تأثير التدعيم بالياف الكناف على بعض الخواص الميكانيكية لراتنج البولي استر غير المشبع

بشرى حسني موسى
قسم العلوم التطبيقية ، فرع علم المواد ، الجامعة التكنولوجية ،العراق

الخلاصة

تركز هذا البحث على دراسة تاثير التدعيم بالياف الكناف (Kenaf Fibers) الطبيعية والمعاملة بمحلول قاعدي من هيدروكسيد الصوديوم وبعيارية (0.5 Normality) وبكسر حجمي مقداره 5% على راتنج البولي استر غير المشبع (UPE) وقد تم تحضير المتراكب بطريقة القولبة اليدوية بدرجة حرارة الغرفة . وقد اظهرت النتائج ان تدعيم المادة الاساس بالالياف وبعد المعاملة بالقاعدة ادى الى زيادة بمقدار 67.4% لقيمة مقاومة الصدمة و9.43% لقيمة الصلادة و34.6% لقيمة مقاومة الانضغاط للمتراكب مقارنة مع 36.4 % لقيمة مقاومة الصدمة و2.37% لقيمة الصلادة و11.47% لقيمة مقاومة الانضغاط للمتراكب المدعم بالياف الكناف غير المعاملة و راتنج البولي استر غير المشبع النقي لان المعاملة بالقاعدة تعمل على تنظيف السطح من الشوائب ومن ثم ينعكس تأثيرها على قيم الخواص الميكانيكية للماده المتراكبة.

الكلمات المفتاحية : الياف الكناف ، البولي استر ، مقاومة الصدمة ، الصلادة ، مقاومة الانضغاط.

Effect of Reinforcement with Kenaf Fibers on Some Mechanical Properties of Unsaturated Polyester Resin

Bushra.H.Musa
Department of Applied Science, Material science branch, University of Technology, Iraq.

Received 27 June 2015 ; Accepted 21 September 2015

Abstract

This research was focused on study the effect of reinforcement by natural kenaf Fibers and when treated with alkali solution of sodium hydroxide with (0.5) Normality and with fiber volume fraction of 5% on the unsaturated polyester resin (UPE). Composite has been prepared by hand lay-up molding at room temperature. The results showed the strengthening of the matrix material with fibers and after treatment with alkali solution led to an increase with 67.4% of impact strength value and 9.43 % of hardness value and 34.6% of compressive strength value of composite compared with 36.4% of impact strength value and 2.37 % of

hardness value and 11.47 % of compressive strength value of untreated kenaf fiber composite and pure unsaturated polyester resin due to the alkali treatment which acts on cleaning the surface from impurities and then its reflect on the value of mechanical properties of composite material.

Keywords: Kenaf Fibers, Polyester, Impact strength, Hardness, Compressive strength

الـمقدمــة

لقد ازداد الاهتمام في الاونة الاخيرة بالألياف الطبيعية وتطبيقاتها المتعددة واصبحت مطلبا رئيسياً في تصميم المنتجات الجديدة في مختلف المجالات مثل صناعة السيارات و الطائرات و الغواصات والبناء والتعبئة والتغليف وغيرها ، حيث تعد من عناصر الاستدامة والتي تدرج ضمن المواد المتراكبة الخضراء الصديقة للبيئة [1] ، واستعملت كمواد تقوية للمواد المتراكبة ذات الاساس البوليمري المطاوع والمتصلدة بالحرارة . تمتاز هذه الالياف الطبيعية عن نظيراتها المستعملة في التسليح التقليدي للمواد مثل الياف الزجاج والكاربون والكفلر وغيرها بأنها [2]:

- تمتلك مقاومة محددة .
- متوفرة بكثرة .
- خفيفة الوزن.
- ذات كثافة واطئة.
- قليلة الكلفة.
- سهلة الفصل .
- ذات متانة عالية .
- غير قابلة للتآكل.
- ذات خواص حرارية جيدة .
- تقلل من البلى .
- تقلل من تهيج الجلد والجهاز التنفسي .
- قليلة الإحتكاك لمعدات التجهيز .
- لها قابلية التجدد.
- قابلية على امتصاص الضوضاء .
- قابلية التحلل البايلولوجي .

ان ألياف الكناف (KF) تم الحصول عليها من سيقان نبات الكناف فصيلة الكركديه اسمه العملي (*Hibiscus cannabinus L*) ، و ينتمي الى عائلة الخباز Malvaceae [3] ، و تعد ألياف الكناف من اكثر الألياف الطبيعية إستخداماً بسبب قابليتها على امتصاص النتروجين والفوسفور الموجود في التربة وكذلك قدرتها على تجميع غاز ثاني أوكسيد الكاربون وبمعدل عالي ، كما ويعد الكناف مصدر جيد للسيليلوز وله محاسن اقتصادية وبيئية جيدة [4].

