دراسة تأثير زمن وتركيز المعاملة الكيمياوية بمحلول هيدروكسيد البوتاسيوم KOH على خواص الانحناء للمادة المركبة ذات الأساس من البولي أستر المقواة بألياف ثمرة جوز الهند القصيرة

احمد مظفر هاشم

قسم الهندسة الميكانية –كلية الهندسة جامعة القادسية

الخلاصة:

في الدراسة الحالية تم تقوية المادة المركبة ذات الأساس من البولي أستر بألياف ثمرة جوز الهند ، ومن ثم دراسة تأثير زمن وتركيز المعاملة الكيمياوية بمحلول هيدروكسيد البوتاسيوم KOH على خواص الانحناء للمادة المركبة. حيث تمت المعالجة الكيمياوية لألياف جوز الهند بغمرها بمحلول هيدروكسيد البوتاسيوم KOH بتراكيز مختلفة (1,5,10 %) وبزمن غمر (0.25,1,18,72,168,240 Hours). لقد أدت المعالجة الكيمياوية إلى زيادة خواص الانحناء بصورة كبيرة ، حيث تم الحصول على أعلى مقاومة انحناء 2.81 MPa للمادة المركبة ذات الأساس من البولي أستر المقواة بألياف ثمرة جوز الهند المعالجة بمحلول هيدروكسيد البوتاسيوم KOH بتركيز (10 %) وبزمن غمر (18 Hours). كما إن زيادة زمن المعالجة الكيمياوية وتركيز محلول هيدروكسيد البوتاسيوم KOH أدت إلى حصول انحلال لألياف جوز الهند وبالتالي حدوث انخفاض كبير في مقاومة الانحناء ، حيث كانت 0.312 MPa للمادة المركبة ذات الأساس من البولي أستر المقواة بألياف ثمرة جوز الهند المعالجة بمحلول هيدروكسيد البوتاسيوم KOH بتركيز (10 %) وبزمن غمر (240 Hours) أي أقل من تلك التي للبولي أستر النقي 0.468 MPa.

الكلمات الرئيسية: مادة مركبة ، بولي أستر ، ألياف جوز الهند ، متانة الانحناء ، المعاملة الكيمياوية بالقواعد.

STUDY THE INFLUENCE OF TIME AND CONCENTRATION OF KOH CHEMICAL MODIFICATION ON THE FLEXURAL PROPERTIES OF SHORT COIR FIBER REINFORCED POLYESTER COMPOSITES

Ahmed Mudhaffer Hashim

University of Qadissiya – Collage of Engineering – Department of Mechanical Engineering

Abstract:

In this paper presents the flexural properties of composites made from natural fibers (Coir fibers) as reinforcing phase in polyester matrix. The chemical treated of fibers with KOH solution at different concentrations (1, 5, 10 % KOH) with different times (0.25, 1, 18, 72, 168, 240 Hours) are used. Flexural strength reached the maximum values of (2.81 MPa) at immersed time (18 Hours) with (10 % KOH) concentration, whereas the composites containing fibers treated with (10 % KOH) decreased to (0.312 MPa) at immersed time (240 Hours). This was attributed to degradation of coir fiber when using high concentrations of alkali.

مقدمة:

الألياف الصناعية مثل الرايون والأرميد والنايلون والزجاج والكاربون استعملت بشكل واسع في تقوية المواد البوليمرية ، مع أن هذه المواد تكلفتها باهضة ومن المصادر غير المتجددة (Roger etal, 1998). بسبب الشكوك السائدة في تجهيز المواد ذات الأساس من المشتقات النفطية وسعر المشتقات المتناوب بالإضافة إلى زيادة المتطلبات الاقتصادية والبيئية ، ظهرت الحاجة إلى مواد طبيعية بديلة. الألياف الطبيعية Natural fibers مثل القنب الهندي Jute ، الخيزران Bamboo ، جوز الهند Coconut ، الأناناس Pineapple ، الكتان Sisal وغيرها المستخدمة في تقوية المواد البوليمرية لاقت في السنوات الأخيرة انتباه كبير في البحوث والصناعة. إن النمو السريع في المواد البوليمرية المقواة بالألياف الطبيعية وتطبيقاتها كان بسبب المميزات العديدة التي تتمتع بها هذه الألياف: جساءة ومقاومة عاليتين ، كلفة واطئة ، كثافة منخفضة ، غير سامة ، مصادر متجددة ومحافظتها على البيئة (Grozdanov etal, 2009).

