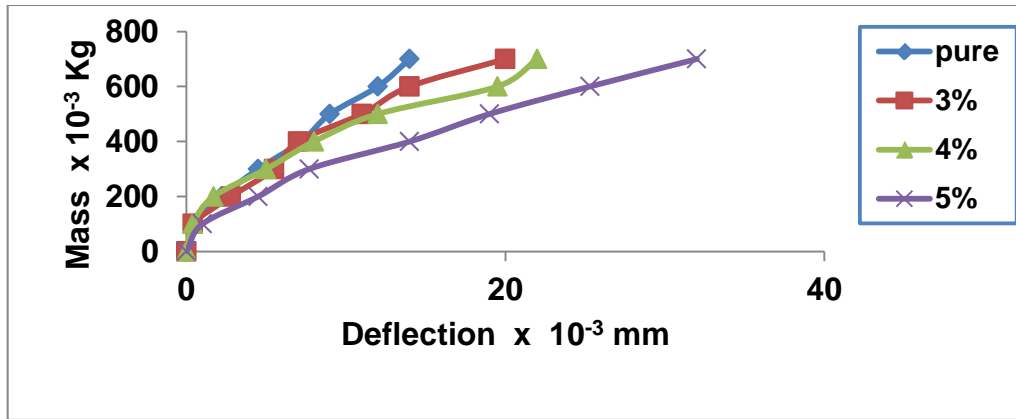
$$\sigma = F / A \quad \dots (3)$$

أما الشد (ε) فيمثل مقدار استطالة النموذج (Δ L) نتيجة التعرض للإجهاد نسبة إلى الطول الأصلي للنموذج (9) (Lo)

$$\varepsilon = \Delta L / L_0 \quad \dots (4)$$

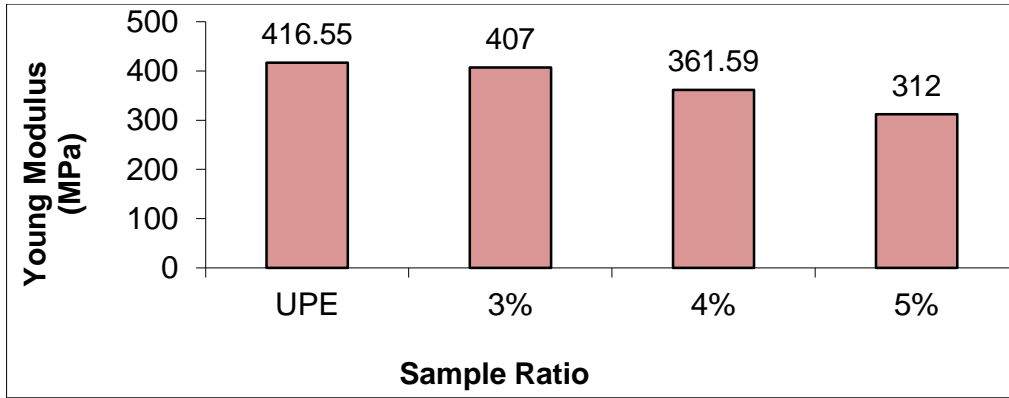
وباستخدام نظام التحميل ثلاثي النقطة (Three-point test) تم الحصول على قياسات تمثل العلاقة بين الإجهاد والانحراف للبولي استر قبل وبعد تدعيمه بالألياف الصوف وكما مبين في الشكل (3)، حيث أمكن تحديد قيمة معامل المرونة (معامل يونك (E) (من ميل المنحني والذي يمثل النسبة بين الإجهاد والانفعال وحسب العلاقة التالية (9)

$$E = \sigma / \varepsilon \quad \dots (5)$$



الشكل (3) يوضح منحني (الاجهاد – الانفعال) للبولي استر الغير مشبع قبل وبعد التدعيم.

لقد أظهرت نتائج اختبار معامل يونك الشكل (4) إن المادة المترابطة المدعمة بالألياف تمتلك معامل مرونة أقل من المادة البوليمرية قبل التدعيم ، وذلك لكون الصوف من الألياف الضعيفة، بسبب انخفاض نسبة توجه جزيئات البوليمير داخله، وبالتالي قلة التبلور بالإضافة إلى قلة الروابط الهيدروجينية المتشكلة بين جزيئات البوليمير. هذا النقص في المتانة يُعَوِّضُ بنسبة الاستطالة والرجوعية المرنة لألياف الصوف، التي تتمتع باستطالة أكبر من كل الألياف ماعدا النايلون والمطاط. إن استطالة 25-30% لألياف الصوف، تأتي من بنية الألياف، والتعرج ثلاثي الأبعاد للبوليمير اللولبي، وهذا يسمح بامتصاص الإجهادات المفاجئة بحيث يتجنب الضرر الدائم في البنية. فإذا لم تتجاوز الأجهادات متانة الانكسار لألياف الصوف، فإنها تعود إلى حالة الاسترخاء وذلك بفضل روابط السيستين (Cystine) ، وروابط الأملاح، والروابط الهيدروجينية. يمكن لليف الصوف أن يحني 20000 مرة قبل أن ينكسر إذا كان يحوي نسبة كافية من الرطوبة. وتنخفض المرونة إذا كان الليف جافا. [13,12] إن الألياف تتحمل الجزء الأكبر من الإجهاد المسلط على المادة المترابطة، وتعتمد متانة المترابك على انتقال الحمل المسلط على المادة المترابطة من المادة الأساس إلى مادة التدعيم وهذا يعتمد على الكسر الوزني أو الحجمي لمادة التدعيم وقوة الالتصاق ما بين المادة الأساس والألياف و توجية الألياف خلال المادة الأساس وإطواله (3,1).