ان الياف الكناف يسمى ايضاً بالياف التيل وهو محصول بري ينمو سنوياً بشكل سريع في المناطق الحارة مثل المناطق الأفريقية الاستوائية وشبه الاستوائية والمناطق الآسيوية و يرتبط ارتباطاً وثيقاً بالقطن والجوت ، وهو نبات صلب وقوي له ساق ليفي، ومقاوم للاضرار التي تسببها الحشرات ويتطلب كمية أقل نسبياً من المبيدات الحشرية ، لذلك فإنه يقلل من الطلب على الأخشاب التي تواجه الآن مشكلة إزالة الغابات. يمتلك نبات الكناف ساق واحدة مستقيمة بدون فروع ، تتكون من لب خشبية داخلية ولحاء خارجي ليفي يحيط اللب ، ويتكون الكناف من الياف اللحاء بنسبة 35-40٪ والألياف الأساسية بنسبة 60- 65٪ من وزن الساق والكناف. لقد استعملت هذه الالياف سابقاً في صناعة الخيوط الملتفة واقمشة الخيش ، اما في الوقت الحاضر فاستعملت في العديد من المنتجات الورقية حيث يمتاز ورق الجرائد المصنوع من لب الكناف بكونه ابيض اللون وقوي وناعم ويحافظ بشكل افضل على الحبر ولايصفر مع مرور الزمن كما هو الحال مع لب الخشب المستعمل في طباعة الصحف ، كما يستعمل الكناف في صناعة الالواح ومواد البناء واستعمل كحصيرة غير منسوجة في صناعة السيارات وفي صناعة المنسوجات وعلف الحيوانات بالاضافه الى ذالك في تدعيم المواد المتراكبة لما يمتاز به من خصائص ميكانيكية جيده [3,5,6,7] .

يهدف بحثنا الحالي الى دراسة تأثير التدعيم بالياف الكناف المعاملة وغير المعاملة بالقاعده للبولي أستر غير المشبع وبكسر حجمي مقداره 5% على الخواص الميكانيكية مثل الصلادة و الصدمة والانضغاطية.

الجزء العملي

المواد المستعملة (Used Materials) :

1- المادة الاساس(البولي استر غير المشبع UPE)

يكون البولي استر غير المشبع بشكل سائل شفاف اللون ذو لزوجة معتدلة (سعودي المنشأ) وبكثافة (1. 2 g/cm^3) حيث يمكن معالجته ليكون صلباً وذلك بإضافة مصلد (Hardener) شفاف اللون وهو مركب من بيروكسيد مثيل اثيل كيتون (MEKP) بنسبة (2 g) لكل (100 g) من الراتنج ، كما يتم اضافة معجل من مادة الكوبلت (Co – Catalyst) والذي يكون بشكل سائل غامق اللون على هيئة قطرات وبنسبة اضافة(0.2 g) لكل (100 g) من الراتنج لغرض زيادة سرعة عملية التصلب للراتنج، وبعد فترة زمنية معينة بحدود نصف ساعة يبدأ بالتحول الى مادة جيلاتينية (Gel) عند درجة حرارة الغرفة .

2- المادة المدعمة (الياف الكناف KF)

جُمعت الياف الكناف من نبات الكناف الموجود في ماليزيا وتم استخراجها بطرق ميكانيكية خاصة . أُستعملت الياف كناف من النوع القصير والمقطَع كما في الشكل (1) وبكثافة ($1.4\ g/cm^3$) ثم نُظفت هذه الالياف وغُسلت بشكل جيد بالماء المقطر و جُففت بالشمس ونُظفت مرة اخرى بغمسها في محلول هيدروكسيد الصوديوم وجُففت مره اخرى بالشمس ثم قُطعت يدوياً، و للحصول على التصاق جيد مع المادة الاساس فان جزء من هذه الالياف تم معاملتها بمحلول قاعدي من هيدروكسيد الصوديوم وبعيارية (0.5 Normality) لمدة نصف ساعة وعند درجة حرارة الغرفة ، بعد ذلك تم غسل هذه الالياف المعاملة بالماء المقطر جيداً لازالة المحلول القاعدي ثم تم ترشيحها باستخدام ورق الترشيح . واخيراً جُففت هذه الالياف قبل الاستعمال لمدة يومين وحُفِظت في فرن تجفيف عند درجة حرارة 100 ° C ولمدة ست ساعات .

الشكل (1) الياف الكناف القصيرة

طريقة العمل :

تم استخدام طريقة القولبة اليدوية Hand lay – up molding لتحضير العينات . لقد استخدم قالب مرن من مطاط السيلكون المصنع بابعاد العينات المطلوبة . وقد تم تحضير ثلاث عينات منها :

1- البولي استر غير المشبع (UPE): اذ يتم خلطه مع مصلده بنسبة (100 g) غم من البولي استر لكل (2 g) من المصلد بأستخدام قضيب زجاجي وبصورة تدريجية لضمان عدم تكون فقاعات وللوصول الى حالة التجانس .