بنية الألياف الطبيعية

الألياف الطبيعية يمكن اعتبارها من المواد المركبة التي تتألف من خيوط السليلوز المغمورة بمادة اللكنين Lignin وبمادة نصف سليلوزية Hemi cellulose. إن تركيب الليف الطبيعي معقد جداً ، إذ يتألف من عدة

طبقات كما مبين في **الشكل رقم (1)**. الجدار الابتدائي (ذو سمك قليل جداً) يمثل الطبقة الأولى والذي يحيط بجدار النمو والذي يمثل الجدار الثانوي الذي بدوره يتألف من ثلاث طبقات ، الوسطى منها (الطبقة السميكة) التي عن طريقها يتم تحديد الخواص الميكانيكية لليف ، إذ تتألف من سلسلة من الخيوط الدقيقة المتكونة من السلسلة الطويلة لجزيئة السليلوز. الزاوية بين محور الليف والخيوط الدقيقة تدعى زاوية الخيوط الدقيقة Microfibrllar angle والتي تتباين قيمتها من ليفٍ لآخر. خيوط السليلوز الدقيقة تمتلك قطر بحدود (10-30 nm) ، وتضم مابين (30-100) جزيئة سليلوز والتي تجهز المقاومة الميكانيكية لليف (Rong etal, 2001).

التركيب الكيمياوي للألياف الطبيعية

تعود كفاءة التقوية للألياف الطبيعية إلى طبيعة السليلوز ودرجة بلورته. إن التركيب الرئيسي للألياف الطبيعية يتألف من السليلوز α-cellulose ، مادة نصف سليلوزية ، اللكنين ، البكتين Pectin والشمع Waxes. السليلوز بوليمر طبيعي يتألف من الأنهيدروكلوكوز D-anhyroglucose ($C_6H_{11}O_5$) االذي يحتوي على ثلاثة مجاميع من الهيدروكسيل OH-Groups والذي يرتبط مع الكلايكوسيدك Glycosidic. إن درجة البلمرة D_p حوالي 10000. من خواصه مقاومته للقواعد القوية (17.5 wt %) ومقاومته النسبية لعوامل الأكسدة (Nevell etal, 1986).

المادة نصف سليلوزية لاتتكون من السليلوز وتسميتها تعتبر غير صحيحة ، تتركب من مجموعة البولي ساجرايد Polysaccharides التي تتألف من اتحاد ست ذرات كاربون في حلقة السكر. درجة بلمرتها تتراوح مابين (50-300) ، من خواصها ذوبانها في القواعد. اللكنين من البوليمرات المطاوعة للحرارة Thermoplastics المعقدة التركيب (مركب عطري) يحتوي على خمسة مجاميع من الهيدروكسيل والميثوكسيل لكل وحدة بناء ، وهو مصدر الجساءة للنباتات. درجة التحول الزجاجي T_g 90ºC ودرجة انصهاره 170ºC ، من خواصه عدم ذوبانه في القواعد الساخنة ومقاومته الضعيفة للأكسدة. البكتين اسم جامع للهيترو بولي ساجرايد Hetropolysacchrides ، وهو مصدر اللدونة للنباتات. الشمع آخر المكونات التي يتركب منها الليف الطبيعي ، والذي يتالف من أنواع مختلفة من الكحولات Alcohols. **الجدول رقم (1)** يبين التركيب الكيمياوي لألياف ثمرة جوز الهند.

المواد المركبة المقواة بألياف ثمرة جوز الهند

شجرة جوز الهند Coconut palm tree يمكن اعتبارها منتج ألياف متعدد التكافؤ Multivalent fiber producer ، وذلك لأنه يمكن استخلاص الألياف من أي جزء من الشجرة والتي تتضمن: غلاف الأوراق الطويلة Long leafs sheath ، العروق الوسطى في الورقة The midribs of the leaves ، لحاء الجذع

The bark of the stalk وقشرة الثمرة The fruit crust. إن الألياف المستخلصة من ثمرة جوز الهند تدعى بـ Coir fibers (Venkataswamy etal, 1987)، من خواصها رخصها (174 US$/tone في عام 2004) ، قوية Strong ومتينة Durable (Peijs, 2000). **الجدول رقم (2)** يبين الخواص الميكانيكية لألياف ثمرة جوز الهند.

تتألف المواد المركبة المقواة بألياف ثمرة جوز الهند من المادة البوليمرية كمادة أساس Matrix material والألياف كمادة تقوية Reinforcing material ، وتستخدم في الوقت الحاضر في تطبيقات وسادة مقعد السيارات Seat cushion لإمتصاص الصدمات ، بدن القوارب Boat hulls و التعليب Packaging .(Mercedes-Benz, 2008)