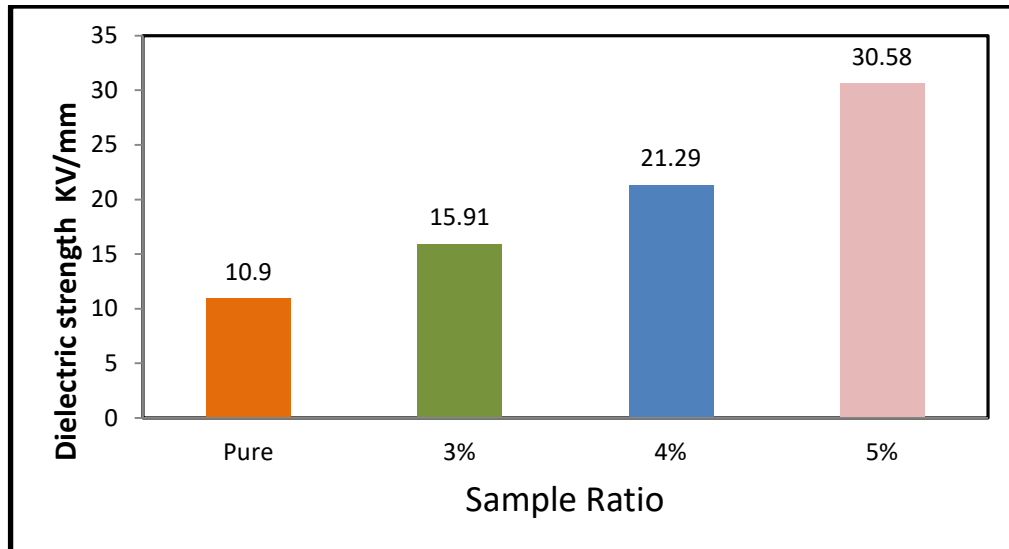
الشكل (4) يوضح قيم معامل يونك للعينات قبل وبعد التدعيم ونلاحظ التناقص بقيم معامل يونك بشكل تدريجي مع الزيادة في نسبة التدعيم باللياف الصوف.

#### متانه العزل الكهربائي Dielectric Strength

تعتبر البوليمرات من المواد العازلة التي تمنع انتقال الشحنات خلالها ولها متانة عزل عالية ومن العوامل التي تؤثر على خاصية العزل هي: [15,16]

- السمك
- السماحية السطحية
- المسامية
- العيوب والشوائب
- التركيب الذري للمادة

من الشكل (5) يمكن ملاحظة ان قيمة ثابت العزل الكهربائي تزداد مع زيادة نسبة التدعيم باللياف الصوف, وذلك لان اليف الصوف تتميز بكونها موصل رديء للكهربائية [11,10]



الشكل (5) يبين الزيادة في قيم ثابت العزل الكهربائي مع زيادة نسبة التدعيم

## المصادر

- [1]. Hashim, M.Y. M.N.Roslan,A.M.Amin,A.M.Ahmed,S.Ariffin"Mercerization Treatment Parameter Effect on Natural Fiber Reinforced Polymer Matrix Composite",World Academy of Science ,Engineering and Technology,vo.68,2012.
- [2]. Yousif, B.F. A.Shalwan,C.W.Chin,K.C.Ming,"Flexural peoperties of treated and un treated Kenaf/epoxy composites" ,Journal for Materials and Design ,vol .40 ,P.P (378-385),2012.
- [3]. جامعة تكنولوجيا الكيمياء و البوليمرات ,حسين علي كاشف الغطاء ,كوركييس عبد آدم , (1985) . البصرة
- [4].L. Holiday "Composites materials" Elsevier Publishing company Amsterdam 1966.
- [5]. د. اكرم عزيز محمد "كيمياء اللدائن" , جامعة الموصل (1993) .
- [6]. Brent strong, A. "Plastic Material and Processing" Prentice Hall, New Jersey, 1996.
- [7]. Dyer and A.Grosvenor, J. "Protein fiber surface modification", Lincoln Research Center, LincolnUniversity , New Zealand,2011
- [8].Harris,M. and A.E Brown"Natural and Synthetic Protein fibers",Textile Research Journal,1947.
- [9]. Ashby and D.Jones, M. "Engineering Material, An Introduction to Microstructure, processing and designs", Pergamum Press, England, (1986).
- [10]. Susich,G. W.Zagleboylo,"The Tensile behavior of some Protein fibers", Released forpublic information by the office of Technical services .U.S Department of Comerce.1953.
- [11]. Ralph Griswold, E. "Wool",serial 469.Edition 1, 2004
- [12]. Mckinnon , J. Colleagues " Some Chemistry of the Wool industry scouring and yarn production" , Wool Research Organisation of New Zealand (Inc),2002.
- [13]. Lindley, H. "The Chemical Composition and Structure of Wool", Chemistry of Natural Protein Fibers,p.p(147-191),(1977).
- [14]. Mohammed, R.H. M.A.Hassan, N.S.Sadeq,"The Edition Effect of Natural Fibers on Polymeric Materials and Study some Thermal and Mechanical Properties", Journal of Al-Nahrain University, vol.13(1), P.P(84-90),2010.
- [15] د. اكرم عزيز محمد "الكيمياء الفيزيائية للبوليمرات" , جامعة الموصل
- [16]. Prasad"Evaluation of Mechanical , V.V.S. Thermal, Electrical properties of palm fiber reinforced polyester composites" , International Journal of Engineering Science and Technology,vol. 4,No.04,April 2012.