2- متراكب البولي استر غير المشبع المدعم بالياف الكناف غير المعاملة composite (UPE / un treated KF) : تم اضافة الياف الكناف القصيرة الى البولي استر غير المشبع بشكل مستمر للحصول على كسر حجمي للالياف مقداره 5%

3- متراكب البولي استر غير المشبع المدعم بالياف الكناف المعاملة composite (UPE / treated KF) : تم اضافة الياف الكناف القصيرة المعاملة بمحلول هيدروكسيد الصوديوم الى البولي استر غير المشبع بشكل مستمر للحصول على كسر حجمي للالياف مقداره 5% .

يمكن حساب الكسر الحجمي لليف (V_f) والمرتبط بالكسر الوزني لليف (Ψ) باستخدام العلاقة الرياضية الاتية [8]

$$V_f = \frac{1}{1+\frac{1-\Psi}{\Psi} x \frac{\rho_f}{\rho_m}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

$$\psi = (W_f / W_c) \text{ x } 100\ \% \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

$$W_c = W_f + W_m \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (3)$$

حيث ان:

W_f, W_m , W_c : الوزن للمادة المتراكبة والمادة الاساس ومادة التدعيم على التوالي مقاس بوحدة (g).

ρ_f , ρ_m : كثافة المادة الاساس وكثافة مادة التدعيم على التوالي مقاسة بوحدة (g/cm^3).

بعد الانتهاء من عملية القولبة ، تم استخراج النماذج من القوالب وأدخلت في فرن حراري بدرجة حرارة (55-60) ^{o}C و لمدة ساعتين لاتمام عملية المعالجة (Curing). وأخيراً تم تقطيع العينات وفقاً للمواصفات القياسية .

الاختبارات الميكانيكية

1- اختبار صلادة شور Shore D Hardness test

أُستخدم جهاز من نوع (Shore D Hardness Tester TH210) ايطالي المنشأ وهو عبارة عن جهاز يدوي يتكون من نابض مُحمل باداة غرز بشكل ابرة تخترق سطح العينة وبعدها يسجل الرقم الذي يظهر على شاشة الجهاز.

2- اختبار الصدمة Impact test

أُستخدم جهاز الصدمة من نوع جاربي (Charpy Impact Test) المصنع من قبل الشركة الامريكية Testing Machine INC., AMITYVILLE, New York وذلك لحساب الطاقة المطلوبة للكسر والتي ممكن من خلالها حساب مقاومة الصدمة للمادة. و يتكون هذا الجهاز أساسا من البندول و مقياس الطاقة حيث يتم رفع مطرقة الجهاز والتي تحمل طاقه 30 جول الى اقصى ارتفاع وتثبت جيدا وتوضع العينة في المكان المخصص لها بشكل افقي بين مسندي الجهاز ويتم تصفير مقياس الطاقة اولا ثم يحرر البندول باستخدام العتلة المثبتة على المقياس وبحركة تأرجحية تتحول الطاقة الكامنة الى طاقة حركية يفقد جزء منها في كسر العينة فيقرأ مؤشر المقياس طاقة الكسر للعينة (U_C) . ان ابعاد العينة حسب مواصفة القياسية ISO 179 كالاتي : طول العينة (55)mm وعرضها (10)mm وسمكها (5)mm وتم حساب مقاومة الصدمة Impact Strength (I.S) من العلاقة الرياضية الاتية [9] :

$$I.S = U_C / A \quad \ldots\ldots\ldots (4)$$

حيث ان :

U_C: طاقة الكسر مقاسة بوحدة (KJ).

A: مساحة المقطع العرضي للعينة مقاسة بوحدة (m^2).

3- اختبار الانضغاطية Compression test

أُستخدم مكبس هيدروليكي من نوع (Leybold Harris NO.36110)الماني المنشأ لقياس مقاومة الانضغاط Compressive Strength وقُطعت العينات وفقا للمواصفات القياسية الامريكية ASTM-D695 . حيث توضع كل العينة على القاعدة المتحركة في الجهاز وبعد ذلك ترفع هذه القاعدة بواسطة ذراع الجهاز الى الاعلى الى ان يصبح سطح العينة بتماس مع السطح العلوي للجهاز ، ثم يتم تصفير المقياس الذي يقوم بقراءة قيمة الحمل المسلط وكذلك تصفير القـدمة الرقمية digital vernier الموجودة في اعلى الجهاز ويسلط الحمل تدريجياً على العينة الى ان يحدث فشل للعينة . ان اقصى حمل مسلط على العينة يمثل مقدار مقاومة الانضغاط القصوى للعينة.