قام الباحث Sergio N. Monteiro وآخرون عام 2005 (Sergio etal, 2005) بدراسة المقاومة الميكانيكية والخصائص الانشائية للمادة المركبة ذات الأساس من البولي أستر المقواة بألياف جوز الهند Coconut fibers بنسب تقوية تتراوح مابين (10-80 wt%) المحضرة بطريقة القولبة بالضغط. استخدم الباحثون في طريقة تحضير المواد المركبة ضغوط مختلفة 2.6 MPa و 5.2 MPa وقاموا بدراسة خواص سطح ألياف جوز الهند بالمجهر الألكتروني الماسح SEM. وقد حصل الباحثون على أعلى قيمة لإجهاد الانحناء 25.7 MPa و 29.1 MPa عند تقوية المادة المركبة بـ 10 wt% من ألياف جوز الهند عند استخدام ضغط 2.6 MPa و 5.2 MPa على التوالي ، في حين أعطت التقوية بـ 80 wt% أقل القيم. في عام 2008 درس الباحث V. G. Geethamma وزملاءه (Geethamma etal,2008) خواص الإجهاد–الانفعال وخواص الربط للسطح البيني وخواص سطح الليف بالمجهر الألكتروني الماسح SEM للمادة المركبة ذات الأساس من المطاط الطبيعي المقواة بألياف ثمرة جوز الهند غير المعاملة كيمياوياً بأطوال مختلفة (6,10,14 mm) ، وتلك المقواة بألياف ثمرة جوز الهند بطول 10 mm والمعاملة بمحلول هيدروكسيد الصوديوم NaOH بتركيز 5% وبفترات غمر مختلفة (4,24,48,72 hrs) وإجراء عملية الفلكنة للمواد المركبة الناتجة لكلا المجموعتين عند درجة حرارة 150ºC. وقد لاحظ الباحثون حصول تحسن في خواص الربط للسطح البيني المطاط الطبيعي–ألياف ثمرة جوز الهند Rubbercoir interface للمادة المركبة المقواة بألياف ثمرة جوز الهند المعاملة بمحلول هيدروكسيد الصوديوم NaOH.

في عام 2008 قام الباحث S.N. Monteiro وزملاءه (Monterio etal, 2008) بتحضير مادة مركبة ذات أساس من البولي استر المقوى بألياف جوز الهند و بنسب وزنية مختلفة حيث قاموا بدراسة الخواص الميكانيكية لهذه المادة حيث لاحظوا ان مقاومة الشد تزداد عند أحتوائها على ألياف جوز الهند بكسر وزني (50% wt) كحد اقصى.

في عام 2009 قام الباحث M. V. Gelfuso وزملاءه (Gelfuso etal, 2009) باجراء إختبار إمتصاصية الماء لمادة مركبة ذات اساس من البولي بروبلين المقوى بالياف جوز الهند الغير معاملة و المعاملة بـ (2% NaOH) و بكسور وزنية مختلفة حيث وجدوا ان الالياف المعاملة تظهرامتصاصية أعلى للماء من الالياف الغير معاملة كما لاحظوا أن إمتصاصية الماء تزداد بزيادة الكسر الوزني للالياف. وفي نفس العام قام الباحث Md. Mominul وزملاءه (Md. Mominul etal, 2009) بدراسة الخواص الميكانيكية لمادة مركبة ذات اساس من البروبلين المقوى بالياف النخيل و مقارنتها مع الخواص الميكانيكية للبروبلين المقوى بالياف جوز الهند المعاملة كيمياويا و قد وجدوا ان المعاملة الكيمياوية للالياف تعطي تحسن في الخواص الميكانيكية مقارنة للخواص الميكانيكية في المركب الخام كما وجدوا إن الخواص الميكانيكية للبروبلين المقوى بالياف جوز الهند تكون اعلى مما هو عليه عند التقوية بالياف النخيل لنفس مادة الاساس.

هدف البحث

يهدف البحث إلى تحضير مادة مركبة ذات أساس من راتنج البولي أستر غير المشبع مدعم بألياف طبيعية (ألياف ثمرة جوز الهند) قصيرة ومرتبة عشوائياً وبكسر وزني ثابت (4 wt%) كبديل عن الألياف الصناعية (ألياف الزجاج ، الكفلر ، الكاربون ...إلخ) ودراسة تأثير المعاملة الكيمياوية لألياف ثمرة جوز الهند بمحلول هيدروكسيد البوتاسيوم بتراكيز مختلفة (1, 5, 10 % KOH) على خواص الانحناء للمادة المركبة المصنعة.

الجزء العملي

مادة الأساس

تم استخدام البولي استر Polyester كمادة أساس وهو مادة بوليمرية من نوع البوليمرات المتصلدة بالحرارة Thermosetting السعودي المنشأ على هيئة سائل لزج شفاف ذو لزوجة (1000 بنتي بواز) عند درجة حرارة ($25\ C^0$) ووزن نوعي (1.15) يتحول إلى الحالة الصلبة بعد إضافة المصلد إليه الذي يكون أيضا سائل لزج شفاف.

مادة التقوية

تم الحصول على ألياف جوز الهند من ثمرة جوز الهند المتواجدة في السوق المحلية.

معاملة سطح الليف

ألياف ثمرة جوز الهند المستخلصة تم غسلها بالماء المقطر ، ومن ثم تجفيفها في الهواء لمدة 24 ساعة. إن هذه الألياف التي تم تجفيفها تعتبر ألياف غير معاملة كيماوياً.

المعاملة الكيمياوية بالقواعد

في هذه المعاملة تم غمر أليـاف ثمرة جوز الهند بعد تقطيعها بطول 10 mm في محلول هيدروكسيد البوتاسيوم KOH بتراكيز مختلفة (1,5,10 % KOH) وبفترات زمنية مختلفة (.0.25,1,3,18,72, 168, 240 hrs) ، ومن ثم غسلها بالماء المقطر وتجفيفها. **الشكل رقم (2)** يبين معاملة أليـاف ثمرة جوز الهند في محلول هيدروكسيد البوتاسيوم KOH لمدة ساعة واحدة.