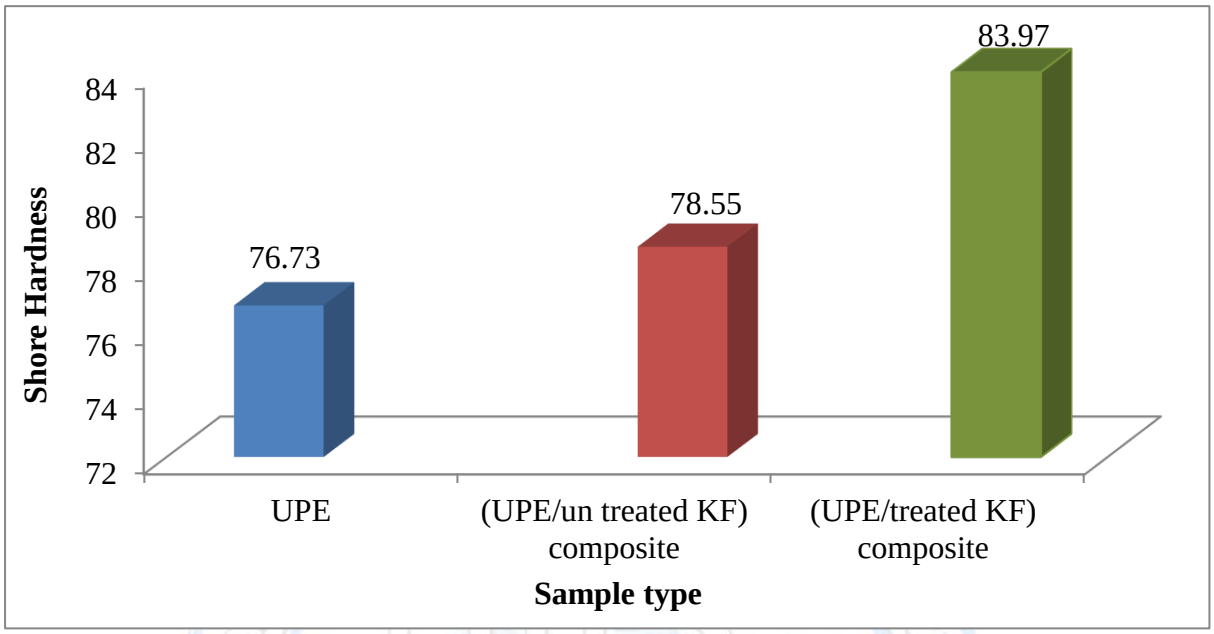
فحص طبيعه السطح Morphology study

أُجري فحص طبيعة سطح العينات باستخدام المجهر الالكتروني الماسح SEM هولندي المنشأ نوع Inspect 50 وبقوة تكبير مقدارها (400x) .

النتائج والمناقشة

1- نتائج اختبار صلادة شور Shore Hardness test results

يُلاحظ من الشكل (2) ان قيم صلادة شورD للمواد المتراكبة قد ازدادت بعد تدعيم البولي استر بالياف الكناف ، وان افضل قيمة كانت عند التدعيم بالياف الكناف المُعاملة بالمحلول القاعدي ويُعزى السبب في ذلك الى ان وجود الالياف يزيد من مقاومة المادة للتشوه اللدن وبزيادة القوى والربط بين الذرات او الجزيئات تزداد صلادة المادة وبالتالي زيادة مقاومتها للخدش [10].ونظرا لزيادة الترابط البيني (الالتصاق الجيد) بين المادة الاساس والليف بعد معاملة الليف بمحلول هيدروكسيد الصوديوم وكذلك التشتت الجيد لالياف الكناف في البولي استر[11] ، وهذه النتائج تتفق مع النتائج التي توصل اليها الباحثان Idrus وجماعته (2011) و Rahman وجماعته (2008) حيث أكدوا ان اضافة الالياف الطبيعية الى الاساس البوليمري يُخفض من مرونة المتراكب والذي بدوره يزيد من الجساءة stiffness للمتراكب [13 , 12].

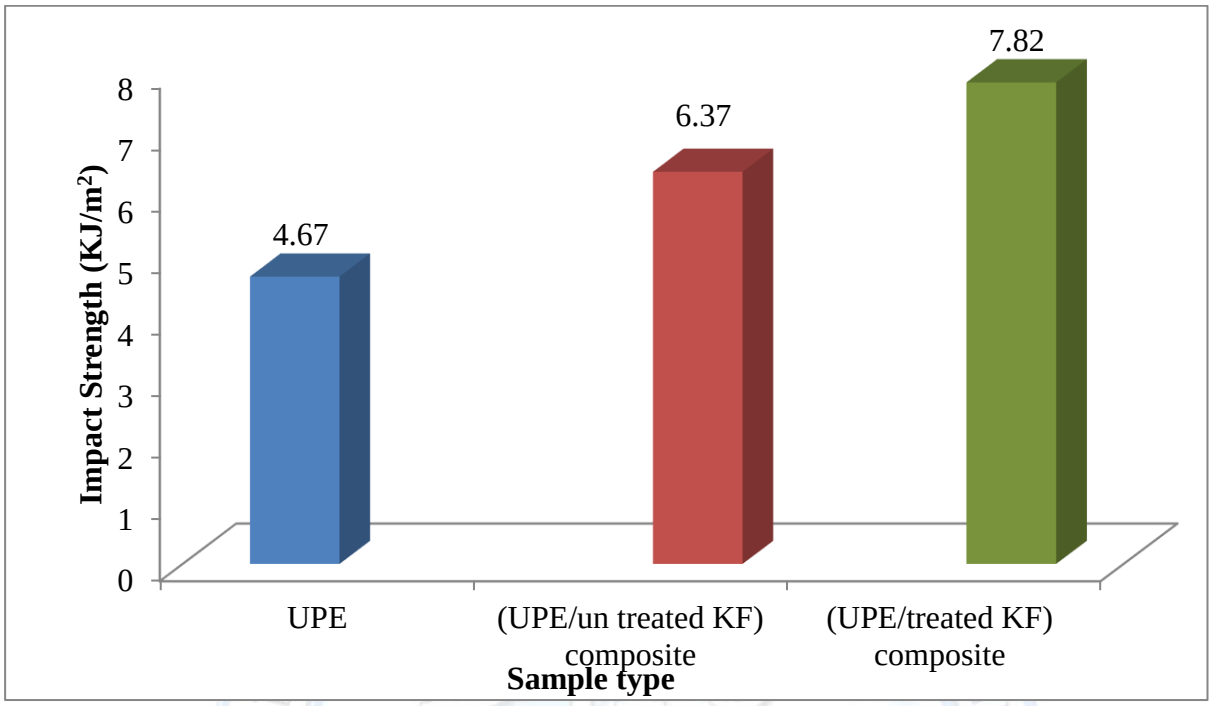


الشكل (2) تغير قيم صلادة شور مع نوع العينة .

2- نتائج اختبار الصدمة Impact test results

أظهرت النتائج الموضحة في الشكل(3) ان اعلى قيمة لمقاومة الصدمة كانت عند تدعيم البولي استر بالياف الكناف المُعاملة مما هي عليه بالنسبة للعينات الاخرى حيث تزداد طاقة الكسر عند التدعيم بالالياف نظراً لانها تتحمل الجزء الاكبر من اجهاد الصدمة المسلط على المادة المتراكبة ولانها تعمل على توزيع الاجهاد على حجم اكبر من العينة ، وتقلل من امكانية تركيز الاجهاد عند المنطقة المركزية للعينة حيث تعمل الالياف على اعاقة نمو الكسر [14] .

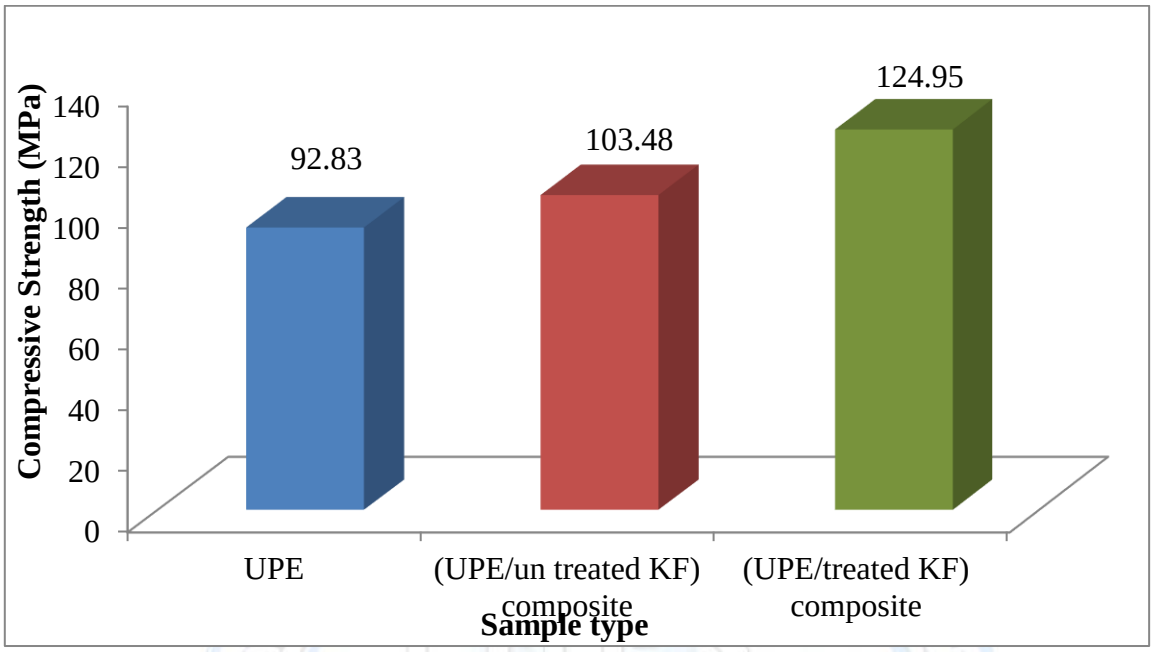
وُجِد ان نتائج هذا البحث تتوافق مع النتائج التي توصل لها الباحث Obasi وجماعته (2014) ، حيث أظهر متراكب من الياف زيت النخيل المضغوطة OPPF المعاملة بالقاعده و الايبوكسي تحسناً لمقاومة الصدمة مقارنة مع متراكب من الياف زيت النخيل المضغوطة غير المعامله و الايبوكسي عند نسبة 20% من وزن الالياف ، ولقد ادت معاملة OPPF الى تحسين التوافق compatibility وتعزيز القدرة على تبديد الطاقة خلال كسر[11] .