القوالب المستخدمة

تم تصنيع قالب ذو قاعدة وجوانب من الزجاج وتكون الجوانب متحركة. وهذه الجوانب تكون متغيرة على وفق أبعاد العينة المراد تصنيعها.

تحضير العينات

تم استخدام الطريقة اليدوية Hand-lay-out في تحضير النماذج حيث نبدأ بعملية مزج مادة التقوية بكسـر وزني مقداره ثابت (4 wt%) مع مادة الأساس مع المصلد نخلط المزيج بشكل مستمر وببطيء ويستمر المزج لمدة (8-10) دقائق إلى أن يتجانس الخليط ثم يتم صب المزيج السائل على شكل سيل من إحدى جوانب القالب بحيث يسيل بصورة مستمرة ومنتظمة. بعد إجراء العمليات السابقة يتم الحصول على نماذج المواد المركبة وكما مبين في **الشكل رقم (3)**.

الفحوصات

من الفحوصات التي أجريت على النماذج المحضرة :

فحص الانحناء

تم تحضير عينات الانحنـاء بأبعـاد قياسية وبنسبة طول إلى السمك (span to Depth Ratio) مقدارها 1:32 على وفق المواصفة الأمريكيـة (ASTM D-790).

النتائج والمناقشة

إن قيمة إجهاد الانحناء للبولي أستر 0.468 MPa، تزداد إلى 1.4 MPaعند تقويته بـ (4 wt%) من ألياف ثمرة جوز الهند غير المعاملة كيمياوياً. إن الزيادة الطفيفة في قيمة إجهاد الانحناء للمادة المركبة تعزى لسببين: الأول ضعف الانسجام بين الألياف ومادة الأساس البوليمرية (ضعف خواص السطح البيني) بسبب وجود نسبة عالية من مجاميع الهيدروكسيل OH-Groups المرتبطة هيدروجينياً بجزيئات السليلوز واللكنين حيث نلاحظ من **الجدول رقم (1)** أن التركيب الكيمياوي لألياف ثمرة جوز الهند تمتلك نسبة عالية من السليلوز واللكنين ، والتي تجعل ألياف ثمرة جوز الهند مـادة ماصة للماء Hydrophilic والذي يؤدي إلى حدوث تشتيت (انتشار) غير منتظم للألياف ضمن الأرضية البوليمرية والتي تعتبر مادة طاردة للمـاء Hydrophobic (Zefaeiropoulos etal, 2007). السبب الثاني هو القابلية العالية للألياف لامتصاص الرطوبة أثناء عملية تصنيع المادة المركبة والتي تؤدي إلى تكون فجوات صغيرة عند السطح البيني مابين الليف–المادة الأساس ، وهو مايتفق مع رأي الباحث Sergio N. Monteiro (Sergio etal, 2005). إن وجود الفجوات على سطح الألياف يمنع انتقال الحمل المسلط بصورة كلية من المادة الأساس إلى الألياف.

تبين **الأشكال (4)** و **(5)** و **(6)** العلاقة مابين إجهاد الانحناء وزمن الغمر للمادة المركبة ذات الأسـاس من البولي أستر المقواة بـ (4 wt%) من ألياف ثمرة جوز الهند المعاملة كيماوياً بمحلول هيدروكسيد البوتاسيوم KOH بتركيز (1,5,10%) على التوالي. حيث نلاحظ من هذه الأشكال ، أن مقاومة الإنحاء للمواد المركبة ذات الأساس من البولي أستر المقواة بألياف ثمرة جوز الهند المعاملة كيمياوياُ بمحلول هيدروكسيد البوتاسيوم بتركيز (% 1,5,10) على التوالي وبزمن غمر 0.25 ساعة أعطت نفس القيم بالنسبة لإجهاد الانحناء 1.4 MPa. كما لوحظ أيضا أن مقاومة الانحناء تزداد بزيادة تركيز محلول هيدروكسيد البوتاسيوم KOH وزمن الغمر حتى 18 ساعة ، حيث تم الحصول أعلى أقصى مقاومة انحناء 2.81 MPa للمادة المركبة ذات الأساس من البولي أستر المقواة بألياف ثمرة جوز الهند المعاملة كيمياوياُ بمحلول هيدروكسيد البوتاسيوم بتركيز (% 10).

إن المعاملة الكيمياوية بالقواعد تؤدي إلى إزالة الربط الهيدروجيني في البنية الشبكية الطبيعية للسليلوز **I أي** تحول مجاميع الهيدروكسيل للسليلوز إلى مجاميع ONa أو OK.