الشكل (3) تغير قيم مقاومة الصدمة مع نوع العينة .

3- اختبار الانضغاطية Compression test results

تبين من الشكل (4) ان مقاومة الانضغاط للمتراكب تزداد بعد تقوية البولي استر بألياف الكناف المُعاملة ويعود سبب ذلك الى دور هذه الالياف التي تعمل على توزيع الحمل على حجم اكبر للعينة تحت الفحص ، وان هذه الالياف القصيرة تؤثر والى حد كبير على نقل الإجهاد بالاضافة الى قوة القص للمواد المتراكبة وان وجود الالياف سيكون عائقا أيضا أمام حركة سلاسل البوليمر داخل المتراكب ، وبالتالي يؤدي إلى زيادة قوتها [15] . حيث يعمل محلول هيدروكسيد الصوديوم على ازالة الطبقة الشمعية الموجوده على سطح الليف و بدوره يؤدي الى تعزيز الالتصاق البيني لليف مع البوليمر الاساس وبالتالي يؤدي الى تحميل حمل عالي للالياف في المادة الاساس ، بحيث ينتقل الحمل الى الالياف والالياف تتحمل جزءاً من الحمل المسلط . ان تغلغل الراتنج بشكل كبير في ليف الكناف المعامل يقلل من احتمالية فصل debonding ،او انسحاب pull out الليف من المادة الاساس خلال ظروف الحمل [11] .



الشكل (4) تغير قيم مقاومة الانضغاطية مع نوع العينة .

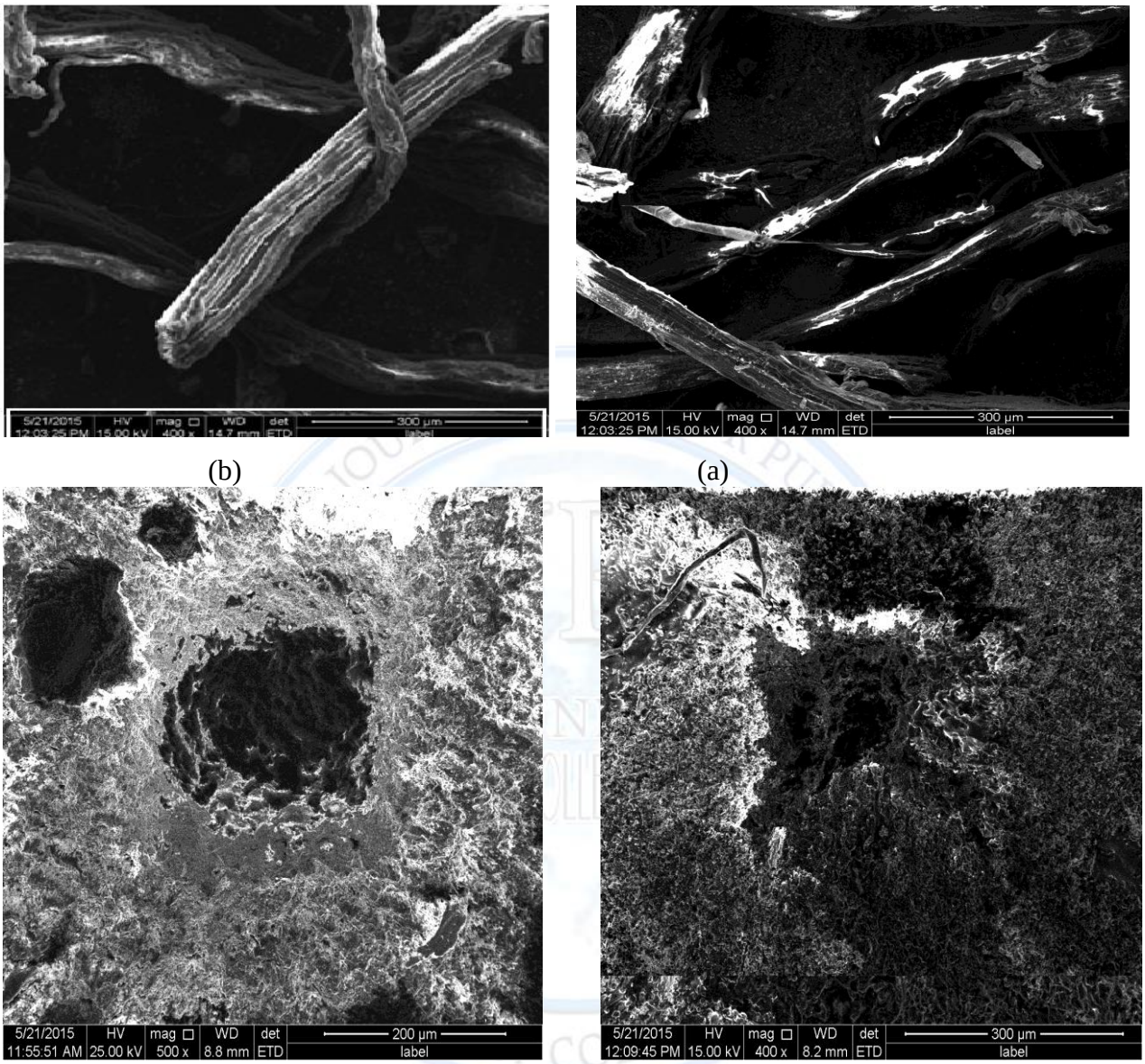
نتائج فحص طبيعة السطح Morphology study result