التفاعل التالي يحدث نتيجةً للمعاملة الكيمياوية بالقواعد:

$$\text{Fiber-OH} + \text{NaOH} \longrightarrow \text{Fiber-O}^{-}\text{Na}^{+} + \text{H}_2\text{O} \qquad (1)$$

$$\text{Fiber-OH} + \text{KOH} \longrightarrow \text{Fiber-O}^{-}\text{K}^{+} + \text{H}_2\text{O} \qquad (2)$$

إن تأثير القاعدة على ليف السليلوز هو تفاعل التضخم (الانتفاخ) Swelling reaction والذي يؤدي إلى تحويل البنية الشبكية الطبيعية للسليلوز **I** إلى بنية شبكية جديدة سليلوز **II** ، كما هو مبين في **الشكل رقم (7)** (Weyenberg etal, 2006).

إن نوعية وتركيز القاعدة (KOH, NaOH) يؤثر على درجة الانتفاخ وبالتالي على درجة التحول الشبكي للسليلوز **II**. لقد بينت الدراسات أن أيونات Na^{+} وأيونات K^{+} تمتلك قطر مناسب قادرة لتوسع المسامات الصغيرة بين المستويات الشبكية لبنية السليلوز **I** الطبيعية والتغلغل داخلها. إن ناتج المعاملة بـ NaOH و KOH هي الكمية العاليـة للانتفاخ ، والذي يؤدي إلى تكوين شبكة Na-cellulose و K-cellulose جديدة. وهي شبكة تمتلك مسافات كبيرة نسبياً بين جزيئات السليلوز والتي تحتوي على جزيئات الماء ، مجاميع الهيدروكسيل للسليلوز تتحول إلى مجاميع ONa أو OK وبالتالي اتساعي أبعاد الجزيئات. لاحقاً يتم شطف الماء ويتحول السليلوز إلى بنية بلورية جديدة (سليلوز **II**) أكثر استقراراً ثرموديناميكياً من بنية السليلوز **I**. إن تأثير المعاملة الكيمياوية لا يقتصر على السليلوز فقط ، بل يؤثر على اللكنين أيضا (Weyenberg etal, 2006).

من الأسباب الأخرى والتي أدت إلى زيادة خواص الانحناء للمادة المركبة هو أن المعاملة بالقواعد تؤدي إلى تحويل سطح ليف ثمرة جوز الهند الذي يمتلك خشونة عالية غير منتظمة إلى سطح يمتلك خشونة عالية منتظمة على كافة أجزاء سطح الليف وبالتالي زيادة الربط الميكانيكي Interlocking للسطح البيني الليف–المادة الأساس وكذلك زياد أسطح التماس ، وهو مايتفق مع رأي الباحث C. A. Boynard (Boynard etal, 2003).

إن زيادة زمن المعاملة الكيمياوية لأليـاف ثمرة جوز الهند المعاملة بـ (5,10 wt% KOH) أدت إلى حدوث انخفاض كبير في قيم إجهاد الانحناء للمادة المركبة. حيث كانت قيمة إجهاد الانحناء 1 MPa للمادة المركبة المحتوية على ألياف ثمرة جوز الهند المعاملة بـ (5 wt% KOH) وبزمن غمر 240 ساعة ، تنخفض بصورة كبيرة إلى 0.312 MPa للمـادة المركبة المحتويـة على ألياف ثمرة جوز الهند المعاملة بـ (10 wt% KOH) وبزمن غمر 240 ساعة. الانخفاض الكبير في قيم إجهاد الانحناء يعزى إلى حدوث انحلال (تفكك) لألياف ثمرة جوز الهند عند استعمال تركيز عالي للقاعدة وزمن غمر طويل.

الاستنتاجات

1- إن المعاملة الكيمياوية لألياف ثمرة جوز الهند بمحلول هيدروكسيد البوتاسيوم KOH أدت إلى حدوث زيادة كبيرة في خواص الانحناء للمادة المركبة ذات الأساس من البولي أستر مقارنةً بتلك المقواة بألياف غير معاملة كيمياوياً.

2- إن المواد المركبة ذات الأساس من البولي أستر المقواة بألياف ثمرة جوز الهند المعاملة كيمياوياُ بمحلول هيدروكسيد البوتاسيوم بتركيز (% 1,5,10) على التوالي وبزمن غمر 0.25 ساعة أعطت نفس القيم بالنسبة لإجهاد الانحناء.

3- إن أفضل النتائج كانت للمادة المركبة ذات الأساس من البولي أستر المقواة بألياف ثمرة جوز الهند المعاملة كيمياوياُ بمحلول هيدروكسيد البوتاسيوم بتركيز (% 10) وبزمن غمر 18 ساعة ، حيث كانت قيمة إجهاد الانحناء 2.81 MPa.

4- زيادة تركيز محلول هيدروكسيد البوتاسيوم KOH وزمن المعاملة الطويل أدى إلى انحلال ألياف ثمرة جوز الهند وبالتالي انخفاض كبير جداً في خواص الانحناء ، حيث كانت قيمة إجهاد الانحناء للمادة المركبة ذات الأساس من البولي أستر المقواة بألياف ثمرة جوز الهند المعاملة كيمياوياُ بمحلول هيدروكسيد البوتاسيوم KOH بتركيز (5,10 %) وبزمن غمر 240 ساعة 1,0.312 MPa على التوالي.

المصادر

1- Bismarck, S. Mishra and T. Lampke, “Natural Fibers, Biopolymers and Biocomposites”, CRC Press, Boca Raton, FL, 2005.

2- Grozdanov, G. Bogoeva Gaceva, A. Boskovic, M. Avella, G. Gentile and A. Dekanski, “Thermal Stability of Differently Treated Natural Fiber Reinforcements For Composites”, ICOSECS-International Conference of the Chemical Societies of the South-East European Countries, 2009.

3- Boynard, S. N. Monteiro and J. R. M. Almeida, Journal of applied polymer science, 87, 1927, 2003.

4- V. Weyenberg, T. C. Truong, B. Vavgrimade and I. Verpoest, Compos. A., 37, 1368, 2006.

5- Kuruvilla Joseph, Romildo Dias Toledo Filho, Beena James, Sabu Thomas and Laura Hacker de Caravalho, “A Review on Sisal Fiber Reinforced Polymer Composites”, Revista Brasileira de Engenharia Agricola e Ambiental, v. 3, n. 3, pp. 367-379, 1999.

6- Md. Mominul Haque, Mahbub Hasan, Md. Saiful Islam, Md. Ershad Ali, "Physico-mechanical properties of chemically treated palm and coir fiber reinforced polypropylene composites", Bioresource Technology, Volume 100, Issue 20, October 2009, Pages 4903-4906.

7- Mercedes-Benz, ***www.mercedes-benz.com.br***, July 2005.

8- M. V. Gelfuso, M. B. Cavalcante, and D. Thomazini, "Properties of coconut fibers reinforced polypropylene matrix", ICAM, 11th International Conference on Advanced Materials, 20-25 September, Brazil, 2009.

9- M. Z. Rong, M. Q. Zhang, Y. Liu, G. C. Yang and H. M. Zeng, Composites Science and Technology, Vol. 61, Page 1437, 2001.

10- N. E. Zefaeiropoulos, G. G. Dijon and C. A. Baillie, Compos. A.38, 621, 2007.
11- Peijs T., "Natural Fiber Base Composites", Mater. Technol., v. 15, pp. 281-285, 2000.
12- P. O. Olesen and D. V. Plackett, "Perspectives on the Performance of Natural Fibers, IENICA EVENTS, Copenhagen, May 27-28 1999.
13- Roger M. Rowell, "Property Enhanced Natural Fiber Composite Materials Based on Chemical Modification", Science and Technology of Polymers and Advanced Materials, Plenum Press, New York, 1998.
14- Sergio N. Monteriro, Luiz Augusto H. Terrones, Felipe P. D. Lopes, Jose Roberto and M. d' Almeida, "Mechanical Strength of Polyester Matrix Composites Reinforced with Coconut Fiber Wastes", Revita Materia, v. 10, n. 4, pp. 571-576, 2005.
15- Sergio N. Monterio, L.A.H. Terrones and J.R.M. D'Almeida, "Mechanical performance of coir fiber/polyester composites", 2008.
16- S. Hattallia, A. Benaboura, F.Ham-Pichavant, A. Nourmamode and A. Castellan, Polym. Degrad., 75, 259, 2002.
17- T. P. Nevell and S. H. Zeronian, New York, Wiley, 1986.
18- Venkataswamy K. G., Pillai C. K. S. and Prasad V. S., "Effect of Weathering on Mechanical Properties of Midribs Coconut Leaves", J. Mater. Sci., v. 22, pp. 3167-3172, 1987.
19- V. G. Geethamma, Reethamma Joseph, and Sabu Thomas, "Short Coir Fiber-Reinforced Natural Rubber Composites: Effect of Fiber Length, Orientation, and Alkali Treatment", Journal of Applies Polymer Science, Volume 55, Issue 4, pp. 583-594, 2008.
20- W. Hoareau, W. G. Trindade, B. Siegmund, A. Alain Castellan and E. Frollini, Polym. Degrad., Stab. 86, 567, 2004.