يُلاحظ من الشكلين (5a ,5b) الماخوذة عن طريق المجهر الإلكتروني الماسح (SEM) ان المعاملة القاعدية تعمل على تعديل سطح الألياف حيث يظهر المقطع العرضي للالياف غير المعاملة والالياف المعاملة بالقاعدة بشكل لايتجزأ عن المادة الاساس ويُلاحظ ان الألياف المعاملة تصبح خشنة بالمقارنة مع الألياف غير المعاملة.

ان الياف الكناف غير المعاملة لاتسمح لراتنج البولي استر بالدخول في الالياف والذي يؤدي الى ظاهرتين هما المسامية العالية للمتراكب (الالياف الفارغة) وتفاعل اقل لِلب الالياف مع البوليمر المحيط به [16].

لقد أظهر متراكب الالياف المعاملة قـلوياً (قاعدياً) تحسناً كبيراً مقارنةً مع المتراكب غير المعامل كما في شكل (5c , 5d) حيث تعمل المعاملة القلوية على إزالة بعض السليلوز hemicelluloses و اللكنينlignin و الغراء glueوالمحتويات الأخرى في حزم الألياف fiber bundles التي تعطي نسبة عالية من (ألفا α) سليلوز في الألياف الطبيعية وبالاخير يتسبب في ان تكون سطوح الألياف خشنة مما يؤدي إلى تحسين الترابط بين الألياف والمادة الاساس.

ان المعاملة القاعدية للالياف تسبب في عملية التليف (fibrillation) والتي تعني انفصال حزمة الألياف إلى ألياف صغيرة مما يزيد من المساحة السطحية الفعالة المتاحة للترطيب بالمادة الاساس وهذا بدوره يؤدي إلى تحسين الترابط البيني بين الألياف والاساس بسبب النقصان في قطر الألياف وزيادة النسبة الباعية aspect ratio لليف وتضاريس السطح الخشن وبالتالي تحسن في الخواص الميكانيكية. ولهذا السبب يكون تضرر الألياف أكثر في المتراكب المقوى بالألياف غير المعاملة بالقاعدة بالمقارنة مع المتراكب المقوى بالألياف المعاملة [11,16] .



الشكل (5) صور فوتوغرافية لمقطع عرضي من فحص SEM:

(a) الياف الكناف المعاملة (b) الياف الكناف غير المعاملة (c) متراكب (UPE/ treated KF) (d) متراكب (UPE/ untreated KF)

الاستنتاجات

لقد وُجِـد ان اعلى قيم كانت عند تدعيم البولي استر غير المشبع بالياف الكناف المعاملة بالقاعدة عند قيم (83.97) للصلادة و (7.82 KJ) لمقاومة الصدمة و (124.95 MPa) لمقاومة الانضغاط مقارنة بالتدعيم بالالياف غير المعاملة والبولي استر النقي ، ومن خلال المجهر الالكتروني الماسح لوُحِظ ان الالياف غير المعاملة تظهر شوائب على السطح

والتي تؤثر على الالتصاق مع الراتنج في المادة المتراكبة ، في حين ان معاملة الالياف في محلول هيدروكسيد الصوديوم تعمل على تنظيف السطح وزيادة الالتصاق بين سطح الليف والبوليمر وبالنتيجة لاتظهر شوائب عليه وتحسن خواص المادة المتراكبة .