الجدول رقم (1) يبين التركيب الكيمياوي لألياف ثمرة جوز الهند

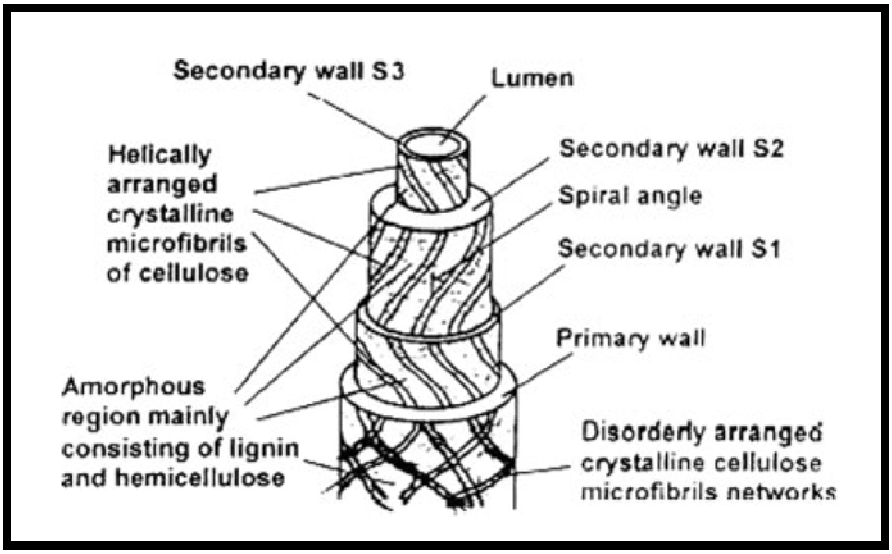
Fiber	***Diameter (μm)***	***Cellulose (wt%)***	***Hemicellulose (wt%)***	***Lignin (wt%)***	***Waxes (wt%)***
Coir	100-450	32-43	0.15-0.25	40-45	.

الجدول رقم (2) يبين الخواص الميكانيكية لألياف ثمرة جوز الهند

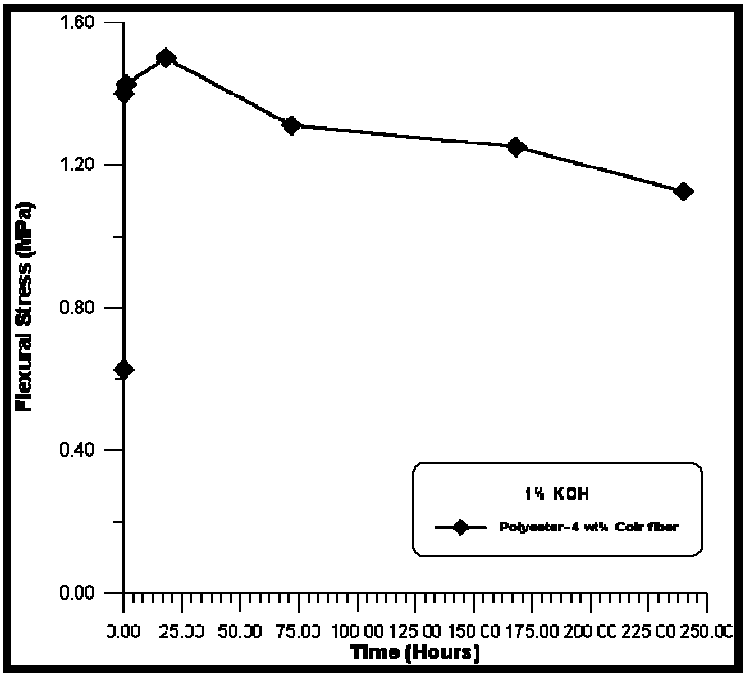
Fiber	***Tensile Strength (MPa)***	***Young's modulus (GPa)***	***Elongation at break (%)***	***Density (g/cm^3)***
Coir	175	0.15-0.25	30	1.2

الشكل رقم (1) يبين تركيب الليف الطبيعي (Rong etal, 2001).

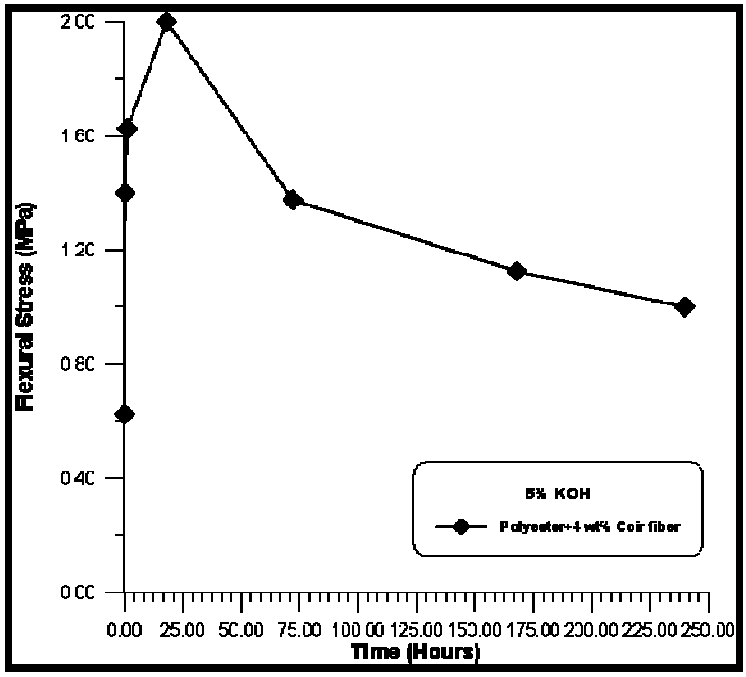
الشكل رقم (2) يبين معاملة أليـاف ثمرة جوز الهند في محلول هيدروكسيد البوتاسيوم KOH لمدة ساعة واحدة والتي تم اعتمادها في الدراسة الحالية.