شكر وتقدير

أتوجه بالشكر والامتنان للاستاذ العزيز ناصر عبد الله لإهداءه الياف الكناف من ماليزيا ، وكما اتوجه بالشكر الجزيل الى الدكتورة الغالية أوهام محمد التي بذلت جهوداً كبيرة في مساعدتي على انجاز هذا البحث والى استاذ هيثم طالب لفحصه العينات بجهاز SEM.

References

1. Kaebernick, H., S. Kara, and M. Sun, (2003), " Sustainable product development and manufacturing by considering environmental requirements", Robotics and Computer-Integrated Manufacturing,. 19(6): , PP. (461-468).
2. Singha, A.S and Vijay Kumar Thakur , (2008), " Mechanical properties of natural fibre reinforced polymer composites", Bull. Mater. Sci., Vol. 31, No. 5, PP.(791–799)
3. Salleh Z, Taib Y.M, Hyie K.M, Mihat M, Berhan M.N and Ghani M.A.A., (2012) , " Fracture toughness investigation on long kenaf/woven glass hybrid composite due to water absorption effect" , Procedia Eng , 41, 16 , PP.(67–73) .
4. Aji I.S. , Sapuan S.M., Zainudin E.S. and Abdan K. , (2009) , " Kenaf Fibers as reinforcement for Polymeric Composites: A review " , International Journal of Mechanical and Materials Engineering , 4(3) ,PP.(239-248).
5. Li Y, Mai Y W, (2006) ," Interfacial characteristics of sisal fibre and polymeric matrix", Journal of Adhesion , 82, PP. (527-554) .
6. Touzinski G. F, Clark T. F, Tallant W. H and Knolek W. F , (1973) ," Soda pulps from kenaf bark and from core" , TAPPI alkaline Pulping –Nonwoody Plant Fibers Conference , Atlanta , No. 52. , PP.(49-53) .
7. Kador, A. F., Karlgren, C. and Verwest, H., (1990) , " Kenaf -A Fast Growing Fiber Source for Papermaking " , . TAPPI, 73(11), PP.(205-209).
8. رغد حسين محمد، (2004) ،"دراسة تأثير ظروف التجوية الاشعاع والمحاليل الكيميائية على خصائص متراكبات الايبوكسي"، رسالة ماجستير ـ قسم العلوم التطبيقية ـ الجامعة التكنولوجية.

9. Crawford R.J., (1987)," Plastics Engineering", 2nd edition, Pergamon Press, New York.

10. بشرى حسني موسى ،(2011)،" دراسة بعض الخواص الميكانيكية وتأثيرات الغمر بالمحاليل لخليط من (الايبوكسي والبولي استر غير المشبع) المدعم بالياف الزجاج " ، مجلة الهندسة والتكنولوجيا ، المجلد 29 ، العدد 10 ، رقم الصفحة (464- 473).

11. Obasi H.C, Iheaturu N.C , Onuoha F.N, Chike-Onyegbula C.O, Akanbi M.N and Ezeh V.O , (2014) , " Influence of Alkali Treatment and Fibre Content on the Properties of Oil Palm Press Fibre Reinforced Epoxy Biocomposites" American Journal of Engineering Research (AJER) Volume-03, Issue-02, PP.(117-123).

12. Idrus M.A., Hamdan S., Rahman M.R. and Islam M.S., (2011), " Treated Tropical Wood Sawdust Polypropylene Polymer Composite: Mechanical and Morphological study ". Journal of Biomaterials and Nanotechnology, 2, PP.(435 – 444).

13. Rahman M.R., Huque M.M., Islam M.N. and Hasan M. (2008) ," Improvement of Physico- Mechanical Properties of Jute Fibre Reinforced Polypropylene Composites" Composites : Part A, 39 (11), PP. (1739 -1747).

14. رولا عبد الخضر عباس، (2012)،" دراسة ما يمكن ان يحققه النقص في طاقة انفعال الثني من تغير لكفاءة استرداد النوفولاك للمرونة نتيجة تدعيمه بالالياف " ، مجلة الهندسة والتكنولوجيا ، المجلد 30 ، العدد 12، رقم الصفحة(284-301).

15. Nayak ,N.B., (2009) ," Fabrication & Tribological Behaviour of Feather reinforced Polymer composites" , MSc thesis, National Institute of Technology, Orissa, India,.

16. Yousif ,B.F., Shalwan, A., Chin, C.W. and Ming, K.C. , (2012), "Flexural properties of treated and untreated kenaf/epoxy composites" , Materials and Design , 40 , PP.(378–385).