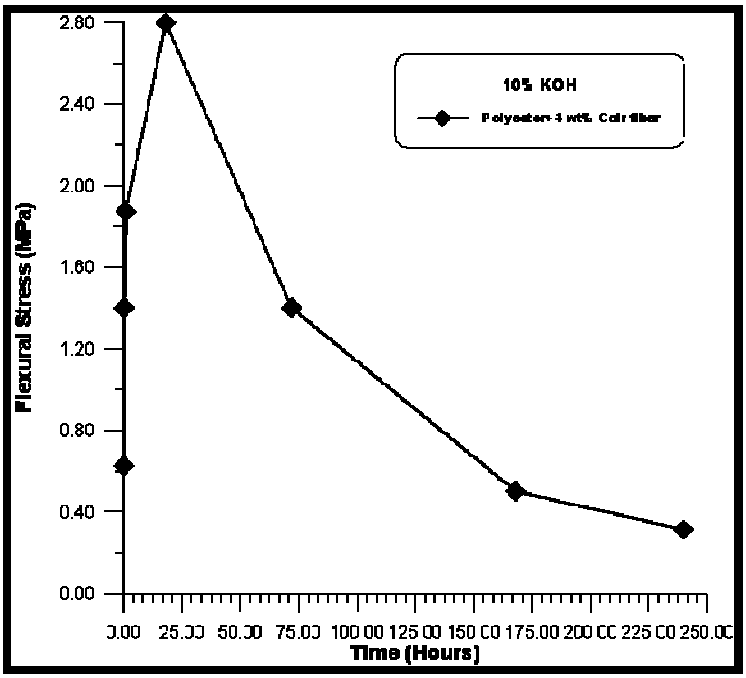
الشكل رقم (3): يبين نماذج من المادة المركبة ذات الأساس من البولي أستر المقواة بـ (4 wt%) من ألياف ثمرة جوز الهند المعاملة كيماوياً بمحلول هيدروكسيد البوتاسيوم بتركيز (1,5,10%) لمدة ساعة واحدة على التوالي والتي تم اعتمادها في الدراسة الحالية.



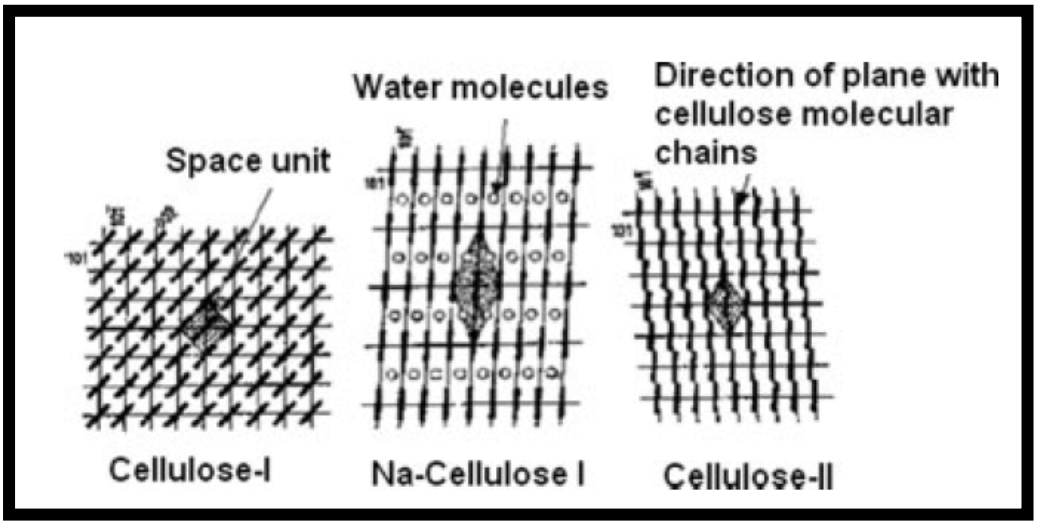
الشكل رقم (4) يبين العلاقة مابين إجهاد الانحناء وزمن الغمر للمادة المركبة ذات الأساس من البولي أستر المقواة بـ (4 wt%) من ألياف ثمرة جوز الهند المعاملة كيماوياً بمحلول هيدروكسيد البوتاسيوم KOH بتركيز (1%).



الشكل رقم (5) يبين العلاقة مابين إجهاد الانحناء وزمن الغمر للمادة المركبة ذات الأساس من البولي أستر المقواة بـ (4 wt%) من ألياف ثمرة جوز الهند المعاملة كيماوياً بمحلول هيدروكسيد البوتاسيوم KOH بتركيز (5%).



الشكل رقم (6) يبين العلاقة مابين إجهاد الانحناء وزمن الغمر للمادة المركبة ذات الأساس من البولي أستر المقواة بـ (4 wt%) من ألياف ثمرة جوز الهند المعاملة كيماوياً بمحلول هيدروكسيد البوتاسيوم KOH بتركيز (10%).



الشكل رقم (7) يبين البنية الشبكية للسليلوز **I** والسليلوز **II** (Weyenberg etal, 2006).